

Колонизация почвенными микроартроподами образцов с разными эдафическими свойствами на каменноугольных выработках в Кузбассе (Западная Сибирь)

Colonization of samples with different edaphic properties by soil microarthropods at abandoned coal quarries in the Kemerovskaya Oblast of West Siberia, Russia

И.И. Любечанский*, Л.В. Залиш**, И.И. Марченко*, А.Н. Беспалов**
I.I. Lyubechanskii*, L.V. Salish**, I.I. Marchenko*, A.N. Bespalov**

* Институт систематики и экологии животных СО РАН, ул. Фрунзе 11, Новосибирск 630091 Россия. E-mail: lubech@rambler.ru.
* Institute of Systematics and Ecology of Animals, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Frunze Str. 11, Novosibirsk 630091 Russia.

** Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, просп. Академика Лаврентьева 8/2, Новосибирск 630090 Россия. E-mail: A.Bespalov@bk.ru.

** Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of RAS, Academic Lavrentyev Ave. 8/2, Novosibirsk 630090 Russia.

Ключевые слова: карьеры, микроартроподы, сукцессия, Oribatida, Gamasina, Protura, *Eosentomon delicatum*.

Key words: post-mining sites, microarthropods, succession, Oribatida, Gamasina, Protura, *Eosentomon delicatum*.

Резюме. На территории Кемеровской области в заброшенном карьере изучалось заселение почвенными членистоногими дефаунизированных образцов субстрата — лессовидного суглинка и техногенного элювия. Помещённые в мешочки из сетки с ячейкой 0,06 мм образцы располагались в условиях разной влажности (на берегу и на склоне) и с различной возможностью доступа микроартропод (с отверстием из крупноячеистой сетки с ячейкой 1,7 мм и без него). В окружающей почве микроартропод встречалось в 5 раз больше, чем в полностью изолированных мешочках, и в 2,5 раза больше, чем в мешочках с отверстием. Крупнозернистый техногенный элювий заселяется лучше, чем лессовидный суглинок, особенно подвижными формами — гамазовыми клещами и губоногими многоножками. Влажные местообитания заселяются лучше, чем сухие. Изоляция наиболее слабо действует на протур, наиболее сильно — на панцирных клещей.

Abstract. Colonization of defaunized substrate by soil arthropods was studied in an abandoned quarry of the Kemerovskaya Oblast. Two types of substrate samples, loess-like loam and technogenic eluvium, were studied. Samples were placed in gauze bags with a mesh size of 0.06 mm. Bags were placed in different humidity conditions (lake coast and slope of quarry) and with different access possibilities for microarthropods (with and without a hole covered by large mesh (1.7 mm)). Microarthropods were occurring 5 times more abundant in surrounding soil than in fully isolated bags, and 2.5 times more than in bags with a hole. The coarse-grained technogenic eluvium was populated better than the loess-like loam, especially by mobile animals, such as Gamasina mites and Chilopoda. Wet habitats were settled better than dry ones. Isolation most was weakly effecting on Protura, and most strongly on oribatid mites.

Введение

Микроартроподы (различные группы почвенных клещей, энтогнаты) и другие почвенные членистоногие заселяют почвенные субстраты на самых ранних стадиях сукцессии. Эта колонизация, благодаря переносу мельчайших членистоногих ветром и водой, осуществляется уже в первые часы после формирования открытой горной выработки или отвала [Dunger, Woigtländer, 2009], что делает процесс заселения микроартроподами схожим с колонизацией свежепоявившихся субстратов микроорганизмами. При этом, как те, так и другие начинают свою активность раньше растений, которым требуется время для прорастания семян, и благодаря своей биологической активности, подготавливают условия для восстановления растительного покрова [Successions..., 1993].

Специфика антропогенно обусловленных сукцессий на отвалах и заброшенных выработках шахт и карьеров заключается в том, что при горных разработках, особенно открытым способом, на поверхность в большом количестве выносятся подпочвенные и материнские породы. Сукцессия на них обладает чертами как первичной, так и вторичной. Если даже отвалы и не токсичны, подпочвенные породы значительно уступают фоновым почвам по содержанию основных питательных элементов. Наиболее молодые отвалы характеризуются дисбалансом между процессами минерализации-иммобилизации органического вещества и доминированием в

сообществе беспозвоночных пионерных группировок. Наибольшей сбалансированностью микробиологических процессов деструкции органического вещества и высокой численностью и разнообразием микроартропод характеризуются более старые отвалы с естественным лесовосстановлением и формированием гумусного горизонта [Bogorodskaya et al., 2010].

Сукцессии населения почвенных беспозвоночных, и в частности, микроартропод, на заброшенных горных выработках и отвалах изучались с начала 1960-х гг. [Dunger, Woigtlander, 2009]. В целом, в зависимости от стадии развития эдафотопы и растительности, положения площадки на катене и экспозиции склона, с течением времени разнообразие микроартропод увеличивается, численность же испытывает волнообразные колебания. При возрасте отвала около 5 лет (от 3 до 8) пионерные группировки начинают сменяться композициями видов, свойственными данному ландшафту, при этом обилие рудеральных видов, порою высокое в первые годы, резко снижается. Меняются и спектры экологических групп. На начальных этапах сукцессии 100 % разнообразия коллембол составляют поверхностные и подстилочные формы, на поздних — добавляются подстильно-почвенные и почвенные формы [Kirichok et al., 2006]. Скорость колонизации отвалов панцирными клещами значительно ниже, чем у коллембол и других почвенных клещей. Сообщество почвенных беспозвоночных горных выработок и отвалов становится все более похоже на нативное, но полного восстановления не происходит ни к 25 [Stebaeva, Andrievskii, 1997], ни даже к 46 годам после забрасывания [Dunger et al., 2001].

Экспериментальное изучение колонизации отвалов проводится редко, поскольку район горных разработок с отвалами различного возраста и разной степени их рекультивации и так представляет собой арену эксперимента, созданную вне зависимости от усилий исследователя. Поэтому манипулятивных опытов по заселению микроартроподами свежего субстрата, помещённого в условия техногенной сукцессии, было проведено очень мало. Как пример, можно привести эксперименты С.К. Стебаевой по изучению сообщества коллембол в ходе деструкции корневых масс, помещённых в неспланированный отвал. Состав группировки деструкторов корней на первой стадии их разложения хорошо индицирует возраст и позицию биогеоценозов техногенных катен. Последние отличаются от терминального биогеоценоза большим удельным весом коллембол в комплексе микроартропод, закономерно сменяемыми доминантами. Биомасса коллембол зависит от содержания питательных веществ в разлагаемом субстрате и резко снижается через год после начала эксперимента [Successions..., 1993].

Ход процессов трансформации органического вещества субстратов в этом эксперименте (гумификации и минерализации) описан в нашей работе:

«Ограничение доступа микроартропод приводит к изменению фракционного состава гумуса, увеличению содержания фульвокислот и, как следствие, образованию фульватного гумуса, что не свойственно для лесостепной зоны. Наличие микроартропод смещает процесс деструкции органического вещества в сторону гумификации. Эксперимент показал, что техногенный элювий быстрее реагирует на отсутствие микроартропод, и эти изменения более значительны, чем в лёссовидном суглинке. На влажной прибрежной позиции катены отмечается высокая активность сообщества микроорганизмов, что препятствует накоплению углерода в почве, в то время как на транзитной (более сухой) позиции происходит его накопление» [Bespalov, Lyubechanskii, 2015].

Цель настоящей работы — экспериментальное исследование колонизации почвенными микроартроподами дефаунизированных техногенных субстратов при различных условиях (ограничении доступа фауны, разным типе субстрата и положении в рельефе).

Материал и методика

Работы проведены в лесостепной зоне Кемеровской области в окрестностях села Листвяги, на Листвянском угольном разрезе. Исследовано два участка в каменноугольной карьерной выработке, заброшенной более 30 лет назад (рис. 1). Участок на берегу внутреннего водоёма (53°39'52,1" с.ш., 86°54'1,4" в.д., высота 322 м н.у.м.) представлял собой заросли молодой ивы с преобладанием в травянистом ярусе злаков и осок. Второй участок, расположенный на склоне внутреннего отвала (53°39'51,7" с.ш., 86°54'3,3" в.д., высота 340 м н.у.м.), был покрыт разнотравно-злаковой растительностью с большим количеством одуванчиков. Почва на экспериментальных участках представлена техногенным элювием.

В опыте использовано два типа субстрата: техногенный элювий и лёссовидный суглинок. Использование этих субстратов обусловлено тем, что они чаще всего встречаются на нарушенных территориях Кузбасса. Лёссовидный суглинок — самая распространённая порода, используемая при рекультивации. Он располагается непосредственно под почвой и оказывается на поверхности при вскрышных работах. Техногенный элювий — это смесь нескольких пород (алевролитов, аргиллитов и песчаника), из которой состоит тело отвала, внешне напоминающая гравий или дресву. Для отделения крупных фрагментов и унификации гранулометрического состава образцы просеивались через почвенное сито с ячейкой 3 мм. Просеянные субстраты дефаунизированы замораживанием до -18°C в течение 3 суток и последующим высушиванием при температуре 60°C в течение 7 суток по методике С. Шой и др. [Scheu et al., 1999] в модификации В.Г. Мордковича и др. [Mordkovich et al., 2006].



Рис. 1. Место проведения работ — каменноугольный карьер, заброшенный около 30 лет назад.
Fig. 1. The studied locality, a coal quarry abandoned about 30 years ago.

Подготовленные субстраты помещали по 200 мл в мешочки из ситовой ткани с ячейей 0,06 мм, которая должна была сильно ограничивать доступ микроартропод к образцу. Одна половина мешочков была изготовлена целиком из ткани, а другая имела окно, сделанное из сетки с ячейей 1,7 мм, составлявшее около 1/4 площади мешочка, и позволяющее микроартроподам свободно колонизировать образец, однако препятствующее доступу большинства представителей мезофауны.

Мешочки поместили под горизонт А0 29 мая 2013 г., а 4 октября извлекли; они находились в биотопах большую часть вегетационного сезона (125 дней). В качестве контроля, для определения нативного населения микроартропод окружающего биогеоценоза, перед началом (весной) и в конце эксперимента (осенью) было взято по 5 проб того же объёма с поверхности почвы вблизи мест заложения мешочков на берегу и на склоне (всего 20 проб). Из всех проб с помощью эклекторов Тульгрена-Берлезе без подсветки и подогрева были выгнаны членистоногие. Протуры были определены Ю. Шрубович.

Схема эксперимента была такова: 2 экспериментальные площадки (на берегу и на склоне) × 2 типа мешочков (с окном и без окна) × 2 типа субстрата (лессовидный суглинок и техногенный элювий) × 5 повторностей, всего 40 мешочков. 2 мешочка были утеряны, так что их общее число составило 38. При

статистической обработке данных, из-за малого количества повторностей (8 классов опытных образцов, в каждом классе по 4–5 повторностей) и высокой дисперсии численностей членистоногих, большинство результатов прямого сравнения «пятерок» оказалось статистически не значимо. Поэтому население микроартропод в опыте сравнивалось по более крупным типам образцов («факторный дизайн эксперимента»): а) с доступом и без доступа членистоногих (все мешочки с крупноячеистым отверстием против всех без отверстия); б) с разным типом субстрата (все образцы техногенного элювия против всех образцов лессовидного суглинка); в) с разным типом пространственного расположения (все мешочки на берегу на аккумулятивной позиции катены против всех, расположенных на склоне на транзитной позиции), что позволило увеличить количество повторностей в каждом типе до 18–20. Был проведён однофакторный дисперсионный анализ с проверкой значимости результатов по Тьюки с помощью программы PAST (Hammer et al., 2001).

Результаты и обсуждение

Общая характеристика сообщества почвенных членистоногих. В пробах встречались в большом количестве и подсчитывались отдельно членистоногие: панцирные (Oribatida), гамазовые

(Gamasina), прочие клещи, ногохвостки (Collembola), бессяжковые (Protura), а также губоногие многоножки (Chilopoda) первых возрастов (табл. 1). Встречались в небольшом числе личинки двукрылых (Diptera), сеноеды (Psocoptera) и изредка — другие беспозвоночные, которые не рассматриваются в настоящей работе.

В зависимости от того, взяты контрольные пробы летом или осенью, их население меняется, но незначительно: гамазид и коллембол становится меньше в

1,5 раза, численность протур возрастает в 1,4 раза, численность панцирных клещей и многоножек практически не меняется.

В целом, в мешках население членистоногих примерно в пять раз малочисленнее, чем в пробе открытого грунта такого же объема (25 экз. на пробу против 100–110 в зависимости от времени года). Особенно сильно изоляция влияет на орибатид (их меньше в 22–25 раз) и прочих клещей (в 5 раз), исключая гамазид. Коллембол в мешках с субстратом

Таблица 1. Средняя численность ведущих таксонов членистоногих в одной пробе объемом 200 мл
Table 1. The average number of leading arthropod taxocenes in a 200 ml sample

Таксон	Контроль		Опыт
	весна	осень	
Все Oribatida	39,3	45,77	1,66
Все Gamasina	6,6	4,54	2,69
Прочие Acari	21,5	22,62	4,34
Protura — <i>Eosentomon delicatum</i> Gisin, 1945	4	5,62	4,57
Collembola	39,9	23,77	11,17
Chilopoda	0,2	0,23	1,83
Сумма	111,5	102,55	26,37
Oribatida			
Oribatida juv.	8,3	19,08	0,82
* <i>Tectocephus velatus</i> (Michael, 1880)	7,3	15,08	0,47
* <i>Oppiella nova</i> (Oudemans, 1902)	18,6	7,77	0,11
<i>Anomaloppia chitinofincta</i> (Kulijev, 1962)	2,2	1,08	0,03
<i>Scheloribates latipes</i> (C.L.Koch, 1844)	0,6	0,69	0,08
<i>Cultroribula</i> sp.	0,1	0,08	0,03
<i>Punctoribates punctum</i> (Koch, 1839)	0,7	1,08	0,03
<i>Brachichthonius</i> sp.	0	0	0,03
<i>Nanhermannia dorsalis</i> (Banks, 1896)	0	0,08	0,03
<i>Suctobelbella</i> sp.	1,4	0,69	0
<i>Galumna lanceata</i> (Oudemans, 1900)	0	0,15	0
<i>Fosseremeus laciniatus</i> (Berlese, 1905)	0	0	0,03
<i>Pedrocortesella inaequalis</i> (Balogh et Mahunka, 1965)	0,1	0	0
Gamasina			
<i>Eugamasus magnus</i> (Kramer, 1876)	0	0,38	0,03
<i>Eugamasus berlesesi</i> Willmann, 1935	0,1	0	0
* <i>Lysigamasus lapponicus</i> (Tragardh, 1910)	4,3	3,15	1,53
<i>Pergamasus quaquiliarius</i> (G. et R. Canestrini, 1882)	0	0,23	0,16
<i>Pergamasus septentrionalis</i> Oudemans, 1902	0,6	0	0
<i>Veigaia exigua</i> (Berlese, 1916)	0,1	0,38	0,32
<i>Veigaia</i> sp.	0	0,23	0,00
<i>Gaeolaelaps kargi</i> (Costa, 1968)	0	0,15	0,37
<i>Gaeolaelaps nollii</i> Karg, 1962	0,6	0	0
<i>Pachylaelaps pectinifer</i> (G. et R. Canestrini, 1882)	0	0	0,08
<i>Antennoseius alexandrovi</i> Bregetova, 1977	0,1	0	0
<i>Asca bicornis</i> (G. Canestrini & Fanzago, 1876)	0,3	0	0
<i>Cheiroseius</i> sp.	0,3	0	0
<i>Neojordensia sinuata</i> Athias-Henriot, 1973	0,1	0	0
<i>Amblyseius</i> sp.	0,1	0	0,03

Примечания: Контроль — пробы открытого грунта, Опыт — субстрат экспериментальных мешочков. (*) — наиболее многочисленные представители орибатид и гамазид.

Notes: Контроль — samples of open ground, Опыт — the substrate of experimental bags. (*) — the most numerous representatives of Oribatida and Gamasina.

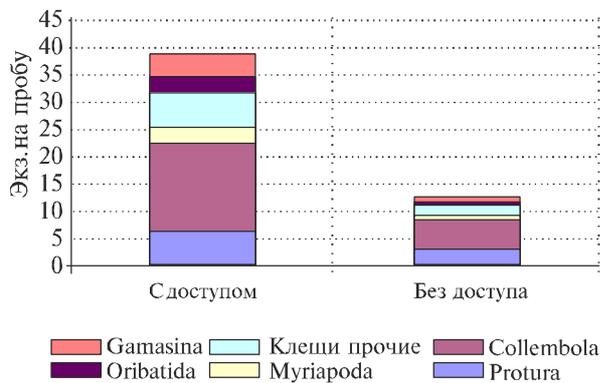


Рис. 2. Влияние доступности субстрата на численность членистоногих.

Fig. 2. The effect of substrate availability on the number of arthropods.

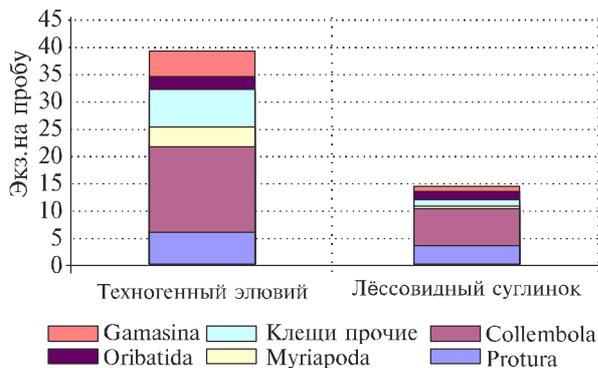


Рис. 3. Влияние типа субстрата на численность членистоногих.

Fig. 3. The influence of the type of substrate on the number of arthropods.

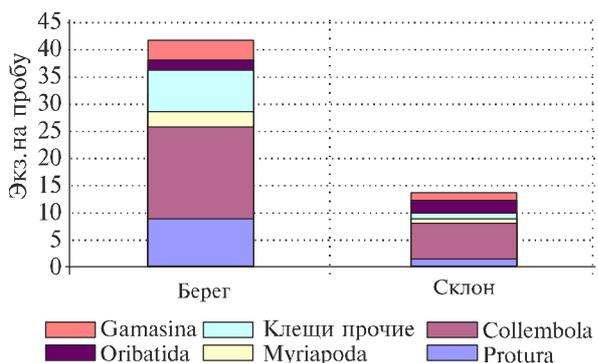


Рис. 4. Численность членистоногих в пробах в зависимости от топического положения образца.

Fig. 4. The number of arthropods in samples depending on the topical position of the sample.

становится меньше в 2–3 раза, гамазид — в 1,5–2,5 раза. На протур изоляция практически не влияет, а ювенильных многоножек в мешках оказывается больше в 8–9 раз (табл. 1). Максимальная плотность

членистоногих наблюдалась осенью в пробах открытого грунта у берега (115,2 экз. на пробу). Наименьшая плотность наблюдалась в мешках с техногенным элювием на склоне карьера (6,8 экз. на пробу).

Влияние разных экспериментальных условий на состав сообщества членистоногих. Выбранный нами метод изоляции субстрата (помещение его в сетку с чрезвычайно мелкой ячейкой (0,06 мм) с подворачиванием шва и прошиванием его ниткой) не может считаться надёжным. Мешки, сделанные из цельной ткани, не являются абсолютным препятствием для проникновения фауны. Количество микроартропод разных групп в цельных мешках оказывается меньше всего лишь в 1,1–3,4 раза (в среднем, в 2,5 раза) по сравнению с такими же мешками с отверстием, закрытым крупноячеистой сеткой. На коллембол и гамазовых клещей открытость доступа к образцу влияет сильнее, чем на протур (рис. 2).

Субстраты разного типа также влияют на население микроартропод в образцах: техногенный элювий (крупнозернистый пористый субстрат) практически всеми членистоногими колонизируется лучше, чем лёссовидный суглинок. Мелкие многоножки отмечены почти исключительно в мешках с техногенным элювием с отверстием (рис. 3). На протур тип субстрата влияет слабее, чем на прочие группы.

Численность большинства членистоногих в опытных образцах значимо выше во влажных условиях береговой позиции, чем на склоне (исключение составляют только орибатиды, предпочитающие более сухой субстрат) (рис. 4).

Реакция отдельных таксоценов микроартропод на экспериментальные условия. Панцирных клещей всего было отмечено 12 видов; как в контрольных пробах, так и в образцах, извлечённых из мешочков, встречались по 8–9 видов. В контроле доминировали всесветно распространённые генералисты *Oppiella nova* и *Tectocephus velatus*, причём первый — весной, а второй — осенью. В мешочках был единственный доминант: *Tectocephus velatus*. Особи прочих видов единичны. Ювенильные особи орибатид составляли в мешочках относительно большую долю, чем в контрольных пробах, что, вероятно, связано с меньшим выеданием их хищниками, чем в естественных условиях. Все виды орибатид, заселившие мешочки, средне- и мелкоразмерные — 0,4–0,1 мм.

Доминирование *O. nova* и *T. velatus* и низкое видовое разнообразие характерно для сукцессионно незрелых либо нарушенных сообществ орибатид, что и показывают контрольные сборы. Субдоминант *Anomaloppia chitinofinca* относительно редок в природных сообществах, предпочитает степные местообитания, луговые степи, заходит в берёзовые и берёзово-лиственничные леса, встречается на полях [Kulijev, 1962, Grishina, 1970, Poltavskaya, 2003].

Гамазовых клещей отмечено 15 видов: 10 видов весной и 6 — осенью. В экспериментальных образцах встречено 7 видов гамазид. Гамазовые клещи

Кузбасских отвалов представлены подстилочными, активно бегающими хищниками средних и крупных размеров. Их можно отнести к типичным обитателям смешанных и мелколиственных лесов юга Западной Сибири. Наиболее разнообразно представлены гамазиды из семейства Parasitidae — 5 видов, предпочитающие рыхлый умеренно влажный субстрат, в котором они охотятся на более мелких почвенных обитателей: коллембол, ювенильных клещей и нематод. Единственный доминант во всех трёх типах проб — *Lysigamasus lapponicus*, также представитель семейства Parasitidae, который доминирует, как правило, во всех лесных сообществах гамазид средне- и низкогорных биотопов юга Западной Сибири, включая Алтайское предгорье [Marchenko, 2012]. Отмечены в контрольных образцах виды-гигрофилы: *Cheiroseius* sp., *Neojordensia sinuata* и рудеральный вид — *Asca bicornis*.

Бессяжковые (Entognatha: Protura) были представлены одним видом: — *Eosentomon delicatum*, до 21 экз. на пробу. Это вид-космополит, очень пластичный и встречающийся в большом разнообразии биотопов. Его необычный «успех» может быть связан со снижением ограничивающих его численность факторов (врагов, конкуренции) при случайном проникновении вида в обеднённую экосистему отвала.

Для популяции *E. delicatum* была исследована половая и возрастная структура. В контрольных пробах (весна) количество самок, самцов и неполовозрелых протур отличалось незначительно. Также не было разницы в численности протур из контрольных проб прибрежного и склонового биотопа. В мешочках с субстратом (опыт) плотность протур несколько выше, чем в контрольных пробах (табл. 1), хотя отличия не значимы. Однако, в мешочках, помещённых на берегу, протур примерно в 8 раз больше, чем в мешочках на склоне ($p = 0,02$) и в два раза больше, чем в пробах, взятых на берегу с открытого грунта (8,87 против 4,08 экз. на пробу, $p = 0,11$). Это может говорить о некотором тяготении протур к мешочкам с субстратом, например, из-за более влажного микроклимата в них, обусловленного плотной сеткой.

В пробах из мешочков примерно вдвое больше ювенильных особей протур, чем половозрелых (5,68 личинок против 3,18 самок и самцов, $p = 0,16$), что возможно, связано с преимущественно летним размножением, а также из-за ограничивающего действия сетки на хищников. В мешках с отверстием протур несколько больше, чем в полностью замкнутых ($p = 0,07$). Тип субстрата значимо не влияет на количество бессяжковых в мешочках, однако взрослых особей несколько меньше в мешках с плотным спрессованным лёссовидным суглинком, чем с относительно рыхлым техногенным элювием. Для ювенильных особей протур разницы нет вовсе.

Таким образом, эдафические свойства субстрата в ходе техногенной восстановительной сукцессии

существенно влияют на формирующееся население членистоногих-геобионтов. Рыхлый техногенный элювий заселяется ими легче, чем лёссовидный суглинок. Особенно важна пористость субстрата для относительно высоко подвижных гамазовых клещей и личинок губоногих многоножек. Наиболее важным фактором для протур оказывается влажность субстрата, при этом они активно проникают даже в закрытые мешочки. Коллемболы предпочитают более влажный биотоп, а орибатиды и прочие клещи — более сухой. Выбранный нами метод изоляции субстрата не является надёжным, хотя и значительно снижает проникновение всех членистоногих в мешочки. Наиболее слабо изоляция действует на протур.

Благодарности

Исследование частично поддержано Программой фундаментальных научных исследований (ФНИ) государственных академий наук на 2013-2020 гг., проект № VI.51.1.7. (AAAA-A16-116121410123-1) (И.И. Любечанский, И.И. Марченко).

Литература

- Bespalov A.N., Lyubechanskii I.I. 2015. Transformation of soil organic matter by microarthropod communities in technogenic soils of Kuzbass. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya — Tomsk State University Journal of Biology. Vol.31 No.3. P.6–16. DOI: 10.17223/19988591/31/1. [In Russian, English summary].
- Bogorodskaya A.V., Krasnoshchekova E.N., Trefilova O.V., Shshikin A.S. 2010. Seasonal development dynamics of microbocenoses and complexes of invertebrates on overburden heaps of the Borodinskoye brown-coal mine (KATEK) // Geography and natural resources. Vol.31. No.4. P.338. doi: 10.1016/j.gnr.2010.11.005.
- Dunger W., Voigtländer K. 2009. Soil fauna (Lumbricidae, Collembola, Diplopoda and Chilopoda) as indicators of soil eco-subsystem development in post-mining sites of eastern Germany — a review // Soil organisms. Vol.81. No.1. P.1–51.
- Dunger W., Wanner M., Hauser H., Hohberg K., Schulz H.-J., Schwalbe T., Seifert B., Vogel J., Voigtländer K., Zimdars B., Zulka K.P. 2001. Development of soil fauna at mine sites during 46 years after afforestation // Pedobiologia. Vol.45. P.243–271. doi: 10.1078/0031-4056-00083 .
- Grishina L.G. 1970. Armored mites of the Northern and Central Altai // Avtoref. diss... kand. biol. nauk. M. 23 p. [In Russian].
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontologia Electronica. Vol.4. No.1. P.1–9. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Kirichok L.G., Illenko M.M., Bezkrovna O.V. 2006. The Structure of Mesofauna Community in Protective-Decorative Plantations on Mine-Coal Dumps of the Donetsk Basin // Vestnik zoologii. Vol.40. No.5. P.437–443.
- Kulijev K.A. Fifteen new representatives of the oribatid mites (Acariformes: Oribatei) from the genera *Oppia* and *Ceratozetes* // Trudy Azerbaidzhanskogo nauchno-issledovatel'skogo veterinarnogo instituta. 1962. Vol.13. P.250–268. [In Russian].
- Marchenko I.I. 2012. Spatial-typological organization of the soil Gamasina mite (Acari, Mesostigmata) community of the

- Northeastern Altai. Communication II // Contemporary problems of ecology. Vol.5. No.1. P.23–33.
- Mordkovich V.G., Berezina O.G., Lyubechanskii I.I., Andrievskii V.S., Marchenko I.I. 2006. Transformation of soil organic matter in microarthropod community from the northern taiga of west Siberia // Biology Bulletin. 2006. Vol.33. No.1. P. 81–86. doi: 10.1134/S1062359006010122.
- Poltavskaya M.P. 2003. Armored mites in Atamanskaya Balka // Istoriko-kulturnye i prirodnye issledovaniya na territorii Razdorskogo muzeya-zapovednika [Historical, cultural and natural studies on the territory of Razdorskii reserve museum]. Rostov University. P. 156–166. [In Russian].
- Scheu S., Theenhaus A., Jones T.H. 1999. Links between the detritivore and the herbivore system: effects of earthworms and Collembola on plant growth and aphid development // Oecologia. Vol.199. P.514–551.
- Stebaeva S.K., Andrievsky V.S. 1997. Collembola and Oribatei of brown coal dumps in Siberia // Zoologicheskii Zhurnal. Vol.76. No.9. P. 1004–1015. [In Russian with English summary].
- Successions and Biological Turnover. 1993. Kurachev V.M. (Ed.). Novosibirsk: Nauka. 157 p. [In Russian].

Поступила в редакцию 12.1.2019