

АГРОХИМИЯ И ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.417.2; 631.618

doi: 10.17223/19988591/31/1

А.Н. Беспалов¹, И.И. Любечанский²

¹Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, Россия

²Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Трансформация органического вещества сообществом микроартропод в почвах техногенных ландшафтов Кузбасса

Работа частично поддержана грантом РФФИ № 12-04-00566-а.

Рассматриваются вопросы, связанные с трансформацией органического вещества почв, сформированных на отвалах каменноугольных разрезов Кемеровской области. Показано, что нарушение структуры сообщества микроартропод негативно сказывается на интенсивности процессов гумификации органического вещества почвы. Выявлены особенности влияния сообщества микроартропод на накопление и распределение органических веществ в почвах техногенных ландшафтов Кузбасса. Наличие микроартропод смещает процесс деструкции органического вещества в сторону гумификации, а ограничение доступа микроартропод приводит к изменению фракционного состава гумуса, увеличению содержания фульвокислот. Установлено, что техногенный элювий быстрее реагирует на отсутствие микроартропод, и эти изменения более значительны, чем в лёссовидном суглинке. Почвы техногенных ландшафтов очень молоды, процессы почвообразования в них слабо урегулированы, и любые изменения в микро- и мезофауне способны повернуть процессы гумификации и минерализации органического вещества почвы в сторону, не свойственную развитию почв данной широтной зоны.

Ключевые слова: почвенная микрофауна; органическое вещество почв; гумус; отвалы каменноугольных разрезов.

Введение

Почвенные беспозвоночные животные имеют огромное значение в процессах трансформации органического вещества почвы, являясь в основном представителями детритной пищевой цепи. Они способны оказывать значительное влияние на микробиальную активность почвы, от которой зависят скорость и направление процессов минерализации и гумификации, поддержание структуры и повышение плодородия почв. Начиная с 1960-х гг. сделано много попыток количественной оценки деятельности отдельных видов или групп почвенных беспозвоночных в разложении растительных остатков. Г.Ф. Кур-

чевой [1] в нескольких полевых экспериментах показано, что деятельность микроорганизмов и беспозвоночных в процессе разложения растительных остатков взаимно зависима; при исключении беспозвоночных разложение дубового опада протекает значительно медленнее. А.А. Рахлеевой и соавт. [2] выявлена корреляция между скоростью потери массы опада и уровнем обилия микроартропод и раковинных амёб в разлагающихся растительных остатках. Б.Р. Стригановой [3] показана значительная роль различных почвенных животных в разложении растительных остатков, их гумификации и минерализации.

Эксперименты с изменением разнообразия почвенной фауны показали, что число трофических уровней, присутствие определенных видов и особенности их биологии сильно влияют на потерю массы опада, выщелачивание из подстилки растворимых минеральных и органических веществ [4–6], в то время как разнообразие видов внутри функциональных групп беспозвоночных менее важно. Однако большое разнообразие видов-сапрофагов может существенно влиять на уровень оборота азота [7] и углерода (а стало быть, и на процессы минерализации и гумификации), однако пока невозможно предложить общую модель, обладающую предсказательной силой [8]. Деятельность микроартропод усиливает процессы гумификации. Это выражается в увеличении степени зрелости гумуса, в более высоком выходе и накоплении гумусовых веществ по сравнению с деятельностью одних микроорганизмов [9, 10].

Наличие микроартропод может влиять на баланс процессов гумификации и минерализации в почве, специфический для каждой широтной зоны. Так, в работе В.Г. Мордковича и соавт. [11] было показано, что содержание гуминовых кислот было выше в образцах без доступа микроартропод: без их участия в северотаежных почвах преобладают процессы гумификации, а не минерализации, что не свойственно почвам данного типа этой широтной зоны. Микроартроподы и их деятельность являются очень важным функциональным компонентом почвенной фауны.

Исследований влияния почвенных беспозвоночных на процессы гумификации в условиях нарушенных почв не проводилось, несмотря на то, что в ландшафтах России увеличивается площадь, занятая нарушенными почвами. В 1970-е гг. С.С. Трофимов и Ф.А. Фаткулин проводили работы по изучению гумуса и гумификации на нарушенных почвах [12]. А.А. Титлянова и соавт. исследовали сукцессии различных компонентов биоты, в том числе и микроартропод, на самозарастающих и рекультивированных отвалах КАТЭКа. Ими показано, что сообщества коллембол и панцирных клещей по-разному ведут себя на отвалах. Численность коллембол низка только на первых этапах первичной сукцессии зарастания отвалов, но через 7–8 лет достигает максимума, после чего снижается; количество панцирных клещей возрастает медленнее и только к 25 годам приближается к показателям в естественных биотопах [13]. Д.А. Соколовым [14] выявлены особенности

накопления и распределения органических веществ в почвах на различных стадиях почвообразования в техногенных ландшафтах, однако в своей работе он не учитывал деятельность почвенных животных в гумификации и минерализации органического вещества почвы.

Цель нашей работы – сравнение процессов трансформации органического вещества (гумификации и минерализации) техногенных субстратов в присутствии и отсутствии микроартропод в экспериментальных условиях. По нашим предположениям, в образцах без доступа микроартропод должно увеличиться содержание гуминовых кислот и фульвокислот, так как при отсутствии давления микроартропод в этих образцах развивается большее количество микроорганизмов и грибов.

Материалы и методики исследования

Работы проведены в лесостепной зоне Кемеровской области в окрестностях села Листвяги, в пределах Листвянского угольного разреза Кузбасса. Модельные участки нами выбраны в карьерной выработке, оставшейся после добычи каменного угля; горные работы здесь не проводятся уже более 30 лет. Для своих исследований мы выбрали два участка: на берегу водоема, расположенного в выемке разреза, и на склоне внутреннего отвала в 50 м от берега с относительным перепадом высот около 20 м. Участок на берегу внутреннего водоема (N 53°39'52,1" E 86°54'1,4"; высота 322 м над ур. м.) представлял собой заросли молодой ивы с преобладанием в травянистом ярусе злаков и осок, на склоне отвала (N 53°39'51,7" E 86°54'3,3"; высота 340 м над ур. м.) – разнотравно-злаковая растительность с большим количеством одуванчиков. Почва на экспериментальных участках представлена техногенным элювием.

В качестве субстрата для эксперимента выбраны техногенный элювий и лёссовидный суглинок. Они просеивались через почвенное сито с ячейей 3 мм для отделения крупных фрагментов и унификации гранулометрического состава. Использование этих субстратов обусловлено тем, что они чаще всего встречаются на нарушенных территориях Кузбасса. Лёссовидный суглинок – самая распространённая порода, используемая при рекультивации. Техногенный элювий – это смесь нескольких пород (алевролитов, аргиллитов и песчаника), из которой состоит тело отвала. Просеянные субстраты дефаунизированы замораживанием до – 18°C в течение 3 суток и последующим высушиванием при температуре 60°C в течение 7 суток по методике Шой и др. [15] в модификации В.Г. Мордковича и др. [11]. Подготовленную почву помещали в два типа мешочков из ситовой ткани с ячейей 0,06 мм. Объемы почвы во всех сериях составляли 200 мл. Одна половина мешочков (серия А) состояла целиком из ткани, препятствующей доступу микроартропод, а другая (серия В) имела окно, по площади составляющее 1/4 от общей поверхности мешочка, сделанное из крупноячеистой сетки (ячейя 1,7 мм).

Такая сетка препятствовала доступу мезогеобионтов, но позволяла микроартроподам реколонизировать почву. 29 мая 2013 г. мешочки поместили под горизонт А0 (образцы серии В – окном вниз). Всего заложено 38 мешочков: 18 – без окна (серия А) и 20 – с окном (серия В) (таблица). 4 октября 2013 г. мешочки извлекли; они находились в биотопах большую часть вегетационного сезона (125 дней).

Трансформация различных субстратов с доступом и без доступа микроартропод
[Transformation of different substrates with and without microarthropods]

Название [Name]	C _{общ}	Гуминовые кислоты [Humic acids]				Фульвокислоты [Fulvic acids]					НО	C _{ГК} \ C _{ФК}
		1	2	3	Σ	1a	1	2	3	Σ		
ТЭ б\о	1,1 0,08	0	1,07 0,26	0,97 0,17	2,27 0,37	1,65 0,17	1,76 0,33	0,79 0,38	3,61 0,71	7,94 0,94	89,78 0,95	0,28 0,06
ТЭ с\о	1,09 0,05	0	1,27 0,24	0,74 0,13	2 0,36	1,84 0,19	2,59 0,22	0,91 0,35	3,58 0,52	8,91 0,74	80,99 7,99	0,23 0,05
ЛС б\о	1,54 0,03	0	18,16 2,97	8,27 0,95	26,42 2,36	1,81 0,11	1,96 0,24	5,58 0,96	2,8 0,52	12,16 1,15	61,42 3,43	2,19 0,14
ЛС с\о	1,6 0,03	0	18 3,14	9,18 1,62	27,18 1,99	1,97 0,23	1,58 0,17	5,03 0,85	4,03 0,9	12,6 1,16	60,21 2,89	2,16 0,11
К. ТЭ	1,36	0	2,94	2,94	5,88	1,47	2,21	0	0	3,68	90,44	1,5
К. ЛС	1,42	0	21,12	7,04	28,16	0,7	3,52	4,23	4,23	12,68	59,16	2,2

Примечания. Обозначения те же, что на рис. 1. ТЭ б\о – техногенный элювий с изоляцией; ТЭ с\о – техногенный элювий без изоляции; ЛС б\о – лёссовидный суглинок с изоляцией; ЛС с\о – лёссовидный суглинок без изоляции; К.ТЭ – контроль техногенный элювий; К. ЛС – контроль лёссовидный суглинок. Статистически значимые отличия выделены полужирным шрифтом (p<0,05).

[Symbols as shown in Fig 1. 1. ТЭ б\о - technogenic eluvium with isolation; ТЭ с\о - technogenic eluvium without isolation; ЛС б\о - loess loam with isolation; ЛС с\о - loess loam without isolation; К.ТЭ - control of technogenic eluvium; К. ЛС - control of loess loam. Significant values are in bold (p<0.05)].

Для выявления изменений, произошедших с органическим веществом в ходе эксперимента, нами проведен фракционный анализ субстратов. Помимо образцов почвы, прошедших через эксперимент, нами в качестве контроля были выбраны образцы лёссовидного суглинка и техногенного элювия. В этих образцах, наряду с теми, что закладывались в мешочки, определяли содержание органического углерода, разных фракций гуминовых и фульвокислот, сернокислого гидролизата и негидролизуемого остатка по методике И.В. Тюрина [16]. Химический анализ выполнен в лаборатории Института почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск).

Результаты исследования и обсуждение

По предварительной оценке, количество микроартропод, а также других беспозвоночных (личинки двукрылых, нематоды и др.) в мешочках с окном составляло примерно в 10 раз больше, чем в цельных мешочках, и достигало

от нескольких десятков до нескольких сотен экземпляров на пробу. Таким образом, изоляция субстратов эффективна, но не абсолютна.

Общее содержание органического углерода в экспериментальных образцах незначительно меньше, чем в исходном субстрате, причем в цельных мешочках эта разница выше (рис. 1).

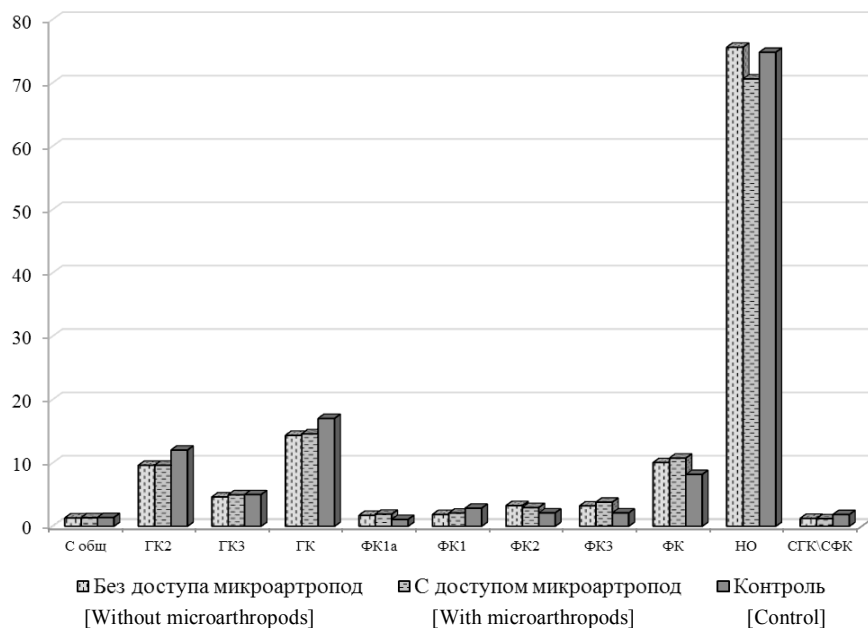


Рис. 1. Трансформация органического вещества почвы без доступа и с доступом микроартропод: по оси X отмечены показатели фракционного состава гумуса, по оси Y – содержание, %. Обозначения: С орг – органический углерод; ГК1, ГК2, ГК3 – фракции гуминовых кислот; ГК – суммарное содержание гуминовых кислот; ФК 1a, ФК 1, ФК 2, ФК 3 – фракции фульвокислот; ФК – суммарное содержание фульвокислот; НО – негидролизуемый остаток; СГК/СФК – отношение гуминовых и фульвокислот

[Fig 1. Transformation of soil organic matter with and without microarthropods: on the abscissa axis - Indicators of humus fractional composition; on the ordinate axis - Content in percentage. Symbols: C opr - organic carbon; ГК1, ГК2, ГК3 - fractions of humic acids; ГК - total content of humic acids; ФК 1a, ФК 1, ФК 2, ФК 3 - fractions of fulvic acids; ФК - total content of fulvic acids; НО - non-hydrolyzable residue; СГК/СФК - ratio of humic and fulvic acids]

Сходный результат получен В.Г. Мордковичем и соавт. [11]: ограничение доступа микроартропод приводит к снижению содержания органического углерода по сравнению как с контрольной почвой, так и с реколонизированными образцами.

Снижение содержания углерода, на наш взгляд, объясняется тем, что в просеянном грунте, который первоначально закладывался в мешочки, практически отсутствовали растительные остатки. Микроорганизмам это-

го количества не хватало для нормального развития, поэтому они начали перерабатывать углерод, содержащийся в почве. Еще одним результатом эксперимента стало то, что в экспериментальных образцах доля гуминовых кислот уменьшилась по сравнению с контролем. При сравнении двух экспериментальных серий, с доступом и без доступа микроартропод, отличия статистически не значимы, они находятся в пределах статистической ошибки. Однако содержание фульвокислот в экспериментальных мешочках выше, чем в контроле. Максимальное значение – в серии с доступом микроартропод, отличия статистически не значимы, однако по абсолютным числам различия прослеживаются. Увеличение доли фульвокислот по отношению к гуминовым кислотам, на наш взгляд, можно объяснить тем, что микроорганизмы в образцах с доступом микроартропод испытывают на себе больший пресс «хищника», их биологическая активность уменьшается. Д.С. Орлов считает, что при низкой насыщенности почв микроорганизмами и их слабой биологической активности происходит формирование фульватного гумуса [17]. Такой же результат получен нами в ходе эксперимента: происходит уменьшение доли содержания гуминовых кислот и увеличение фульвокислот. Возможно, в случае большей длительности нашего эксперимента по времени полученные различия были бы статистически значимыми. Наше предположение согласуется с выводами А.А. Титляновой с соавт. [13]: первые 3 года сукцессия на отвалах идет очень медленно, и накопления гумуса практически не происходит.

Вторая часть эксперимента посвящена установлению отличий в процессах трансформации органического вещества почвы, протекающих в разных позициях катены. Содержание общего органического углерода в мешочках, заложенных на склоне отвала, выше, чем в контроле; в мешочках, заложенных на берегу внутреннего водоема, содержание общего углерода значительно падает, по сравнению как с контролем, так и с мешочками со склона отвала ($p < 0,05$). Данный результат, на наш взгляд, объясняется тем, что на берегу внутреннего водоема влажность почвы выше, и высокая микробиологическая активность препятствует накоплению углерода в почве, в то время как на склоне отвала почва более сухая и активность микроорганизмов ниже (рис. 2). Интересно, что в экспериментальных образцах происходит увеличение содержания фульвокислот, причем в образцах с берега внутреннего водоема оно почти на 1/3 выше, чем на склоне отвала; в 3-й фракции фульвокислот отличия достигают почти двукратного размера ($p < 0,05$). Содержание гуминовых кислот в ходе эксперимента значительно снизилось в образцах с обеих позиций, снижение в образцах со склона отвала более значительно. Известно, что гуминовые кислоты выделяются в процессе бактериального аэробного разложения травянистых остатков, а фульвокислоты – аэробного грибного разложения остатков древесины [17]. На берегу внутреннего водоема наши мешочки помещались в кустарнике, где много деревянистых растительных остатков, а на склоне отвала преобладали тра-

вянистые остатки. Наличие разных типов растительных остатков на позициях катены, на наш взгляд, может объяснить полученный нами результат.

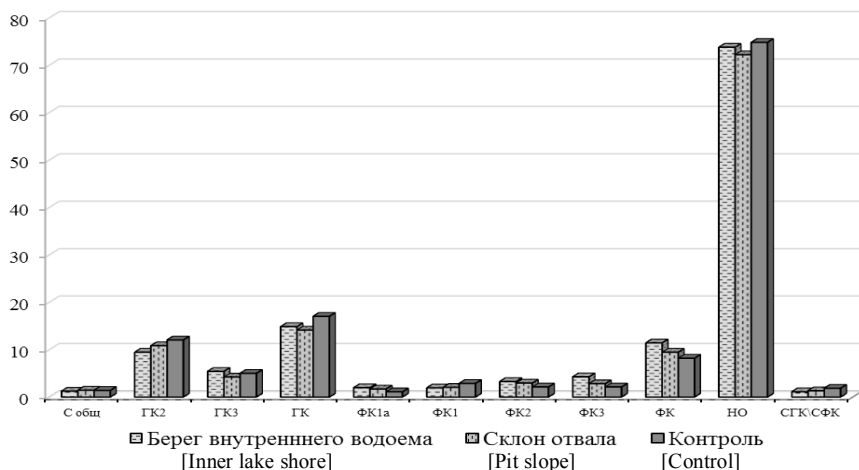


Рис. 2. Трансформация органического вещества почвы в различных позициях катены. Обозначения те же, что на рис. 1

[Fig. 2. Transformation of soil organic matter in different catena positions. Symbols as shown in Fig. 1]

Последняя часть эксперимента касалась изучения влияния микроартропод на трансформацию органического вещества в различных субстратах. Установлено, что в серии с техногенным элювием общее содержание углерода снизилось, содержание гуминовых кислот уменьшилось почти в 2 раза ($p < 0,05$), а содержание фульвокислот, наоборот, увеличилось более чем в 2 раза ($p < 0,05$) (см. таблицу). В серии с лёссовидным суглинком общее содержание углерода увеличилось, а содержание гуминовых и фульвокислот осталось практически неизменным. Полученные результаты, на наш взгляд, объясняются тем, что лёссовидные суглинки уже подвергались в древнее время процессам почвообразования, они более устойчивы. Техногенный элювий проходит первичную стадию почвообразования, и процессы трансформации органического вещества в нем еще слабо урегулированы; любое изменение может сместить его в сторону интенсивной гумификации или минерализации, что будет отличаться от типичного соотношения этих процессов для данной природной зоны.

Заключение

Несмотря на большую устойчивость сообщества микроартропод и широкое перекрытие экологических ниш в нем, нарушение его структуры негативно сказывается на интенсивности процессов гумификации органического вещества почвы. 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, что является характерным для данной зоны. Эксперимент показал, что техногенный элювий быстрее реагирует на отсутствие микроартропод, и эти изменения более значительны, чем в лёссовидном суглинке. На аккумулятивной позиции катены (самой влажной) отмечается высокая активность сообщества микроорганизмов, что препятствует накоплению углерода в почве, в то время как на транзитной (более сухой) позиции происходит его накопление. Почвы техногенных ландшафтов очень молоды, процессы почвообразования в них слабо урегулированы. Любые изменения в микро- и мезофауне способны изменить соотношение процессов гумификации и минерализации органического вещества на значительно отличающееся от оптимального соотношения этих процессов для данной природной зоны.

Литература

1. Курчева Г.Ф. Роль беспозвоночных животных в разложении дубового опада // Почвоведение. 1960. № 4. С. 16–23.
2. Рахлеева А.А., Семенова Т.А., Стриганова Б.Р., Терехова В.А. Динамика зоомикробных комплексов при разложении растительного опада в ельниках южной тайги // Почвоведение. 2011. № 1. С. 44–55.
3. Стриганова Б.Р. Питание почвенных сапрофагов. М.: Наука, 1980. 244 с.
4. Bardgett R.D., Chan K.F. Experimental evidence that soil fauna enhance nutrient mineralization and plant nutrient uptake in montane grassland ecosystems // Soil Biology and Biochemistry. 1999. Vol. 31. P. 1007–1014.
5. Cragg R.G., Bardgett R.D. How changes in soil faunal diversity and composition within a trophic group influence decomposition processes // Soil Biology and Biochemistry. 2001. Vol. 33. P. 2073–2081.
6. Cassange N., Gers C., Gauquelin T. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands (France) // Biol. Fertil. Soils. 2003. Vol. 37. P. 355–361.
7. Mebes K.H., Filser Ju. Does the species composition of Collembola affect nitrogen turnover? // Applied Soil Ecology. 1998. Vol. 9. P. 241–247.
8. Hattenschwiler S., Tiunov A.V., Scheu S. Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems // Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 2005. Vol. 36. P. 191–218.
9. Симонов Ю.В. Сравнительная характеристика деятельности микроартропод и микроорганизмов в процессе гумификации лесного опада // Экология. 1989. № 4. С. 28–33.
10. Симонов Ю.В. Зависимость процесса трансформации органического вещества от структуры населения коллембол растительного опада // Биоразнообразие почвенных животных. М., 1999. С. 76–78.
11. Мордкович В.Г., Березина О.Г., Любечанский И.И., Андриевский В.С., Марченко И.И. Трансформация органического вещества почвы сообществом микроартропод в Западно-Сибирской северной тайге // Известия РАН. Серия биологическая. 2006. № 1. С. 95–101.
12. Трофимов С.С., Фаткулин Ф.А. Состав гумуса молодых почв техногенных отвально-карьерных ландшафтов Центрального и Южного Кузбасса // Восстановление

- техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). Новосибирск : Наука, 1977. С. 113–119.
13. *Сукцессии* и биологический круговорот / отв. ред. В.М. Курачев. Новосибирск : Наука, 1993. 157 с.
 14. Соколов Д.А. Специфика определения органических веществ педогенной природы в почвах техногенных ландшафтов Кузбасса // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012. № 2 (18). С. 17–25.
 15. Scheu S., Theenhaus A., Jones T.H. Links between the detritivore and the herbivore system: effects of earthworms and Collembola on plant growth and aphid development // Oecologia. 1999. Vol. 199. P. 514–551.
 16. Ариунушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М. : МГУ, 1970. 488 с.
 17. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М. : Изд-во МГУ, 1990. 325 с.

Поступила в редакцию 15.02.2015 г.; повторно 19.05.2015 г.; принята 03.09.2015 г.

Авторский коллектив:

Беспалов Алексей Николаевич – канд. биол. наук, мл. н. с. лаборатории рекультивации почв Института почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия).

E-mail: A.Bespalov@bk.ru

Любечанский Илья Игоревич – канд. биол. наук, ст. н. с. лаборатории систематики беспозвоночных животных Института систематики и экологии животных СО РАН (г. Новосибирск, Россия).

E-mail: Lubech@rambler.ru

Bespalov AN, Lyubechanskii I Transformation of soil organic matter by microarthropod communities in technogenic soils of Kuzbass. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya – Tomsk State University Journal of Biology*. 2015;3(31):6-16. doi: 10.17223/19988591/31/1. In Russian, English summary

Alexey N. Bespalov¹, Ilya I. Lyubechanskii²

¹ *Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation*

² *Institute of Systematics and Ecology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation*

Transformation of soil organic matter by microarthropod communities in technogenic soils of Kuzbass

The aim of our investigation was to compare soil organic matter transformation (humification and mineralization) in technogenic substrates exposed to the presence and absence of microarthropods under different moisture conditions. We supposed that the content of humic and fulvic acids would increase in the samples protected from microarthropod colonization because more microorganisms grow in such samples.

We carried out an investigation in the forest-steppe zone of Kemerovo region (in vicinities of Listvyagi village near Listvyanskii opencast coal mine (53°40' N, 86°54' E). Study sites were situated in the coal quarry abandoned about 30 years ago. One of them was situated in the pit bottom on the inner lake shore and the other - on the inner pit slope 50 m far and 20 m up from the lake. We used two kinds of soil substrate: technogenic eluvium and loess-like loam. Substrates were defaunized, passed through soil sieves and placed into textile bags with mesh 0.06 mm. One set of bags was completely made of the microarthropod-proof gauze, while bags of the other set had a window (1/4 of the total area) of a coarse gauze (1.7 mm mesh), which prevented

the access of mesogeobionts but allowed soil recolonization by microarthropods. The bags were placed in the soil for 125 days. In initial substrates (control) and in exposed samples we measured the content of general organic carbon (C) and fractions of humic and fulvic acids by method of IV Tyurin.

The content of organic carbon in bags of all types which were placed on the slope increased during the experiment. On the contrary, general C content decreased in the bags placed near the lake shore (compared with control samples and with samples placed on the slope). We observed an increase in fulvic acids content in experimental samples, especially from the lake shore (up to 1/3 more). The difference is especially big (twice) in the 3rd fraction of fulvic acids which is more active and has a quicker reaction to the change of soil genesis. General content of organic C decreased in technogenic eluvium bags and increased in loess-like loam bags. Humic acids content in technogenic eluvium bags decreased 2 times. Fulvic acids content increased twice in technogenic eluvium bags and had no change in loess-like loam bags.

We determined that the disturbance of microarthropod community structure had negative impact on intensiveness of humification process. Our hypothesis was right that the restriction of microarthropod access to substrates leads to a change in humus fraction proportion, increasing fulvic acids content and fulvic humus formation. We proved that the presence of microarthropods shifted the process of organic substance destruction to humification. Our experiment showed that technogenic eluvium had a quicker reaction to the absence of microarthropods. This reaction is greater than in loess-like loam. During the experiment we showed that in the moist soil of the lake shore, processes of soil formation and microbial activity are higher than in slope soils. Soils of technogenic landscapes are very young and processes of soil formation in them are weakly regulated, so any kind of change in micro- and mesofaunal communities are able to turn the humification and mineralization processes to the direction unusual for a certain latitudinal zone.

Acknowledgments: The investigation was partly supported by Russian Fund of Basic Research (RFBR), grant No. 12-04-00566-a.

The article contains 1 Table, 2 Figures, 17 References.

Key words: soil invertebrates; soil organic matter; humus; soil quarry dumps.

References

1. Kurcheva GF. Rol' bespozvonochnykh zhivotnykh v razlozhenii dubovogo opada [Role of invertebrates in oak litter decomposition]. *Pochvovedenie*. 1960;4:16-23. In Russian
2. Rakhleeva AA, Semenova TA, Striganova BR, Terekhova VA. Dynamics of zoomicrobial complexes upon decomposition of plant litter in spruce forests of the southern taiga. *Eurasian Soil Science*. 2011;44(1):38-48. doi: [10.1134/S1064229310071026](https://doi.org/10.1134/S1064229310071026)
3. Striganova BR. Pitaniye pochvennykh saprofagov [Feeding of soil saprophages]. Moscow: Nauka Publ.; 1980. 244 p. In Russian
4. Bardgett RD, Chan KF. Experimental evidence that soil fauna enhance nutrient mineralization and plant nutrient uptake in montane grassland ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*. 1999;31:1007-1014. doi: [10.1016/S0038-0717\(99\)00014-0](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00014-0)
5. Cragg RG, Bardgett RD. How changes in soil faunal diversity and composition within a trophic group influence decomposition processes. *Soil Biology and Biochemistry*. 2001;33:2073-2081.
6. Cassange N, Gers C, Gauquelin T. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands (France). *Biol. Fertil. Soils*. 2003;37:355-361. doi: [10.1007/s00374-003-0610-9](https://doi.org/10.1007/s00374-003-0610-9)
7. Mebes KH, Filser Ju. Does the species composition of Collembola affect nitrogen turnover? *Applied Soil Ecology*. 1998;9:241-247.

8. Hattenschwiler S, Tiunov AV, Scheu S. Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 2005;36:191-218. doi: [10.1146/annurev.ecolsys.36.112904.151932](https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.36.112904.151932)
9. Simonov YuV. Sravnitel'naya kharakteristika deyatel'nosti mikroartropod i mikroorganizmov v protsesse gumifikatsii lesnogo opada [Comparative characteristics of the activity of microarthropods and microorganisms during forest litter humification]. *Ekologiya.* 1989;4:28-33. In Russian
10. Simonov YuV. Zavisimost' protsessy transformatsii organicheskogo veshchestva ot struktury naseleniya kollembol rastitel'nogo opada [Dependence of organic matter transformation process from Collembola population structure of plant litter]. In: *Bioraznoobrazie pochvennykh zhivotnykh* [Biodiversity of soil animals]. Moscow: Nauka Publ.; 1999. pp. 76-78. In Russian
11. Mordkovich VG, Berezina OG, Lyubechanskii II, Marchenko II, Andrievskiy VS. Transformation of soil organic matter in microarthropod community from the northern taiga of West Siberia. *Biology Bulletin.* 2006;33(1):81-86. doi: [10.1134/S1062359006010122](https://doi.org/10.1134/S1062359006010122)
12. Trofimov SS, Fatkulov FA. Sostav gumusa molodykh pochv tekhnogennykh otval'no-kar'ernykh landshaftov Tsentral'nogo i Yuzhnogo Kuzbassa [Composition of young soils humus of technogenic moldboard-mining landscapes of Central and Southern Kuzbass]. In: *Vosstanovlenie tekhnogennykh landshaftov Sibiri (teoriya i tekhnologiya)* [Restoration of technogenic landscapes of Siberia (theory and technology)]. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 1977. pp. 113-119. In Russian
13. Suktsessii i biologicheskii krugovorot [Successions and the biological cycle]. Kurachev VM, editor. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 1993. 157 p. In Russian
14. Sokolov DA. Specificity of determination of paedogenic organic substances in soils of man-caused landscapes of Kuzbass. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya – Tomsk State University Journal of Biology.* 2012;18(2):17-25. In Russian, English summary
15. Scheu S, Theenhaus A, Jones TH. Links between the detritivore and the herbivore system: effects of earthworms and Collembola on plant growth and aphid development. *Oecologia.* 1999;199:514-551. doi: [10.1007/s004420050817](https://doi.org/10.1007/s004420050817)
16. Arinushkina EV. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Guidance on soil chemical analysis]. Moscow: Moscow State University Publ.; 1970. 488 p.
17. Orlov DS. Gumusovye kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikatsii [Humic soil acids and general theory of humification]. Moscow: Moscow State University Publ.; 1990. 325 p.

Received 15 February 2015;

Revised 19 May 2015;

Accepted 3 September 2015

Author info:

Bespalov Alexey N, Cand. Sci. (Biol.), Junior Researcher, Laboratory of Recultivation of Soils, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 8/2 Ac. Lavrentieva Ave, Novosibirsk 630090, Russian Federation.

E-mail: A.Bespalov@bk.ru

Lyubechanskii Ilya I, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Laboratory of Invertebrate Animals Systematics, Institute of Systematics and Ecology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 11 Frunze Str., Novosibirsk 930091, Russian Federation.

E-mail: Lubech@rambler.ru