

ЗООЛОГИЯ

УДК 591.5:595.2:622.012 (571.17)

doi: 10.17223/19988591/39/6

Н.И. Еремеева, С.Л. Лузянин

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Структура населения герпетобионтных членистоногих при зарастании отвалов угольной промышленности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты
№ 13-04-98029 (p_сибирь_a) и № 16-44-420211 (p_a)

Проведены исследования структуры населения мезогерпетобионтных членистоногих на рекультивируемых породных отвалах Краснобродского и Кедровского угольных разрезов (лесостепная и лесная зоны Кемеровской области). Установлено, что на ранних этапах сукцессии формирование сообществ напочвенной мезофауны членистоногих идет за счет основных групп, слагающих население локальных экосистем: Crustacea, Arachnida, Chilopoda, Diplopoda, Insecta-Entognatha и Insecta-Ectognatha. На 10–15-летних отвалах наблюдается рост динамической плотности мезогерпетобионтов за счет доминантной группы Insecta-Ectognatha. На 15–20-летних отвалах отмечены рост и максимальные значения численных показателей Arachnida, превышающие данные контрольного участка. На 25–30-летних отвалах динамическая плотность мезогерпетобионтных членистоногих снижается в 1,7–2,6 раза, не достигая значений контрольной зоны.

Ключевые слова: мезофауна; отвалы угольных разрезов; первичная сукцессия.

Введение

Угольная промышленность является источником комплексного негативного воздействия на окружающую среду. В результате производственной деятельности на поверхность выносятся огромные количества вскрышных пород, которые постепенно складываются, образуя отвалы. Образовавшиеся начальные экосистемы техногенных ландшафтов могут служить хорошей модельной площадкой для изучения многих теоретических и прикладных проблем экологии. В частности, данные территории перспективно рассматривать в качестве моделей для определения скорости и направления восстановительных сукцессий.

Первичная сукцессия начинается сразу же с момента вынесения техногенных элювиев вскрышных пород на поверхность. Первыми техногенно

трансформированные ландшафты заселяют микроорганизмы, затем – со-судистые растения, и одновременно вместе с ними формируется животное население, в том числе и различных групп членистоногих.

Неотъемлемым компонентом естественных и техногенных экосистем являются мезогерпетобионты – членистоногие средних размерных характеристик, которые обитают на поверхности почвы и в подстилке, в пограничной зоне [1]. Представители герпетобия в большом количестве встречаются в ценозах разной степени нарушенности, в том числе антропогенных, быстро реагируют на изменения экологической обстановки. Кроме того, разнообразие и обилие представителей данной группы беспозвоночных – диагностические признаки физического свойства, гидротермических режимов и направления почвообразовательного процесса. В связи с этим изучение данной группы беспозвоночных является важным звеном экологического мониторинга изменений и состояния природных и нарушенных деятельностью человека экосистем.

Исследования отдельных групп мезогерпетобия породных отвалов угольной промышленности проводятся достаточно давно. Часть работ посвящена изучению населения жуужелиц [2–10], пауков [11–14], муравьев [15–18]. Немногочисленны работы с анализом общей структуры мезогерпетобия породных отвалов [19–22]. В то же время в представленных работах слабо изучен временной аспект восстановления мезогерпетобия, а таксономическая часть носит лишь фрагментарный характер.

Цель данной работы заключается в изучении разнообразия, обилия и сукцессионных изменений комплексов мезогерпетобионтных членистоногих отвалов угольной промышленности, которые находятся на разных этапах восстановления.

Материалы и методики исследования

Исследования проведены в мае–августе 2013–2016 гг. в Кемеровской области на отвалах Краснобродского и Кедровского угольных разрезов. Кедровский угольный разрез расположен в 25 км к северу от областного центра – г. Кемерово, в лесной зоне на границе северной лесостепи Кузнецкой котловины и северо-западной подтайги Кузнецкого Алатау. Краснобродский угольный разрез находится в лесостепной зоне центральной части Кузнецкой котловины.

Объект исследования – герпетобионтные членистоногие – обитатели поверхности почвы и подстилки, имеющие средние размерные характеристики (мезогерпетобий).

На каждом разрезе выбраны модельные участки на отвалах разного возраста. В качестве контроля изучены характерные биотопы в районе исследования, расположенные в непосредственной близости от отвала. Модельные участки Кедровского разреза кратко обозначены **Ked**, Краснобродского разреза – **Krb**:

Ked-1 (55°30'39"N, 86°04'00"E – координаты расположения участка; 7–10 лет – длительность существования биоценоза): вершина отвала, на котором проведены технический и биологический (посадка сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. и эспарцета песчаного *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC.) этапы рекультивации, наблюдаются начальные стадии формирования луговых сообществ; в большом числе имеются отдельные участки каменистых россыпей площадью до 3 м² из разного формата отвальной породы, полностью лишенные растительности. Проективное покрытие до 50%, на каменистых участках – ниже 10%. Отсутствует задернованность. В травостое преобладают *Onobrychis arenaria*, одуванчик лекарственный *Taraxacum officinale* Wigg., донник лекарственный *Melilotus officinalis* (L.) Pall., полынь шелковистая *Artemisia sericea* Web. ex Stechm., горлюха ястребинковая *Picris hieracioides* L.

Ked-2 (55°30'31"N, 86°04'13"E; 10–15 лет): на уступе террасы отвала. Проведены технический и биологический этапы рекультивации. На данном участке сформировался разнотравно-злаковый луг, идет процесс формирования древесного яруса. Задернованность местами составляет более 50%. Проективное покрытие 70–90%. Древесные растения, не образуя сомкнутого покрова, составляют до 5% и фрагментарно расположены в пределах площадки. Древесный ярус представлен березой повислой *Betula pendula* Roth, ивой козьей *Salix caprea* L., облепихой крушиновидной *Hippophae rhamnoides* L. В травянистом ярусе преобладают бодяк щетинистый *Cirsium setosum* (Willd.) Bess., пырей ползучий *Elytrigia repens* (L.) Nevski, люцерна серповидная *Medicago falcata* L., *Taraxacum officinale*.

Ked-3 (55°51'39"N, 86°06'17"E; 15–20 лет): вершина отвала, на котором проведены техническая и биологическая рекультивация. Хорошо развит разнотравно-злаковый луг, с доминированием ежи сборной *Dactylis glomerata* L., *Taraxacum officinale*, василька шероховатого *Centaurea scabiosa* L. В то же время имеется древесно-кустарниковая растительность, представленная *Hippophae rhamnoides*, рябиной сибирской *Sorbus sibirica* Hedl. и *Betula pendula*. Задернованность 20–40%. Проективное покрытие 90–100%.

Ked-4 (55°30'44"N, 86°03'30"E; 25–30 лет): рекультивируемый участок (техническая и биологическая рекультивация), расположенный на террасе 30-летнего отвала, на котором сформировался разнотравно-бобово-злаковый луг с включением древесно-кустарниковой растительности. Задернованность составляет более 70%. Проективное покрытие 80–100%, площадь древесно-кустарниковой растительности 30–35%. В травостое доминируют *Onobrychis arenaria*, *Melilotus officinalis* и представители рода мятлик *Poa* L.

Ked-5 (55°55'72"N, 86°16'72"E) – контроль. Представляет собой участок разреженного осиново-пихтового леса с небольшой примесью *Betula pendula* и ели сибирской *Picea obovata* Ledeb. Большую площадь (около 80%) участка занимают поляны, занятые лесным высокотравьем. Проек-

тивное покрытие составляет 95–100%. Доминируют многолетние двудольные травянистые мезогигрофиты (борец северный *Aconitum septentrionale* Koelle, купырь лесной *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., иван-чай узколистный *Chamerion angustifolium* (L.) Holub), почва не задернована.

Krb-1 (54°15'56"N, 86°53'01"E; 7–10 лет): расположен на платообразно выровненной вершине отвала, на котором проведена техническая и биологическая рекультивация. На участке представлены травянистые сообщества (луга в начальных стадиях формирования), а также отдельные экземпляры древесных (тополь бальзамический *Populus balsamifera* L.) и кустарниковых (*Hippophae rhamnoides*, *Salix caprea*) растений, не сформировавших к настоящему времени отдельного яруса. Часть поверхности (до 20%) полностью лишена растительности и занята каменистыми россыпями из мелкого формата отвальной породы. Задернованность отсутствует. Проективное покрытие от 20 до 45%, на отдельных открытых каменистых участках – ниже 10%. В травяном покрове преобладают *Artemisia sericea*, марь остистая *Chenopodium aristatum* L., молочай лозный *Euphorbia virgate* Waldst. et Kit.

Krb-2 (54°10'17"N, 86°25'18"E; 10–15 лет): расположен на платообразно выровненной вершине отвала, где проведена техническая рекультивация. На данном участке сформировался разнотравный луг с доминированием *Dactylis glomerata*, *Centaurea scabiosa*, *Medicago falcata*, *Chamerion angustifolium*. Проективное покрытие 50–70%. Площадь древесно-кустарниковой растительности 10–15%.

Krb-3 (54°15'66"N, 86°53'12"E; 15–20 лет): расположен на уступе террасы отвала, где осуществлена техническая и биологическая рекультивация. На данном участке формируется березовый лес (доминирует *Betula pendula*). Задернованность составляет 20–30%. Проективное покрытие 50–60%. В травяном ярусе преобладают вейник наземный *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Cirsium setosum*, земляника зеленая *Fragaria viridis* Duch., донник белый *Melilotus albus* Medik.

Krb-4 (54°10'15"N, 86°25'05"E; 25–30 лет) – выровненная площадка 30-летнего отвала. Хорошо развиты луговые сообщества, представленные участками разнотравно-бобово-злаковых и разнотравно-злаковых лугов. В травостое преобладают мятлик луговой *Poa pratensis* L., *Melilotus officinalis*, чина луговая *Lathyrus pratensis* L., *Centaurea scabiosa*. Проективное покрытие 60–80%. Задернованность 30–40%. Древесные и кустарниковые растения расположены фрагментарно и представлены *Pinus sylvestris*, *Sorbus sibirica* и черемухой уединенной *Padus avium* Mill.

Krb-5 (54°14'72"N, 86°49'27"E) – контрольный участок, берёзовый колок с открытыми полянами (15% площади участка), которые заняты разнотравными луговыми сообществами с преобладанием в травостое вейника тростникового *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Calamagrostis epigeios*, вейника тупочешуйного *Calamagrostis obtusata* Trin. и клопогона вонючего *Cimicifuga foetida* L. Проективное покрытие 95–100%. Почва задернована.

Сомкнутость крон древесного яруса составляет 20–30%, доминирует *Betula pendula*, изредка представлены осина *Populus tremula* L. и *Salix caprea*.

Сбор материала проводили стандартным методом – почвенными ловушками (пластиковые стаканчики объемом 200 мл, диаметр горлышка 70 мм). На каждом участке вкапывали по 10 ловушек, которые осматривали каждые 7–10 дней. В качестве фиксатора использовали 10%-ный раствор уксусной кислоты.

Динамическую плотность членистоногих выражали в количестве экз. емпляров на 10 ловушко-суток (экз./10 лов.-сут). Всего обработано более 950 проб, учтено свыше 12 тыс. особей.

При характеристике мезогерпетобия модельных участков использованы полученные структурные и численные показатели отдельных групп членистоногих, корреляционный анализ (корреляция Спирмена) [23].

Статистическая обработка данных проведена с использованием программ Excel и StatSoft STATISTICA 6.0. Данные представлены в виде среднего арифметического значения со стандартной ошибкой, диаграмм и модели статистически значимых корреляционных связей.

Результаты исследования и обсуждение

В ходе восстановительной сукцессии на породных отвалах формируется гетерогенное население мезогерпетобионтных членистоногих. Так, детальный анализ таксономической структуры показал, что мезогерпетобионтные комплексы включают представителей шести классов членистоногих: Crustacea, Arachnida, Chilopoda, Diplopoda, Insecta-Entognatha и Insecta-Ectognatha (табл. 1–2). Доминируют на всех участках исследования представители класса Insecta-Ectognatha, на которые приходится от 75,0 (Кедровский разрез) до 84,2% (Краснобродский разрез) от общих сборов мезогерпетобионтов на отвалах. В контрольных зонах эти показатели составляют 78,0 и 76,3% соответственно.

Паукообразные (Arachnida) являются второй по численности группой герпетобия (рис. 1). На отвалах Кедровского угольного разреза динамическая плотность населения паукообразных в среднем составляла 13,5 экз./10 лов.-сут, что в 3,2 раза меньше, чем насекомых, а в контроле – в 6,8 раз. На Краснобродском угольном разрезе плотность населения Arachnida на отвалах достигала в среднем 11,4 экз./10 лов.-сут, что в 6,4 раза меньше плотности населения насекомых. В контрольной зоне плотность населения паукообразных и насекомых различалась в 6 раз.

Доля паукообразных в общей структуре мезогерпетобия на отвалах Кедровского угольного разреза (23,3%) превысила данные контроля (11,8%), а на Краснобродском разрезе получены противоположные данные (13,2 и 14,3% соответственно). Средняя динамическая плотность паукообразных на отвалах Кедровского угольного разреза составила 13,5 экз./10 лов.-сут, на Краснобродском – 11,4, в контрольных зонах – 10,4 и 16,0 соответственно.

Паукообразные появляются на отвалах угольных разрезов уже на начальных этапах сукцессии; на 7–10-летних отвалах их динамическая плотность достигает 8,9–14,1 экз./10 лов.-сут. В последующие годы наблюдается дальнейший рост численности Arachnida, достигающий на обоих угольных разрезах максимальных значений (17,9–19,0 экз./10 лов.-сут) на отвалах возрастом 15–20 лет, превосходящих значения контрольной зоны. При последующих процессах восстановительной сукцессии плотность населения паукообразных на отвалах снижается и не достигает численных показателей контрольной зоны (рис. 2).

Т а б л и ц а 1 [Table 1]

Таксономический состав и динамическая плотность мезогерпетобия на отвалах Кедровского угольного разреза и в контрольной зоне, экз./10 лов.-сут
[Taxonomic structure and dynamic density of mesoherpetobium on dumps of the Kedrovsky coal mine and in the control zone, specimens/10 trap days] (Mean±SE)

Группа [Group]	Отвалы [Dumps]				Контроль [Control] Ked-5 (55°55'72"N, 86°16'72"E)
	Ked-1 (55°30'39"N, 86°04'00"E)	Ked-2 (55°30'31"N, 86°04'13"E)	Ked-3 (55°51'39"N, 86°06'17"E)	Ked-4 (55°30'44"N, 86°03'30"E)	
Crustacea	0,02±0,01	–	0,01±0,001	0,74±0,20	0,04±0,02
Arachnida	14,09±1,45	14,39±3,11	17,86±2,58	7,73±1,33	10,36±0,87
Chilopoda	0,86±0,12	0,88±0,29	0,07±0,02	0,10±0,06	4,55±0,61
Diplopoda	–	–	–	0,01±0,001	1,94±0,39
Insecta-Entognatha	0,72±0,25	0,06±0,04	0,27±0,08	0,01±0,001	2,39±0,34
Insecta-Ectognatha	41,76±2,27	57,71±8,70	38,78±2,98	35,66±3,91	68,28±4,71
Всего членистоногих [Total number of arthropods]	57,48±3,15	73,04±10,60	56,99±4,75	44,23±4,97	87,57±5,58

Т а б л и ц а 2 [Table 2]

Таксономический состав и динамическая плотность мезогерпетобия на отвалах Краснобродского угольного разреза и в контрольной зоне, экз./10 лов.-сут
[Taxonomic structure and dynamic density of mesoherpetobium on dumps of the Krasnobrodsky coal mine and in the control zone, specimens/10 trap days] (Mean±SE)

Группа [Group]	Отвалы [Dumps]				Контроль [Control] Krb-5 (54°14'72"N, 86°49'27"E)
	Krb-1 (54°15'56"N, 86°53'01"E)	Krb-2 (54°10'17"N, 86°25'18"E)	Krb-3 (54°15'66"N, 86°53'12"E)	Krb-4 (54°10'15"N, 86°25'05"E)	
Crustacea	2,85±0,46	–	3,82±0,89	0,01±0,01	0,01±0,01
Arachnida	8,94±1,74	9,98±1,07	18,99±2,68	7,52±1,13	16,01±1,34
Chilopoda	0,08±0,04	0,03±0,02	0,14±0,05	0,01±0,01	2,56±0,32
Diplopoda	0,02±0,01	0,01±0,01	0,02±0,01	–	3,41±0,37
Insecta-Entognatha	0,13±0,05	1,09±0,47	0,38±0,09	0,34±0,23	5,13±1,05
Insecta-Ectognatha	36,14±3,12	150,80±19,36	49,36±4,77	54,43±6,21	84,52±8,57
Всего членистоногих [Total number of arthropods]	48,16±3,73	161,90±19,45	71,31±5,82	62,09±6,77	111,79±9,66

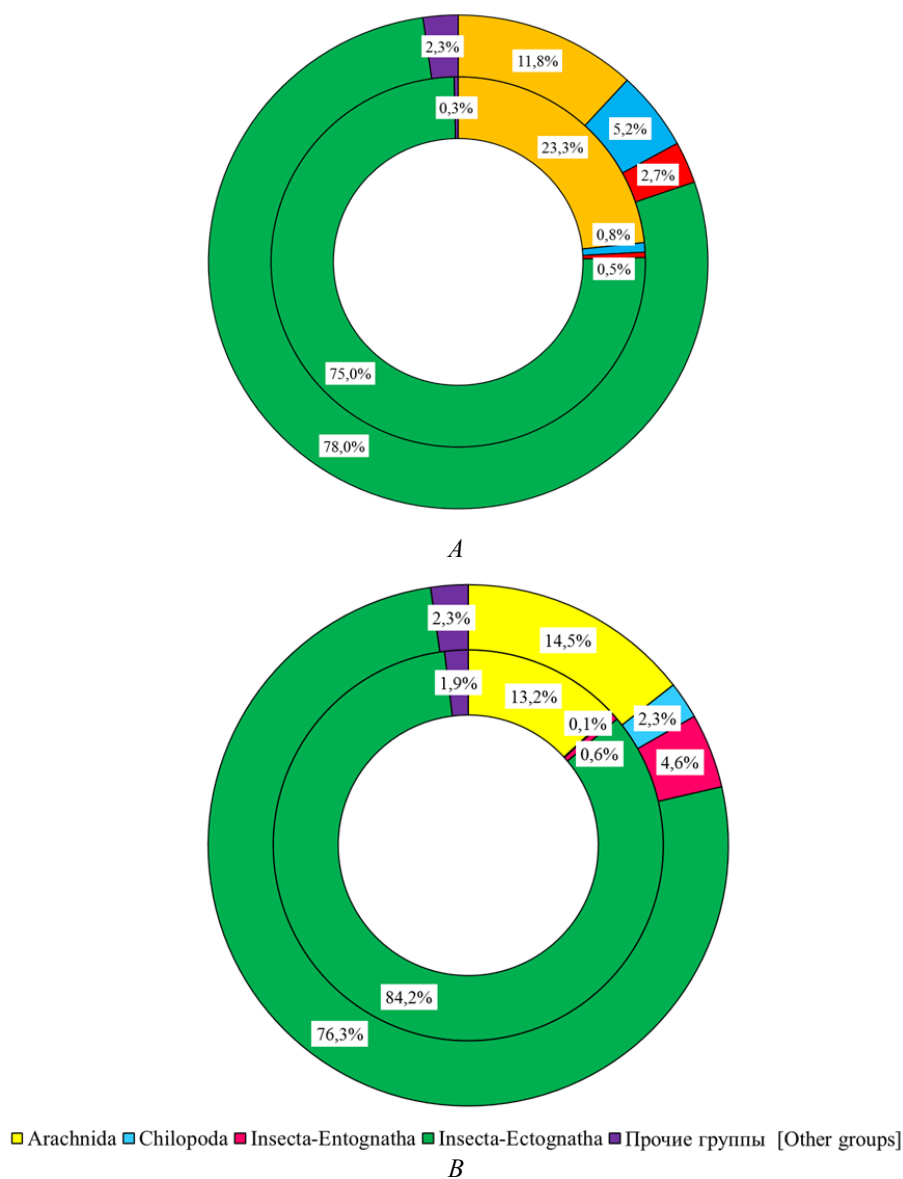


Рис. 1. Соотношение основных таксономических групп мезогерпетобийных членистоногих на отвалах Кедровского (А) и Краснобродского (В) разрезов (внутренний круг) и в контрольной зоне (наружный круг) по численности, %

[Fig. 1. The ratio of the main taxonomic groups of mesoherpetobiont arthropods on dumps of the Kedrovsky (A) and the Krasnobrodsky (B) coal mines (inner circle) and control zone (outer circle) in number, %]

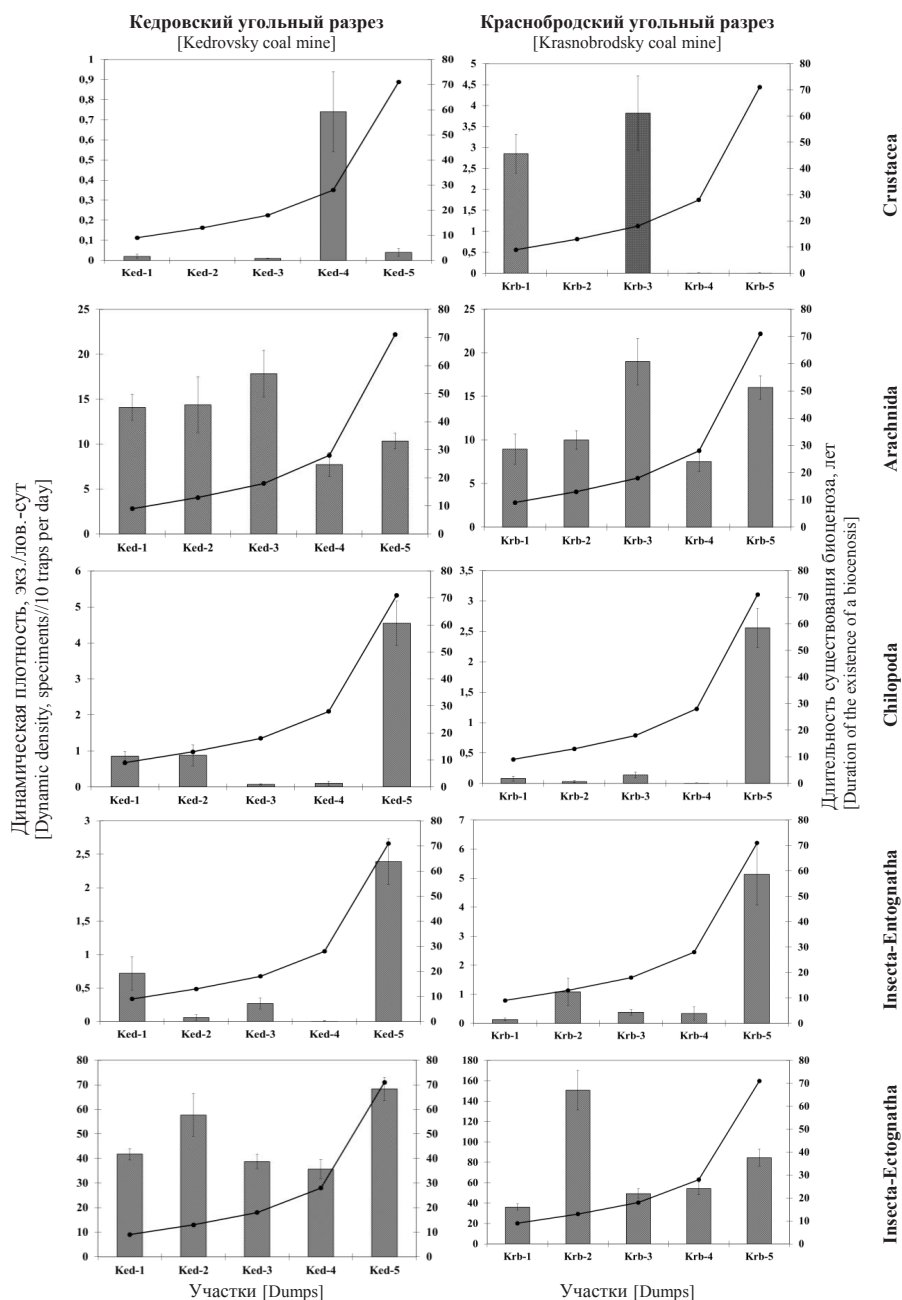


Рис. 2. Изменение динамической плотности членистоногих основных групп мезогерпетобия на отвалах угольных разрезов во временном аспекте. Столбцы – динамическая плотность группы членистоногих, точки – длительность существования биотеноза, линии на столбцах – планка погрешности, отображающая стандартное отклонение [Fig. 2. The change in the dynamic density of the main groups of mesoherpetobium on dumps of coal mines in the temporal aspect. Columns - The dynamic density of a group of arthropods, Points - Duration of the existence of a biocenosis, Lines on the columns - Standard deviation bars]

Паукообразные представлены отрядами пауки (Aranei), сенокосцы (Opiliones), акариформные клещи (Acariformes). Преобладают зоофаги-хищники – отряд Aranei (в среднем 96,1% от общих сборов паукообразных на отвалах и 72,9 – в контрольной зоне). Выявленные изменения динамической плотности Arachnida в процессе восстановительной сукцессии на отвалах угольных разрезов в основном связаны с этой группой.

На отвалах Кедровского разреза на представителей отряда Aranei приходится в среднем 94,8% от общих сборов паукообразных, на Краснобродском разрезе – 97,6%. В контрольных зонах эти показатели составляют 74,8 и 71,6% соответственно. Особенно многочисленны пауки сем. Lycosidae (32,5% от общих сборов всех пауков на отвалах и 42,1% – в контроле).

Для отряда Acariformes не выявлено существенных различий на техногенных и контрольных участках Кедровского угольного разреза (в среднем 0,68 экз./10 лов.-сут – на отвалах, 0,72 – в контроле), но на Краснобродском разрезе динамическая плотность акариформных клещей ниже по сравнению с контролем в 2,1 раза (0,17 и 0,36 экз./10 лов.-сут соответственно). Доля представителей этого отряда в мезогерпетобионтных комплексах значительно колебалась и составила на отвалах Кедровского разреза 3,9–8,5% от всех паукообразных, Краснобродского разреза – 0,2–2,4%, в контрольных зонах – 7,0 и 22,5% соответственно.

Максимальная динамическая плотность Acariformes зафиксирована на отвалах обоих разрезов возрастом 15–20 лет. Для отряда Opiliones отмечена статистически значимо более низкая доля в структуре герпетобия отвалов (0,02–0,48% от общих сборов паукообразных) по сравнению с контрольной зоной (5,87–18,24%).

На надкласс Многоножки (Myriopoda) приходилось 0,1–0,8% от всех сборов герпетобия на отвалах и 5,3–7,4% – в контроле. На исследованных территориях обнаружены многоножки двух классов: губоногие (Chilopoda) и двупарноногие (Diplopoda). Губоногие многоножки представлены отрядом костянки (Lithobiomorpha), а двупарноногие – кивсяки (Juliformia). Из них на отвалах угольных разрезов преобладают представители Chilopoda. Двупарноногие многоножки встречаются единично. Появление многоножек связано с начальными стадиями формирования луговых сообществ на отвалах угольных разрезов, но на участках разной длительности существования они демонстрируют статистически значимую более низкую динамическую плотность (в среднем 0,48 экз./10 лов.-сут на Кедровском разрезе, 0,08 – на Краснобродском разрезе) по сравнению с контрольной зоной (6,49 и 5,97 экз./10 лов.-сут соответственно).

Кроме Diplopoda к наиболее малочисленному компоненту мезогерпетобия отнесены сухопутные представители ракообразных – мокрицы (Isopoda, Oniscidea). Обе эти группы предпочитают влажные условия обитания, поэтому неслучайно их динамическая плотность и доля в составе герпетобия имеют низкие значения в ксероморфных условиях отвалов угольных раз-

резов. Появление мокриц на отвалах наблюдается на ранних стадиях восстановительной сукцессии. Максимальные значения динамической плотности мокриц отмечены на Кедровском угольном разрезе на самом «старом» из исследованных отвалов возрастом 25–30 лет (0,74 экз./10 лов.-сут), а на Краснобродском разрезе – на 15–20 летнем отвале (3,82), что значительно ниже значений, полученных для контрольных зон, – 0,04 и 0,01 экз./10 лов.-сут соответственно (см. рис. 2).

Доминантная группа герпетобия – насекомые – представлена пятью отрядами двух классов (табл. 3, 4). Преобладают открыточелюстные насекомые Insecta-Ectognatha, на которых приходится 99,4% сборов всех насекомых на обоих отвалах и 94,3–96,6% – в контрольных зонах. Скрыточелюстные насекомые (в частности, Collembola) редко попадали в почвенные ловушки. Эта группа наиболее многочислена в контрольной зоне, где ее динамическая плотность в 2,3–2,6 раз выше по сравнению со средними показателями на отвалах.

Т а б л и ц а 3 [Table 3]

Динамическая плотность насекомых различных отрядов на отвалах Кедровского угольного разреза и в контрольной зоне, экз./10 лов.-сут
[Dynamic density of insects of various orders on dumps of the Kedrovsky coal mine and in the control zone, specimens/10 trap days] (Mean±SE)

Группа [Group]	Отвалы [Dumps]				Контроль [Control] Ked-5
	Ked-1	Ked-2	Ked-3	Ked-4	
Heteroptera	5,45±0,80	3,46±0,45	1,41±0,25	0,64±0,18	0,28±0,07
Coleoptera	15,53±0,81	12,01±1,68	12,11±0,88	5,18±0,91	55,04±3,90
Hymenoptera	20,82±1,54	42,24±7,57	25,27±2,69	29,54±3,37	12,93±1,35
Dermoptera	0,02±0,01	–	–	0,29±0,17	0,04±0,03
Collembola	0,72±0,25	0,06±0,04	0,27±0,08	0,01±0,001	2,39±0,34
Всего насекомых [Total number of insects]	42,55±2,26	57,77±8,70	39,06±3,00	35,66±3,91	70,68±4,79

Т а б л и ц а 4 [Table 4]

Динамическая плотность насекомых различных отрядов на отвалах Краснобродского угольного разреза и в контрольной зоне, экз./10 лов.-сут
[Dynamic density of insects of various orders on dumps of the Krasnobrodsky coal mine and in the control zone, specimens/10 trap days] (Mean±SE)

Группа [Group]	Отвалы [Dumps]				Контроль [Control] Krb-5
	Krb-1	Krb-2	Krb-3	Krb-4	
Heteroptera	0,79±0,13	2,55±0,36	0,57±0,10	1,13±0,23	0,22±0,05
Coleoptera	15,22±2,64	17,56±2,36	16,17±1,34	11,80±1,49	32,22±2,89
Hymenoptera	19,96±1,75	130,69±19,51	31,20±4,07	41,06±5,62	51,81±6,81
Dermoptera	0,17±0,07	–	–	–	0,01±0,01
Collembola	0,13±0,05	1,09±0,47	0,38±0,09	0,34±0,23	5,13±1,05
Всего насекомых [Total number of insects]	36,27±3,12	151,88±19,35	48,32±4,45	54,57±6,24	89,81±8,70

Наибольшие численные показатели скрыточелюстных насекомых Insecta-Entognatha на отвалах Кедровского угольного разреза отмечены на ранних сукцессионных стадиях возрастом 7–10 лет (0,72 экз./10 лов.-сут), а на Краснобродском – на 10–15-летних отвалах (рис. 2). В последующие годы динамическая плотность коллембол снижается и на отвалах возрастом 25–30 лет составляет 0,01–0,34 экз./10 лов.-сут на разных разрезах, что статистически значимо ниже показателей, полученных для контроля (2,39–5,13 экз./10 лов.-сут).

Исследование изменений динамической плотности открыточелюстных насекомых Insecta-Ectognatha показало, что наибольший подъем численности (до 57,7–150,8 экз./10 лов.-сут на разных угольных разрезах) этой доминантной группы насекомых наблюдается на обоих угольных разрезах на сравнительно молодых отвалах возрастом 10–15 лет. В последующие годы динамическая плотность населения снижается до 35,7–54,4 экз./10 лов.-сут и не достигает значений контрольной зоны (68,3–84,5).

На всех участках исследований преобладают насекомые отрядов Жесткокрылые (Coleoptera) и Перепончатокрылые (Hymenoptera), на которых суммарно приходится от 93,6 до 97,6% общих сборов насекомых на отвалах разных угольных разрезов (99,4–99,6% – в контрольной зоне).

Т а б л и ц а 5 [Table 5]

**Некоторые показатели семейств мезогерпетобионтных
жесткокрылых на отвалах угольных разрезов**
[Some parameters of the families of mesoherpetobiont coleoptera on dumps
of coal mines] (Mean±SE)

Семейство [Family]	Кедровский разрез [Kedrovsky coal mine]		Краснобродский разрез [Krasnobrodsky coal mine]	
	экз./10 лов.-сут [specimens/ 10 trap days]	% от сборов жесткокрылых [Share]	экз./10 лов.-сут [specimens/ 10 trap days]	% от сборов жесткокрылых [Share]
Silphidae	0,03±0,01	0,24	0,15±0,03	1,01
Carabidae	9,00±0,45	71,66	7,09±0,56	47,55
Staphylinidae	2,90±0,19	23,09	3,71±0,32	24,88
Scarabaeidae	0,01±0,01	0,08	0,04±0,01	0,27
Dermestidae	0,03±0,01	0,24	0,43±0,07	2,88
Elateridae	0,12±0,03	0,95	2,20±0,88	14,76
Histeridae	0,05±0,02	0,39	0,02±0,01	0,13
Curculionidae	0,33±0,05	2,63	0,76±0,08	5,1
Tenebrionidae	0,03±0,01	0,24	0,35±0,07	2,35
Byrrhidae	0,06±0,02	0,48	0,16±0,03	1,07
Всего жесткокрылых [Total number of coleoptera]	13,02±0,54	100	15,40±1,09	100

Отряд перепончатокрылых представлен лишь одним семейством – муравьи (Formicidae). Всего на исследованных территориях обнаружено 17 видов Formicidae, принадлежащих 5 родам 2 подсемейств [18]. В районе расположения Краснобродского разреза отмечено 11 видов, Кедровского – 13 ви-

дов муравьев. Непосредственно на отвалах угольных разрезов обнаружено 14 видов (12 видов – на Кедровском разрезе и 9 – на Краснобродском), что составляет 82,4% от видового богатства муравьев в районах исследования.

Отряд жесткокрылых представлен 10 семействами (табл. 5): Silphidae (мертвоеды), Carabidae (жужелицы), Staphylinidae (коротконадкрылые жуки), Scarabaeidae (пластинчатоусые), Dermestidae (кожееды), Elateridae (щелкуны), Histeridae (карапузики), долгоносики Curculionidae (род *Otiorhynchus* Germ.), Tenebrionidae (чернотелки), Byrrhidae (пилюльщики).

Установлено, что среди жесткокрылых на отвалах обоих разрезов доминируют представители семейств Carabidae и Staphylinidae (63,3% от общих сборов жесткокрылых на Кедровском угольном разрезе, 90,7% – Краснобродском), известных как группы, быстро реагирующие на изменение экологической ситуации и доминирующие в нарушенных ценозах [24–26]; удобные объекты при изучении и прогнозировании состояния биоты техногенных экосистем.

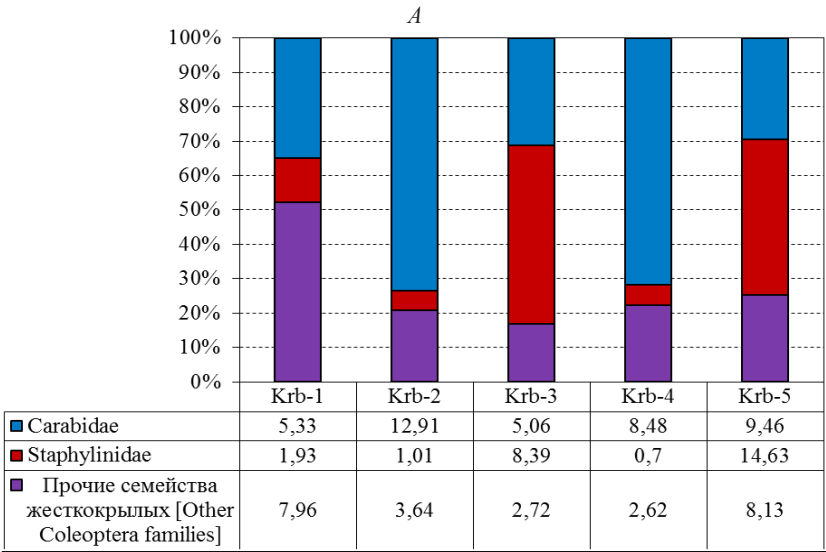
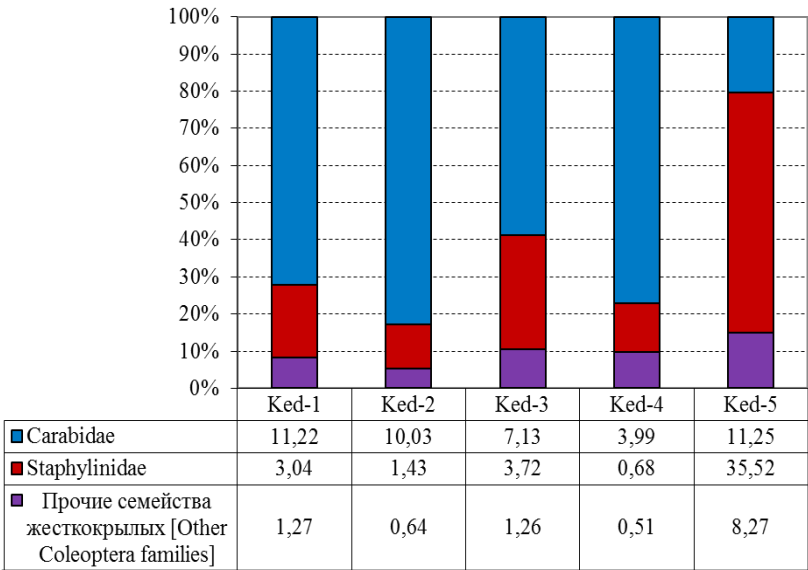
Исследования показали, что на большинстве исследованных отвалов обоих угольных разрезов самой многочисленной группой Coleoptera является семейство жужелиц Carabidae (рис. 3). На них приходится от 31,3 до 83,5% от числа жесткокрылых на разных отвалах. В то же время в контрольных зонах обоих разрезов представители семейства Carabidae уступают по численным показателям (9,5–11,3 экз./10 лов.-сут) семейства Staphylinidae (14,6–35,5 экз./10 лов.-сут).

Всего на участках исследования обнаружено 112 видов карабид 30 родов 18 триб 11 подсемейств. Учитывая впервые обнаруженные в ходе исследований виды жужелиц [10], а также виды, ранее отмеченные для Кузнецкой котловины, – 255 видов 59 родов [25, 27], видовое богатство жужелиц на исследованных территориях составило 42,2% от локального состава. На участках Краснобродского угольного разреза вместе с контролем зарегистрировано 86 видов карабид 28 родов 17 триб 11 подсемейств, из них на отвалах – 65 видов 21 рода 12 триб 8 подсемейств. В районе расположения Кедровского угольного разреза отмечено 76 видов жужелиц 22 родов 13 триб 8 подсемейств, при этом на отвалах – 54 вида 20 родов 12 триб 8 подсемейств.

Анализ суммарных численных показателей мезогерпетобия показал, что средняя динамическая плотность мезогерпетобионтов на отвалах угольных предприятий ниже по сравнению с контрольной зоной. Так, этот показатель на отвалах Кедровского угольного разреза составляет 57,9 экз./10 лов.-сут, а в контроле – 87,6, на Краснобродском разрезе – 85,9 и 111,8 экз./10 лов.-сут соответственно.

Наибольшего значения динамическая плотность мезогерпетобионтов достигает на обоих разрезах на сравнительно молодых отвалах возрастом 10–15 лет (73,0 экз./10 лов.-сут на Кедровском разрезе, и 161,9 – на Краснобродском). В последующем динамическая плотность снижается на 25–30-летних отвалах в 1,7 и 2,6 раза соответственно, не достигая значений контрольной зоны. Основное различие вносят открыточелюстные насекомые, наиболее

многочисленные на 10–15-летних отвалах (57,7 экз./10 лов.-сут – на Кедровском разрезе и 150,8 – на Краснобродском).



В

Рис. 3. Соотношение динамической плотности доминантных семейств жесткокрылых на отвалах Кедровского (А) и Краснобродского (В) угольных разрезов и в контрольной зоне, %. В таблице данных приведена динамическая плотность жесткокрылых, экз./10 лов.-сут
[Fig. 3. The ratio of the dynamic density of coleoptera dominant families on the Kedrovsky (A) and the Krasnobrodsky (B) coal mine and in the control zone, %. The data table shows the dynamic density of coleoptera, specimens/10 trap days]

Для выяснения зависимости динамической плотности основных групп мезогерпетобионтных членистоногих от длительности существования биоценоза проведен корреляционный анализ, результаты которого представлены в виде модели статистически значимых корреляций (рис. 4). Как видно из рис. 4, выявлены статистически значимые связи возраста биоценоза со всеми рассматриваемыми группами членистоногих. Положительные корреляции установлены с Arachnida, Myriapoda, Insecta-Entognatha и Insecta-Ectognatha. Отрицательная корреляционная связь выявлена лишь для мокриц (Crustacea), динамическая плотность которых на отдельных участках молодых отвалов в несколько раз превосходила данные, полученные для участков с более длительным существованием.

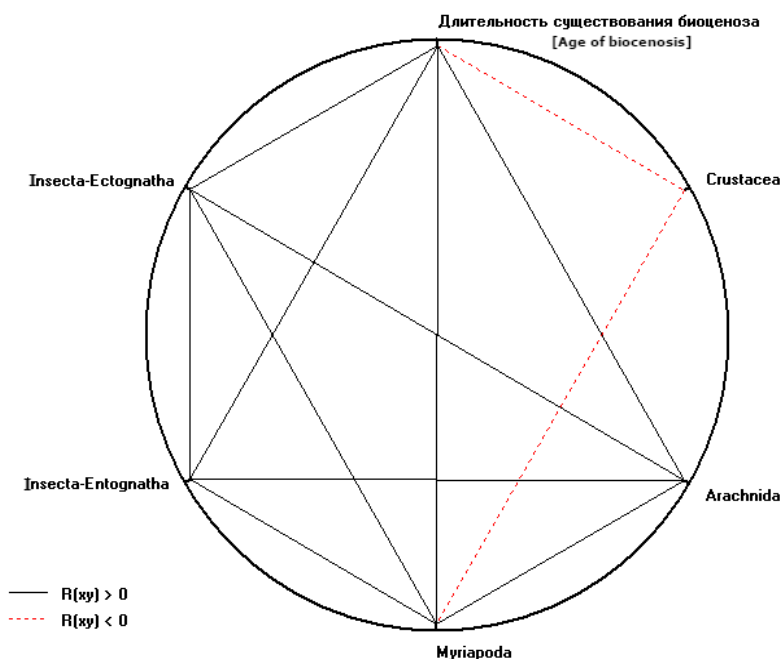


Рис. 4. Модель статистически значимых корреляционных связей динамической плотности мезогерпетобионтных членистоногих с возрастом биоценоза на отвалах угольных разрезов; — прямая корреляция; --- обратная корреляция

[Fig. 4. The model of reliable correlation of the dynamic density of mesoherpetobiont arthropods with the age of biocenosis on dumps of coal mines
— Positive correlation; --- Inverse correlation]

Наибольший статистически значимый коэффициент отмечен для Myriapoda (класс Chilopoda) (r – коэффициент корреляции = 0,40 при $n = 865$, $p < 0,05$). Для этой группы выявлены низкие значения динамической плотности на разных по длительности существования отвалах, не достигающие

значения контрольной зоны даже на самых «старых» отвалах возрастом 25–30 лет. Средняя динамическая плотность многоножек в контрольной зоне возрастает в 13,5 (Кедровский угольный разрез) – 76,5 (Краснобродский угольный разрез) раз по сравнению с отвалами.

Коэффициенты корреляции для остальных групп членистоногих составили: для Arachnida $r = 0,15$ при $n = 865$, $p < 0,05$; для Insecta-Entognatha $r = 0,28$, для Insecta-Ectognatha $r = 0,22$.

Заключение

Формирование общей структуры мезогерпетобия на исследованных породных отвалах Кедровского и Краснобродского угольных разрезов происходит уже на ранних этапах сукцессии (возрастом 7–10 лет) за счет основных групп членистоногих, слагающих население локальных экосистем: Crustacea, Arachnida, Chilopoda, Diplopoda, Insecta-Entognatha и Insecta-Ectognatha. В ходе восстановительной сукцессии происходят дальнейшие изменения динамической плотности и соотношения групп герпетобионтных членистоногих: на отвалах возрастом 10–15 лет наблюдался значительный рост численности мезогерпетобионтов (до 73,0–161,9 экз./10 лов.-сут на отвалах разных разрезов) в основном за счет доминантной группы Insecta-Ectognatha. На 15–20-летних отвалах отмечены рост и максимальные значения численных показателей, превышающие данные контроля, второй по численности группы – Arachnida. В последующие годы (на отвалах возрастом 25–30 лет) общая динамическая плотность мезогерпетобия снижается в 1,7–2,6 раза, не достигая значений контрольной зоны. Продолжительность сукцессии на 25–30-летних отвалах недостаточна для формирования типичного для района исследований населения мезогерпетобионтов.

Литература

1. Арнольди К.В., Арнольди Л.В. О биоценозе как одном из основных понятий зоологии, его структуре и объеме // Зоологический журнал. 1963. Т. 42, № 2. С. 161–183.
2. Мордкович В.Г., Кулагин О.В. Состав жужелиц и диагностика направления сукцессии техногенных экосистем Кузбасса // Известия СО АН СССР. Сер. биологическая. 1986. № 13/2. С. 86–92.
3. Vowinkel K. Besiedlung nordhessischer Salz-, Asche- und Braunkohlehalden durch Carabiden // Hessische Faunistische Briefe. 1988. № 4. P. 70–75.
4. Vogel J., Dunger W. Carabiden und Staphyliniden als Besiedler rekultivierter Tagebau-Halden in Ostdeutschland // Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz. 1991. Vol. 65. PP. 1–31.
5. Мордкович В.Г. Зоологические сукцессии на молодых техногенных катенах и принцип пространственно-временных аналогов // Известия Академии наук. Серия Биология. 1994. № 3. С. 446–452.
6. Haag C., Depenbusch M. Carabiden auf forstlichen Rekultivierungsflächen des Rheinischen Braunkohlentagebaus: Besiedlung, Reproduktion und Sukzession // Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie. 1995. Vol. 9, № 4–6. PP. 727–731.

7. Zwiebel L., Epperlein K. Primary succession and composition of carabid populations on a coal mining waste disposal (Coleoptera: Carabidae) // XX International Congress of Entomology (Firenze, Italy, August 25–31. 1996) / ed. B. Baccetti, E. Temblay and A. Taglianti. Firenze, Italy : The Congress Publ., 1996. PP. 301.
8. Donly A. Ecological-faunistic characteristics of the communities of beetles (Coleoptera) at the coal-mine spoils // Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Facultas Rerum Naturalium. Biologica. 2000. № 38. PP. 47–77.
9. Беспалов А.Н. Влияние различных направлений рекультивации на сообщества жуков-жужелиц (Coleoptera, Carabidae) техногенных экосистем отвалов угледобычи Кемеровской области // Евразийский энтомологический журнал. 2014. Т. 13, вып. 5. С. 437–444.
10. Лузянин С.Л., Дудко Р.Ю., Беспалов А.Н., Еремеева Н.И. Биоразнообразие жужелиц (Coleoptera, Carabidae) на отвалах угольных разрезов Кузбасса // Евразийский энтомологический журнал. 2015. Т. 14, вып. 5. С. 455–467.
11. Прокопенко Е.В. К фауне пауков (Aranei), обитающих на породных отвалах шахт Пролетарского района г. Донецка // Экология и фауна Юго-Восточной Украины : Сб. науч. тр. / отв. ред. Н.Н. Ярошенко. Донецк : ДонГУ, 1996. Вып. 1. С. 24–25.
12. Прокопенко Е.В. Пауки породного отвала шахты № 11 Куйбышевского района г. Донецка // Известия Харьковского энтомологического общества. 1997. Т. 5, вып. 1. С. 140–143.
13. Прокопенко Е.В. Особенности комплексов пауков (Aranei) на породных отвалах города Донецка // Известия Харьковского энтомологического общества. 1999. Т. 7, вып. 2. С. 71–77.
14. Прокопенко Е.В., Кульбачко Ю.Л. Особенности накопления тяжелых металлов представителями различных групп беспозвоночных подстилки на рекультивированных терриконах Донецкого горнодобывающего комплекса // Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель : міжвузівський збірник наукових праць / гол. ред. А.П. Травлєєв. Дніпропетровськ : Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара, 2002. Вип. 6(31). С. 120–124.
15. Брындин В.М. Распределение гнезд муравьев в сукцессионном ряду шахтных отвалов // Экология и география членистоногих Сибири : материалы 6-го совещания энтомологов Сибири. Новосибирск, 22–24 января 1985 г. / отв. ред. А.И. Черепанов. Новосибирск : Наука, 1987. С. 31–32.
16. Frouz J. Mravenci (Hymenoptera: Formicidae) na vysypce po tezte hnedeho uhli a v jejim okolí na Sokolovsku // Sborník Oblastního muzea v Mostě. Řada přírodovědná / Zodpovědný redaktor Libuše Pokorná. Oblastní muzeum v Mostě, příspěvková organizace, Československé armády, 1996. № 18. PP. 45–51.
17. Ottonetti L., Tucci L., Santini G. Recolonization patterns of ants in a rehabilitated lignite mine in Central Italy: Potential for the use of Mediterranean Ants as indicators of restoration processes // Restoration Ecology. 2006. Vol. 14, № 1. PP. 60–66.
18. Блинова С.В., Корчагина М.Р., Еремеева Н.И., Лузянин С.Л. Формирование мирмекокомплексов на отвалах угольных разрезов // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. Т. 3, № 4 (64). С. 12–16.
19. Дмитриенко В.К. Изменение структуры сообществ мезофауны в грунтах промышленных отвалов, используемых для лесовыращивания // Проблемы почвенной зоологии : материалы докладов IX Всесоюзного совещания (ноябрь, 1987) / отв. ред. Б.Е. Курашвили. Тбилиси : Мецниереба, 1987. С. 86–87.
20. Киричок Л.С., Ильенко М.М., Безкровна О.В. Структура угруповань мезофауни в захисно-декоративних насадженнях на териконах вугільних шахт Донбасу // Вестник зоологии. 2006. Т. 40, № 5. С. 437–443.

21. Гуров А.В., Гурова Н.Н. Распределение комплексов герпетобионтных членистоногих в ряду отвалов Бородинского бурогоугольного разреза // Энтомологические исследования в Северной Азии : материалы VIII Межрегионального совещания энтомологов Сибири и Дальнего Востока с участием зарубежных ученых. Новосибирск (4–7 октября 2010 г.) / отв. ред. В.В. Глушов. Новосибирск: Товарищество научных изданий КМК, 2010. С. 65–66.
22. Еремеева Н.И., Лузянин С.Л., Корчагина М.Р., Куропятник К.Н. Структурные изменения герпетобия на ранних стадиях рекультивации отвалов угольного разреза // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16239> (дата обращения: 20.03.2017).
23. Гайдышев И.П. Анализ и обработка баз данных. СПб. : Питер, 2002. 752 с.
24. Молодова Л.П. Структурные характеристики фауны жуков урбоценозов Гомеля // Проблемы почвенной зоологии : тезисы докладов 10 Всесоюзного совещания (октябрь 1991, Новосибирск) / отв. ред. В.Г. Мордкович. Новосибирск : Изд-во Западно-Сибирского лесостроительного предприятия, 1991. С. 243.
25. Еремеева Н.И., Ефимов Д.А. Жуки-жужелицы (Coleoptera, Carabidae) естественных и урбанизированных территорий Кузнецкой котловины. Новосибирск : Наука, 2006. 107 с.
26. Бабенко А.С., Еремеева Н.И. Особенности населения жуков урбанизированных территорий в условиях сибирских городов // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2007. № 1. С. 5–17.
27. Ефимов Д.А. Новые данные по фауне жуков (Coleoptera, Carabidae) Кузнецко-Салаирской горной области // Евразийский энтомологический журнал. 2013. Т. 12, вып. 4. С. 349–351.

*Поступила в редакцию 10.04.2017 г.; повторно 07.06.2017 г.;
принята 25.06.2017 г.; опубликована 22.09.2017 г.*

Сведения об авторах:

Еремеева Наталья Ивановна – д-р биол. наук, профессор кафедры экологии и природопользования, Институт биологии, экологии и природных ресурсов Кемеровского государственного университета (Россия, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6).

E-mail: neremeeva@mail.ru

Лузянин Сергей Леонидович – канд. биол. наук, доцент кафедры экологии и природопользования, Институт биологии, экологии и природных ресурсов Кемеровского государственного университета (Россия, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6).

E-mail: bombuluz@ngs.ru

For citation: Ereemeeva NI, Luzyanin SL. Structure of herpetobiont arthropod population in the overgrowth of coal industry dumps. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2017;39:86-106. doi: 10.17223/19988591/39/6 In Russian, English Summary

Natalya I. Ereemeeva, Sergey L. Luzyanin

Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation

Structure of herpetobiont arthropod population in the overgrowth of coal industry dumps

The research presents the results of studying complexes of mesoherpetobiont arthropods on dumps of the Krasnobrodsky and the Kedrovsky coal mines (forest-steppe and forest zones of Kemerovo region), which are at different stages of succession. We carried out our investigations in May-August 2013-2016. The Kedrovsky coal mine is

situated 25 km to the north of the regional center-Kemerovo, in the forest zone on the border with the northern forest steppe of the Kuznetsk depression and the north-western subtaiga of the Kuznetsk Alatau. The Krasnobrodsky coal mine is situated in the forest steppe zone of the central part of the Kuznetsk depression.

In each section, we chose 3 model sites on dumps of different age. As control, we studied characteristic biotopes around the research area located in close proximity to dumps. Model sites of the Kedrovsky section are briefly designated Ked, the Krasnobrodsky coal mine - Krb (See Table 1). To collect material, we used soil traps (plastic glasses of 200 ml, with a diameter of the neck 70 mm). At each site, there were 10 traps which were examined every 7-10 days. As a fixing solution, we used acetic acid (10%). The dynamic density of arthropods was expressed in specimens /10 trap days. In total, more than 950 samples were processed, taking into account over 12 000 specimens. When characterizing mezoherpetobium of arthropods of model sites, we used the obtained structural and numerical indicators of separate groups of arthropods, the correlation analysis (Spearman's correlation). Data are presented in the form of charts and the model of reliable correlation relationship.

We established that herpetobiont complexes include representatives of six classes of arthropods: Crustacea, Arachnida, Chilopoda, Diplopoda, Insecta-Entognatha and Insecta-Ectognatha (See Tables 1-2). Representatives of the class Insecta-Ectognatha, whose proportion is from 75.0 (the Kedrovsky section) to 84.2% (the Krasnobrodsky section) of the total collection of mesoherpetobionts on dumps dominate at all research sites. Arachnida form the second largest herpetobium group (See Figure 1). Arachnida appear on dumps of coal mines already at the initial stages of succession; in the following years a further increase in the number of Arachnida is observed. The dominant herpetobium group - insects - is represented by five orders of two classes (See Tables 3-4). The Insecta-Ectognatha prevail, accounting for 99.4% of all insect collections on both dumps and 94.3-96.6% - in the control zones. At all research sites, insects of orders Coleoptera and Hymenoptera prevail, accounting for 93.6 to 97.6% of the total insect collection on dumps of different coal mines (99.4-99.6% - in the control zone). The group Hymenoptera is only represented by one family - Formicidae. In total, in the explored territories 17 species of Formicidae belonging to 5 genera of 2 subfamilies were revealed. The order of coleoptera is represented by 10 families (See Table 5). Among Coleoptera on dumps of both mines representatives of the Carabidae and Staphylinidae families dominate (63.3% of the total collection of coleoptera on the Kedrovsky coal mine, 90.7% - the Krasnobrodsky). In total, 112 species of ground-beetles of 30 genera, 18 tribes and 11 subfamilies were revealed. The correlation analysis has shown that reliable relationship of a biocenosis age with all considered arthropod groups are revealed at research sites. Positive correlations are established with Arachnida, Myriapoda, Insecta-Entognatha and Insecta-Ectognatha. Negative correlation is only revealed for wood lice (Crustacea) whose dynamic density at certain sites of young dumps was several times higher than the data obtained for the sites with longer existence (See Figure 4).

The article contains 4 Figures, 5 Tables, 27 References.

Key words: macrofauna; dumps of opencast coal mines; primary succession.

Funding: This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (Grants No 13-04-98029 and 16-44-420211).

References

1. Arnoldi KV, Arnoldi LV. O biotsenozе kak odnom iz osnovnykh ponyatiy zoologii, ego strukture i ob'eme [On biocenosis as one of the basic concepts of zoology, its structure and volume]. *Zoologicheskii zhurnal*. 1963;42(2):161-183. In Russian

2. Mordkovich VG, Kulagin OV. Ground beetles variety and diagnostics of successional direction in the Kuzbass ecosystems as influenced by recultivation. *Izvestiya SO AN SSSR. Seriya Biologicheskije Nauki*. 1986;13/2:86-92. In Russian, English Summary
3. Vowinkel K. Besiedlung nordhessischer Salz-, Asche- und Braunkohlehalden durch Carabiden [Colonization of salt, ash and brown coal dumps by carabids]. *Hessische Faunistische Briefe*. 1988;4:70-75. In German, English Summary
4. Vogel J, Dunger W. Carabiden und Staphyliniden als Besiedler rekultivierter Tagebau-Halden in Ostdeutschland [The return of Carabidae and Staphylinidae to reclaimed surface coal mines in East Germany]. *Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Görlitz*. 1991;65:1-31. In German, English Summary
5. Mordkovich VG. Zoological successions on young technogenic catenas and the principle of spatial-temporal analogs. *Izvestiya RAN. Seriya Biologicheskaya*. 1994;3:446-452. In Russian, English Summary
6. Haag C, Depenbusch M. Carabiden auf forstlichen Rekultivierungsflächen des rheinischen Braunkohlentagebaus: Besiedlung, Reproduktion und Sukzession [Ground beetles in the recultivation the woods in the territory of the Rhine deposit of brown coal: Colonization, reproduction and succession]. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie = Reports of the German Society for General and Applied Entomology*. 1995;9(4-6):727-731. In German, English Summary
7. Zwiebel L, Epperlein K. Primary succession and composition of carabid populations on a coal mining waste disposal (Coleoptera: Carabidae). In: *XX International Congress of Entomology* (Firenze, Italy, August 25-31, 1996). Baccetti B, Temblay E and Taglianti A, editors. Firenze, Italy: The Congress Publ.; 1996. p. 301.
8. Donly A. Ecological-faunistic characteristics of the communities of beetles (Coleoptera) at the coal-mine spoils. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Facultas Rerum Naturalium. Biologica = Collected Reports of the Natural Science Faculty of the Palacký University Olomouc, Czech Republic. Biologica*. 2000;38:47-77.
9. Bepalov AN. Effect of the various ways of a recultivation on carabid communities of man-caused ecosystems of dumps of coal mining of the Kemerovo region. *Euroasian Entomological Journal*. 2014;13(5):437-444. In Russian
10. Luzyanin SL, Dudko RYu, Bepalov AN, Eremeeva NI. Biodiversity of carabids (Coleoptera, Carabidae) on coal mining dumps of Kuzbass Region, Kemerovskaya Oblast', Russia. *Euroasian Entomological Journal*. 2015;14(5):445-467. In Russian
11. Prokopenko EV. K faune paukov (Aranei), obitayushchikh na porodnykh otvalakh shakht Proletarskogo rayona g. Donetska [On the spider fauna (Aranei) inhabiting rock coal mine dumps in Proletarsk district of Donetsk City]. In: *Ekologiya i fauna Yugo-Vostochnoy Ukrainy. Sbornik nauchnykh trudov* [Ecology and fauna of South-East Ukraine. Proceedings]. Yaroshenko NN, editor. Donetsk: Donetsk State University Publ.; 1999;1:24-25. In Russian
12. Prokopenko EV. Pauki porodnogo otvala shakhty № 11 Kuybyshevskogo rayona g. Donetska [Spiders of the coal mine No 11 of the Kuibyshev district of the city of Donetsk]. *Izvestiya Har'kovskogo entomologicheskogo obshchestva = The Kharkov Entomological Society gazette*. 1997;5(1):140-143. In Russian
13. Prokopenko EV. Osobennosti kompleksov paukov (Aranei) na porodnykh otvalakh goroda Donetska [The specific features of the spiders communities (Aranei) on the spoil banks of the Donetsk coal mine]. *Izvestiya Har'kovskogo entomologicheskogo obshchestva = The Kharkov Entomological Society Gazette*. 1999;7(2):71-77. In Russian
14. Prokopenko EV, Kul'bachko YuL. Osobennosti nakopleniya tyazhelykh metallov predstavatelyami razlichnykh grupp bespozvonochnykh podstilki na rekul'tivirovannykh terrikonakh Donetskogo gornodobyvayushchego kompleksa [Characteristics of heavy metal accumulation by representatives of various forest floor invertebrate groups on

- recultivated dumps of the Donetsk mining complex]. In: *Vopros stepnogo lesovedeniya i lesnoy rekul'tivatsii zemel'* [Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils]. Travleev AP, editor. Dnipropetrovsk: Oles Honchar Dnipropetrovsk National University Publ.; 2002;6(31):120-124. In Russian
15. Bryndin VM. Raspredelenie gnezd murav'ev v sukcesionnom ryadu shahtnykh otvalov [Distribution of nests of ants in a successional number of mine dumps]. In: *Ekologiya i geografiya chlenistonogikh Sibiri* [Ecology and geography of the arthropoda of Siberia]. Cherepanov AI, editor. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 1987. pp. 31-32. In Russian
16. Frouz J. Mravenci (Hymenoptera: Formicidae) na vysypce po tezbe hnedeoho uhli a v jejim okoli na Sokolovsku [Ants living on dumps formed as a result of the extraction of brown coal in the vicinity of Sokolov]. *Sbornik Oblastniho muzea v Mostě, řada přírodovědná*. 1996;18:45-51. In Czech, English Summary
17. Ottonetti L, Tucci L, Santini G. Recolonization patterns of ants in a rehabilitated lignite mine in Central Italy: Potential for the use of mediterranean ants as indicators of restoration processes. *Restoration Ecology*. 2006;14:60-66. doi: [10.1111/j.1526-100X.2006.00105.x](https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2006.00105.x)
18. Blinova SV, Kortchagina MR, Ereemeeva NI, Luzyanin SL. Formation of ants assemblages on coal mine dumps. *Bulletin of Kemerovo State University*. 2015;4-3(64):12-16. In Russian
19. Dmitrienko VK. Izmenenie struktury soobshchestv mezofauny v gruntakh promyshlennykh otvalov, ispol'zuemykh dlya lesovyrashchivaniya [Change of mesofauna community structure in soils of industrial dumps used for forest growing]. In: *Problemy pochvennoy zoologii*. Materialy dokladov IX Vsesoyuznogo soveshchaniya [Problems of Soil Zoology. Proc. of the IX-th All-Union Conf. (November, 1987)]. Kurashvili BE, editor. Tbilisi: Metsniereba Publ.; 1987. pp. 86-87. In Russian
20. Kirichok LS, Illenko MM, Bezukrovna OV. The structure of mesofauna community in protective-decorative plantations on mine-coal dumps of the Donetsk basin]. *Vestnik Zoologii*. 2006;40(5):437-443. In Ukrainian
21. Gurov AV, Gurova NN. Raspredelenie gnezd murav'ev v suksessionnom ryadu shakhtnykh otvalov Borodinskogo burougol'nogo razreza [Distribution of herpetobiotic arthropod complexes on dumps of the Borodinsky coal strip mine]. In: *Entomologicheskie issledovaniya v Severnoy Azii*. Materialy VIII mezhregional'nogo soveshchaniya entomologov Sibiri i Dal'nego Vostoka s uchastiem zarubezhnykh uchenykh [Entomological studies in North Asia. Proc. of the VIII Interregional Meeting of Entomologists of Siberia and the Far East with Participation of Foreign Scientists (Novosibirsk, Russia, 4-7 October 2010)]. Glupov VV, editor. Novosibirsk: KMK. Sci. Press Ltd.; 2010. pp. 65-66. In Russian
22. Ereemeeva NI, Luzyanin SL, Kortchagina MR, Kuropyatnik KN. The structural changes of herpetobionts at early stages of recultivation of dumps of coal mine. *Modern Problems of Science and Education*. 2014;6:1400. [Electronic resource]. Available at: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16239> (accessed 27.03.2017). In Russian
23. Gaidyshev IP. Analiz i obrabotka baz dannykh. Spetsial'nyy spravochnik [Analysis and processing of databases. Guidelines]. St. Petersburg: Piter Publ.; 2002. 752 p. In Russian
24. Molodova LP. Strukturnye kharakteristiki fauny zhuzhelic urbocenozov Gomelya [Structural characteristics of the fauna of ground beetles of Gomel urbocenosis]. In: *Problemy pochvennoy zoologii* [Problems of Soil Zoology. Proc. of the 10th All-Union Conf. (Novosibirsk, Russia, October, 1991)]. Mordkovich VG, editor. Novosibirsk: West Siberian Forestry Enterprise Publ.; 1991. pp. 243. In Russian
25. Ereemeeva NI, Efimov DA. Zhuki-zhuzhelitsy (Coleoptera, Carabidae) yestestvennykh i urbanizirovannykh territoriy Kuznetskoy kotloviny [Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) of natural and urban territories in the Kuznetsk Depression]. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 2006. 107 p. In Russian

26. Babenko AS, Eremeeva NI. The peculiarities of ground beetle's fauna on the territories of Siberian towns. *Tomsk State University Journal of Biology*. 2007;1:5-17. In Russian
27. Efimov DA. To our knowledge of ground-beetle fauna (Coleoptera, Carabidae) of Kuznetzk-Salair Mountain Area, Russia. *Euroasian Entomological Journal*. 2013;12(4):349-351. In Russian

*Received 10 April 2017; Revised 07 June 2017;
Accepted 26 June 2017; Published 22 September 2017*

Author info:

Eremeeva Natalya I, Dr. Sci. (Biol.), Professor, Department of Ecology and Management of Natural Resources, Institute of Biology, Ecology and Natural Resources, Kemerovo State University, 6 Krasnaya Str., Kemerovo 650000, Russian Federation.

E-mail: neremeeva@mail.ru

Luzyanin Sergey L, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Department of Ecology and Management of Natural Resources, Institute of Biology, Ecology and Natural Resources, Kemerovo State University, 6 Krasnaya Str., Kemerovo 650000, Russian Federation.

E-mail: bombuluz@ngs.ru