

ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЗОФАУНЫ ЧЛЕНИСТОНОГИХ НА ОТВАЛАХ УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

Еремеева Н.И.¹, Лузянин С.Л.¹, Шереметова С.А.², Зубаиров Р.С.¹

¹ ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», Кемерово, Россия, e-mail: neremeeva@mail.ru;

² Институт экологии человека СО РАН, Кемерово, Россия, e-mail: ssheremetova@rambler.ru

Исследовали влияние природных факторов среды на формирование мезофауны членистоногих на отвалах угольного разреза. Установлено, что основой мезофауны являются насекомые и паукообразные, в меньшей степени – ракообразные (мокрицы) и многоножки. С помощью кластерного анализа (корреляция Спирмена) выявлены ведущие природные факторы среды (видовое богатство растений, видовая насыщенность, влажность поверхности почвы, длительность существования биоценоза, проективное покрытие). К воздействию факторов наиболее чувствительны мокрицы (ракообразные) и насекомые, а среди насекомых – жесткокрылые и ногохвостки. Температурные характеристики среды в меньшей степени влияют на формирование и структуру мезофауны по сравнению с показателями влажности. Преобладающее число групп герпетобийных членистоногих проявляют положительные корреляционные связи с ведущими факторами среды.

Ключевые слова: экология насекомых, мезофауна, герпетобийные, членистоногие, угольный разрез, факторы среды

THE FACTORS OF FORMATION OF ARTHROPODA'S MESOFAUNA ON THE DUMPS OF OPENCAST COAL MINES

Eremeeva N.I.¹, Luzyanin S.L.¹, Sheremetova S.A.², Zubairov R.S.¹

¹ Kemerovo State University, Kemerovo, Russia, e-mail: neremeeva@mail.ru;

² Institution of the Russian Academy of Sciences Institute of Human Ecology, Kemerovo, Russia, e-mail: ssheremetova@rambler.ru

Investigated the influence of natural factors of environment on the formation of mesofauna arthropods on the dumps of opencast coal mine. It is established that the basis of mesofauna are Insecta and Arachnida, to a lesser degree - Crustacea and Myriapoda. With the help of cluster analysis (Spearman correlation) is revealed the leading natural factors of the environment (number of species of plants, species richness, humidity of a surface of soil, duration of existence biocenose, projective covering). Crustacea and Insecta are most sensitive to influence of factors, and among insects - Coleoptera and Collembola. Temperature characteristics of the environment to a lesser extent influence on the formation and mesofauna structure in comparison with humidity indicators. The prevailing number of gerpetobiont arthropods groups show positive correlations with the leading factors of the environment.

Keywords: ecology of insects, mezofauna, gerpetobionts, arthropods, opencast coal mine, factors of the environment

Промышленная добыча топливно-энергетических ресурсов связана с разрушением природных комплексов и потерей биологического разнообразия на посттехногенных территориях. Особенно резко проявляются негативные последствия техногенных воздействий при добыче угля открытым способом, что приводит к выносу на поверхность вскрышных и вмещающих пород, включающих обломки осадочных пород с разной степенью дисперсности [4], и формированию отвалов. В настоящее время добыча угля открытым способом активно ведется в одном из самых крупных угольных месторождений мира – Кузнецком угольном бассейне (Кузбасс). Несмотря на проводимые крупномасштабные работы по рекультивации отвалов вскрышных пород, в нарушенных экосистемах живые организмы испытывают влияние не только антропогенных, но и климатических факторов

(таких как низкая относительная влажность воздуха, более высокие температуры, изменение радиационного и светового режимов, процессов конденсации водяного пара и т.п.), под действием которых формируются новые фаунистические комплексы [3, 5].

Цель настоящего исследования

Изучение структуры мезофауны членистоногих вторичных (восстанавливающихся) экосистем после проведения рекультивационных работ и влияния ряда факторов на процесс их восстановления.

Материал и методы исследования

Исследования проводили с мая по август 2013–2015 гг. на Кедровском угольном разрезе, расположенном в зоне равнинной тайги на севере Кузнецкой котловины. Добыча угля на предприятии ведется открытым способом с середины XX в. К настоящему времени в результате производственной деятельности на территории разреза сформировались огромные отвалы вскрышных пород, на которых проведены и проводятся различные рекультивационные мероприятия.

В районе расположения Кедровского угольного разреза были исследованы 4 модельных участка: 1 и 2 – отвалы вскрышных пород, находящиеся на разных этапах демулационной сукцессии, 3 – у основания отвала и 4 – контроль, расположенный в непосредственной близости от разреза и типичный по типу растительности для района исследований биотоп, на котором отсутствует хозяйственная деятельность.

На участке 1 проведена рекультивация – лесная (посадка сосны обыкновенной) и луговая (посев эспарцета песчаного). Встречаются отдельные фрагменты каменистых россыпей из отвальной породы, полностью лишённые растительности. Проективное покрытие (ПП) – 50–70%. Участок 2 – разнотравно-злаковый луг, формируется древесный ярус. ПП – 70–90%. Древесные растения расположены фрагментарно. На участке 3 встречаются отдельные старые берёзы, открытые поляны с разнотравными лесными лугами с высотой травостоя до 1,5 м. ПП – 90–100%. Участок 4 расположен в разреженном осиново-пихтовом лесу. Около 80% участка занимают поляны с лесным высокотравьем (широкотравьем). ПП – 95–100 %.

Объектом исследований послужили герпетобионтные членистоногие – обитатели поверхности почвы и подстилки, имеющие средние размерные характеристики (мезофауна). Исследовали общую структуру мезофауны членистоногих, динамическую плотность доминантных групп и влияние ряда факторов среды на эти показатели.

Количественный учет мезогерпетобионтов проводили с помощью почвенных ловушек [2], в качестве которых использовали пластиковые емкости объемом 250 мл с фиксирующей жидкостью (5–10%-ный раствор уксусной кислоты). На каждом участке вкапывали по 10

ловушек; осмотр ловушек проводили каждые 7–10 дней. Динамическую плотность членистоногих выражали в количестве экземпляров на 10 ловушко-суток (экз./10 лов.-сут.).

При проведении исследований рассматривали природные факторы, которыми отличались исследованные участки: температура (t) атмосферного воздуха, воздуха у поверхности почвы, почвы на глубине 10 см, влажность (φ) атмосферного воздуха, поверхности почвы, почвы на глубине 10 см, длительность существования биоценоза, проективное покрытие, высота травостоя, видовая насыщенность на 100 м², общее число видов растений (видовое богатство).

При характеристике мезофауны в условиях техногенного ландшафта были использованы полученные структурные и продукционные показатели отдельных групп членистоногих, корреляционный анализ (корреляция Спирмена) [1].

Результаты исследования

Результаты исследований основных таксономических групп и их динамической плотности приведены в таблице 1. Из таблицы 1 видно, что основой мезофауны являются пять отрядов насекомых (75% от общих сборов мезогерпетобионтных членистоногих) и паукообразные (18%). В меньшей степени представлены ракообразные (мокрицы Oniscidea, отряд Isopoda) и два класса многоножек (Diplopoda, Chilopoda).

Таблица 1

Некоторые показатели основных таксономических групп мезогерпетобионтных членистоногих на Кедровском угольном разрезе

Группа	Экз./10 лов.-сутки	% от общих сборов
Ракообразные Crustacea	0,75 ± 0,11	0,89
Паукообразные Arachnida	18,37 ± 1,17	21,79
Двупарноногие многоножки Diplopoda	0,94±0,09	1,11
Губоногие многоножки Chilopoda	1,14± 0,16	1,35
Насекомые Insecta, в том числе:	63,14± 2,61	74,86
Ногохвостки Collembola	1,92±0,23	2,28
Уховертки Dermaptera	0,03±0,01	0,04
Полужесткокрылые Heteroptera	2,29±0,29	2,72
Жесткокрылые Coleoptera	34,51±1,76	40,92
Перепончатокрылые Hymenoptera	24,38±1,40	28,90
Всего членистоногих	84,35± 3,36	100

Результат корреляционного анализа зависимости динамической плотности членистоногих от различных природных факторов представлен в виде модели достоверных корреляций на рисунке. Как видно из рисунка, выявлены достоверные связи плотности членистоногих с 10 из 11 рассматриваемых факторов. Недостоверная корреляция отмечена для температуры воздуха у поверхности почвы. В результате изменчивости динамической плотности различных групп мезофауны выделены блоки положительных и отрицательных корреляций с действующими факторами среды. Блок отрицательных корреляций выявлен

при рассмотрении связей различных групп членистоногих с такими факторами, как t почвы на глубине 10 см и влажность атмосферного воздуха. К блоку положительных корреляций отнесены связи с остальными рассматриваемыми факторами.

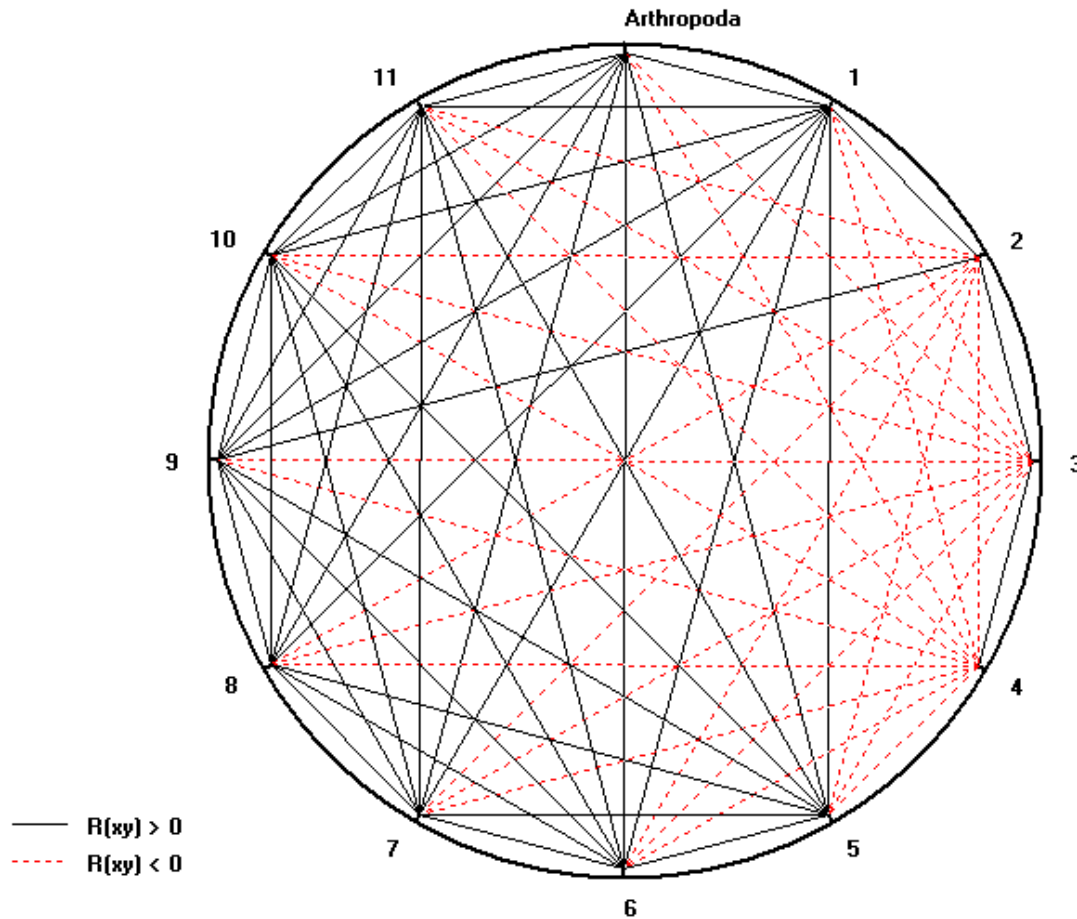


Рис. 1. Модель достоверных корреляционных связей динамической плотности мезогерпетобионтных членистоногих с факторами среды на Кедровском угольном разрезе
 1 – температура (t) атмосферного воздуха, 2 – t воздуха у поверхности почвы, 3 – t почвы на глубине 10 см, 4 – влажность (ϕ) атмосферного воздуха, 5 – ϕ поверхности почвы, 6 – ϕ почвы на глубине 10 см, 7 – длительность существования биоценоза, 8 – проективное покрытие, 9 – высота травостоя, 10 – видовая насыщенность на 100 м^2 , 11 – общее число видов растений
 — прямая корреляция; --- обратная корреляция

При анализе достоверных корреляций факторов с общей численностью членистоногих установлено, что наибольшие коэффициенты корреляции отмечены для следующих факторов: видовое богатство, влажность поверхности почвы и видовая насыщенность (r – коэффициент корреляции = 0,43, 0,40 и 0,39 соответственно, при $n = 446$, $p < 0,05$). Эти же факторы проявляют наибольшие корреляционные связи и при рассмотрении отдельных групп членистоногих (табл. 2).

Таблица 2

Корреляционная связь отдельных факторов среды и динамической плотности различных групп членистоногих

Показатель	Температура, °С			Влажность, %			Длительность существования биоценоза	Проективное покрытие	Высота травостоя, м	Видовая насыщенность на 100 м ²	Видовое богатство растений
	атмосферного воздуха	воздуха у поверхности почвы	почвы на глубине 10 см	атмосферного воздуха	поверхности почвы	почвы на глубине 10 см					
Сумма модулей всех корреляций	2,72	1,40	2,37	2,36	3,21	2,85	3,32	2,92	2,33	3,30	3,47
Средняя величина корреляции	0,25	0,13	0,22	0,21	0,29	0,26	0,30	0,27	0,21	0,30	0,32

При вычислении средней величины корреляции факторов по отношению к различным группам членистоногих установлено, что приоритетное значение для мезофауны из рассматриваемых факторов имеют пять (в порядке убывания): видовое богатство, видовая насыщенность и длительность существования биоценоза, влажность поверхности почвы, проективное покрытие. Все эти факторы взаимосвязаны. Так, видовое богатство и видовая насыщенность имеют высокий коэффициент корреляции ($r = 0,94$, $n = 446$, $p < 0,05$). Оба эти фактора наиболее зависимы от влажности поверхности почвы ($r = 0,98$, $n = 446$, $p < 0,05$). Также высокую степень взаимосвязи демонстрируют факторы: длительность существования биоценоза и проективное покрытие ($r = 0,93$, $n = 446$, $p < 0,05$). Поэтому не случайно для ряда групп мезофауны можно выделить сходные реакции на действие определенных факторов. В частности, почти все рассматриваемые группы членистоногих проявляют положительные корреляционные связи с ведущими факторами среды. Исключение составляют полужесткокрылые насекомые, для которых установлена отрицательная корреляционная связь с ведущими факторами среды. К воздействию трех ведущих факторов (видовое богатство, влажность поверхности почвы и видовая насыщенность) наиболее чувствительны мокрицы (ракообразные) и насекомые ($r = 0,42-0,49$ и $r = 0,39-0,43$ соответственно, $n = 446$, $p < 0,05$), а среди насекомых – жесткокрылые и ногохвостки ($r = 0,38-0,47$, $r = 0,35-0,38$ соответственно, $n = 446$, $p < 0,05$). С проективным покрытием, длительностью существования биотопа и влажностью почвы в наибольшей степени связаны динамическая плотность двупарноногих многоножек, а среди насекомых – жесткокрылых ($r = 0,46-0,54$, $r = 0,47-0,54$ соответственно, $n = 446$, $p < 0,05$). Температурные

характеристики среды (r среднее = 0,20) в меньшей степени влияют на формирование и структуру мезофауны по сравнению с показателями влажности ($r = 0,25$).

По числу выявленных достоверных связей с динамической плотностью различных групп герпетобионтных членистоногих факторы можно расположить в следующей последовательности (в порядке убывания): видовое богатство, видовая насыщенность, влажность поверхности почвы (по 10 связей), температура атмосферного воздуха, влажность почвы, длительность существования биоценоза, проективное покрытие, высота травостоя (по 9 связей), температура воздуха у поверхности почвы, влажность атмосферного воздуха (по 8 связей), температура почвы (7 связей), т.е. ведущие факторы среды проявляют и наибольшее число достоверных связей.

Выводы:

1. Основной мезофауны на отвалах угольного разреза являются насекомые и паукообразные, в меньшей степени представлены ракообразные (мокрицы) и многоножки.

2. Установлены пять ведущих факторов среды, влияющих на формирование мезофауны членистоногих: видовое богатство растений, видовая насыщенность, влажность поверхности почвы, длительность существования биоценоза, проективное покрытие; из них наиболее значимы первые три.

3. К воздействию трех основных факторов наиболее чувствительны мокрицы (ракообразные) и насекомые, а среди насекомых – жесткокрылые и ногохвостки. С проективным покрытием, длительностью существования биотопа, влажностью почвы в наибольшей степени связаны двупарноногие многоножки, а среди насекомых – жесткокрылые. Температурные характеристики среды в меньшей степени влияют на формирование и структуру мезофауны по сравнению с показателями влажности.

4. Преобладающее число групп герпетобионтных членистоногих проявляют положительные корреляционные связи с ведущими факторами среды. Исключение составляют полужесткокрылые насекомые.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 13-04-98029 (p_сибирь_a)

Список литературы

1. Гайдышев И. Анализ и обработка баз данных. – СПб.: Питер, 2002. – 752 с.
2. Гиляров М.С. Учет крупных беспозвоночных (мезофауна) // Количественные методы в почвенной зоологии. – М.: Наука, 1987. – С. 9–26.
3. Мордкович В.Г. Зоологические сукцессии на молодых техногенных катенах и принцип пространственно-временных аналогов // Изв. Академии наук. Сер. Биол. – 1994. – № 3. – С.

446–452.

4. Середина В.П. Экологические аспекты биологической рекультивации почв техногенных экосистем Кузбасса // Вестник Томского гос. ун-та. Биология. – 2008. – № 2. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-aspekty-biologicheskoy-rekultivatsii-pochv-tehnogennyh-ekosistem-kuzbassa> (дата обращения: 01.06.2015).

5. Стебаева С.К., Андриевский В.С. Ногохвостки (Collembola) и панцирные клещи (Oribatei) на буроугольных отвалах Сибири // Зоол. ж. – 1997. – Т. 76, № 9. – С. 1004–1015.

Рецензенты:

Куприянов А.Н., д.б.н., профессор, заведующий отделом «Кузбасский ботанический сад», Институт экологии человека СО РАН, г. Кемерово;

Неверова О.А., д.б.н., профессор, заведующая лабораторией экологического биомониторинга, Институт экологии человека СО РАН, г. Кемерово.