

Зоологические исследования

УДК 631.468+502.52:504.5

С.Д. Вершинина

СТРУКТУРА ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ В ГРАДИЕНТЕ УРБАНИЗАЦИИ

Проанализированы изменения структуры почвенной мезофауны, происходящие в условиях урбанизации (на примере крупной городской агломерации г. Екатеринбурга). Показано, что под влиянием ряда факторов, действующих в урбоценозах, происходит изменение плотности почвенной мезофауны, структуры сообществ и структуры доминирования. Отмечены неодинаковые реакции разных групп животных на урбанистический градиент.

Ключевые слова: почвенная мезофауна, урбанизированные территории, структура сообществ.

Антропогенная трансформация биосферы к настоящему времени достигает глобальных масштабов, затрагивая в той или иной мере почти все экосистемы, что в большинстве случаев приводит к структурно-функциональным изменениям сообществ и экосистем в целом [1]. Среди различных типов антропогенно трансформированных ландшафтов особое место принадлежит городам и городским агломерациям. Все компоненты биоты на урбанизированных территориях подвержены мощному и глубокому преобразованию, в силу комплексной трансформации среды и сочетанного действия поллютантов [2].

Одними из первых в экосистеме реагируют на антропогенные изменения окружающей среды почвенные животные [3], являющиеся одним из важнейших компонентов большинства биогеоценозов. Деятельность почвенных животных во многом определяет морфологию почвенного профиля, физико-химические свойства почвы и скорость круговорота веществ. Способность членистоногих выживать в самых неблагоприятных условиях, проникать в новые адаптивные зоны и приспосабливаться к постоянно меняющимся факторам среды общеизвестна. Благодаря высокому экологическому и видовому разнообразию, тесной связи с почвой, низкой миграционной активности, высокой чувствительности и достаточно быстрой реакции на изменение средовых параметров почвенные беспозвоночные оказываются весьма информативными индикаторами, характеризующими изменения окружающей среды в антропогенно преобразованных, в том числе урбанизированных, ландшафтах, поэтому исследования структуры и динамики их сообществ являются одной из актуальнейших проблем современной экологии [4-7]. Реакции сообществ почвенных беспозвоночных на антропогенные нарушения часто проявляются значительно раньше и отчетливее, чем изменения химических и физических параметров почвы, определяемые существующими методами [6].

Материалы и методы исследования

Для исследования сообществ почвенной мезофауны, населяющих урбанизированные территории (на примере городской агломерации Екатеринбурга с высокой концентрацией промышленного производства), на основании литературных данных [8-10] и оригинальных материалов в пределах города были выделены пять зон. В основу разделения на зоны положены насаждения различных древесных пород, тип жилой застройки, степень рекреационной нагрузки и степень суммарной антропогенной трансформированности данной территории. Лесопарки представляют собой территории, где в разной степени сохранились естественные условия, существовавшие до возникновения городской агломерации, остальные исследованные участки расположены в жилебной части города:

I_Л зона – слаботрансформированные лесопарки;

I_М зона – лесопарки средней степени трансформации;

I_С зона – лесопарки высокой степени трансформации (на территории которых расположены городские парки культуры и отдыха);

II зона – фрагменты деградированных лесопарков в зоне малоэтажной застройки;

III зона – фрагменты деградированных лесопарков в зоне многоэтажной застройки;

К – контроль – естественные сосново-березовые леса южнотаежной подзоны Среднего Урала.

Предложенные категории характеризуют последовательные переходы (от контроля к центральной части города) от сосново-березовых лесов с развитым зеленомошным комплексом к куртинно-полянному комплексу с постепенным изреживанием, обеднением и локализацией лесных пород и элементов покрова, а на последних стадиях дигрессии – преобладанием луговой и сорной растительности [8]. Происходит замена зонально обусловленной растительности на представителей азональных или экстразональных экосистем [9]. На рис. 1 показано изменение доли *Pinus silvestris* L., мелколистных и азональных видов древесных пород в градиенте урбанизации.

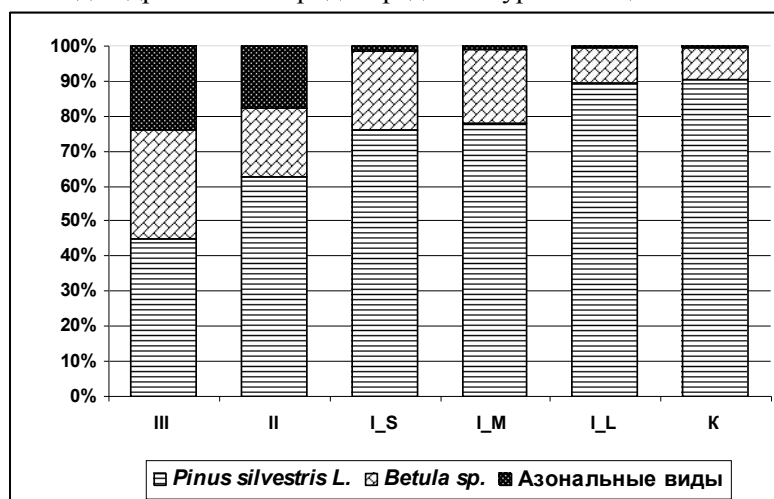


Рис. 1. Доля участия древесных пород в формировании зеленых зон города

Определены гидрохимические показатели поверхностных вод (за 2003-2007 гг.), отражающие суммарную химическую нагрузку в данных биотопах (табл. 1, рис. 2). На урбанизированных территориях повышено содержание хлоридов и сульфатов, ионов кальция, значения pH. Общая минерализованность на селитебных территориях в 2,1 – 3,6 раза выше, чем в контроле. Гидрохимические анализы выполнены в Уральском научно-исследовательском институте водных биоресурсов и аквакультуры.

Таблица 1

Значения pH поверхностных вод исследуемых территорий

Параметры	III	II	I _S	I _M	I _L	K
pH	6,1 – 8,2	5,9 – 8,0	6,0 – 7,3	5,8 – 6,8	5,9 – 7,3	5,1 – 6,4

Почвенную мезофауну изучали в июле-августе 2007 г. При учетах беспозвоночных животных применяли метод почвенных раскопок с ручной разборкой проб [11]. Пробы брали площадью 50 x 50 см (0,25 м²) на глубину встречаемости основной массы почвенных животных (до 25 см). Всего обследовано 17 лесопарков, парков и зеленых зон города и 3 контрольных участка. Отобрано и обработано 89 почвенных проб.

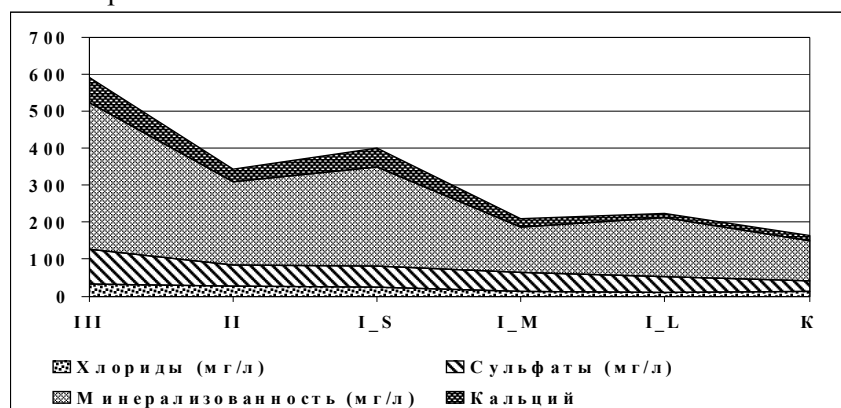


Рис. 2. Гидрохимические показатели поверхностных вод исследуемых территорий

Результаты и их обсуждение

Изучение вертикального распределения почвенной мезофауны в естественных и урбанизированных местообитаниях показало, что в городских почвах (урбаноземах) большинство животных сосредоточено в верхних горизонтах, что, очевидно, связано с изменением физико-химических и механических характеристик почвы.

Самая высокая плотность почвенных беспозвоночных животных отмечена в контрольных местообитаниях, где она составляет 105,4 экз/м² (рис. 3). Существуют достоверные различия между плотностью естественных местообитаний и селитебными территориями ($F(5, 89) = 4,55$, $p = 0,00097$). В лесопарковой зоне плотность снижается по мере увеличения степени трансформации, самая низкая плотность на селитебных территориях в зоне малоэтажной застройки (62,1 экз/м²), а в зоне многоэтажной застройки немного увеличивается (до 69,1 экз/м). Вероятно, это связано с повышением локальной плотности почвенной мезофауны вследствие сокращения площади биотопов. Кроме того, в связи с изменением биотопических условий на урбанизированных территориях возрастает численность отдельных групп почвенных беспозвоночных животных.

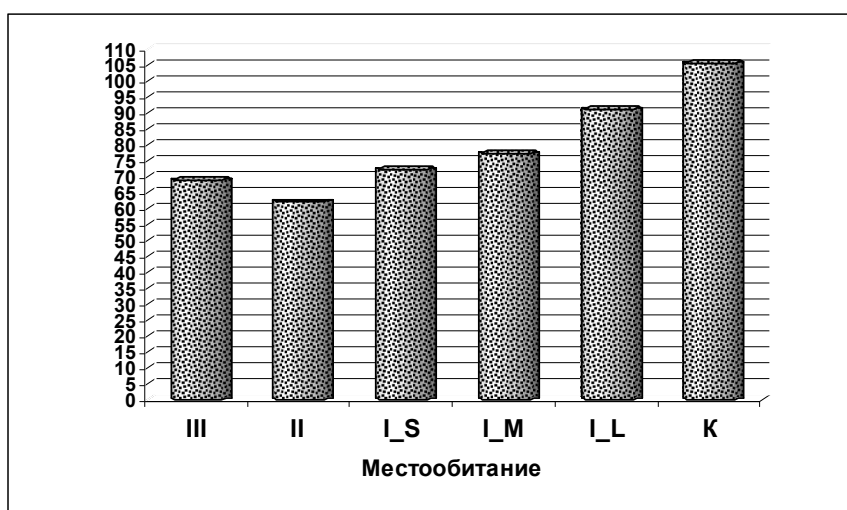


Рис. 3. Плотность почвенной мезофауны в изученных местообитаниях

На изучаемых территориях среди групп почвенной мезофауны выявлены представители трех типов (Annelida, Mollusca, Arthropoda), семи классов (Oligochaeta, Gastropoda, Crustacea, Diplopoda, Chilopoda, Insecta, Arachnida) и десяти отрядов. Наиболее многочисленными группами являются дождевые черви с плотностью от 15,5 до 47, 16 экз/м² и насекомые (от 14,95 до 57 экз/м²). Их доля в сообществе составляет от 24 до 65% и от 21 до 54% соответственно (рис. 4).

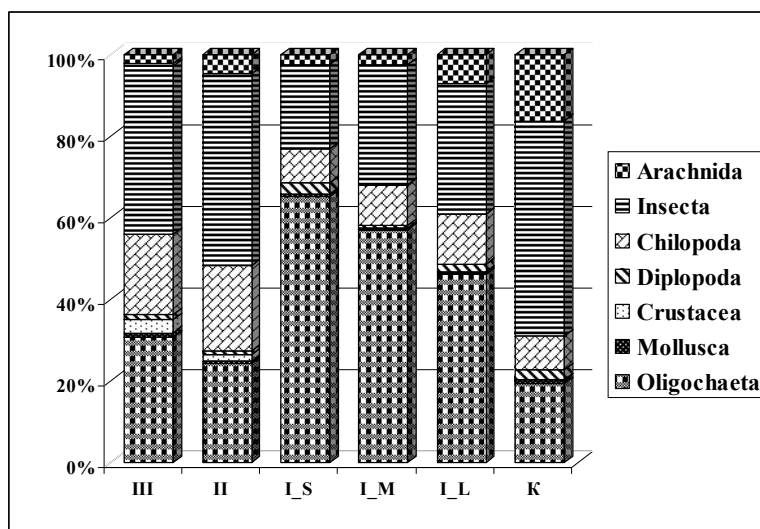


Рис. 4. Структура сообществ почвенной мезофауны в изученных местообитаниях

Интересно отметить тот факт, что по мере увеличения степени урбанистической нагрузки в лесопарковой зоне увеличивается плотность и доля люмбрицид от 18,5 экз/м² (19%) в контроле до 47,16 экз/м² (65%) в сильно трансформированных лесопарках. На селитебных территориях плотность дождевых червей выше в зоне многоэтажной застройки (21,33 экз/м²) по сравнению со II зоной (15,5 экз/м²). Плотность насекомых на этих территориях приблизительно одинакова (28,57 экз/м² в III и 30,1 экз/м² во II зонах). В лесопарковой зоне она снижается по мере увеличения нагрузки от 57,0 экз/м² в контроле до 14,95 экз/м² в местообитаниях сильно трансформированных лесопарков.

Плотность пауков падает на урбанизированных территориях от 17,5 экз/м² в контрольных биотопах до 1,52 экз/м² в зоне многоэтажной застройки.

Доминирующей группой среди насекомых на всех изученных территориях являются жесткокрылые (отр. Coleoptera), плотность которых представлена в табл. 2.

На селитебных территориях в обеих зонах их плотность равна 25,5 экз/м². В лесопарковой зоне с увеличением степени трансформации она снижается (53,2 экз/м² – контроль, 26,45 экз/м² – слабо трансформированные, 19,81 экз/м² – среднетрансформированные, 11,99 экз/м² – сильно трансформированные лесопарки). Наиболее многочисленной группой жесткокрылых на исследованных территориях являются личинки жуков-щелкунов (сем. Elateridae). Наибольшее число видов элатерид (10) на территории городской агломерации зарегистрировано в слаботрансформированных лесопарках, минимальное число видов (4) отмечено на территориях многоэтажной застройки и в зоне I_S, а комплекс щелкунов естественных сосново-березовых лесов представлен 23 видами. Общими для всех исследуемых территорий являются виды *Dalopius marginatus* L. и *Selatostomus aeneus* L. В контрольной зоне доминируют бореальные виды *Athous subfuscus* Mull., *Paraphotistus impressus* F. и *Dalopius marginatus* L. В лесопарках высокой степени дигрессии со значительной рекреационной нагрузкой и в зонах застройки *D. marginatus* L. переходит в категорию субдоминантов, уступая роль доминанта *S. aeneus* L. – эвритопному лесолуговому виду. В зоне многоэтажной застройки преобладают представители открытых биотопов рода *Agriotes*.

Таблица 2

Плотность разных семейств жесткокрылых на исследуемых территориях, экз/м²

Группа	Зона					
	III	II	I _S	I _M	I _L	K
Carabidae	8,38	4,5	4,21	3,27	2,67	8,5
Chrysomelidae		0,5	0,21	0,18	0,44	1,0
Curculionidae	1,9	4,0	0,84	3,64	1,33	6,0
Elateridae	10,67	12,5	4,63	10,18	18,22	24,0
Cantharidae			0,21	0,18	0	1,0
Staphylinidae	3,81	3,5	1,26	1,09	0,67	8,5
Scarabaeidae			0,21			1,0
Dityscidae	0,38					
Sylphidae				0,18	1,33	1,5
Прочие Coleoptera	0,38	0,5	0,42	1,09	1,78	1,5
Общая	25,52	25,5	11,99	19,81	26,44	53,0

Значительно снижается плотность личинок семейства Curculionidae (от 6,2 экз/м² в контроле до 1,9 экз/м² в зоне многоэтажной застройки), что, вероятно, является следствием упрощения и обеднения кормовой базы фитофагов (сменой растительной компоненты). Плотность стафилинид значительно снижается в лесопарковой зоне по сравнению с контрольными местообитаниями и возрастает на селитебных территориях, но остается почти в 2 раза ниже, чем в контроле. Увеличение их плотности в зонах много- и малоэтажной застройки может быть связано с более высокой численностью мелких беспозвоночных животных, составляющих кормовую базу хищных коротконадкрылых жуков [12; 13].

На урбанизированных территориях незначительно возрастает доля и плотность личинок Diptera. Если в контрольных местообитаниях в структуре почвенной мезофауны на долю двукрылых приходится до 2% от общего количества животных, то на урбанизированных территориях их доля составляет от 3 до 7%. Плотность личинок Diptera максимальна в зоне малоэтажной застройки (4,5 экз/м²) и минимальна на естественных лесных территориях (до 2,5 экз/м²).

Плотность губоногих многоножек (*Chilopoda*) возрастает с ростом степени урбанизации (от 9 экз/м² в контроле до 13,71 экз/м² в местообитаниях III зоны). Плотность двупарноногих многоножек (*Diploroda*), напротив, снижается с нарастанием степени урбанизации от 2,5 экз/м² в естественных биотопах до 0,76 экз/м² в трансформированных местообитаниях.

Только на урбанизированных территориях отмечены представители отряда *Isopoda* – мокрицы, являющиеся одной из важнейших групп животных сапрофильного комплекса, причем на селитебных территориях их плотность составляет от 1,0 до 2,29 экз/м², а в лесопарковой зоне она не превышает 0,22 экз/м². Многие авторы отмечают увеличение численности и видового разнообразия мокриц с ростом урбанизации [14; 15]. Эти почвообитающие равноногие ракообразные играют важную роль в почвообразовательных процессах, формируя благоприятные условия для развития почвенной микрофлоры, и обладают способностью аккумулировать тяжелые металлы [16], что в антропоценозах приобретает особенное значение.

Плотность моллюсков на изученных территориях везде невысока, тем не менее на урбанизированных территориях она повышается от 0,22 до 0,76 экз/м² в зоне многоэтажной застройки, где ее значения выше, чем в естественных местообитаниях (0,5 экз/м²).

Следует отметить, что, вероятно, именно высокая минерализованность почв урбанизированных территорий, в том числе повышенное содержание кальция, способствует увеличению плотности кальцефильных животных (наземных раковинных моллюсков, многоножек, мокриц), что обеспечивает интенсификацию биогенного круговорота ряда химических элементов.

Таким образом, в градиенте урбанизации, связанном с состоянием растительной компоненты и изменением химизма среды, меняется таксономический состав и структура почвенной мезофауны. Под влиянием ряда факторов, действующих в экосистемах города, происходит изменение плотности почвенной мезофауны и структуры доминирования. Аккумулирующий характер урбоценозов [17] определяет наличие больших количеств минеральных и органических веществ, что способствует увеличению численности тех групп животных, которые могут их утилизировать, например дождевых червей и кальцефильных минерализаторов, что приводит к изменению функциональной структуры почвенной мезофауны и соответственно изменению ее вклада в средообразующую роль сообщества.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ–Урал, проект № 10-04-96084-р_урал_a.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 152 с.
2. Вершинин В.Л. Экология города. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2005. 82 с.
3. Dunger W.G. Collembolen (Insecta, Collembola) aus der Mongolischen Volksrepublik, II. Isotomidae // *Ann. Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici*. Budapest, 1982. Vol. 74. P. 35-74.
4. Гиляров М.С., Стриганова Б.Р. Роль почвенных животных в разложении растительных остатков и круговороте веществ // *Итоги науки и техники. Зоол. беспозвоночных*. М.: ВИНТИ, 1978. Т. 5. С. 8-69.
5. Кривоулицкий Д.А. Почвенные животные как биоиндикатор при экологическом нормировании нарушений природной среды // *Проблемы почвенной зоологии*. Минск, 1978. С. 123-124.
6. Гиляров М.С. Почвенные беспозвоночные как индикаторы почвенного режима и его изменений под влиянием антропогенных факторов // *Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья*. М., 1982. С. 8-11.
7. Бессолицына Е.П. Изменение структуры зооценозов почв подтаежного ландшафта в условиях техногенного воздействия // *География и природные ресурсы*. 1990. № 4. С. 104-108.
8. Захаров А.А., Бызова Ю.Б., Друк А.Я., Залеская Н.Т. и др. Почвенные беспозвоночные – индикаторы состояния рекреационных ельников Подмосковья // *Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья*. М., 1982. С. 40-52.
9. Ибрагимов А. К., Терентьев А. А., Ибрагимов А. А. Влияние урбанизированных территорий на состояние природных ландшафтов: эколого-педагогические аспекты // *Экологическое образование: проблемы и перспективы*. Н. Новгород, 1998. С. 129-137.
10. Вершинин В.Л. и др. Пути адаптации фауны к условиям техногенных ландшафтов. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 183 с.
11. Гиляров М.С. Методы количественного учета почвенной фауны // *Почвоведение*. 1941. № 4. С.48-77.
12. Солодовников А.Ю. Жуки-стафилиниды (*Coleoptera, Staphylinidae*) Северо-Западного Кавказа: автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 1997. 16 с.
13. Шулаев Н.В., Богданов А.В. К фауне жуков-стафилинид (*Coleoptera, Staphylinidae*) города Казани // *Учен. зап. Казан. ун-та*. 2008. Т.150, кн.1. С. 121-125.

14. Алексанов В.В. Распределение мокриц (*Isopoda*, *Oniscoidea*) в городе Калуге // Урбозкосистемы: Проблемы и перспективы развития: материалы 3-й междунар. науч.-практ. конф. Ишим, 2008. С. 167-169.
15. Paoletti M.G., Hassall M. Woodlice (*Isopoda*: *Oniscidea*): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 1999. Vol. 74. P. 157–165.
16. Смирнов Ю.Б. Роль почвенных ракообразных (*Crustacea*, *Isopoda*) в биоиндикации загрязнения почв тяжелыми металлами // *Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Біологія. Екологія*. 2003. Вип. 11, т. 1. С. 124-127.
17. Мазинг В.В. Проблемы экологии города // *Города и экология*. М., 1987. Т. 1. С. 145-150.

Поступила в редакцию 12.02.11

S.D. Vershinina

Structure of soil mesofauna in urbanistic gradient

The article analyzes changes of soil mesofauna structure under the conditions of urbanization (by the example of big city agglomeration of Ekaterinburg). It has been established that changes in density of soil mesofauna, communities structure and structure of domination occur under the influence of a number of factors acting in urbocenosis. The difference in taxonomic group's reactions on the urbanistic gradient has been noted.

Keywords: soil mesofauna, urban area, the structure of communities.

Вершинина Светлана Дмитриевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник
Институт экологии растений и животных УрО РАН
620144, Россия, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202
E-mail: ecom@ipae.uran.ru

Vershinina S.D., Candidate of biological science, scientific researcher
Institute of Plant and Animal Ecology RAS, Ural brunch,
620144, Ekaterinburg, 8 Marta st., 202
E-mail: ecom@ipae.uran.ru