

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИИ НА СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ ЛЕСОПАРКОВОЙ ЗОНЫ г. КАЗАНИ

Т. А. Гордиенко, Д. Н. Вавилов, Р. А. Суходольская

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ

Сосия, 420087, Казань, Даурская, 28

E-mail: eiseniata@gmail.com

Поступила в редакцию 20.04.15 г.

Влияние рекреации на сообщества почвенной мезофауны лесопарковой зоны г. Казани. – Гордиенко Т. А., Вавилов Д. Н., Суходольская Р. А. – Для оценки состояния лесопарковой зоны г. Казани изучали население почвообитающих беспозвоночных в трех массивах широколиственных лесов с разной степенью рекреации. Численность мезофауны в лесопарках значительно выше по сравнению с пригородным лесом. Таксономический состав сообществ педобионтов в ряду смежных лет существенно не меняется, доминируют дождевые черви. Однако их численность подвержена сильным колебаниям по годам. Значительные изменения испытывает трофическая структура мезофауны в биотопе с наибольшей антропогенной нагрузкой, что показали результаты дискриминантного анализа и анализа главных компонент. Перестройки в структуре сообществ педобионтов, когда в разные годы основную нагрузку несут разные трофические группы, можно считать элементами адаптации мезофауны в лесопарках к антропогенному влиянию.

Ключевые слова: почвенная мезофауна, дождевые черви, трофические группы, лесопарковая зона, пригородная зона, многолетняя динамика численности, многомерная статистика.

Recreation impact on soil macrofauna communities in the forest-park zone of Kazan city. – Gordienko T. A., Vavilov D. N., and Sukhodolskaya R. A. – To evaluate the status of the forest-park zone of Kazan City, the soil invertebrate populations in three deciduous forest plots with various recreational degrees were studied. The macrofauna abundance in forest-parks was significantly higher in comparison with suburb forests. The taxonomic composition of the pedobiont communities did not change significantly within the period studied, with earthworms predominated. However, their abundance varied strongly from year to year. The trophic structure of the mesofauna in the biotope under the highest anthropogenic load is subject to significant changes, shown by PCA and discriminant analysis. The reorganizations in the pedobiont community structure, when different trophic groups carry the major load in different years, can be considered as elements of the mesofauna adaptation to the anthropogenic impact in forest-parks.

Key words: soil mesofauna, earthworms, trophic groups, forest-park zone, suburb forest, long-term abundance dynamics, multivariate statistics.

DOI: 10.18500/1684-7318-2016-2-144-154

ВВЕДЕНИЕ

Роль крупных почвообитающих беспозвоночных в круговороте веществ неоднократно подчеркивалась: их инженерная деятельность оказывает существенное влияние на процесс почвообразования (Самойлова и др., 2014; Стриганова, 2014; Bottinelli et al., 2010; Sapowicz et al., 2014). Трансформация биосферы человеком 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 (Вершинина, 2011).

Почвообитающие беспозвоночные одними из первых реагируют на изменения окружающей среды, поэтому с их помощью удобно определять характер и степень антропогенного воздействия (McIntyre et al., 2001; Nahmani, Lavelle, 2002). Исследования, направленные на оценку состояния биотического компонента вблизи промышленных центров, как правило, охватывают небольшой промежуток времени (Середюк, 2008; Князев, 2014). В г. Казани подобные работы немногочисленны (Сабанцев и др., 2007; Александрова и др., 2008; Богданов, Хабибуллина, 2008).

В ходе адаптации к продолжительному антропогенному воздействию экосистемы меняют свой облик, что влечет за собой изменение биоразнообразия. Однако практически неизвестно насколько этот процесс одинаково происходит в разных регионах Земли (Niemelä et al., 2000). В недавнем Международном проекте (Globenet), направленном на оценку состояния почвенной мезофауны в градиенте «город – пригороды – естественные биотопы» в глобальном масштабе, основной акцент сделан на ряд ключевых групп (Niemelä et al., 2000; Penev et al., 2004, 2008). При этом популяционные параметры у представителей таких групп изучены очень слабо, в основном у напочвенных жуков – жужелиц, хотя в последнее время было показано, что внутривидовая изменчивость так называемых жизненно важных признаков (life-history traits) может накладывать отпечаток на реакцию сообществ на антропогенное воздействие (Суходольская, Еремеева, 2013; Суходольская, Савельев, 2014; Sukhodolskaya, 2014).

Цель настоящей работы – оценка состояния сообществ почвообитающих беспозвоночных под воздействием рекреации во временном аспекте на примере г. Казани.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Согласно физико-географическому районированию Среднего Поволжья (1964) исследуемая территория входит в состав лесостепной провинции Низменного Поволжья. Участки леса расположены в восточной части Казани и ее пригорода в суббореальной северной семигумидной ландшафтной зоне широколиственной ландшафтной подзоне Нижнемишского возвышенного района со Среднерусско-волжскими широколиственными (липово-дубовыми) с елью неморально-травяными лесами на светло-серых лесных, дерново-подзолистых и серых лесных почвах (Ермолаев и др., 2007).

Исследования проводили в лесопарковой зоне и пригородах г. Казани в весенний период (конец мая – начало июня) в 2009 – 2014 гг. Обследовано три дубово-липовых лесных массива с разной степенью антропогенной нагрузки: лесопарк в восточной части города, примыкающий к ул. Дубравная («Участок 1», 55°44'04.21" с.ш., 49°13'15.72" в.д.); лесопарк в северо-восточной части города в окрестностях пос. Карьер («Участок 2», 55°50'02.14" с.ш., 49°12'37.01" в.д.); пригородный широколиственный лес, расположенный на северо-востоке от города в окрестностях д. Пановки Высокогорского муниципального района («Участок 3», в 12 км от города, 55°53'38.76" с.ш., 49°24'42.4" в.д.).

Исследуемые широколиственные леса относятся к ассоциации средневозрастных дубо-липняков лещиновых пролесничко-снытьево-волосистоосоковых (Шафигуллина и др., 2004; Гордиенко и др., 2011).

На участке 1 в древостое доминируют липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.) и дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), образующие I ярус. В меньшей степени представлены мелколиственные породы: берёза повислая (*Betula pendula* Roth.), осина (*Populus tremula* L.). Во II ярус входят клён остролистный (*Acer platanoides* L.), черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.) и рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.). Формула древостоя 6Лп2Д1Б1Ос, полнота 0.3. Некоторые экземпляры дуба достигают высоты 30 м, диаметра 80 см и возраста 200 лет, а липы – около 150 лет. В подлеске доминирует лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.), в состав кустарникового яруса входят бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa* Scop.), клён американский (*Acer negundo*). В травостое доминируют осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.), сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), пролесник многолетний (*Mercurialis perennis* L.). Сомкнутость травостоя высокая (70 – 100%).

На участке 2 I ярус древостоя представлен липой сердцевидной, дубом черешчатым, осинкой и берёзой повислой. Во II ярусе доминируют липа, клён платановидный, единично рябина обыкновенная. Формула древостоя 5Лп3Д1Ос1Кл+БР, сомкнутость 0.2. В состав подлеска входит лещина обыкновенная, бересклет бородавчатый, вяз шершавый (*Ulmus glabra* Huds.). В травостое доминируют сныть обыкновенная, осока волосистая и копытень европейский. Сомкнутость травостоя высокая (100%).

На участке 3 древостой в I ярусе представлен дубом черешчатым, липой сердцевидной и единично берёзой повислой. Во II ярус входят липа сердцевидная, клён платановидный, единично рябина обыкновенная. Формула древостоя 8Лп2Д+БОс, сомкнутость 0.2. Возраст древостоя около 100 лет. В кустарниковом ярусе доминирует лещина, местами она образует сомкнутый полог. Кроме лещины в кустарниковый ярус входят подрост клёна, вяза шершавого и рябины. Доминируют в травяном ярусе сныть обыкновенная, осока волосистая, пролесник многолетний. Постоянными видами травяного яруса, кроме уже названных доминантов, были копытень европейский, звездчатка жёстколистная (*Stellaria holostea* L.), медуница неясная, фиалка удивительная (*Viola mirabilis* L.), бор развесистый (*Milium effusum* L.). Сомкнутость травостоя колеблется от 40 до 70%.

Почвы исследуемых участков отнесены к дерново-подзолистным (участок 2) и серым лесным почвам (участки 1 и 3) (Александрова и др., 2008, 2011).

Степень рекреационной дигрессии растительного покрова в исследованных участках определяли для широколиственных лесов по методике Р. А. Карпионовой (1967), В. Д. Туровцева, В. С. Краснова (2004) и Т. Б. Матвеевой (2012) (табл. 1).

Стадии нарушенности лесов также оценивают путем определения процента деградированных участков или площади, занимаемой дорогами и тропами (дорожно-тропиночной сетью). Выделяют 5 основных стадий дигрессии лесных экосистем в результате рекреационной нагрузки (Шелухова, 1994; Туровцев, Краснов, 2004). Согласно этой методике была определена площадь тропиночной сети в исследуемых биотопах и степень их дигрессии (см. табл. 1).

Таблица 1

Степень рекреационной нагрузки исследованных участков

Номер участка	Степень рекреационной дигрессии растительного покрова	Площадь дорожно-тропиночной сети, м ² /га	Стадия рекреационной дигрессии по площади тропинойной сети
1	IV	2321.2	3
2	III	1450.0	2–3
3	I	400.0	1

Учеты численности почвенных беспозвоночных вели стандартным почвенно-зоологическим методом: почвенные пробы площадью 25×25 см² на глубину 0 – 15 см по 10 проб в каждом биотопе. На участке 1 исследования проведены в 2010 г. и 2012 – 2014 гг. (4 сезона), на участке 2 – в 2009 – 2012 гг. и 2014 г. (5 сезонов), на участке 3 – в 2009 г. и 2011 – 2014 гг. (5 сезонов).

Изучали структуру и население почвенной мезофауны в биотопах с различной степенью рекреационной нагрузки. Почвенные беспозвоночные определены до крупных таксономических групп (семейство, отряд, класс), которых относили к той или иной трофогруппе согласно классификации С. Ю. Грюнталя (2011).

Статистическая обработка данных проведена в программном пакете Excel и Statistica 6.0. Использованы методы описательной и многомерной статистики – дискриминантный и факторный (Principal Components and Classification) анализы, а также метод «подсчета голосов» («the vote counting method») (Wang, Bushman, 1999; Teder, Tammara, 2005) и тест χ^2 -квадрат для подтверждения нулевой гипотезы о неизменяемости по годам структуры и численности трофических групп. С помощью сравнительного параметрического метода *t*-test независимых выборок сравнили вариационные ряды обилия педобионтов различных биотопов.

Значительность перестроек структуры сообществ в ряду смежных лет оценивали в ходе факторного анализа. Он состоял в том, что в каждом биотопе для каждого года оценивалась трофическая структура мезофауны методом главных компонент. Далее проводился ее попарный сравнительный анализ в ряду лет исследования для каждого биотопа в отдельности. Считали, что трофическая структура педобионтов изменяется в паре смежных лет, если факторные нагрузки каждой из них значительно варьировали по величине. Эти результаты обозначены как «+». Если факторные нагрузки не менялись, результат сравнения обозначался как «–». Далее использовали метод «подсчета голосов». Нулевая гипотеза (трофическая структура мезофауны от года к году в отдельных биотопах не меняется) отвергалась, если полученные в ходе этой процедуры значения были больше табличных значений χ^2 -квадрат.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Таксономическая структура почвенных беспозвоночных в исследованных биотопах представлена 23 группами из 7 классов и 12 отрядов. Доминировали дождевые черви Lumbricidae (на участках 1, 2 и 3 – 74.3, 71.4 и 61.5% соответственно), хищные многоножки Chilopoda (7.6, 9.5 и 26.4%) и насекомые Insecta (15.3,

14.3, 8.6%). Насекомые представлены главным образом личинками жесткокрылых Coleoptera (щелкуны Elateridae, долгоносики Curculionidae, жуки-жужелицы Carabidae) и двукрылых Diptera (табл. 2). Жуки в стадии имаго попадались единично. Таксономический состав мезофауны пригорода и лесопарковой зоны города отличается незначительно, в контроле (участок 3) в учетах отсутствуют представители некоторых таксонов – мокрицы Isopoda, мертвоеды Silphidae, листоеды Chrysomelidae, хрущи Melolonthinae.

Таблица 2

Численность почвенной мезофауны в лесопарковой зоне и пригородах г. Казани в 2009 – 2014 гг.

Таксоны	Трофические группы	Участок 1, $n = 40$		Участок 2, $n = 50$		Участок 3, $n = 50$	
		M	m	M	m	M	m
Lumbricidae	С	461.0	29.7	250.6	18.8	194.4	15.5
Mollusca	Ф	6.5	1.9	2.3	0.8	5.0	1.4
Isopoda	С	0.3	0.3	2.6	1.0	0.0	0.0
Araneae	Х	5.0	1.1	6.3	1.4	3.4	1.1
Opiliones	Х	1.8	0.7	0.3	0.3	0.1	0.1
Diplopoda	С	3.8	1.0	5.2	1.5	2.6	1.0
Geophilidae	Х	20.0	2.8	24.7	2.7	41.4	3.8
Lithobiidae	Х	26.8	2.6	8.6	2.1	41.9	4.4
Insecta (всего)	–	95.2	8.2	50.3	5.7	27.2	4.0
Dictyoptera	С	0.8	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3
Dermaptera	Ф	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Heteroptera	См	4.3	1.2	3.5	1.5	4.3	1.4
Carabidae	Х	12.8	2.7	5.4	1.2	5.4	1.6
Silphidae	С	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0
Staphylinidae	Х	4.5	1.1	5.3	1.2	8.2	2.2
Melolonthinae	Ф	26.3	4.4	3.3	2.1	0.0	0.0
Cantharidae	Х	0.8	0.4	0.0	0.0	0.3	0.3
Elateridae	См	15.5	2.3	8.4	1.6	1.4	0.6
Leiodidae	С	0.5	0.4	0.0	0.0	0.3	0.3
Chrysomelidae	Ф	0.8	0.4	0.3	0.3	0.0	0.0
Curculionidae	Ф	18.0	5.0	10.6	2.6	2.2	0.8
Lepidoptera	Ф	2.8	0.8	4.5	2.2	1.6	0.6
Hymenoptera*	Ф	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.4
Diptera	См	3.0	0.9	3.0	1.0	1.9	0.6
Прочие насекомые	См	4.8	1.3	4.9	1.3	0.4	0.3
Всего мезофауны	–	620.4	34.1	350.9	22.1	316.0	19.5
Сапрофаги	–	466.4	29.6	259.2	18.7	197.6	15.6
Фитофаги	–	54.7	7.3	21.3	4.5	9.7	2.0
Хищники	–	71.7	4.9	50.6	5.1	100.7	7.2
Смешанная группа	–	27.6	1.7	19.8	2.1	8.0	1.5

Примечание. С – сапрофаги, Ф – фитофаги, Х – хищники, См – группа со смешанным типом питания; M – численность, экз./м², m – стандартная ошибка; * – в состав перепончатокрылых не вошли муравьи.

Общая численность мезофауны сильно варьирует как по биотопам (в 1.8 – 2 раза), так и в многолетнем аспекте (кратность изменений на участке 1 составила 2.6 раза, на участке 2 – 1.4 раза, на участке 3 – 0.5 раза) (рис. 1). На участке 2 численность педобионтов сравнима с таковой на участке 3, а на участке 1 она значительно выше. Отмечена тенденция увеличения обилия мезофауны в градиенте рекреации. Параметрическим методом подтверждены статистически значимые различия численности мезофауны участка 1 от участков 2 и 3 ($t = 6.74$ и $t = 8.3$, при $p < 0.001$).

Были отслежены изменения численности отдельных трофических групп во временном аспекте в каждом из исследованных биотопов. На участках 1 и 2 преобладают сапрофаги, соответственно 75.2 и 73.9%, на участке 3 их доля ниже (62.5%). Хищники на первых двух участках были малочисленны (11.6 – 14.4%). На участке 3 их доля значительно выше (31.9%). Для всех исследованных биотопов характерны значительные межгодовые колебания численности трофических групп мезофауны (рис. 2).

Дискриминантный анализ показал, что численность трофических групп мезофауны в исследованных биотопах статистически значимо различается в смежные годы (табл. 3). Однако на участке 2 эти колебания выражены в меньшей степени. Основной вклад в дискриминацию (различия) вносят разные группы: на участке 1 – сапрофаги и фитофаги, на участке 3 – сапрофаги, хищники и группа со смешанным типом питания.

Результаты анализа методом главных компонент показали, что на участке 2 не происходят межгодовые изменения трофической структуры (статистически значимые, при $p < 0.05$) (табл. 4), сходная тенденция отмечена и на контрольном участке 3 («+» меньше, чем «-», при $p > 0.05$). На участке 2 постоянство этой структуры в большей степени наблюдается за счет фитофагов и хищников (по I и II фактору), на участке 3 – за счет сапрофагов и группы со смешанным типом питания (по I фактору) и хищников (по II фактору). Нестабильность численности трофических групп по годам на участке 1 обусловлена колебаниями таковой сапрофагов, фитофагов и смешанной группы (по I фактору, при $p > 0.05$).

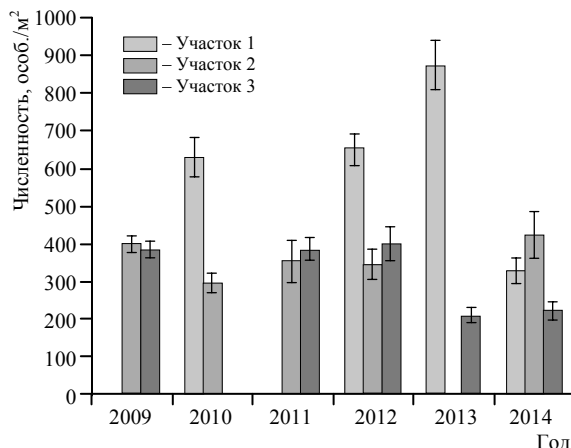


Рис. 1. Динамика численности мезофауны по годам в весенний период в исследованных биотопах

ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на высокий уровень рекреационной нагрузки, участок 1 характеризуется большим численным и групповым обилием мезофауны почв. Количествен-

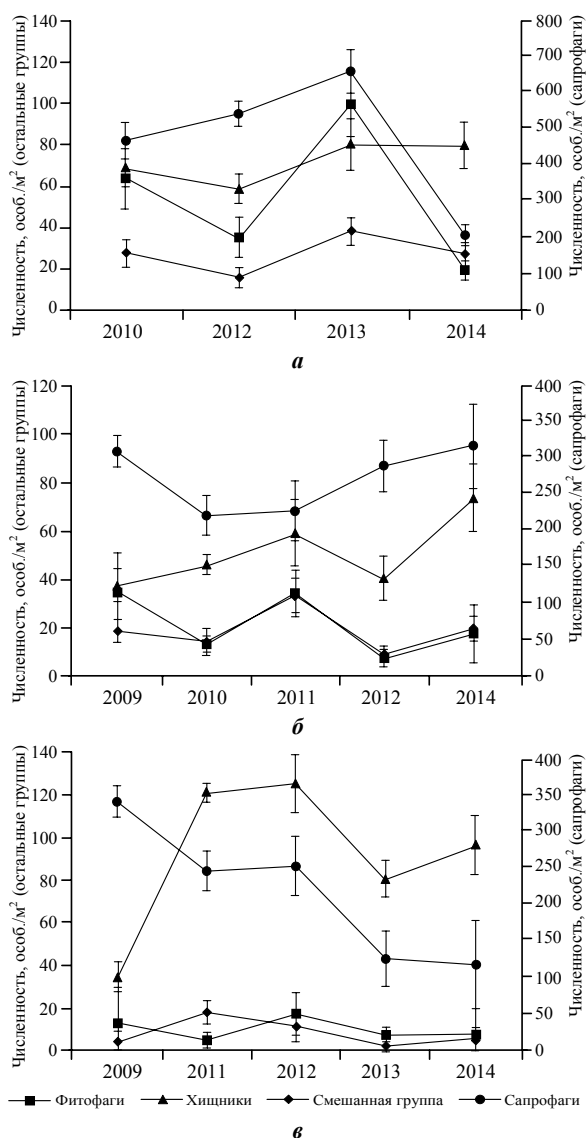


Рис. 2. Динамика численности трофических групп мезофауны по годам на участке 1 (а), на участке 2 (б) и на участке 3 (в)

9%. Другие исследователи отмечают равное доленое участие хищников и сапрофагов на границе буферной и фоновой зон (Конева, 1995). Однако иногда доля са-

ные показатели педобионтов этого биотопа значительно превышают максимальные их значения естественных липняков и дубрав Республики Татарстан (Кадастр сообществ..., 2014). На участке 2 отмечено некоторое снижение средней численности мезофауны почв по сравнению с исследованиями конца 90-х гг. прошлого века (Шафигуллина, Корчагина, 2003).

Участок 3 примечателен тем, что почвенно-зоологические исследования на нем ведутся с перерывами с 50-х гг. прошлого века (Алейникова, 1968). За это время произошли значительные перемены в составе как древостоя (дубовый лес сменился липовым), так и почвенной биоты (Шафигуллина, Корчагина, 2003). Средняя плотность крупных беспозвоночных снизилась на четверть, в основном за счет личинок двукрылых и жуков-щелкунов. В то же время увеличилась доля хищных многоножек.

Согласно мнению некоторых авторов соотношение трофических групп может служить индикатором нарушения экосистемы (Воробейчик и др., 1994): в ненарушенном биоценозе доля сапрофагов достигает 60 – 70% суммарной численности педобионтов, а при сильной антропогенной нагрузке – до

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИИ НА СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ

профагов в городских и в нетрансформированных биоценозах не различается, а в ряде случаев сапрофагов в естественных биоценозах бывает даже меньше (Богданов, Хабибуллина, 2008; Соколова, 2011; Александрова и др., 2014). В настоящем исследовании отмечена сходная тенденция – роль педобионтов, питающихся отмершими органическими остатками, в лесопарковой зоне выше, чем в пригородном лесу.

Таблица 3

Результаты дискриминантного анализа особенностей трофической структуры мезофауны в исследованных участках

Номер участка	Размах расстояния Махаланобиса, <i>min – max</i>	λ Вилкса	Статистическая значимость
1	0.87 – 10.15	0.33	$p < 0.0000$
2	0.37 – 2.04	0.65	$p < 0.0286$
3	0.18 – 9.86	0.27	$p < 0.0000$

Более ранние исследования почвенной мезофауны в пригородных лесах г. Казани выявили тенденцию снижения ее численности в пригородных биотопах при устойчивом год от года соотношении трофических групп (Сабанцев и др., 2007; Гордиенко, 2009). Полученные нами данные также говорят о том, что трофическая структура мезофауны достаточно стабильна, однако наблюдаются значительные колебания численности по годам, особенно это проявляется на участке 1 с наибольшей рекреационной нагрузкой. Разнонаправленные изменения для видового состава жуков-щелкунов естественных биотопов наблюдали другие авторы (Стриганова, Емец, 1998). При этом некоторые ученые не подтверждают существование пригородной зоны как структурной единицы урбанизированного ландшафта (Penev et al., 2004). Многочисленными методами статистического анализа не подтверждено наличие градиента «город – пригород» и существование специфических сообществ моллюсков и жуков-жужелиц, формирующихся в пригородных зонах (Dedov, Penev, 2004). В то же время имеют место четко различимые сообщества видов некоторых таксонов, характерные для городского ландшафта (Penev et al., 2008).

Таблица 4

Результаты анализа межгодовых изменений трофической структуры мезофауны методом «подсчета голосов» и тестом χ^2 -квадрат

Биотоп	Фактор I		Фактор II		χ^2 -квадрат		Табличное значение χ^2 -квадрат, при $p = 0.05$	Кол-во пар сравнений
	+	–	+	–	Фактор I	Фактор II		
Участок 1	8	4	4	8	1.33	1.33	3.84	6
Участок 2	3	13	4	12	6.25	4.0	3.84	8
Участок 3	6	10	7	9	1.0	0.25	3.84	8

Примечание. Жирным шрифтом указаны статистически значимые показатели.

По мнению Д. В. Зейферта с соавторами (2000), трофическая структура почвенной мезофауны отражает характер ее адаптации к условиям существования в

конкретных растительных сообществах и не является индикатором степени антропогенной нагрузки. Мы не можем полностью согласиться с мнением этих авторов. По нашим данным, с появлением рекреации меняется соотношение трофических групп: равновесие между фитофагами и хищниками смещается в сторону растительноядных форм. С этой стороны полученные результаты отчасти согласуются с данными наших коллег относительно воздействия промышленного загрязнения на мезофауну почв (Воробейчик, 1994; Середюк, 2008). Однако не наблюдается перелома животных из почвы в подстилку, так как при возрастании рекреационной нагрузки её толщина в лесопарковой зоне уменьшается. Полного выпадения сапрофильного комплекса в нашем исследовании также не обнаружено.

В шестилетнем ряду наблюдений показано, что год от года трофическая структура мезофауны почв не меняется, однако ее численность сильно варьирует. Наибольшие колебания как численности, так и трофической структуры мезофауны отмечены в биотопе с большей рекреационной нагрузкой.

Наличие у сообществ почвообитающих беспозвоночных скрытых механизмов адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды говорит о необходимости дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алейникова М. М. Почвообитающие беспозвоночные различных типов леса в Среднем Поволжье // Материалы по фауне и экологии почвообитающих беспозвоночных. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1968. С. 3 – 97.

Александрова А. Б., Богданов А. В., Иванов Д. В., Маланин В. В., Сабанцев Д. Н., Гордиенко Т. А. Почвенно-зоологическая характеристика некоторых биогеоценозов г. Казани // Проблемы почвенной зоологии : материалы XV Всерос. совещ. по почвенной зоологии. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2008. С. 253 – 254.

Александрова А. Б., Гордиенко Т. А., Богданов А. В., Кибардина М. Л., Сабанцев Д. В. Фауна и население дождевых червей различных типов почв г. Казани // Проблемы почвенной зоологии : материалы XVI Всерос. совещ. по почвенной зоологии. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2011. С. 3 – 5.

Александрова А. Б., Гордиенко Т. А., Сабанцев Д. Н., Маланин В. В. Почвенно-зоологические особенности агроэкосистемы в условиях адаптивно-ландшафтного земледелия // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2014. Т. 16, № 1(4). С. 1047 – 1054.

Богданов А. В., Хабибуллина Н. Р. Мезофауна почв урбоэкосистем г. Казани // Урбо-экосистемы : проблемы и перспективы развития : материалы III междунар. науч.-практ. конф. / Ишимский гос. пед. ин-т им П. П. Ершова. Ишим, 2008. Вып. 3. С. 165 – 167.

Вершинина С. Д. Структура почвенной мезофауны в градиенте урбанизации // Вестн. Удмуртского ун-та. 2011. № 2. С. 84 – 89.

Воробейчик Е. Л., Садыков О. Ф., Фарафонов М. Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург : УИФ «Наука», 1994. 281 с.

Гордиенко Т. А. Влияние погодно-климатических параметров на плотность почвенной мезофауны лесных экосистем в многолетнем аспекте // Экология, эволюция и систематика животных : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Рязань : Голос губернии, 2009. С. 62.

Гордиенко Т. А., Кибардина М. Л., Красильникова О. В., Сабанцев Д. Н., Суходольская Р. А. Оценка биотического компонента среды в лесопарке «Дубравная» г. Казани // Журн. экологии и промышленной безопасности. 2011. № 4. С. 56 – 59.

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИИ НА СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ

Грюнталь С. Ю. Мезофауна различных типов почв под южнотаежными ельниками (Тверская область) // Почвоведение. 2011. № 11. С. 1370 – 1380.

Ермолаев О. П., Игонин М. Е., Бубнов А. Ю., Павлова С. В. Ландшафты Республики Татарстан. Региональный ландшафтно-экологический анализ. Казань : Слово, 2007. 411 с.

Зейферт Д. В., Бикбулатов И. Х., Рудаков К. М., Григорьева И. Н. Растительные сообщества и почвенная мезофауна территорий химических предприятий в степной зоне Башкирского Предуралья. Уфа : Изд-во Уфим. гос. нефтяного техн. ун-та, 2000. 166 с.

Кадастр сообществ почвообитающих беспозвоночных (мезофауна) естественных экосистем Республики Татарстан / под ред. Р. М. Сабирова. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2014. 308 с.

Карписонова Р. А. Дубравы лесопарковой зоны Москвы. М. : Наука, 1967. 104 с.

Князев С. Ю. Оценка влияния поллютантов Омского нефтеперерабатывающего завода на окружающую среду с помощью почвенной мезофауны // Вестн. Тамбов. гос. ун-та. Сер. Естественные и технические науки. 2014. Т. 19, № 5. С. 1304 – 1306.

Конев Г. Г. Почвенная мезофауна как индикатор воздействия металлургических комбинатов на природные сообщества Кольского Севера : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Сыктывкар, 1995. 17 с.

Матвеева Т. Б. Оценка рекреационной нарушенности пригородных лесов г. Самары // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2012. Т. 14, № 5. С. 123 – 126.

Сабанцев Д. Н., Богданов А. В., Гордиенко Т. А., Шафигуллина С. М. Структура почвенной мезофауны г. Казани и пригородов // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан : тез. докл. VII респуб. науч. конф. Казань : Отечество, 2007. С. 170 – 171.

Самойлова Е. С., Костина Н. В., Стриганова Б. Р. Влияние личинок щелкунов (Coleoptera, Elateridae) на почвенные микробные сообщества // Проблемы почвенной зоологии : материалы XVII Всерос. совещ. по почвенной зоологии, посвящ. 75-летию со дня рождения чл.-корр. РАН Д. А. Криволуцкого / под ред. Б. Р. Стригановой. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2014. С. 195 – 198.

Середюк С. Д. Сообщества жуков-щелкунов (сем. Elateridae) урбанизированных территорий // Урбоэкосистемы : проблемы и перспективы развития : материалы III междунар. науч.-практ. конф. / Ишимский гос. пед. ин-т им. П. П. Ершова. Ишим, 2008. Вып. 3. С. 201 – 202.

Соколова Т. Л. Биоиндикационная роль люмбрицид при оценке почв города Костромы и Костромского Заволжья : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Н. Новгород, 2011. 20 с.

Стриганова Б. Р. Вклад животных в формирование аэрированного пространства в почве // Проблемы почвенной зоологии : материалы XVII Всерос. совещ. по почвенной зоологии, посвящ. 75-летию со дня рождения чл.-корр. РАН Д. А. Криволуцкого. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2014. С. 211 – 214.

Стриганова Б. Р., Емец В. М. Закономерности пространственно-временной динамики разнообразия почвенной мезофауны (на примере жуков-щелкунов Elateridae, Coleoptera) // Изв. РАН. Сер. биол. 1998. № 6. С. 717 – 724

Суходольская Р. А., Еремеева Н. И. Закономерности изменчивости размеров и формы жужелицы *Carabus aeruginosus* Fischer von Waldheim, 1822 (Coleoptera, Carabidae) // Сиб. экол. журн. 2013. № 6. С. 803 – 812.

Суходольская Р. А., Савельев А. А. Влияние экологических факторов на размерные признаки жужелицы *Carabus granulatus* L. (Coleoptera, Carabidae) // Экология. 2014. № 5. С. 369 – 375.

Туровцев В. Д., Краснов В. С. Биоиндикация : учеб. пособие. Тверь : Изд-во Твер. гос. ун-та, 2004. 260 с.

Физико-географическое районирование Среднего Поволжья / под ред. В. М. Ступишина. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1964. 194 с.

Шафигуллина С. М., Корчагина Т. А. Мониторинг населения почвенных беспозвоночных широколиственного леса // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан : материалы V Респ. науч. конф. Казань : Отчество, 2003. С. 278 – 279.

Шафигуллина С. М., Корчагина Т. А., Добрецова Т. Н. Структура и динамика сообществ почвенных беспозвоночных широколиственных лесов Приказа́нья // Проблемы использования, воспроизводства и охраны лесных ресурсов Волжско-Камского региона : материалы науч. чтений, посвящ. 75-летию А. И. Мурзова / НИИ лесоводства и механизации лесного хоз-ва. Казань, 2004. С. 285 – 289.

Шелухова Е. Н. Сосняки и их изменения под воздействием рекреации // Экологическая ситуация в Самарской области : состояние и прогноз : сб. ст. / Ин-т экологии Волжского бассейна РАН. Тольятти, 1994. С. 251 – 252.

Bottinelli N., Henry-des-Tureaux T., Hallaire V., Mathieu J., Benard Y., Tran T. D., Jouquet P. Earthworms accelerate soil porosity turnover under watering conditions // *Geoderma*. 2010. Vol. 156, № 1. P. 43 – 47.

Capowiez Y., Sammartino S., Michel E. Burrow systems of endogeic earthworms : Effects of earthworm abundance and consequences for soil water infiltration // *Pedobiologia*. 2014. Vol. 57. P. 303 – 309.

Dedov I., Penev L. Spatial variation in terrestrial gastropod communities (Gastropoda, Pulmonata) along urban-rural gradients in Sofia City, Bulgaria // *Ecology of the City of Sofia : Species and Communities in an Urban Environment*. Sofia ; Moscow : Pensoft Publ., 2004. P. 307 – 318.

McIntyre N., Rango J., Fagan W. F., Faeth S. H. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment // *Landscape and Urban Planning*. 2001. Vol. 52. P. 257 – 274.

Nahmani J., Lavelle P. Effects of heavy metal pollution on soil macrofauna in a grassland of Northern France // *European J. of Soil Biology*. 2002. Vol. 38. P. 297 – 300.

Niemelä J., Kotze J., Ashworth A., Brandmayr P., Desender K., New T., Penev L., Samways M., Spence J. The search for common anthropogenic impacts on biodiversity : a global network // *J. of Insect Conservation*. 2000. Vol. 4. P. 3 – 9.

Penev L., Stoyanov I., Dedov I., Dimitrov D., Grozeva M., Doichinova V. The Sofia (Bulgaria) GLOBENET Sites : Description and Spatial Variation of the Landscape Mosaic // *Ecology of the City of Sofia : Species and Communities in an Urban Environment*. Sofia ; Moscow : Pensoft Publ., 2004. P. 3 – 24.

Penev L., Stoyanov I., Dedov I., Antonova V. Patterns of urbanization in the City of Sofia as shown by carabid beetles (Coleoptera, Carabidae), ants (Hymenoptera, Formicidae), and terrestrial gastropods (Mollusca, Gastropoda Terrestria) // *Back to the Roots and Back to the Future. Towards a New Synthesis amongst Taxonomic, Ecological and Biogeographical Approaches in Carabidology : Proceedings of the XIII European Carabidologists Meeting*. Blagoevgrad, 2008. P. 483 – 509.

Sukhodolskaya R. Variation in Body Size and Body Shape in Ground Beetle *Pterostichus melanarius* Ill. (Coleoptera, Carabidae) // *J. of Agri-Food and Applied Sciences*. 2014. Vol. 2, № 7. P. 196 – 205.

Teder T., Tammaru T. Sexual size dimorphism within species increases with body size in insects // *Oikos*. 2005. Vol. 108. P. 321 – 334.

Wang M., Bushman B. Integrating Results through Meta-analytic Review Using SAS(R) Software / SAS Institute Inc. Cary, 1999.