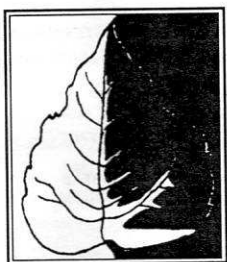


ОБЩЕСТВЕННО-НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



Проблемы Региональной Экологии

Журнал издается при поддержке
Института географии Российской академии наук

№ 4
2010 г.

ВЛИЯНИЕ УРБАНИЗАЦИИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ И ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

В. В. Александров,

аспирант КГУ им. К. Э. Циолковского, victor_alex@list.ru,

С. К. Алексеев,

к.б.н., ст. научн. сотр. ГПЗ «Калужские засеки», stenus@yandex.ru,

М. Н. Сионова,

к.б.н., доцент КГУ им. К. Э. Циолковского, msionova@yandex.ru

При урбанизации снижается число и динамическая плотность лесных видов, видовое богатство эпигеобионтов, обилие стратобионтов и эпигеобионтов, возрастает число и динамическая плотность видов открытых биотопов и миксофитофагов. Лесные сообщества жуужелиц приобретают некоторые черты сообществ открытых биотопов. Показано, что представители одних и тех же жизненных форм и экологических групп неодинаково относятся к урбанизации.

The urbanization decreases the number of forest individuals and species, the number of epigeobiont species, and the number of epigeobiont and stratobiont individuals. It increases the number of open habitat and mixophytophagous carabid individuals and species. Forest carabid assemblages receive some features of open habitat assemblages with urbanization. Different species of the same life form or ecological group have different relations to urbanization.

Ключевые слова: урбанизация, жуужелицы, биотопический преферендум, жизненная форма, широколиственные леса.

Keywords: urbanization, carabid beetles, habitat preference, life form, broadleaved forest.

Введение. Помимо количественных параметров (биомассы, численности, видового богатства, выравненности), любое сообщество организмов описывается качественной характеристикой — соотношением видов с различным преферендумом. Индивидуальный преферендум видов типизируется в различные категории и для анализа сообществ используют спектр экологических групп и жизненных форм.

Жуужелицы (Coleoptera, Carabidae) являются весьма популярным модельным таксоном для исследования влияния урбанизации [1]. Влияние урбанизации на соотношение экологических групп затрагивается во многих зарубежных [2, 3, 4, 5] и отечественных [6, 7, 8] карабидологических исследованиях. Помимо экологических групп, в отечественной карабидологической школе значительное внимание уделяется спектру жизненных форм. В зарубежных работах вместо жизненных форм анализируются частные характеристики — соотношение размерных групп и групп по способности к полету. Жизненная форма является комплексной морфоэкологической характеристикой вида, поэтому следует ожидать, что различия в спектре жизненных форм будут чувствительным индикатором различий в условиях среды. Однако специальных исследований воздействия урбанизации на экологические группы и жизненные формы жуужелиц восточноевропейских широколиственных лесов не было. Хорошая изученность жуужелиц малонарушенных широколиственных лесов Калужской области [9] делает ее территорию удобной для анализа воздействия урбанизации.

Материал и методы. Для оценки воздействия урбанизации на сообщества жуужелиц широколи-

ственных лесов было обследовано 16 пробных площадей на неурбанизированной территории и 16 пробных площадей на территории города Калуги. К первым отнесены широколиственные леса, размещенные вдали от крупных населенных пунктов и дорог, не использовавшиеся для лесозаготовок и не испытывавшие заметной рекреационной и иной антропогенной нагрузки в период исследования. В дальнейшем они обозначены как Н1—Н16.

Городские леса включают относительно крупные участки лесной растительности, изолированные застройкой и транспортными путями, естественно-генного или антропогенного происхождения, но с преобладанием процессов саморазвития. В древостое преобладают нативные и интродуцированные (клен американский) широколиственные породы с примесью мелколиственных пород. На территории города Калуги подобные биотопы распространены в овражно-балочной сети. В дальнейшем обозначены как У1—У16.

Методы сбора и обработки материала. Материал собирался стандартным способом при помощи ловушек Барбера (почвенных ловушек), которые экспонировались на пробной площади с апреля по октябрь в количестве 15—30 штук. В качестве фиксатора использовали 4%-й формалин, выборка проводилась два раза в месяц.

Для анализа материала применена система жизненных форм И. Х. Шаровой [10]. Экологическая классификация видов взята из литературных данных [11, 12] и включает экологическую группу по биотопическому преферендуму и тип сезонного размножения. При этом луговые, лугово-полевые, полевые и лугово-болотные виды объединены в категорию «обитатели открытых биотопов», лесо-болотные виды включены в лесную группу.

Статистическая обработка проводилась с использованием пакетов STATISTICA 6.0, SPSS v13.0 и MS Excel.

При помощи критерия Колмогорова—Смирнова было обнаружено, что видовое и численное обилие большинства жизненных форм и экологических

групп значимо отклоняется от нормального распределения. Стандартными математическими методами нормализовать эти данные не удалось, поэтому для оценки достоверности влияния урбанизации применялся непараметрический тест Манна—Уитни.

Результаты и обсуждение. Воздействие урбанизации на спектр экологических групп. Фауна жужелиц широколиственных лесов Калужской области характеризуется значительной долей (свыше половины видов) обитателей открытых биотопов [9]. При урбанизации изменяется экологический состав фауны: возрастает как число видов открытых биотопов, так и их доля в фауне жужелиц, уменьшается число лесных видов (табл. 1). Сходные изменения в хвойно-широколиственных лесах Подмосковья вызывает рекреационная нагрузка [12].

В составе населения жужелиц нарушенных лесов доля обитателей открытых биотопов незначительна (не более нескольких процентов). При урбанизации значимо возрастает динамическая плотность видов открытых биотопов, а также их доля в сообществе (в отдельных лесах — до 44%), динамическая плотность лесных и береговых видов снижается (табл. 2).

Тенденция уменьшения видового и численного обилия лесных видов фиксировалась в Финляндии [1], Дании [3], Великобритании [4], Венгрии [5], в Венгрии, кроме того, значимо возрастает видовое богатство и обилие видов открытых биотопов. При этом на урбанизацию негативно реагируют как лесные специалисты (стенотопные виды), так и генералисты, связанные с лесами. В то же время доминировать в сообществе продолжают лесные виды. Из лугово-полевых видов только *Poecilus cupreus* и *P. versicolor* выходят в субдоминанты, а в отдельных биотопах доминируют.

Помимо биотопического преферендума, экологические группы жужелиц выделяют по сезону размножения. При урбанизации в фауне и населении жужелиц достоверно снижается доля видов с осенним размножением (табл. 1, 2).

Воздействие урбанизации на спектр жизненных форм. Значимые изменения вызывает урбанизация в спектре жизненных форм жужелиц (табл. 1, 2). Преимущество получают миксофитофаги, большая часть которых является обитателями открытых биотопов. Достоверно возрастает динамическая плотность, видовое богатство, а также доля этого класса жизненных форм в фауне и населении жужелиц. Реакция зоофагов на урбанизацию не столь однозначна. Видовое богатство эпигеобионтов (ходящих и бегающих) снижается, видовое богатство стратобионтов остается без достоверных изменений. Как эпигеобионты, так и стратобионты снижают свою динамическую плотность при урбанизации. Стратобионты подстилочные и подстильно-почвенные более уязвимы, чем поверхностно-подстилочные стратобионты.

В составе фауны жужелиц значимо снижается доля подстилочных стратобионтов и возрастает доля миксофитофагов. В населении жужелиц значимо снижается доля эпигеобионтов и подстилочных стратобионтов и возрастает доля миксофитофагов.

Однако в разных группах жизненных форм есть виды как устойчивые к урбанизации, так и чувствительные к ней. Так, среди поверхностно-подстилочных стратобионтов одни представители рода *Bembidion* отрицательно реагируют на урбанизацию, другие — положительно, среди подстилочных стратобионтов *Eraphius secalis* чувствителен к урбанизации, а *Patrobis atrorufus* устойчив, среди зарывающихся (подстильно-почвенных) стратобионтов *Pterostichus oblongopunctatus* чувствителен, а *P. melanarius* весьма устойчив. Даже среди эпигеобионтов ходящих — крупных жужелиц рода *Carabus* есть два

Таблица 1

Воздействие урбанизации на спектр жизненных форм и экологических групп в фауне жужелиц широколиственных лесов

Категория	Число видов		Результаты теста Манна — Уитни			
	Н	У	U	W	Z	P
Жизненные формы						
Зоофаг эпигеобионт летающий	1	2	157,00	367,00	-0,175	0,861
Зоофаг эпигеобионт ходящий	9	7	4,50	214,50	-5,081	0,000
Зоофаг эпигеобионт бегающий	4	1	76,00	286,00	-3,224	0,001
Зоофаг стратобионт подстилочный	16	18	124,50	334,50	-1,139	0,255
З. с. поверхностно-подстилочный	32	33	150,00	360,00	-0,319	0,749
З. с. подстильно-почвенный	8	9	149,50	359,50	-0,342	0,732
З. с. поверхностно-подкорный	5	3	134,00	344,00	-1,053	0,292
З. с. подстильно-трещинный	0	1	128,00	264,00	-1,871	0,061
Зоофаг геобионт	3	3	130,50	266,50	-0,974	0,330
Миксофитофаг стратобионт	3	3	116,00	252,00	-1,634	0,102
Миксофитофаг стратохортобионт	2	6	56,00	192,00	-3,436	0,001
Миксофитофаг геохортобионт	19	28	58,50	194,50	-3,238	0,001
Экологические группы						
Лесная	32	27	18,00	154,00	-4,187	0,000
Лесо-болотная	12	10	51,50	187,50	-2,918	0,004
Береговая	15	12	87,50	223,50	-1,546	0,122
Болотная	3	3	72,50	208,50	-2,319	0,020
Виды открытых биотопов, в т. ч.	57	72	72,50	208,50	-2,096	0,036
Лугово-болотная	6	4	63,50	199,50	-2,561	0,010
Луговая	16	21	41,50	177,50	-3,297	0,001
Лугово-полевая	17	29	57,50	193,50	-2,667	0,008
Полевая	3	6	60,50	196,50	-2,674	0,007
% видов открытых биотопов	54,8	64,3	35,00	171,00	-3,510	0,000
Сезон размножения						
Весенние	67	74	43,50	179,50	-3,185	0,001
Мультисезонные	2	2	99,50	235,50	-1,076	0,282
Осенние	20	28	29,50	165,50	-3,713	0,000

Таблица 2

Воздействие урбанизации на спектр жизненных форм и экологических групп в населении жуужелиц широколиственных лесов

Категория	Уловистость		Результаты теста Манна — Уитни			
	Н	У	U	W	Z	P
Жизненные формы						
Зоофаг эпигеобионт летающий	0,00	0,01	158,00	368,00	-0,117	0,907
Зоофаг эпигеобионт ходящий	20,59	8,46	20,00	230,00	-4,457	0,000
Зоофаг эпигеобионт бегающий	0,65	0,18	94,00	304,00	-2,102	0,036
Зоофаг стратобионт подстилочный	14,12	0,83	5,00	215,00	-4,935	0,000
З. с. поверхностно-подстилочный	44,56	11,21	84,00	294,00	-2,420	0,016
З. с. подстильно-почвенный	40,24	11,47	7,00	217,00	-4,871	0,000
З. с. поверхностно-подкорный	0,01	0,01	130,00	340,00	-1,210	0,226
З. с. подстильно-трещинный	0,00	0,01	128,00	264,00	-1,867	0,062
Зоофаг геобионт	0,28	0,23	159,00	295,00	-0,032	0,974
Миксофитофаг стратобионт	0,01	0,04	100,00	236,00	-2,177	0,030
Миксофитофаг стратохортобионт	0,09	1,10	26,50	162,50	-4,256	0,000
Миксофитофаг геохортобионт	0,74	1,78	52,00	188,00	-3,438	0,001
Экологические группы						
Лесная	84,22	17,58	0,00	210,00	-5,094	0,000
Лесо-болотная	34,29	10,28	78,00	288,00	-2,611	0,009
Болотная	0,01	0,16	65,50	201,50	-3,150	0,002
Береговая	1,29	0,39	63,00	273,00	-3,100	0,002
Виды открытых биотопов, в т. ч.	2,78	7,30	62,00	198,00	-3,120	0,002
Лугово-болотная	0,77	0,20	95,50	305,50	-2,054	0,040
Луговая	0,10	1,39	5,00	141,00	-4,936	0,000
Лугово-полевая	0,54	4,69	26,00	162,00	-4,266	0,000
Полевая	0,09	0,63	37,00	173,00	-3,923	0,000
% видов открытых биотопов	2,29	20,68	18,00	154,00	-4,521	0,000
Сезон размножения						
Весенние	71,21	25,35	61,00	197,00	-2,525	0,012
Мультисезонные	14,28	7,42	100,00	236,00	-1,055	0,291
Осенние	31,86	1,88	3,00	139,00	-4,711	0,000

вида (*C. cancellatus* и *C. nemoralis*), положительно реагирующие на урбанизацию.

Таким образом, под действием урбанизации широколиственные леса приобретают отдельные черты открытых биотопов по спектру экологических групп и жизненных форм [6, 10, 11, 12]. Сообщество насыщается лугово-полевыми видами из окружающих биотопов и теряет некоторые лесные виды, неспособных выжить в связи с фрагментацией или прямым нарушением биотопа. Кроме того, изменения спектра жизненных форм и экологических групп под действием урбанизации аналогичны изменениям, наблюдаемым в лесах Русской равнины при движении с севера на юг [12].

Заключение. Сообщества жуужелиц широколиственных лесов под действием урбанизации приобретают черты лугово-полевых сообществ: как в фауне, так и в населении возрастает участие

видов открытых биотопов и снижается участие лесных видов, возрастает доля миксофитофагов. Виды открытых биотопов при урбанизации приобретают большую встречаемость в лесах, однако не становятся доминантами. Это говорит о том, что в городских широколиственных лесах существуют именно лесные сообщества жуужелиц, которые несмотря на фрагментацию лесов и краевой эффект не утрачивают собственной идентичности.

Результаты по изменению соотношения экологических групп в фауне и населении жуужелиц являются самоочевидными, они объясняются как прямыми антропогенными воздействиями на растительность городских лесов, так и экотонным эффектом. Вывод об изменении в спектре жизненных форм носит статистический характер, поскольку виды, отнесенные к одной жизненной форме или размерной группе, реагируют на урбанизацию по-разному.

Библиографический список

1. Niemela J., Kotze D. J., Venn S., Penev L., Stoyanov I., Spence J., Hartley D., de Oca A. M. Carabid beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) across urban-rural gradients: an international comparison // *Landscape Ecology*, Vol. 17, N. 5. — 2002. — P. 387—401.
2. Niemela J., Kotze D. J. Carabid beetle assemblages along urban to rural gradients: A review // *Landscape and Urban Planning* 92 (2009). — P. 65—71.
3. Elek Z., Lovei G. L. Patterns in ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages along an urbanisation gradient in Denmark // *Acta Oecologica*. — Vol. 32, Issue 1, 2007. — P. 104—111.
4. Sadler J. P., Small E. C., Fiszpan H., Telfer M. G. and Niemela J. Investigating environmental variation and landscape characteristics of an urban—rural gradient using woodland carabid assemblages // *Journal of Biogeography (J. Biogeogr.)* (2006) 33, 1126—1138.
5. Magura T., Tothmeresz B., Molnar T. A species-level comparison of occurrence patterns in carabids along an urbanisation gradient // *Landscape and Urban Planning* — 86 (2008), 134—140.
6. Шарова И. Х., Киселев И. Е. Динамика структуры населения жужелиц (Coleoptera, Carabidae) урбанизированных ландшафтов города Саранска. — Саранск: Изд-во Мордов. ГПИ, 1999. — 213 с.
7. Еремеева Н. И., Ефимов Д. А. Жуки-жужелицы (Coleoptera, Carabidae) естественных и урбанизированных территорий Кузнецкой котловины. — Новосибирск: Наука, 2006. — 107 с.
8. Семенова О. В. Экология жужелиц в промышленном городе // *Экология*, 2008, № 6. — С. 468—474.
9. Алексеев С. К. Пространственно-экологическая характеристика жужелиц (Coleoptera: Carabidae) лесов Калужской области. Автореф. ... канд. биол. наук. — Калуга, 2007. — 22 с.
10. Шарова И. Х. Жизненные формы жужелиц (Coleoptera, Carabidae). — М.: Наука, 1981. — 360 с.
11. Шарова И. Х. Фауна жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Московской области и степень ее изученности // *Почвенные беспозвоночные Московской области*. — М.: Наука, 1982. — С. 223—236.
12. Грюнталь С. Ю. Организация сообществ жужелиц (Coleoptera, Carabidae) лесных биогеоценозов Восточно-Европейской (Русской) равнины. — М.: Галлея-Принт, 2008. — 484 с.