

УДК 591.5+595.7

Видовой состав и экологическая дифференциация жуков семейства Carabidae (Coleoptera) г. Гродно

А.В. Рыжая

Учреждение образования «Гродненский государственный университет им. Я. Купалы»

В современных условиях все большее внимание энтомологов привлекают антропогенные ландшафты. Городские агломерации являются местами наибольшего антропогенного воздействия на биосферу, районами интенсивных преобразований экосистем. Для поддержания экологического равновесия в антропогенных ландшафтах необходим экологический мониторинг с целью оценки и прогнозирования степени устойчивости биоценозов к хозяйственной деятельности человека [1].

Основные тенденции формирования городской энтомофауны зависят от исходного видового состава, состава и состояния городской флоры, интенсивности трансформации ландшафтов, возрастающей по мере хозяйственного освоения

Адрес для корреспонденции: 230029, г. Гродно, пер. Доватора, 3/1, УО «ГрГУ им. Я. Купалы», тел.: +375152485002 – Рыжая А.В.

территорий и жилищного строительства. Экологические исследования городской энтомофауны имеют важное практическое значение, так как соответствующие данные необходимы для градостроительства и городского планирования, наблюдений за изменениями состояния окружающей среды, оценки стабильности городских экосистем и снижения ущерба, причиняемого животными [1].

В исследованиях экологии насекомых урбанизированных ландшафтов наибольшее внимание уделяется изучению *Carabidae* – одной из основных групп почвенной мезофауны как в отношении видового разнообразия, так и численного обилия, широко распространенной во всех ландшафтных зонах земного шара. Основное направление исследований постепенно переключается на изучение структуры населения и экологии популяций массовых видов жуков-жужелиц, приобретающее решающее значение в биомониторинге состояния окружающей среды [2].

Цель работы – изучение видового состава жуков-жужелиц (*Coleoptera*, *Carabidae*) и выявление основных экологических факторов, определяющих пространственно-биотопическое распределение жужелиц в урбанизированных ландшафтах г. Гродно (Беларусь).

Материал и методы. В основе работы лежат материалы полевых исследований жужелиц на территории г. Гродно в 1993–2005 гг. Жужелиц собирали методом почвенных ловушек Барбера, в качестве которых использовались полистироловые стаканчики диаметром 72 мм, объемом 250 мл, заполненные 4% раствором формалина на 1/3. Ловушки устанавливали сериями по 10 штук в 3 линии на пробных площадках в выбранных участках, экспонировали по 14 дней ежемесячно в течение вегетационного сезона, с апреля–мая по сентябрь–октябрь [3]. Для определения доминантов применяли шкалу Ренконена [4], также использовали индекс постоянства Тишлера, модифицированный Чеховским [3]. Определение жизненных форм имаго жужелиц проводили по системе И.Х. Шаровой [5], экоморф – по работе О.Р. Александровича [6]. Для выявления экологической дифференциации полученные данные подвергли факторному анализу (методу главных компонент) [7].

Зонирование территории города провели на основании А–Е-градиента, характеризующего переход от леса через многолетние луговые сообщества к каменистому ландшафту; в городах, находящихся в лесистых районах, этот градиент существует практически всегда [8]. Внутри города естественная неоднородность природной среды, которая носит мозаичный характер, замещается дифференциацией антропогенной, имеющей концентрический характер. В связи с этим в урбанофлоре выделяют зоны древнего, старого, молодого и новейшего города [9]. При проведении исследований выделяли следующие зоны от окрестностей к центру г. Гродно: окраина, зоны отдыха с парками; свободная застройка кварталов с высокой долей зеленых площадей и плотная внутригородская застройка с ограниченным озеленением. В зависимости от размера, типа окружающих условий, структуры и состава растительности в городе выбраны следующие типы зеленых участков: парки, зеленые зоны и уличные зеленые полосы в микрорайонах, относящиеся к насаждениям различного назначения.

Парки – насаждения общего пользования, с многочисленной растительностью различного возраста, составленной из тщательно культивируемых видов, с объектами культуры и отдыха. Выбраны следующие участки: № 1 – в парке культуры и отдыха им. Э. Жилибера, расположенном в центральной части города. № 2 – в Коложском парке, который примыкает к лесопарковой зоне; регулярные работы по благоустройству в нем не ведутся. № 3 – Воинское кладбище в восточной части города, относится к насаждениям специального назначения, в настоящее время закрыто для захоронения [10].

Плотная внутригородская застройка – участок № 4, исторический центр города с ограниченным озеленением в виде газонов и отдельных групп деревьев.

Районы свободной застройки разделены на две группы [9]. Первая (М-1) включает микрорайоны старой планировки с высокой долей зеленых площадей, примыкают к историческому центру. Выбраны три участка: № 5 – насаждения ограниченного пользования на участке индивидуальной застройки с приусадебным садом; № 6 – насаждения ограниченного пользования на территории учреждения образования; № 7 – насаждения ограниченного пользования в жилой застройке вблизи мест проживания населения и насаждения, сохранившиеся от сноса индивидуальной застройки с обводной канавой, берега которой периодически затопляются. Вторая группа микрорайонов планировки конца XX века с многоэтажными домами, уличными полосами и скверами (М-2), имеют окраинное расположение. Участок № 8 – сквер, насаждения общего пользования, с прогулочными дорожками; № 9 – насаждения на улице, предназначенные для разделения транспортных потоков; № 10 – насаждения ограниченного пользования, озелененные территории вблизи мест проживания для повседневного отдыха населения.

На окраине города заложены пробные площадки в биотопах, расположенных в пределах лесопарковой зоны: № 11 – в лесопарке Пышки, примыкающем к городу с северо-запада по обе стороны реки Неман. Дорожная сеть не более 4%, относится к насаждениям общего пользования, зона отдыха горожан. № 12 – в лесопарке Румлево, на юго-восточной окраине города, памятнике садово-паркового искусства пейзажного типа, зона отдыха жителей микрорайона. № 13 – в Гибулической лесной даче, относящейся к категории неблагоприятно устроенных лесов, расположена на юго-восточной границе города [10].

Результаты и их обсуждение. Проведенные нами эколого-фаунистические исследования показали, что на территории г. Гродно и в его окрестностях отмечено 112 видов жуков семейства *Carabidae*, относящихся к 36 родам. Объем выборки составил 9687 экземпляров. Абсолютно постоянными видами по шкале Тишлера, отмеченными на всех 13 участках, являются *Pterostichus melanarius* Ill., *Pseudoophonus (Harpalus) rufipes* Deg., *Harpalus affinis* Schrank. Во всех городских зонах численно также преобладают *P. melanarius* и *P. rufipes*, однако в каждой зоне состав доминантных и субдоминантных видов различается (табл. 1).

Таблица 1

Состав доминантных видов в городских зонах

Зоны города	Доминанты	Субдоминанты
Плотная застройка	<i>P. melanarius</i> , <i>P. rufipes</i> , <i>H. affinis</i>	<i>Amara communis</i> Panz., <i>Calathus melanocephalus</i> L., <i>Poecilus versicolor</i> Sturm., <i>Nebria brevicollis</i> F., <i>C. halensis</i> Schall., <i>Bembidion velox</i> L.
Свободная застройка (М-1)	<i>P. melanarius</i> , <i>N. brevicollis</i> , <i>P. rufipes</i> , <i>Agonum dorsale</i> Pont.	<i>Broscus cephalotes</i> L., <i>C. fuscipes</i> Goez, <i>P. niger</i> Shall., <i>Carabus nemoralis</i> Müll., <i>A. assimile</i> Pay., <i>H. affinis</i>
Свободная застройка (М-2)	<i>P. melanarius</i> , <i>P. rufipes</i> , <i>N. brevicollis</i> , <i>P. versicolor</i> , <i>C. fuscipes</i> , <i>A. aenea</i> Dej.	<i>H. affinis</i> , <i>C. nemoralis</i> , <i>P. lepidus</i> Leske., <i>Anisodactylus binotatus</i> F.
Парки	<i>P. melanarius</i> , <i>P. rufipes</i> , <i>N. brevicollis</i> , <i>A. dorsale</i>	<i>A. assimile</i> , <i>P. versicolor</i> , <i>P. niger</i> , <i>H. affinis</i> , <i>A. communis</i>
Окраина	<i>P. melanarius</i> , <i>P. oblongopunctatus</i> F., <i>P. rufipes</i>	<i>N. brevicollis</i> , <i>P. versicolor</i> , <i>H. affinis</i> , <i>P. niger</i>

Для оценки условий существования каждого вида в биоценозах, подверженных процессам урбанизации, необходимо определить функциональное

место каждого таксона в экосистеме, его положение относительно градиента внешних факторов, то есть, в идеале, необходимо анализировать весь комплекс динамических процессов в экосистеме, охватывающий как биотические, так и абиотические факторы [11]. Но ввиду физической невозможности оценить действие всех внешних факторов, исследователь при выполнении подобных работ всегда сталкивается с необходимостью выбора конкретного набора экологических факторов, необходимых для достаточно полного анализа, а также с необходимостью оценки их совокупного воздействия на исследуемые таксоны. При этом выбор самих факторов в большинстве случаев достаточно субъективен и зависит, в первую очередь, от интуиции исследователя [7]. В результате проведенного факторного анализа (метод главных компонент) и статистической обработки полученных данных выделено четыре главных компонента, которые вместе определяют 44,8% дисперсии экспериментальных данных (табл. 2). Анализ факторных нагрузок по выделенным главным компонентам и положения видов в системе выделенных главных компонент позволил получить их экологическую интерпретацию.

Таблица 2

Пять первых главных компонент корреляционной матрицы распределения жужелиц по типам местообитаний

Главная компонента	Собственное значение	Дисперсия, %	Накопленная дисперсия, %
1	17,90165	15,98361	15,98361
2	14,31888	12,78472	28,76833
3	10,67657	9,53265	38,30098
4	7,28452	6,50404	44,80502

Первая главная компонента имеет максимальное положительное значение факторной нагрузки на участок № 11, пробные площадки в лесопарке Пышки, который характеризуется большой площадью, максимальной мозаичностью экологических ниш, высокой степенью естественного возобновления, умеренной антропогенной трансформацией (табл. 3).

Таблица 3

Значение факторных нагрузок на пять главных компонент корреляционной матрицы распределения жужелиц по типам местообитаний

Тип местообитаний	Первая главная компонента	Вторая главная компонента	Третья главная компонента	Четвертая главная компонента
№ 1	-0,209087	0,40304	0,12761	-0,43487
№ 2	-0,400636	0,16234	-0,10069	3,62623
№ 3	-0,249575	0,57000	0,83732	-0,61703
№ 4	-0,580479	-0,03508	0,44270	-0,05853
№ 5	-0,273095	0,62387	0,80698	-1,13805
№ 6	-0,322145	0,40913	0,01487	0,03576
№ 7	-0,268780	0,32064	-3,61813	-0,59130
№ 8	-0,308867	0,44714	0,60620	-0,50853
№ 9	-0,395864	0,19888	0,24019	-0,13732
№ 10	-0,252352	0,45300	0,75789	-0,10647
№ 11	3,864635	-0,03578	0,03838	0,13585
№ 12	-0,298917	0,29253	-0,26096	0,08917
№ 13	-0,304838	-3,80971	0,10764	-0,29491

Примечание. Полужирным шрифтом отмечены значения факторных нагрузок > 0,7 и < -0,7.

Анализ факторных нагрузок на виды показал, что максимальные положительные значения первой главной компоненты имеют 21 вид жуков: *Cicindela hybrida* L., *Calasoma auropunctatum* Hrbst., *Cychrus caraboides* L., *Elaphrus cupreus* Duft., *E. riparius* L., *Dyschirius obscurus* Gyll., *D. nitidus* Dej., *Asaphidion pallipes* Duft., *Bembidion femoratum* Sturm., *B. varium* Ol., *B. argenteolum* Ahr., *B. striatum* F., *Patrobus atrorufus* Ström., *Agonum impressum* Panz., *Amara spreta* Dej., *A. curta* Dej., *A. majuscula* Chaud., *Harpalus froelichi* Sturm., *H. luteicornis* Duft., *Lebia crux-minor* L., *Dromius linearis* Ol. Общим для этих видов является разнообразие экологических требований: среди них равномерно встречаются все типы жизненных форм и экоморф. Поэтому первая главная компонента определена нами как величина площади, уровень антропогенной трансформации биотопа и степень мозаичности. Чем более положительный фактор нагрузки, тем менее трансформирован биотоп, больше его площадь и относительно максимальна мозаичность, обилие экологических ниш, в которых могут жить различные виды.

Анализ факторных нагрузок второй главной компоненты на биотопы выявил максимальное положительное значение факторной нагрузки на участок № 13 (в Гибулической лесной даче). Анализ факторных нагрузок на исследуемые виды показал, что максимальные положительные значения второй главной компоненты имеют 16 видов: *Carabus hortensis* L., *Leistus ferrugineus* L., *Notiophilus palustris* Duft., *Clivina fossor* L., *Bembidion pygmaeum* F., *Pterostichus strenuus* Panz., *Agonum fuliginosum* Panz., *A. moestum* Duft., *Calathus melanocephalus* L., *C. micropterus* Duft., *Amara apricaria* Pay., *A. consularis* Duft., *A. municipalis* Duft., *A. ingenua* Duft., *Harpalus pumilus* F., *Stenolophus teutonius* Shrank. В этой группе видов преобладают обитатели подстилки, толщи почвы, скважин и полостей – стратобионты-скважники и роющие геобионты [5]. Поэтому вторая главная компонента нами определена как характер почвы, ее механический состав, так что чем более отрицательна факторная нагрузка, тем более естественны почвы и меньше степень их антропогенной трансформации.

Рассматривая факторные нагрузки третьей главной компоненты на биотопы, отметим, что максимальное положительное значение факторной нагрузки имеют участки № 3 (насаждения специального назначения), № 5 (насаждения ограниченного пользования на участке индивидуальной застройки с приусадебным садом) и № 10 (насаждения ограниченного пользования, озелененные территории вблизи мест проживания для повседневного отдыха населения). При этом максимальное отрицательное значение факторной нагрузки характерно для участка № 7 (насаждения ограниченного пользования в жилой застройке вблизи мест проживания населения и насаждения, сохранившиеся от сноса индивидуальной застройки). Эти участки подвергаются регулярной хозяйственной деятельности, различие же между ними заключается в степени увлажнения, так как на последнем участке расположена обводная канава, берега которой периодически затопляются. Анализ факторных нагрузок на исследуемые виды показал, что максимальные положительные значения третьей главной компоненты имеют такие виды, как *Omphron limbatum* F., *Bembidion ustulatum* L., *Calathus ambiguus* Pay., *Amara ovata* F., *Harpalus autumnalis* Duft., *Badister bipustulatus* F., *Chlaenius nitidulus* Schrnk., *Panageus crux-major* L. Половина из этих видов обитает у воды, по берегам [6] и отмечена именно на этом участке. Поэтому третья главная компонента определена нами как гидрологический режим биотопа, так как увеличение факторной нагрузки приводит к увеличению степени увлажнения биотопа.

Четвертая главная компонента имеет максимальное положительное значение на участке № 2 – в Коложском парке. Максимальное отрицательное значение факторной нагрузки отмечено на участке № 5 (насаждения ограни-

ченного пользования на участке индивидуальной застройки с приусадебным садом). Участки различаются состоянием растительности, напочвенного покрова и степенью хозяйственного использования, так как в этом парке, в отличие от приусадебного сада, не проводилась регулярная хозяйственная деятельность и характер растительности в значительной степени естественен. Анализ факторных нагрузок на виды показал, что максимальные положительные значения четвертой главной компоненты имеют *Carabus granulatus* L., *Pterostichus gracilis* Dej., *Agonum sexpunctatum* L., *Ophonus rufibarbis* Redt., *Harpalus smaragdinus* Duft., *H. anxius* Duft., *Badister lacertosus* Sturm., *Licinus depressus* Pk., виды, предпочитающие естественные ценозы [6]. Поэтому предполагаем, что четвертая главная компонента определяет естественный характер растительности: чем больше значение главной компоненты, тем более естественен травянистый и древесные ярусы.

Первая главная компонента, в соответствии с данными табл. 2, определяет около 16% дисперсии распределения видов жуужелиц по различным типам городских местообитаний. Этот факт свидетельствует, что на экологическую дифференциацию жуужелиц в условиях города в первую очередь влияет размер озелененного участка и количество подходящих экологических ниш, степень мозаичности мест обитания. Вторая главная компонента определяет дисперсию, связанную с характером почвы, ее механическим составом, и составляет около 13% общей дисперсии, ее значение очень близко к значению первой главной компоненты. Вместе две первые главные компоненты составляют треть общей дисперсии. Третья и четвертая главные компоненты определяют соответственно 9,5% и 6,5% общей дисперсии. Следовательно, из четырех выявленных факторов степень естественности растительности является наименее значимой при освоении большинством видов жуужелиц различных типов городских зон. При этом постоянные виды, являющиеся доминантными и субдоминантными, обладают широкой амплитудой толерантности к большинству факторов и вследствие этого не являются индикаторными (значения факторных нагрузок на эти виды – от 0,7 до –0,7).

Заключение. Обобщая вышесказанное, можно представить следующую картину заселения видами жуужелиц городских участков. Во-первых, заселяются крупные массивы с высокой степенью мозаичности, с ненарушенным почвенным покровом, нормально развитым травостоем, соответствующим гидрологическим режимом, во-вторых, имеет значение характер почвы, ее механический состав и увлажненность, гидрологический режим биотопа и, в-третьих, степень естественности растительности на участке.

Выражаем благодарность доктору биологических наук О.Р. Александровичу за помощь в определении видового состава жуужелиц, а также своим коллегам, кандидату биологических наук О.В. Созинову и кандидату биологических наук О.В. Янчуревич за помощь в освоении метода главных компонент.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Trojan, P.** Urban fauna: Faunistic, Zoogeographical and Ecological Problems / P. Trojan // *Memorabilia Zoologica*. – 1981. – Vol. 34. – P. 3–12.
2. **Шарова, И.Х.** Динамика структуры населения жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) урбанизированных ландшафтов города Саранска / И.Х. Шарова, И.Е. Киселев. – Саранск: Мордов. гос. пед. ин-т, 1999. – 213 с.
3. **Czechowski, W.** Carabids (Coleoptera, Carabidae) of Warsaw and Masowia / W. Czechowski // *Memorabilia Zoologica*. – 1981. – Vol. 34. – P. 119–144.
4. **Renconen, O.** Statisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore / O. Renconen // *Ann. Zool. Soc. Zool. – Bot. Fenn. Vanamo*. – 1938. – № 6. – P. 1–231.
5. **Шарова, И.Х.** Жизненные формы жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) / И.Х. Шарова. – М.: Наука, 1981. – 360 с.

6. **Александрович, О.Р.** Жуки-жужелицы (Coleoptera, Carabidae) фауны Белоруссии / О.Р. Александрович // Фауна и экология жесткокрылых Белоруссии: сб. ст. – Минск: Навука і тэхніка, 1991. – С. 37–78.
7. **Тихомиров, В.Н.** Новый метод анализа факторов экологической дифференциации близкородственных таксонов / В.Н. Тихомиров // Экологические проблемы XXI века: матер. третьей Междунар. конф. молодых ученых, Минск, 1–2 ноября 2000 г. / Международный экологический университет им. А.Д. Сахарова. – Минск, 2000. – С.151–152.
8. **Клауснитцер, Б.** Экология городской фауны / Б. Клауснитцер. – М., 1990. – 284 с.
9. **Ильминских, Н.Г.** Флорогенез в условиях урбанизированной среды: автореф. ... дис. докт. биол. наук. / Н.Г. Ильминских. – СПб.: СПбГУ, 1993. – 36 с.
10. **Гродно: энциклопедический справочник.** – Минск: БСЭ, 1989. – 486 с.
11. **Левонтин, Р.** Генетические основы эволюции / Р. Левонтин. – М., 1978. – 352 с.

S U M M A R Y

The carried out ecological-faunistic researches have shown that 112 kinds of carabid-beetles (Coleoptera, Carabidae) can be identified on the territory of Grodno (Belarus). The careful analysis has proved that 4 most essential ecological factors influence carabids ecological differentiation in urbanized landscapes. They are the size and the site of diversity degree, the character of ground, its mechanical structure, a biotopes hydrological mode, and, in the last place, the degree of naturalness of vegetation.

Поступила в редакцию 14.02.2008

Репозиторий ВГУ