

## Структура населения жужелиц (*Coleoptera, Carabidae*) участков некультивируемой растительности ботанического сада ПГНИУ (г. Пермь)

Е. В. ПЛАКХИНА<sup>1</sup>, Е. В. ЗИНОВЬЕВ<sup>2</sup>, С. Л. ЕСЮНИН<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Пермский государственный национальный исследовательский университет  
614990, Пермь, ул. Букирева, 15  
E-mail: plakkhinaevg@gmail.com

<sup>2</sup>Институт экологии растений и животных УрО РАН  
620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202  
E-mail: zin62@mail.ru

<sup>3</sup>Пермский государственный национальный исследовательский университет  
614990, Пермь, ул. Букирева, 15  
E-mail: esyunin@mail.ru

Статья поступила 06.02.2024

После доработки 25.03.2024

Принята к печати 26.03.2024

### АННОТАЦИЯ

Группировки жужелиц газона и участка с рудеральной растительностью изучены на территории Ботанического сада ПГНИУ в период с апреля по ноябрь 2021 г. методом почвенных ловушек с фиксатором (формалин 4 %). Всего за период исследований собрано 1643 экземпляра жужелиц, зарегистрирован 41 вид из 14 родов, относящихся к 7 жизненным формам и 5 экологическим группам. Абсолютным доминантом является *Pterostichus melanarius*, а субдоминантами в разные сезоны выступают такие виды, как *Bembidion properans*, *Calathus erratus*, *Amara aenea*, *Harpalus rufipes*, *Harpalus affinis* и *Harpalus tardus*. Попадаемость, количество видов и показатели разнообразия населения жужелиц существенно различаются между площадками и претерпевают изменения в зависимости от сезона. На площадке Газон в сезонной динамике жужелиц отмечены два пика попадаемости (майский и августовский), тогда как в рудеральной растительности выражен только майский. Количественные соотношения экологических групп динамичны в течение сезона, но общей чертой является преобладание лугополевых видов. На участке с рудеральной растительностью миксофитофаги преобладают над зоофагами как по количеству видов, так и по численности, на газоне же как по видовому разнообразию, так и по количеству особей преобладают зоофаги.

**Ключевые слова:** жужелицы, жизненные формы, экологические группы, доминантный комплекс, ботанический сад, Пермь.

### ВВЕДЕНИЕ

Жуки-жужелицы, населяющие практически все наземные биоценозы [Крыжановский,

1983], являются удобным объектом для биоиндикации [Magura, Lövei, 2021]. Имея высокое таксономическое и экологическое разно-

образие, они традиционно используются как модельный объект для изучения структуры естественных и антропогенных сообществ наземных беспозвоночных. В начале XXI в. наблюдается всплеск интереса к исследованиям фауны и экологии городских жесткокрылых, чему отчасти способствовали международные проекты, ориентированные на изучение антропогенного влияния на экосистемы (например, ILTER – International long term ecological research) [Magura, Lövei, 2021]. Большинство публикаций посвящено изучению фауны жужелиц урбанизированных территорий. Такая тенденция наблюдается как в России [Суходольская и др., 2009; Галиновский, 2012; Aleksanov et al., 2022], так и за рубежом [Lehvävirta et al., 2006; Putchkov et al., 2020; Guéorguiev, Mesaroš, 2022]. В работах экологической направленности, где объектом исследования являются жужелицы, как правило, решаются две проблемы: первая – выявление закономерностей изменения видового состава карбидокомплексов в градиенте урбанизации [Alaruikka et al., 2002; Niemelä et al., 2002; Ishitani et al., 2003; Venn et al., 2003; Hartley et al., 2007; Семенова, 2008; Гелашвили и др., 2011; Varet et al., 2011; Золотарев, Бельская, 2015], вторая – изучение влияния фрагментации биотопов на население жужелиц [Fujiita et al., 2008; Александров и др., 2012, 2014; Kosewska et al., 2013; Teofilova, 2022].

Город как среда обитания жужелиц отличается от естественных местообитаний в первую очередь повышенной изолированностью друг от друга участков растительности [Зиновьев, Пархачёв, 2017]. По всей видимости, этого недостатка лишены городские ботанические сады. Однако на территории ботанических садов в сравнении с естественными условиями резко возрастает мозаичность местообитаний за счет небольших по площади, но различающихся по растительности грядок и коллекционных участков. Специальные исследования жужелиц ботанических садов немногочисленны. Обычно авторы ограничиваются описанием видового разнообразия, доминантного комплекса и зоогеографического состава комплексов жужелиц (например, [Рогатных, 2008; Сундуков, 2020]). Реже авторы обращаются к изучению состава и соотношения экологических и трофических групп жужелиц [Бережнова, Цуриков, 2015]. Как

правило, в данных работах население жуков рассматривается статично, что не всегда корректно. Работы, анализирующие динамику структуры карбидокомплексов, редки [Бабенко, Нужных, 2012]. На примере пауков ботанического сада ПГНИУ показано наличие трех сезонных аспектов населения, различающихся разнообразием, составом доминантного комплекса и общей попадаемостью животных [Есюнин, Плакхина, 2022].

Основной целью данной публикации является описание сезонных закономерностей изменений структуры населения жуков-жужелиц на примере двух типов некультивируемой растительности ботанического сада ПГНИУ.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал собран на основной территории учебного ботанического сада им. проф. А. Г. Генкеля Пермского государственного национального исследовательского университета. Общая площадь основной территории 1,97 га [Шумихин, 2015]. Территория зонирована на экспозиционную, производственную и научную зоны [Ботанический сад..., 2021].

Население жужелиц изучалось на двух участках некультивируемой растительности ботанического сада ПНИГУ. Площадка Газон расположается за фондовой оранжереей (рис. 1, в). Газон шириной около 1,5 м расположен между оранжерей и производственными грядками, где выращивается рассада кустарников и деревьев. На газоне произрастает несколько взрослых деревьев липы. Травостой на площадке подвергался регулярному кошению и частично увлажнялся автоматическими разбрызгивателями производственных грядок. Почва на участке средней плотности, состоит из смеси песка и чернозема, слой дерновины составляет 2–3 см. Площадка Рудеральная растительность расположена за мемориальной оранжереей (рис. 1, г). Регулярная хозяйственная деятельность в период исследований отсутствовала. Кошение рудеральной растительности на участке производилось в конце мая, середине июля и в последнюю декаду августа. Почва на участке плотная, каменистая, с погребенным строительным мусором.

Жужелицы собраны при помощи почвенных ловушек – пластиковых стаканчиков

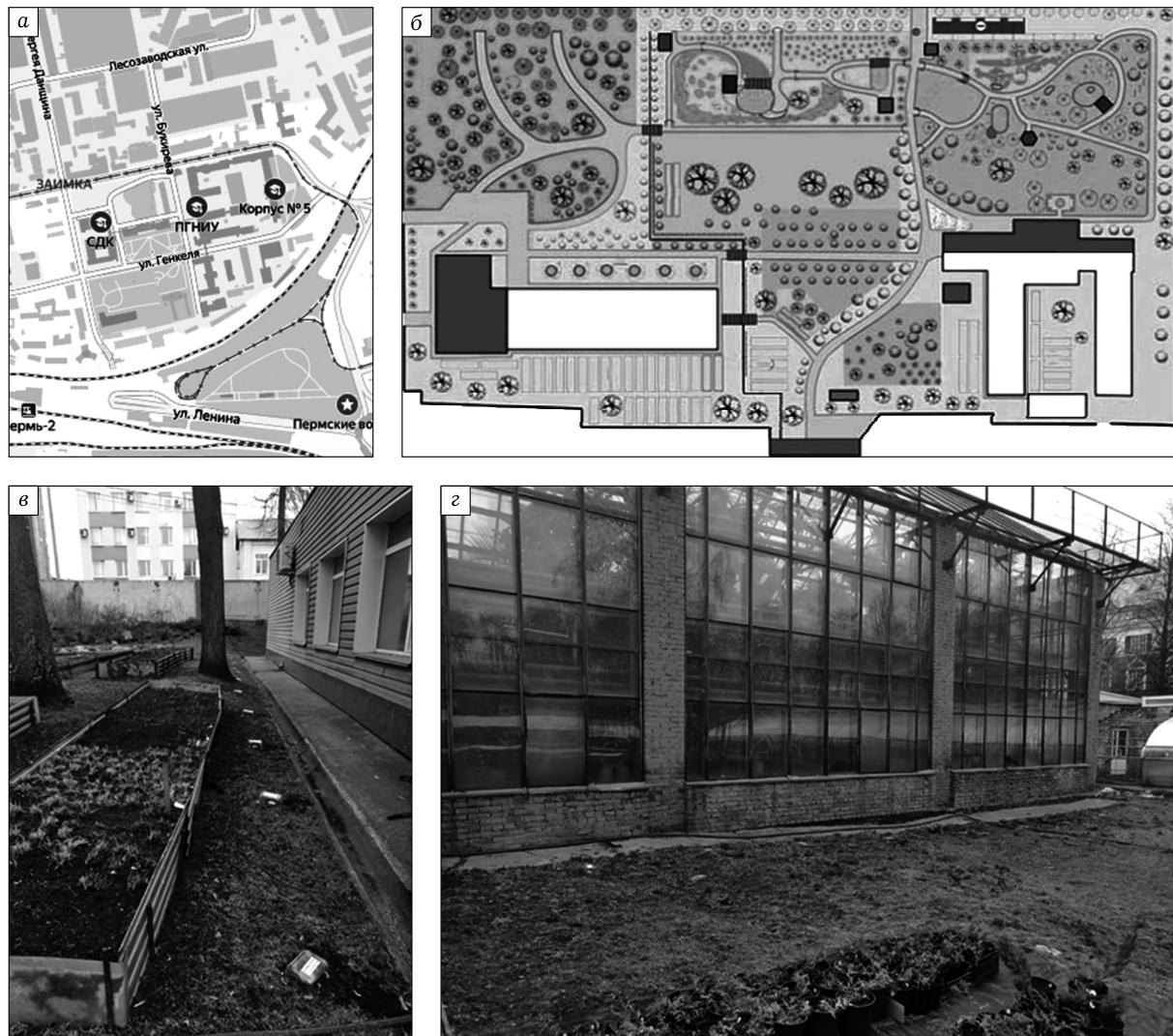


Рис. 1. Место исследования: а – карта-схема микрорайона Заимка, г. Пермь, где расположен кампус ПГНИУ; б – схема Ботанического сада ПГНИУ; в – площадка Газон, весна; г – площадка Рудеральная растительность, весна

(объем 200 мл, диаметр 70 мм), на треть наполненных фиксатором (4 % формалин). На исследуемых участках устанавливалось по 10 ловушек в линию на расстоянии 2 м друг от друга. Продолжительность экспонирования ловушек – 14 дней. Материал собирался в течение бесснежного периода 2021 г. с 23 апреля по 12 ноября. Всего проведено 14 учетов, отработано 3603 ловушко-суток, собрано 1643 экземпляра жужелиц.

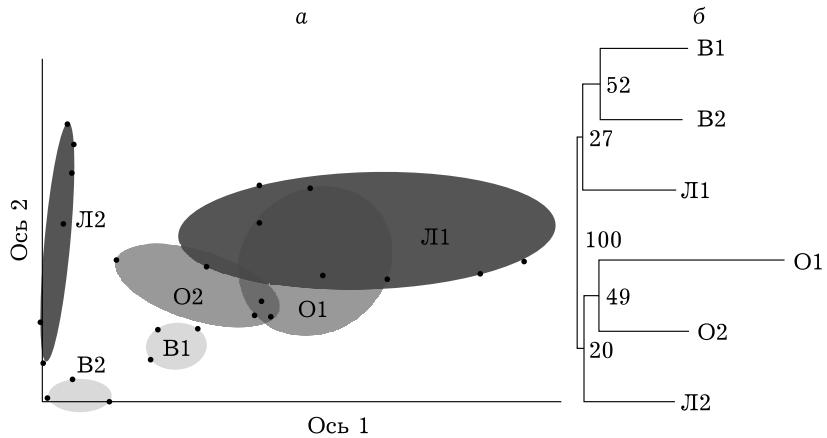
При определении собранного материала использованы коллекции Музея Института экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург.

Жизненные формы и экологические группы жужелиц выделены по И. Х. Шаровой [1981]

в адаптации к условиям г. Перми А. Г. Воронина [1999]. При выделении экологических групп (биотопическое распределение) мы ограничились уровнем надгрупп, посчитав более дробную классификацию избыточной. При выделении жизненных форм жужелиц все подтипы зоофагов стратобионтов подстилочных были объединены в одну группу.

Предварительный анализ 28 проб посредством алгоритмов Detrended correspondence analysis (DCA; безтрендовый анализ соответствия) в программе PAST [Hammer et al., 2001] показал наличие сезонных групп проб (рис. 2, а). Поэтому при описании структуры населения конкретные пробы (т. е. животные, отловленные за 14 дней) объединены в сезон-

Рис. 2. Биплот анализа соответствия (Detrended correspondence analysis) отдельных проб (а) и дендрограмма сходства сезонных аспектов (б) населения жужелиц участков некультивируемой растительности Ботанического сада ПГНИУ. Номера площадок: 1 – газон, 2 – рудеральная растительность. Сезоны: В – весна, Л – лето, О – осень. Цифры – оценка устойчивости (бутстреп-поддержка) данного варианта ветвления кладограммы



ные выборки. К весеннему аспекту отнесены пробы, собранные с 23 апреля по 3 июня (3 пробы), к летнему – с 4 июня по 26 августа (6 проб), к осеннему – с 27 августа по 12 ноября (4 пробы). В работе использованы усредненные показатели попадаемости (=динамическая плотность, т. е. количество экземпляров на 100 ловушко-суток) жужелиц за весенний, летний и осенний периоды.

В качестве показателя доминирования использовалась пятибалльная ограниченная сверху логарифмическая шкала, предложенная Ю. А. Песенко [1982]. Сходство сезонных группировок жужелиц оценено с использованием индекса Жаккара; кластеризация выполнена методом ближайшего соседа в программе PAST [Hammer et al., 2001]. В качестве показателя разнообразия группировок жужелиц использован индекс Шеннона, рассчитанный в программе PAST [Hammer et al., 2001]. Графики сезонной динамики основных показателей структуры группировок жужелиц и попадаемости видов, так же как гистограммы соотношения жизненных форм и экологических групп, выполнены в среде MS Excel. Графики сезонной динамики построены на основании первичных данных, т. е. для 14 учетов, охватывающих бесснежный период 2021 г.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На территории Ботанического сада ПГНИУ всего зарегистрирован 41 вид жужелиц из 14 родов (табл. 1). Наибольшим количеством видов в коллекции представлены рода *Amara* (10 видов) и *Harpalus* (7 видов) (см. табл. 1).

Выявленные виды жужелиц относятся к семи жизненным формам: зоофаги представ-

лены четырьмя, а миксофитофаги – тремя вариантами (см. табл. 1). Видовое разнообразие зоофагов немного больше, чем у миксофитофагов (56,1 и 41,5 общего разнообразия соответственно). Среди зоофагов наиболее обычны стратобионты подстилочные (46,2 %). Подавляющее большинство миксофитофагов принадлежит жизненной форме геохортобионты гарпалоидные (см. табл. 1).

Обнаруженные виды относятся к пяти экологическим группам. Наибольшим количеством видов представлены лугополевая (63,4 %) и лесолуговая (12,2 %) экогруппы (см. табл. 1).

Доминантный комплекс жужелиц на площадке Газон представлен всего двумя видами. Вид *P. melanarius* очень обилен в летний период, а *B. properans* – весной и осенью. На площадке Рудеральная растительность доминантный комплекс более сложный. Весной обильны *B. properans*, *A. aenea*, *H. affinis* и *H. tardus*, летом в состав доминантов входит очень обильный *C. erratus*, но становится редким *B. properans*, осенью доминантный комплекс резко упрощается (табл. 2).

Соотношение жизненных форм жужелиц варьировало по сезонам как по количеству видов, так и по обилию особей (табл. 3). Так, на площадке Газон весной наиболее разнообразны и обильны зоофаги стратобионты подстилочные, тогда как миксофитофаги геохортобионты гарпалоидные, имеющие близкое видовое разнообразие, более чем в 2 раза реже попадали в ловушки (см. табл. 3). Летом и особенно осенью зоофаги стратобионты подстилочные здесь лидируют как по количеству видов, так и по относительной попадаемости в ловушки.

На площадке Рудеральная растительность как по видовому разнообразию, так и по чис-

Таблица 1

**Видовой состав, экологическая группа (ЭГ), жизненная форма (ЖФ), средняя попадаемость (экз./100 лов. сут.) и некоторые показатели разнообразия группировок жужелиц двух площадок некультивируемой растительности ботанического сада ПГНИУ по сезонам**

Вид	Г	ЖФ	Газон			Рудеральная растительность		
			Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
<i>Amara aenea</i> (DeGeer, 1774)	ЛП	Мгт	3,1	0,2	—	48,1	5,3	—
<i>Amara communis</i> (Panzer, 1797)	ЛЛ	Мгт	0,5	0,1	—	1,2	—	—
<i>Amara consularis</i> (Duftschmid, 1812)	ЛП	Мгт	—	—	—	0,2	—	—
<i>Amara eurynota</i> (Panzer, 1797)	ЛП	Мгт	—	—	—	—	—	0,2
<i>Amara familiaris</i> (Duftschmid, 1812)	ЛП	Мсс	0,5	0,1	—	6,2	0,9	—
<i>Amara fulva</i> (Mueller, 1776)	ЛП	Мгт	—	—	—	0,2	1,0	0,2
<i>Amara montivaga</i> (Sturm, 1825)	ЛП	Мгт	0,2	—	—	0,5	—	—
<i>Amara municipalis</i> (Duftschmid, 1812)	ЛП	Мгт	—	1,1	—	—	1,3	0,2
<i>Amara ovata</i> (Fabricius, 1792)	ЛП	Мгт	0,2	—	—	0,2	—	—
<i>Amara tibialis</i> (Paykull, 1798)	ЛП	Мсс	—	—	—	—	0,1	—
<i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius, 1787)	ЛП	Мгт	0,5	—	—	2,6	—	—
<i>Bembidion biguttatum</i> (Fabricius, 1779)	ЛТ	Зсп	—	—	0,1	—	—	—
<i>Bembidion bruxellense</i> (Wesmael, 1835)	ЛТ	Зсп	—	—	—	0,2	—	—
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Linnaeus, 1761)	ЛТ	Зсп	0,5	0,1	—	0,2	0,1	—
<i>Bembidion properans</i> (Stephens, 1828)	ЛТ	Зсп	9,3	2,4	1,4	18,6	5,2	2,6
<i>Broscus cephalotes</i> (Linnaeus, 1758)	ЛП	Згбр	—	0,1	—	—	—	—
<i>Calathus erratus</i> (C. R. Sahlberg, 1827)	ЛП	Зсп	0,5	0,1	—	1,0	21,6	0,5
<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	ЛП	Зсп	—	0,1	—	0,5	1,1	—
<i>Carabus convexus</i> (Fabricius, 1775)	ЛП	Зэхк	1,0	—	—	1,2	0,1	—
<i>Carabus granulatus</i> (Linnaeus, 1758)	Л	Зэхк	—	—	—	1,0	0,3	0,5
<i>Dyschirioides globosus</i> (Herbst, 1784)	ЛП	Згр	0,2	—	—	—	—	—
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank, 1781)	ЛП	Мгт	1,9	1,3	—	26,9	21,3	0,5
<i>Harpalus griseus</i> (Panzer, 1796)	ЛП	Мсх	—	—	—	—	0,3	—
<i>Harpalus progrediens</i> (Schauberger, 1922)	ЛП	Мгт	1,0	—	—	7,4	3,4	0,2
<i>Harpalus rufipes</i> (DeGeer, 1774)	ЛЛ	Мсх	0,2	1,4	—	3,6	10,4	1,0
<i>Harpalus smaragdinus</i> (Duftschmid, 1812)	ЛП	Мгт	—	—	—	—	0,1	—
<i>Harpalus tardus</i> (Panzer, 1797)	ЛП	Мгт	—	—	—	17,1	9,6	0,5
<i>Harpalus cf. tarsalis</i> (Latreille, 1802)			—	—	—	0,2	—	—
<i>Licinus depressus</i> (Paykull, 1790)	ЛП	Зсп	—	—	—	—	0,1	—
<i>Limodromus assimilis</i> (Paykull, 1790)	Л	Зсп	—	—	—	—	0,1	—
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775)	Л	Зсп	—	—	—	1,0	0,3	—
<i>Notiophilus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	ЛП	Зсп	—	0,5	—	0,5	0,1	0,2
<i>Notiophilus palustris</i> (Duftschmid, 1812)	ЛЛ	Зсп	—	0,1	—	0,2	—	—
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)	ЛП	Зсп	0,5	—	—	0,2	—	—
<i>Poecilus lepidus</i> (Leske, 1785)	ЛП	Зсп	—	—	—	2,1	4,4	—
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824)	ЛП	Зсп	0,5	0,3	—	1,4	—	—
<i>Pterostichus leonisi</i> (Apfelbeck, 1904)	О	Зсп	—	—	—	0,2	—	—
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	ЛЛ	Зсп	3,1	8,6	0,9	3,1	5,4	1,0
<i>Pterostichus niger</i> (Schaller, 1783)	ЛЛ	Зсп	0,2	1,1	—	1,9	2,5	0,5
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer, 1797)	Л	Зсп	—	—	—	0,2	—	—
<i>Syntomus truncatellus</i> (Linnaeus, 1761)	ЛП	Зсп	0,7	0,8	0,1	2,4	0,2	1,0
Попадаемость:								
средняя			24,6	18,6	2,6	149,3	95,1	9,1
минимальная			2,7	1,8	2,1	63,6	46,4	5,7
максимальная			45,7	45,0	5,7	210,0	121,4	12,9
Количество видов			19	17	4	30	25	14
Индекс Шеннона			2,57	2,35	1,59	2,32	2,43	3,04

П р и м е ч а н и е. Экологическая группа по [Воронин, 1999]: Л – лесная, ЛЛ – лесолуговая, ЛП – лугополевая, ЛТ – литоральная, О – околоводная. Жизненная форма по [Воронин, 1999]: Згбр – зоофаги герпетобионты бегающие-роющие, Згр – зоофаги герпетобионты роющие, Зсп – зоофаги стратобионты подстилочные, Зэхк – зоофаги эпигеобионты ходячие, Мгт – миксофитофаги геохортобионты гарпалиндные, Мсс – миксофитофаги стратобионты скважники, Мсх – миксофитофаги стратохортобионты.

Т а б л и ц а 2

Доминантные виды жужелиц двух площадок с некультивируемой растительностью ботанического сада  
ПГНИУ по сезонам

Вид	Газон			Рудеральная растительность		
	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
<i>B. properans</i>	IV		IV	IV		IV
<i>P. melanarius</i>		V			V	
<i>C. erratus</i>					V	
<i>A. aenea</i>				IV		
<i>H. rufipes</i>					IV	
<i>H. affinis</i>				IV	IV	
<i>H. tardus</i>				IV	IV	

П р и м е ч а н и е. Баллы обилия вида: IV – обильный, V – очень обильный [Песенко, 1982]. Приведены максимальные за сезон значения.

ленности преобладают зоофаги стратобионты подстилочные и миксофитофаги геохортобионты гарпалоидные. В отличие от площадки Газон здесь обе группы разнообразны и обильны на протяжении всего периода исследований (см. табл. 3). Однако тенденции сезонных изменений показателей разнообразия и обилия в этих группах различны. На протяжении исследованного периода зоофаги стратобионты подстилочные демонстрируют увеличение доли в общей численности, при этом их видовое разнообразие постепенно снижается (см. табл. 3). Миксофитофаги геохортобионты гарпалоидные весной составляют почти 70 % всех жужелиц, но существенно уступают хищникам по количеству видов. Летом и осенью эта группа сохраняет высокое разнообра-

зие, но ее доля в общей численности снижается к осени более чем в 3 раза (см. табл. 3).

**Население жуков-жука на газоне.** На газоне зарегистрировано 25 видов (см. табл. 1), что составляет 62 % от выявленного видового разнообразия жужелиц ботанического сада. Три вида (*Bembidion biguttatum*, *Broscus cephalotes*, *Dyschiriodes globosus*), обнаруженные только на этой площадке, представлены единичными особями. Наибольшее видовое разнообразие здесь имеет род *Amara*, представленный шестью видами.

Количество отловленных на площадке видов максимально весной (19 видов; 76,0 % от общего разнообразия); летом этот показатель незначительно снижается; минимальное количество видов (4 вида; 16,0 %) наблюдается

Т а б л и ц а 3

Сезонные изменения соотношения ЖФ жужелиц на площадках Ботанического сада ПГНИУ

ЖФ	Газон						Рудеральная растительность					
	Весна		Лето		Осень		Весна		Лето		Осень	
	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N
Збр	0	0,0	1	0,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Згр	1	1,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Зсп	8	62,1	10	76,3	4	100,0	16	22,7	11	43,1	6	63,2
Зэхк	1	3,9	0	0,0	0	0,0	2	1,4	2	0,5	1	5,3
Мгт	7	30,1	4	14,7	0	0,0	9	69,3	7	44,1	6	21,1
Мсcc	1	1,9	1	0,6	0	0,0	2	4,2	2	1,1	0	0,0
Мх	1	1,0	1	7,6	0	0,0	1	2,4	2	11,3	1	10,5

П р и м е ч а н и е. Обозначения жизненных форм (ЖФ) как в табл. 1; S – количество видов с данной жизненной формой в сезонной выборке; N – доля особей данной жизненной формы в общей попадаемости, %.

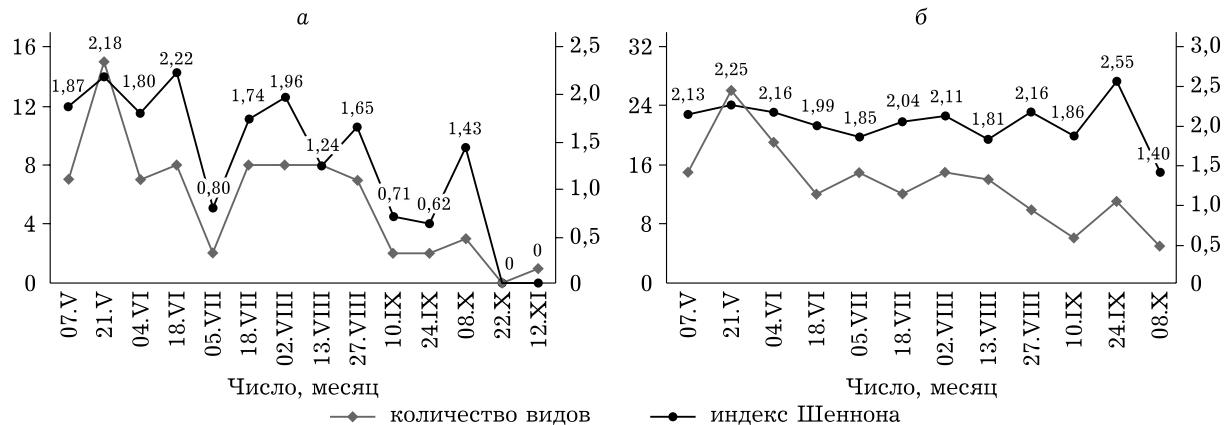


Рис. 3. Сезонная динамика количества видов (левая шкала) в пробах и индекса Шеннона (правая шкала) группировок жужелиц на площадке Газон (а) и Рудеральная растительность (б) ботанического сада ПГНИУ

ся осенью (см. табл. 1). Аналогичным образом изменяется показатель разнообразия (индекс Шеннона) населения жужелиц (см. табл. 1). Подробный анализ сезонной динамики показателей разнообразия позволяет конкретизировать сезонные тенденции. Так, количество видов в пробах населения жужелиц максимально в середине мая (15 видов), относительно стабильно в летний период (7–8 видов) и значительно уменьшается осенью (рис. 3, а). Индекс Шеннона флюктуирует в пределах 1,8–2,3 с мая по июль, а с августа на фоне значительных колебаний наблюдается общая тенденция к понижению этого показателя (см. рис. 3, а).

В сезонной динамике жужелиц на газоне отмечены два пика попадаемости (рис. 4, а). Майский максимум в первую очередь определяется повышением попадаемости вида *B. properans* (см. рис. 4, а). Кроме того, в этот период в учетах многочисленны *A. aenea* и *H. affinis*. Максимум попадаемости в конце лета формируется на фоне стабильного видового разнообразия и определяется значительным ростом попадаемости одного вида – *P. melanarius*.

Доминантный комплекс жужелиц на газоне слагают два вида: лесолуговой зоофаг стратобионт подстилочный *P. melanarius* и литоральный зоофаг стратобионт подстилочный *B. pro-*

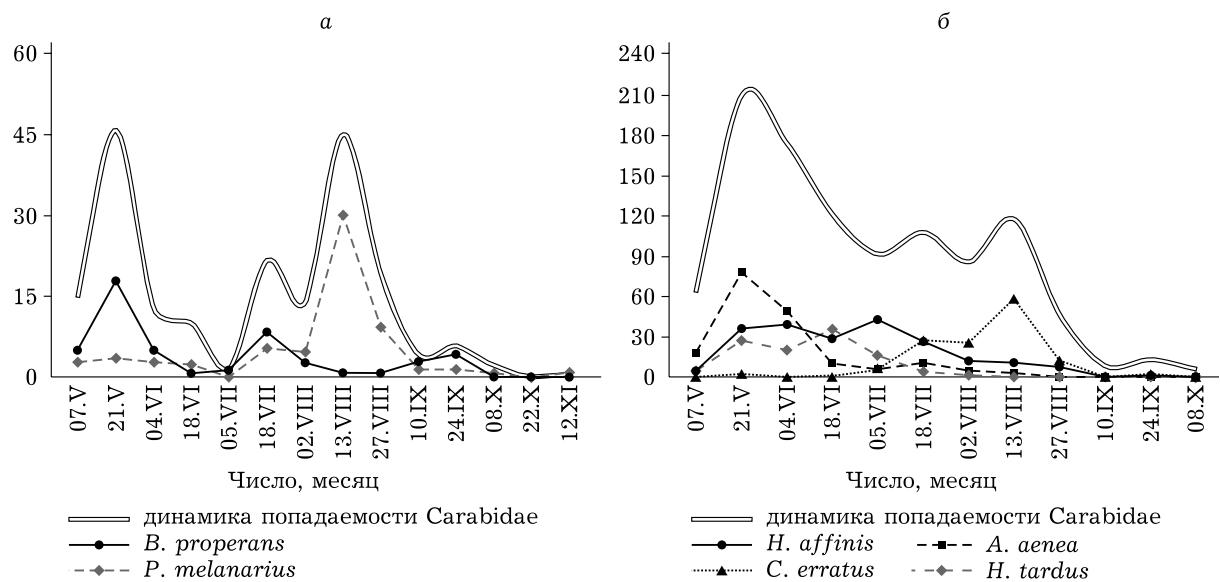


Рис. 4. Сезонная динамика попадаемости (экз./100 лов.-сут.) жужелиц и доминантных видов на площадке Газон (а) и Рудеральная растительность (б) ботанического сада ПГНИУ

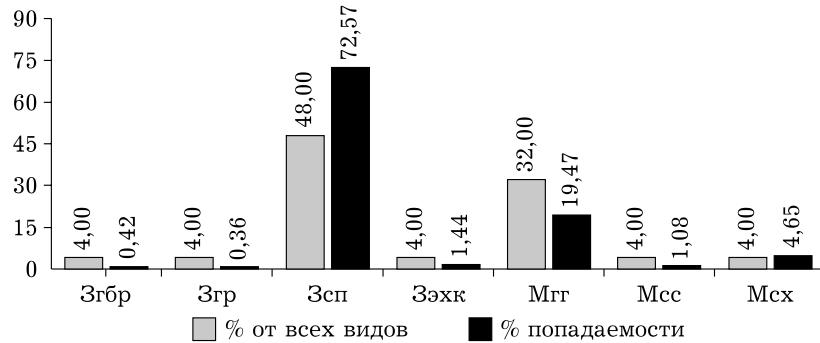


Рис. 5. Соотношение жизненных форм жужелиц по количеству видов и экземпляров на площадке Газон. Обозн. жизненных форм см. табл. 1

*preans* (см. табл. 2). Первый вид очень обилен летом с максимальной попадаемостью в первую половину августа (см. рис. 4, а), что согласуется с литературными данными [Воронин, 1999]. Пик попадаемости второго вида, *B. propreans*, наблюдается в весенний период (в середине мая) (см. рис. 4, а). Высокий балл обилия данного вида в осенном населении жужелиц не связан с ростом его попадаемости (см. рис. 4, а), а обусловлен постепенным исчезновением из проб или снижением попадаемости других видов.

Выявленные на газоне виды жужелиц относятся к семи жизненным формам (табл. 1, рис. 5). В целом, на данной площадке зоофаги в 1,5 раза более разнообразны, чем миксофитофаги (15 и 10 видов соответственно). Наибольшим количеством видов представлены зоофаги стратобионты подстилочные (12 видов) и миксофитофаги герпетобионты гарпалоидные (8 видов) (см. рис. 5). Первые представлены тремя видами рода *Bembidion*, по два вида из родов *Pterostichus*, *Poecilus*, *Calathus* и *Notiophilus*, а также видом *Syntomus truncatellus*. Ко вторым относятся почти все виды рода *Amara* (за исключением *Amara familiaris*), а также *H. affinis* и *Harpalus progrediens*.

По количеству отловленных на газоне особей зоофаги существенно преобладают над миксофитофагами (200 и 68 экз. соответственно). Среди зоофагов наиболее многочисленны стратобионты подстилочные (Зсп на рис. 5), а среди миксофитофагов – геохортобионты гарпалоидные (Мгг на рис. 5).

Выявленные на газоне виды относятся к трем экологическим надгруппам жужелиц: лесолуговой, лугополевой и литоральной. Две трети жужелиц относятся к лугополевым ви-

дам (рис. 6, а). Численное соотношение экогрупп изменяется в течение сезона. Весной попадаемость лесолуговых видов невысока (4,05 экз./100 лов.-сут.), а литоральные и лугополевые виды имеют приблизительно одинаковую попадаемость. Летом соотношение групп резко меняется: наиболее многочисленными становятся лесолуговые виды (рис. 6, б), представители других групп редки. Осенью на фоне общего снижения попадаемости наиболее обычны представители литоральной надгруппы (см. рис. 6, б). Такая картина соотношения экологических групп весной и летом определяется сезонной динамикой попадаемости доминирующих видов: прибрежно-лугового *B. propreans* и лесолугового *P. melanarius*.

**Население жуков-жука на участке “Рудеральная растительность”.** На участке с рудеральной растительностью зарегистрировано 38 из 41 вида, обнаруженного на террито-

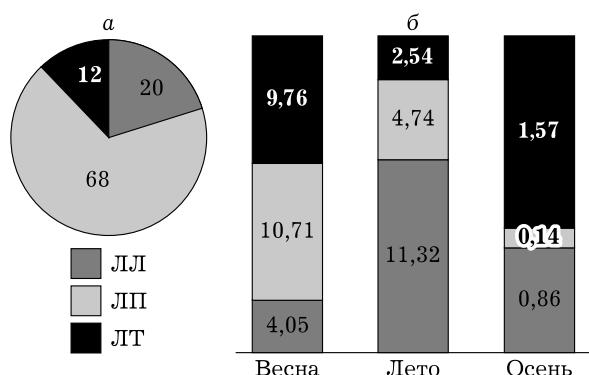


Рис. 6. Сезонная динамика соотношения экологических групп жуков-жука по количеству видов (а; % от всех видов) и по количеству экземпляров (б; средняя попадаемость за сезон (экз./100 лов.-сут.)) на площадке Газон. Обозн. экологических групп см. в табл. 1

рии ботанического сада. Из 16 видов, обнаруженных только на этой площадке, 11 представлены единичными особями (см. табл. 1); *H. tardus*, входит в доминантный комплекс (см. табл. 2), а *Amara fulva*, *Carabus granulatus*, *Loricera pilicornis* и *Poecilus lepidus* имеют относительно высокую численность. Три рода – *Amara* (10 видов), *Harpalus* (7 видов) и *Pterostichus* (4 вида), характеризуются в рудеральной растительности высоким видовым разнообразием.

Количество видов, отловленных на площадке, максимально весной (32 вида, 84 % от общего количества видов), снижается летом (26 видов, 68 % видового разнообразия), и минимально осенью (13 видов, 24 % от общего количества). При этом средние значения индекса разнообразия изменяются в противоположном направлении (см. табл. 1), увеличиваясь от весны к осени.

Количество видов в пробах максимально в середине мая (26 видов), летом колеблется от 10 до 15 видов и существенно варьирует осенью (4–11 видов; см. рис. 3, б). Максимальные значения индекса Шеннона в весенне-летний период отмечены для майской пробы с наибольшим количеством видов. Летом индекс разнообразия населения жужелиц незначительно флюктуирует (от 1,8 до 2,2). Осенью на фоне общего снижения разнообразия артефактом выглядит сентябрьская пробы с высоким значением индекса Шеннона (см. рис. 3, б). Данная пробы характеризуется максимальным для осени количеством видов и выравненностью полученной выборки населения жужелиц.

В сезонной динамике попадаемости зафиксирован один пик, который приходится на середину мая. В первую очередь он обусловлен максимальной за сезон попадаемостью *A. ae-*

*nea*, а также высокой попадаемостью *H. affinis* и *H. tardus* (см. рис. 4, б).

Доминантный комплекс видов жужелиц в рудеральной растительности многовидовой. Весной и летом здесь обильны лесополевые миксофитофаги геохортобионты *H. affinis* и *H. tardus*. Весной, кроме того, обильны липторальный зоофаг стратобионт подстилочный *B. properans* и лесополевой миксофитофаг геохортобионт *A. aenea*; летом же очень обилен лесополевой зоофаг стратобионт подстилочный *C. erratus* и обилен лесолуговой миксофитофаг стратохортобионт *H. rufipes*. Осенью доминантный комплекс резко обедняется, и на фоне общего снижения попадаемости других видов многочислен *B. properans* (см. табл. 2).

Выявленные на участке рудеральной растительности виды относятся к пяти жизненным формам (рис. 7). На данной площадке по количеству видов миксофитофаги незначительно уступают зоофагам (17 и 20 видов соответственно). Наибольшим количеством видов представлены миксофитофаги геохортобионты гарпалоидные (13 видов, Мгг на рис. 7), которые включают почти все виды рода *Amara* (кроме *Amara tibialis*), а также четыре вида рода *Harpalus* (*H. affinis*, *H. progradientis*, *H. smaragdinus* и *H. tardus*). Довольно большим видовым разнообразием характеризуются зоофаги стратобионты подстилочные (18 видов, Зсп на рис. 7), среди которых четыре вида рода *Pterostichus*, по три вида из родов *Bembidion* и *Poecilus*, по два вида из родов *Calathus* и *Notiophilus*. По количеству отловленных особей на данном участке миксофитофаги почти в 2 раза преобладают над зоофагами (942 и 502 экз. соответственно). Среди зоофагов наиболее многочисленны зоофаги стратобионты подстилочные (Зсп, рис. 7), а среди миксофитофагов – геохортобионты гарпалоидные (Мгг, на рис. 7).

На газоне представлены виды, относящиеся к пяти экологическим надгруппам (рис. 8, а). В течение сезона соотношение различных экологических надгрупп остается относительно постоянным, и лугополевые виды составляют не менее 63 % видового состава (рис. 8, б). Количественно лугополевые виды также значительно преобладают над другими экогруппами весной и летом, и только осенью в пробах населения жужелиц увеличиваются доли липторальных и лесолуговых видов (см. рис. 8, б).

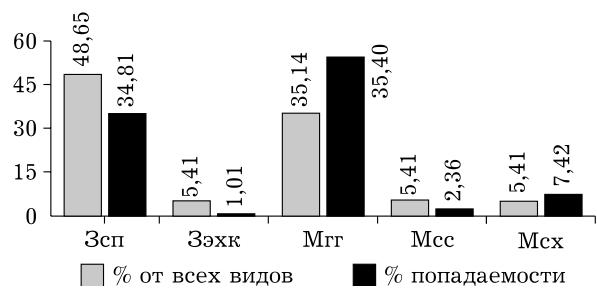


Рис. 7. Соотношение жизненных форм жужелиц по количеству видов и количеству экземпляров на площадке Рудеральная растительность. Обозн. жизненных форм см. в табл. 1

## ОБСУЖДЕНИЕ

Общей чертой изученных нами карабидокомплексов является преобладание видов лугополевой экологической группы. Это хорошо согласуется с данными А. Г. Воронина [1999], согласно которым в городах Пермского края преобладают лугополевые виды. Аналогичные выводы получены для насаждений черной смородины и шиповника в Тамбовской области [Колесников, Болдырев, 2014], где лугополевые виды составляли 42 % фауны жужелиц. Количественные соотношения экогрупп динамичны в течение сезона и различаются между площадками. Так, весной и осенью на площадке Газон более обильна литоральная группа, а летом – лесолуговая. Тогда как в населении площадки Рудеральная растительность весной и осенью обильны лугополевые виды, а осенью преобладают литоральные.

Соотношение зоофагов и миксофитофагов, по мнению Р. А. Суходольской с соавт. [2009], является хорошим показателем антропогенной нагрузки на биотоп. В частности, преобладание зоофагов в фауне жужелиц свидетельствует о низкой степени рекреационной нагрузки [Суходольская и др., 2009]. Согласно данным А. Г. Воронина [1999], в комплексах жужелиц рудеральной растительности г. Перми преобладают миксофитофаги. Такое состояние карабидокомплексов мы обнаружили на площадке Рудеральная растительность, где миксофитофаги преобладают над зоофагами как по количеству видов, так и по численности. На площадке Газон как по видовому разнообразию, так и по количеству особей преобладают зоофаги. При этом газон физиономически выглядит более нарушенным, что отражается в таких важнейших показателях карабидокомплексов, как видовое разнообразие, отсутствие специфических видов, низкая попадаемость и т. д.

Согласно А. Г. Воронину [1999], в г. Перми доминантный комплекс жужелиц формируют три вида: *H. rufipes*, составляющий до четверти всех особей жужелиц в сбоях; несколько менее обильна *Amara ingenua* (23 %), а на третьем месте находится *P. melanarius* (11,9 %). На территории Ботанического сада ПГНИУ *A. ingenua* нами не зафиксирована, а численность *H. rufipes* существенно ниже таковой *P. melanarius*. Таким образом, карабидокомплексы изученных площадок бо-

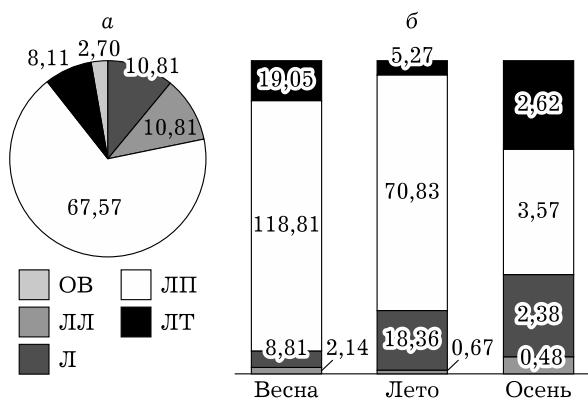


Рис. 8. Сезонная динамика соотношения экологических групп жуков-жукалиц по количеству видов (а; % от всех видов) и количеству экземпляров (б; средняя попадаемость за сезон (экз./100 лов.-сут.)) на площадке Рудеральная растительность. Обозн. экологических групп см. в табл. 1

танического сада ПГНИУ отличаются от городских соотношением видов: в нашем случае доминантом является *P. melanarius*, а субдоминантами в разные сезоны выступают такие виды, как *B. properans*, *C. erratus*, *A. aenea*, *H. rufipes*, *H. affinis* и *H. tardus*. Жужелица *P. melanarius* отмечена как эвритопный и антропотолерантный вид в Тульской области [Дорофеев, Евсюнин, 2016], где он доминирует в большинстве стаций (садовые и приусадебные участки, кладбища и пустыри с древесно-кустарниковой растительностью, парки и прилегающие к ним городские насаждения). В Казани отмечено, что *P. melanarius* увеличивает свою численность по мере снижения антропогенной нагрузки [Гелашвили и др., 2011]. Как доминантный вид, *P. melanarius* также отмечался на газонах Нижнего Тагила [Семенова, 2008]. С другой стороны, в насаждениях черной смородины и шиповника в Тамбовской области супердоминантом является *H. rufipes*, составляющий более половины всех отловленных жужелиц [Колесников, Болдырев, 2014]. Согласно данным А. С. Бабенко и А. С. Нужных [2012], на грядках земляники в Сибирском ботаническом саду (г. Томск) доминировали *P. melanarius* (более 28 %) и *H. rufipes* (более 16 % общей численности), а в насаждениях смородины – *H. rufipes* (более 25 %) и *P. melanarius* (более 22 %).

Несмотря на существенные различия в видовом составе и общей попадаемости караби-

докомплесы изученных площадок достоверно различаются только в летний период, тогда как весенний и осенний аспекты населения жужелиц сходны на обоих площадках (см. рис. 2, б). По-видимому, это в первую очередь обусловлено динамикой смены доминантных видов: на обоих площадках весной и осенью обилен *B. properans*, а летом доминантные комплексы на газоне и в рудеральной растительности существенно различаются как по количеству видов, так и по их составу (см. табл. 2).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ботаническом саду ПГНИУ для фауны жужелиц площадки с рудеральной растительностью характерны следующие основные черты: 1) видовое разнообразие в 1,5 раза выше, чем на площадке Газон (38 и 25 видов соответственно); 2) в фауне присутствуют пять обильных видов – *A. fulva*, *C. granulatus*, *H. tardus*, *L. pilicornis* и *P. lepidus*, не отмеченных на газоне; 3) миксофитофаги преобладают над зоофагами (20 и 17 видов соответственно). Карабидокомплекс газона характеризуется более низким видовым разнообразием, специфические виды не обнаружены, зоофаги преобладают над миксофитофагами (15 и 10 видов соответственно).

Население жужелиц, с одной стороны, динамично изменяется в течение сезона, а с другой, выявленные процессы существенно различаются на изученных площадках. На площадке Газон в сезонной динамике жужелиц отмечены два пика попадаемости (майский и августовский), тогда как в рудеральной растительности выражен только первый – майский пик попадаемости. Весенний максимум попадаемости на сравниваемых площадках формируют различные виды: на газоне – *B. properans*, в рудеральной растительности – *A. aenea* вместе с *H. affinis* и *H. tardus*.

Изменения в течение сезона видового состава и обилия конкретных видов отражаются в сезонных тенденциях изменения спектра жизненных форм и экологических групп жужелиц. Так, на площадке Газон на протяжении всего сезона обильны зоофаги стратобионты подстиlocные, а в рудеральной растительности разнообразны и обильны две

группы: зоофаги стратобионты подстиlocные и миксофитофаги геохортобионты гарпалоидные. Соотношение экологических групп на площадке Газон значительно изменяется в течение сезона. Весной литоральные и лугополовые виды имеют приблизительно одинаковую попадаемость; летом наиболее многочисленными становятся лесолуговые виды, а осенью на фоне общего снижения попадаемости наиболее обычны представители литоральной надгруппы. На площадке Газон лугополовые виды количественно преобладают над другими экогруппами весной и летом, и только осенью в пробах населения жужелиц на этой площадке наблюдается увеличение долей литоральных и лесолуговых видов.

## Благодарности

Авторы глубоко признательны директору Ботанического сада ПГНИУ С. А. Шумихину за всестороннюю поддержку нашей работы.

## Вклад авторов

Есюнин С. Л. – постановка проблемы, разработка концепции статьи, описание результатов и формирование выводов исследования, финальная версия текста; Зиновьев Е. В. – обработка полевого материала, определение видов; Плакхина Е. В. – сбор полевого материала, критический анализ литературы, подготовка и редактирование текста.

## Финансирование работы

Работа финансировалась за счет средств бюджета института. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

## Соблюдение этических стандартов

В данной работе отсутствуют исследования человека или животных, соответствующих критериям Директивы 2010/63/EU.

## Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА

- Алексанов В. В., Алексеев С. К., Сионова М. Н. Типология комплексов жужелиц урбанизированного ландшафта (на примере города Калуги) // Пробл. регион. экологии. 2012. № 6. С. 99–109.  
Алексанов В. В., Алексеев С. К., Сионова М. Н. Комплексы жужелиц на садово-огородных участках в городе и за городом: сравнительный анализ // Пробл. регион. экологии. 2014. № 1. С. 254–261.

- Бабенко А. С., Нужных А. С. Фауна и сезонная динамика активности хищных герпетобионтов ягодных насаждений экспериментального участка Сибирского ботанического сада г. Томска. Сообщение 1. Фауна и сезонная динамика активности жужелиц (Coleoptera: Carabidae) // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2012. № 3. С. 81–91.
- Бережнова О. Н., Цуриков М. Н. К изучению фауны и экологии герпетобионтных насекомых ботанического сада Воронежского государственного университета // Фундамент. исследования. 2015. № 2–12. С. 2600–2605.
- Ботанический сад, исторический очерк // Пермский государственный национальный исследовательский университет. 2021. URL: <http://www.psu.ru/podrazdeleniya/podrazdeleniya-obespecheniya/botanicheskij-sad-istoricheskij-ocherk> (дата обращения: 24.01.2024).
- Воронин А. Г. Фауна и комплексы жужелиц (Coleoptera, Trachypachidae, Carabidae) лесной зоны Среднего Урала (эколого-зоогеографический анализ). Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1999. 244 с.
- Галиновский Н. Г. Жужелицы центральных парков крупных городов Беларуси // Наука и инновации. 2012. № 2. С. 58–62.
- Гелашивили Д. Б., Солицев Л. А., Якимов В. Н., Суходольская Р. А., Хабибуллина Н. Р., Иудин Д. И., Снегирева М. С. Фрактальный анализ видовой структуры карабидокомплексов урбанизированных территорий (на примере г. Казани) // Поволж. экол. журн. 2011. № 4. С. 407–420.
- Дорофеев Ю. В., Есюнин А. А. Некоторые аспекты экологии популяций *Pterostichus melanarius* (Ill.) (Coleoptera, Carabidae) в урбанизированных тульской области // Изучение, сохранение и восстановление естественных ландшафтов: сб. ст. VI Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. 2016. С. 165–170.
- Есюнин С.Л., Плакхина Е. В. Структура населения пауков (Arachnida, Araneae) некультивируемой растительности Ботанического сада Пермского государственного национального исследовательского университета // Вестн. Перм. ун-та. Сер. Биология. 2022. Вып. 4. С. 267–279.
- Зиновьев Е. В., Пархачёв А. А. Характеристика элементарной фауны жесткокрылых (Insecta Coleoptera) участка городской застройки Екатеринбурга // Фауна Урала и Сибири. 2017. № 1. С. 63–83.
- Золотарев М. П., Бельская Е. А. Население беспозвоночных герпетобионтов в крупном промышленном городе: разделение эффектов рекреации и урбанизации // Сиб. экол. журн. 2015. Т. 22, № 1. С. 102–111.
- Колесников С. А., Болдырев М. И. Видовой состав, зоогеографическая и экологическая характеристика жужелиц (Carabidae) в биотопах и агробиоценозах шиповника (*Rosa L.*) в Тамбовской области // Вестн. Краснояр. гос. аграр. ун-та. 2014. № 4. С. 173–182.
- Крыжановский О. Л. Жуки подотряда Adephaga: семейства Rhysodidae, Trachypachidae; семейство Carabidae (вводная часть, обзор фауны СССР) // Фауна СССР. Т. 1, вып. 2: Жесткокрылые. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1983. 341 с.
- Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.
- Рогатных Д. Ю. Первые данные по населению жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Амурского филиала Ботанического сада-института ДВО РАН // Пробл. экологии верхнего Приамурья. 2008. Т. 2, вып.10. С. 77–89.
- Семенова О. В. Экология жужелиц в промышленном городе // Экология. 2008. № 6. С. 468–474.
- Сундуков Ю. Н. Жужелицы (Coleoptera: Carabidae) Сахалинского ботанического сада, Южно-Сахалинск // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. 2020. № 31. С. 131–140.
- Суходольская Р. А., Тимофеева Г. А., Хабибулина Н. Р. Фауна и популяционные характеристики жужелиц Казани // Уч. зап. Казан. гос. ун-та. Сер. Естественные науки. 2009. Т. 151, кн. 2. С. 145–150.
- Шарова И. Х. Жизненные формы жужелиц (Coleoptera, Carabidae). М.: Наука, 1981. 360 с.
- Шумихин С. А. Ботанические экскурсии по коллекциям и экспозициям Ботанического сада им. А. Г. Генкеля Пермского университета: путеводитель. СПб.: Маматов, 2015. 208 с.
- Alaruikka D. M., Kotze J., Matveinen K., Niemelä J. Carabid beetle and spider assemblages along a forested urban–rural gradient in southern Finland // J. Insect Conservat. 2002. Vol. 6. P. 195–206.
- Aleksanov V., Alekseev S., Shashkov M. Ground beetles (Carabidae) in urban habitats of Kaluga City (Russia) // Biodiversity Data J. 2022. Vol. 10. e76100 p. doi: 10.3897/BDJ.10.E76100
- Fujii A., Maeto K., Kagawa Y., Ito N. Effects of forest fragmentation on species richness and composition of ground beetles (Coleoptera: Carabidae and Brachinidae) in urban landscapes // Entomol. Sci. 2008. Vol. 11. P. 39–48.
- Guéorguiev B., Mesaroš G. New data on the ground beetles (Coleoptera: Carabidae) from Kosovo // Historia Naturalis Bulgarica. 2022. P. 129–135.
- Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontol. Electron. 2001. Vol. 4. P. 1–9.
- Hartley D., Koivula M., Spence J., Pelletier R., Ball G. Effects of urbanization on ground beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) of grassland habitats in western Canada // Ecography. 2007. Vol. 30, N 5. P. 673–684.
- Ishitani M., Kotze D. J., Niemelä J. Changes in carabid beetle assemblages across an urban–rural gradient in Japan // Ecography. 2003. Vol. 26. P. 481–489.
- Kosewska A., Nietupski M., Damszel M. Role of urban forests as a source of diversity of carabids (Coleoptera: Carabidae) in urbanized areas // Baltic J. Coleopterol. 2013. Vol. 13. P. 27–39.
- Lehvävirta S., Kotze D. J., Niemelä J., Mäntysaari M., O'Hara B. Effects of fragmentation and trampling on carabid beetle assemblages in urban woodlands in Helsinki, Finland // Urban Ecosystem. 2006. Vol. 9. P. 13–26.
- Magura T., Lövei G. L. Consequences of urban living: urbanization and ground beetles // Cur. Landscape Ecol. Rep. 2021. Vol. 6. P. 9–21.
- Niemelä J., Kotze D. J., Venn S., Penev L., Stoyanov I., Spence J., Hartley D., de Oca E. M. Carabid beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) across urban–rural gradients: an international comparison // Landscape Ecol. 2002. Vol. 17, N 5. P. 387–401.
- Putchkov A. V., Brygadyrenko V., Nikolenko N. Ecological-faunistic analysis of ground beetles and tiger beetles (Coleoptera: Carabidae, Cicindelidae) of metropolises of Ukraine // Biosystems Diversity. 2020. Vol. 28. P. 163–174.

- Teofilova T. Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) communities and microhabitat diversity in a mountain village house yard – a case study from the Western Rhodope Mountains in Bulgaria // Zool. Ecol. 2022. Vol. 32. P. 153–164.
- Varet M., Petillon J., Burel F. Comparative responses of spider and carabid beetle assemblages along an urban-rural boundary gradient // J. Arachnol. 2011. Vol. 39, N 2. P. 236–243.
- Venn S., Kotze J., Niemelä J. Urbanization effects on carabid diversity in boreal forests // Eur. J. Entomol. 2003. Vol. 100. P. 73–80.

## Structure of ground beetles assemblages (Coleoptera, Carabidae) on uncultivated areas (sites/biotopes) in Botanic garden of Perm State National Research University (Perm city)

E. V. PLAKKHINA<sup>1</sup>, E. V. ZINOVIEV<sup>2</sup>, S. L. ESYUNIN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Perm State National Research University  
15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia  
E-mail: plakkhinaevg@gmail.com

<sup>2</sup>Institute of Plant and Animal Ecology of UB RAS  
202, 8<sup>th</sup> March st., Ekaterinburg, 620144, Russia  
E-mail: zin62@mail.ru

<sup>3</sup>Perm State National Research University  
15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia  
E-mail: esyunin@mail.ru

The groupings of ground beetles of the lawn and the area with ruderal vegetation were studied on the territory of the PSU's Botanical Garden in the period from April to November 2021 by the method of soil traps with a fixative (formalin 4%). In total, 1,643 specimens of ground beetles were collected during the research period, 41 species from 14 genera belonging to 7 life forms and 5 ecological groups were registered. The absolute dominant is *Pterostichus melanarius*, and the subdominants in different seasons are such species as *Bembidion properans*, *Calathus erratus*, *Amara aenea*, *Harpalus rufipes*, *Harpalus affinis* and *Harpalus tardus*. The abundance, number of species and diversity indices of the ground beetle population vary significantly between sites and undergo changes depending on the season. On the lawn site, two peaks of abundance (May and August) were noted in the seasonal dynamics of ground beetles, whereas only May peak is expressed in ruderal vegetation. The quantitative ratios of ecological groups are dynamic throughout the season, but the common feature is the predominance of meadow-field species. On a site with ruderal vegetation, mixophophages predominate over zoophages both in terms of the number of species and in number of individuals, zoophages predominate on the lawn both in terms of species diversity and the number of individuals.

**Key words:** ground beetles, life forms, ecological groups, dominant complex, botanical garden, Perm.