

А. М. Псарев**Сравнительный анализ сообществ некрофильных жесткокрылых лесных участков с разной степенью антропогенного прессинга**

Некробионтные жесткокрылые широко используются в экологических исследованиях. В статье приводятся результаты сравнительного анализа фауны Coleoptera, связанных с падалью, в трех локалитетах с разной степенью антропогенного прессинга, но близких по природным условиям (лесной участок в промышленной зоне, участок соснового леса на территории природного заказника, участок островного пойменного леса). Собрано 96 видов из 9 семейств Coleoptera (Silphidae, Trogidae, Scarabaeidae, Nitidulidae, Leiodidae, Dermestidae, Histeridae, Hydrophilidae, Staphylinidae). Для анализа фауны использовались широко применяемые экологами индексы Жаккара, Шеннона, Пиелу, Бергера — Паркера, Животовского. Почти все индексы показали средние значения. Различия в фауне и ее структуре связаны главным образом особенностями растительного покрова и наличием стадий (остепненные участки, бытовой мусор и т.п.), привлекательных для определенных видов жесткокрылых. Незначительное влияние техногенного фактора на комплекс некрофильных жесткокрылых лесного участка в промышленной зоне автор связывает с небольшим объемом производства в конце XX — начале XXI века, что позволило сообществу зрелого аборигенного лесного массива поддерживать состояние, близкое к естественному.

Ключевые слова: городские леса, фауна насекомых, экология насекомых, некрофильные жесткокрылые, Coleoptera, Staphylinidae, Silphidae, оценка биоразнообразия.

Введение

Жесткокрылые являются неотъемлемой составляющей комплекса герпетобия и присутствуют практически во всех типах наземных сообществ. Широкое распространение и высокая численность жуков определяют их важнейшую роль в трансформации вещества и энергетике экосистем различного уровня, включая урбоценозы. Изучение колеоптероидных комплексов городских систем проводится как в нашей стране, так и за рубежом, причем большинство исследований направлено на выявление особенностей динамики состава и структуры таких комплексов в зависимости от антропогенной нагрузки на участки городской территории [1—3; 8; 9; 17; 20; 22—24; 26]. Способность герпетобионтных, в том числе и некрофильных, жесткокрылых реагировать на изменения компонентов среды лежит в основе использования отдельных таксонов в качестве модельного объекта в экологических исследованиях [4; 6; 16; 18].

Целью нашей работы было изучение таксономического разнообразия некрофильных жесткокрылых в составе герпетобия лесной зоны одного из промышленных центров Алтайского края — г. Бийска для выявления его особенностей и закладки мониторинговых исследований состояния биоценозов региона с разной степенью антропогенной нагрузки.

Материал и методы

Исследования проводились в течение полевых сезонов 2018—2020 гг. (май — сентябрь) в промышленной зоне на юго-западе города в зеленом поясе, прилегающем к Бийской ТЭЦ. Обследованные участки лесного массива отделены от территории, занятой промышленными предприятиями, автомобильной дорогой и трамвайной линией. Растительность представлена участками аборигенного зрелого соснового леса со слабо выраженным подлеском и разреженным травяным покровом, участками смешанного березово-соснового леса с развитым подлеском (береза, клен, осина, сосна) и разнотравьем с доминированием злаков, хорошо выражена лесная подстилка. Имеются обширные поляны, поросшие злаково-разнотравной растительностью. Помимо ТЭЦ на качество среды

© Псарев А. М., 2022

оказывает влияние расположенная поблизости зона Бийского олеумного завода. Территорию лесного массива пересекает несколько грунтовых дорог. Рекреационная нагрузка слабая, присутствуют небольшие несанкционированные свалки бытового мусора.

Для закладки мониторинга состояния фауны некрофильных жесткокрылых в зеленой зоне промышленной части города нами в 2019—2020 гг. было проведено сравнительное изучение колеоптерофауны территорий, сходных по природным условиям, но отличающихся по степени антропогенного прессинга — в Соколовском заказнике и памятнике природы «Остров Иконников» (рис. 1).



Рис. 1. Обследованные участки лесных массивов: 1 — промышленная зона; 2 — Соколовский заказник; 3 — остров Иконников

Соколовский заказник находится примерно в 35 км от г. Бийска и располагается в правобережной пойме на древних боровых террасах верхней Оби. Здесь распространены сосново-березово-осиновые травяные леса с участием бобово-разнотравно-злаковых лугов и высокотравных кустарниковых зарослей и сосновые брусничные с участием кустарниковых зарослей. Материал собирался в наиболее характерных биотопах — сосняке зеленомошнике бруснично-черничном и сосново-березовом лесу с участками луговой растительности.

Памятник природы «Остров Иконников» находится на противоположном от промышленной зоны берегу реки Бия. В центральной части острова располагается небольшой дачный поселок, поля с полевыми культурами, по периферии растительность представлена злаково-разнотравно-осоковыми закустаренными лугами в сочетаниях с тополевыми, ивовыми зарослями, небольшими участками березового и соснового леса, где и проводились исследования.

Для сбора жесткокрылых использовались хорошо зарекомендовавшие себя ловушки, предложенные В. К. Зинченко [5]. В качестве фиксатора использовался 2—4%-ный раствор уксусной кислоты, ловушки выставлялись в наиболее характерных биотопах по

3—5 штук на расстоянии не менее 10 м. Всего в общей сложности в зоне ТЭЦ было отработано 825 ловушко-суток, в Соколовском заказнике и памятнике природы «Остров Иконников» 590 и 537 ловушко-суток соответственно. Результаты представлены в таблице 2.

Видовая идентификация жесткокрылых и синонимия проводились по известным определителям и каталогам [10—14; 19; 25; 27—30].

Для оценки относительного обилия некрофильных видов использовалась 5-балльная шкала, построенная на логарифмической основе [15] (табл. 1), верхние границы классовых интервалов при шаге a рассчитывались по формуле:

$$N^{a/k}, a = 1, 2, \dots, k,$$

где N — объем всей выборки, a — шаг шкалы, k — число классов.

Величина классового интервала (табл. 1) вычислялась по формуле:

$$b_a = N^{a/k} - N^{(a-1)/k}$$

Таблица 1

Границы классовых интервалов относительного обилия некрофильных жесткокрылых

Балл обилия	Границы классового интервала (нижняя/верхняя), особей			Характеристика относительного обилия вида
	Зеленая зона ТЭЦ	Соколовский заказник	Иконников о-в	
1	1—4	1—4	1—4	редкие, единично
2	5—19	5—18	5—18	малочисленные, мало
3	20—64	19—81	19—73	обычные, средние
4	65—257	82—348	74—307	многочисленные, много
5	258—1030	348—1503	308—1287	доминирующие, очень много

Оценка показателей структуры сообществ некрофильных жесткокрылых — видового богатства, сходства и выравненности, меры доминирования — проводилась с помощью получивших признание экологов индексов: Жаккара (K_j), Шеннона (H), Пиелу (E), Бергера — Паркера (d), Животовского (μ) [3; 7; 21].

Основные результаты и обсуждение

Численно в сборах доминировали Scarabaeidae (27,03% от собранных жесткокрылых), представленные почти исключительно *Anoplotrupes stercorosus* (85,88% всех Scarabaeidae) — сапрофильным видом, который встречается в разнообразной гниющей органике (табл. 2).

Субдоминантами (24,64% от всех жесткокрылых) были многочисленные в видовом отношении стафилиниды, однако лишь пять их видов (*Megarthus denticollis*, *Platystethus arenarius*, *Creophilus maxilosus*, *Staphylinus erythropterus* и *Aleochara curtula*) имели второй-третий классы обилия, остальные виды были представлены единичными особями.

Третью и четвертую позиции по числу особей в сборах заняли Silphidae и Histeridae (23,53% и 17,63% от сборов соответственно). Из десяти видов сальфид три вида (*Oiceoptoma thoracicum*, *Nicrophorus vespillo*, *N. vespilloides*) имели третий класс обилия, среди гистерид наиболее многочисленны были *Hister unicolor* и *Saprinus semistriatus*.

Большинство видов Staphylinidae, Silphidae отмечены в смешанном лесу, но некоторые представители семейств (*Nicrophorus vespillo*, *Oiceoptoma thoracicum*, *Staphylinus erythropterus*, *Tachinus rufipes*, *Aleochara curtula*) были одинаково представлены на участках соснового и смешанного леса. В распределении представителей других семейств достоверных закономерностей по предпочтению определенных участков леса не выявлено.

Таблица 2

Фауна некрофильных жесткокрылых обследованных территорий

	Таксоны жесткокрылых	Относительное обилие видов, балл		
		Зеленая зона ТЭЦ	Соколовский заказник	Иконников о-в
	SILPHIDAE			
1.	<i>Thanatophilus rugosus</i> Linnaeus, 1758	1		2
2.	<i>Thanatophilus sinuatus</i> Fabricius, 1775	1		2
3.	<i>Oiceoptoma thoracicum</i> Linnaeus, 1758	3	4	4
4.	<i>Silpha carinata</i> Herbst, 1783	2	2	1
5.	<i>Silpha obscura</i> Linnaeus, 1758	1		1
6.	<i>Phosphuga atrata</i> Linnaeus, 1758	1		
7.	<i>Necrodes littoralis</i> Linnaeus, 1758		3	2
8.	<i>Nicrophorus antennatus</i> Reitter, 1884		1	1
9.	<i>Nicrophorus fossor</i> Erichson, 1837			1
10.	<i>Nicrophorus investigator</i> Zetterstedt, 1824	2	3	3
11.	<i>Nicrophorus morio</i> Gebler, 1817		1	
12.	<i>Nicrophorus vespillo</i> Linnaeus, 1758	3	4	4
13.	<i>Nicrophorus vespilloides</i> Herbst, 1784	3	3	4
14.	<i>Nicrophorus vestigator</i> Hershel, 1807		1	1
15.	<i>Nicrophorus sepultor</i> Charpentier, 1825	2		3
	TROGIDAE			
16.	<i>Trox cadaverinis</i> Illiger, 1802		1	
	SCARABAEIDAE			
17.	<i>Anoplotrupes stercorosus</i> Scriba, 1791	4	5	4
18.	<i>Onthophagus fracticornis</i> Preysslner, 1790		1	
19.	<i>Onthophagus nuchicornis</i> Linnaeus, 1758	2		1
20.	<i>Onthophagus gibbulus</i> Pallas, 1781	2	1	1
21.	<i>Aphodius fimetarius</i> Linnaeus, 1758			1
22.	<i>Aphodius rectus</i> Motschulsky, 1866	1	1	3
	NITIDULIDAE			
23.	<i>Glischrochilis hortensis</i> Fourcroy, 1785	1	1	
24.	<i>Omosita japonica</i> Reitter, 1874		1	
25.	<i>Omosita colon</i> Linnaeus, 1758	1		
	LEIODIDAE			
26.	<i>Amphicyllis globus</i> (Fabricius, 1792)		1	
27.	<i>Apocatops nigrata</i> Erichson, 1837		1	
28.	<i>Catops morio</i> Fabricius, 1787		1	2
29.	<i>Sciodrepoides alpestris</i> Jeannel, 1934		1	
30.	<i>Sciodrepoides fumatus</i> (Spence, 1815)		2	
31.	<i>Sciodrepoides watsoni</i> Spence, 1815	3	3	3
32.	<i>Leiodes dubia</i> Fabricius, 1793		1	
33.	<i>Leiodes silesiaka</i> Kraatz, 1852		1	
	DERMESTIDAE			
34.	<i>Dermestes depressus</i> Gebler, 1830			1

	Таксоны жесткокрылых	Относительное обилие видов, балл		
		Зеленая зона ТЭЦ	Соколовский заказник	Иконников о-в
35.	<i>Dermestes lanarius</i> Illiger, 1801	1	1	1
36.	<i>Dermestes murinus</i> Linnaeus, 1758			1
	HISTERIDAE			
37.	<i>Hister unicolor</i> Linnaeus, 1758	3	2	3
38.	<i>Saprinus aeneus</i> Fabricius, 1775		1	1
39.	<i>Saprinus immundus</i> Gyllenhal, 1827	1	1	1
40.	<i>Saprinus planiusculus</i> Motschulsky, 1849	1		1
41.	<i>Saprinus semistriatus</i> Scriba, 1790	3	1	3
42.	<i>Margarinotus brunneus</i> Fabricius, 1775	1		
43.	<i>Margarinotus silantjevi</i> Schirjajev, 1903			1
44.	<i>Margarinotus striola</i> C. Sahlberg, 1819	2	2	1
	HYDROPHYLIDAE			
45.	<i>Cercyon</i> sp. (? pygmaeus)	1		1
46.	<i>Cryptopleurum minutum</i> Fabricius, 1775	1	1	
47.	<i>Pachysternum haemorrhoum</i> Motschulsky, 1866		1	2
48.	<i>Sphaeridium bipustulatum</i> Fabricius, 1781			1
49.	<i>Sphaeridium lunatum</i> Fabricius, 1792			1
	STAPHYLINIDAE			
50.	<i>Megarthritis denticollis</i> Beck, 1817	2	4	2
51.	<i>Megarthritis depressus</i> Paykull, 1789		2	
52.	<i>Oxytelus laqueatus</i> Marsham, 1802	1		
53.	<i>Anotylus nitidulus</i> Gravenhorst, 1802		1	
54.	<i>Anotylus rugosus</i> Fabricius, 1775		1	
55.	<i>Platystethus arenarius</i> Georoy, 1785	2	1	
56.	<i>Stenus</i> sp. 1		1	
57.	<i>Stenus</i> sp. 2			1
58.	<i>Achenium</i> sp.	1	2	1
59.	<i>Lathrobium</i> sp.		1	
60.	<i>Paederus riparius</i> Linnaeus, 1758	1		1
61.	<i>Rugilus geniculatus</i> Erichson, 1839		1	
62.	<i>Gyrophypnus fracticornis</i> O. Mueller, 1776	1	1	1
63.	<i>Leptacinus</i> sp.			1
64.	<i>Philonthus addendus</i> Sharp, 1867	1	2	2
65.	<i>Philonthus cruentatus</i> Gmelin, 1790	1	2	2
66.	<i>Philonthus quisquiliarius</i> Gyllenhal, 1810			1
67.	<i>Philonthus decorus</i> Gravenhorst, 1802	1	2	1
68.	<i>Philonthus ebeninus</i> Gravenhorst, 1802 (= <i>setosus</i> J. Sahlberg)			1
69.	<i>Philonthus lepidus</i> Gravenhorst, 1802		1	
70.	<i>Philonthus parvicornis</i> Gravenhorst, 1802 (= <i>agilis</i> Gravenhorst)	1	1	1

Продолжение табл. 2

	Таксоны жесткокрылых	Относительное обилие видов, балл		
		Зеленая зона ТЭЦ	Соколовский заказник	Иконников о-в
71.	<i>Philonthus politus</i> Linnaeus, 1758	1	2	1
72.	<i>Philonthus rectangulus</i> Sharp, 1874		1	
73.	<i>Philonthus rotundicollis</i> Menetries, 1832			1
74.	<i>Philonthus sanquinolentus</i> Gravenhorst, 1802	1	1	
75.	<i>Philonthus spinipes</i> Sharp, 1874			1
76.	<i>Philonthus splendens</i> Fabricius, 1793	1	2	2
77.	<i>Philonthus marginatus</i> O. Muller, 1764 (=marginatus Strom).	1	2	1
78.	<i>Philonthus nitidus</i> Fabricius, 1787	1	1	1
79.	<i>Staphylinus erythropterus</i> Linnaeus, 1758	3	3	3
80.	<i>Creophylus maxilosus</i> Linnaeus, 1758	2	3	3
81.	<i>Ontholestes murinus</i> Linnaeus, 1758	1	2	2
82.	<i>Ontholestes tessellatus</i> Geoffroy, 1785		1	1
83.	<i>Quedius fuliginosus</i> Gravenhorst, 1802	1	1	
84.	<i>Ocypus</i> sp.		1	
85.	<i>Bolitobius</i> sp.		1	
86.	<i>Lordithon lunulatus</i> Linnaeus, 1760	1	3	1
87.	<i>Tachinus laticollis</i> Gravenhorst, 1802			2
88.	<i>Tachinus rufipes</i> Linnaeus, 1758 (=signatus Gravenhorst)	1	1	1
89.	<i>Tachyporus abdominalis</i> Fabricius, 1781	1		
90.	<i>Tachyporus nitidulus</i> Fabricius, 1781		1	
91.	<i>Sepedophilus</i> sp.	1	1	
92.	<i>Aleochara curtula</i> Goeze, 1777	2	2	2
93.	<i>Aleochara bipustulata</i> Linnaeus, 1760	1	2	1
94.	<i>Aleochara</i> sp.	1		1
95.	<i>Drusilla canaliculata</i> Fabricius, 1787	1	2	2
96.	Aleocharinae gen. sp.	3	4	4
	Всего видов	54	67	63
	Число особей	1030	1503	1285
	Всего особей	3818		

Анализ данных показал, что в целом фауна обследованных территорий сходна (табл. 3) и около трети видов (31,58%) являются общими (рис. 2). Это сходство обеспечивается не только за счет типичных некробионтов, но и за счет видов, связанных с подстилкой и скоплениями другой гниющей органики, которые привлекают их концентрацией пищевых объектов (*Philonthus addendus*, *Ph. politus*, *Staphylinus erythropterus*, *Hister unicolor*, *Saprinus semistriatus*, *Sciodrepoides watsoni* и др.).

Таблица 3

Сходство по фауне обследованных территорий

Сравниваемые участки	Коэффициент Жаккара, K_j
Зеленая зона ТЭЦ / Соколовский заказник	0,49
Зеленая зона ТЭЦ / Иконников о-в	0,53
Соколовский заказник / Иконников о-в	0,42

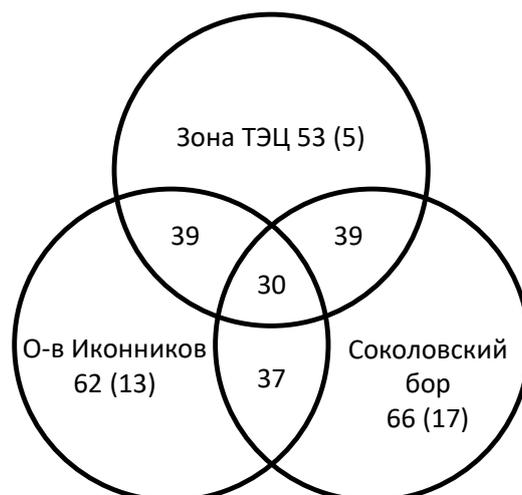


Рис. 2. Сходство в видовом составе жесткокрылых обследованных участков. В скобках указано число видов, отмеченных только в указанном локалитете. Aleocharinae при построении диаграммы не учитывались

Основу фауны во всех трех случаях составляют виды 1—2 класса обилия (табл. 4).

Таблица 4

Оценка обилия видов на обследованных территориях

Балл, <i>a</i> Характеристика обилия	Зеленая зона ТЭЦ, видов/%		Соколовский заказник, видов/%		Иконников о-в, видов/%	
1 редкие	35/64,82%	83,34%	41/60,29%	82,35%	37/59,02%	78,69%
2 малочисленные	10/18,52%		15/22,06%		13/19,67%	
3 обычные	8/14,81%		7/10,29%		8/13,11%	
4 многочисленные	1/1,85%		4/5,88%		5/8,20%	
5 доминирующие	—		1/1,48%		—	
Видов	54		67		63	

Как известно, состояние сообщества можно описать с помощью его структурных характеристик, таких как видовое разнообразие, доминирование, выравнивание видов и др. [15]. Оценка разнообразия некрофильных жесткокрылых на обследованных территориях с учетом числа видов и степени их доминирования проводилась с использованием индексов Шеннона, Пиелу и Бергера — Паркера (табл. 5). Индекс Шеннона характеризует видовое богатство, учитывая не только число видов, но и степень их доминирования; индекс Пиелу — выравнивание видов; индекс доминирования Бергера — Паркера отражает относительную значимость наиболее обильного вида.

Таблица 5

Сравнительная оценка показателей разнообразия обследованных территорий с учетом мер доминирования

Обследованные участки	Индекс Шеннона (<i>H</i>)	Индекс Пиелу (<i>E</i>)	Индекс Бергера — Паркера (<i>d</i>)	Индекс Животовского (<i>μ</i>)	Доля редких видов (<i>h</i>)
Зеленая зона ТЭЦ	2,96	0,74	0,23	35,64	0,34
Соколовский заказник	2,87	0,68	0,29	31,14	0,54
Иконников о-в	2,85	0,69	0,20	28,20	0,55

Результаты показывают, что в целом сравниваемые территории близки по видовому разнообразию. Наибольший индекс Шеннона ($H = 2,96$) показывает зеленая зона ТЭЦ, что объясняется экотонным характером территории, сочетающей лесные станции с более сухими обширными участками полей и у автодороги, отделяющей зеленую зону от промышленной. Разнообразие здесь обеспечивается главным образом за счет видов, характерных для луговой и степной растительности, и некоторых других с первым классом обилия (*Phosphuga atrata*, *Thanatophilus sinuatus*, *Margarinotus brunneus*, *Tachyporus abdominalis* и др.).

Своеобразие фауны Соколовского заказника связано с присутствием видов, приуроченных к лесным и увлажненным местообитаниям, богатым разлагающимися субстратами (виды Leiodidae, Staphylinidae, крупный *Nicrophorus morio* из Silphidae и др.).

Отличия фауны заказника, расположенного на острове Иконников, объясняются пойменным характером растительности и наличием небольшого поселения, где имеется скот и продукты его жизнедеятельности (*Aphodius fimetarius*, *Dermestes depressus*, *D. murinus*, *Sphaeridium bipustulatum*, *S. lunatum* и др.).

Индекс Пиелу (E) рассчитывается на основе индекса Шеннона и показывает, насколько равномерно относительная численность особей при данном количестве видов распределена в сообществе: чем ближе его значение к единице, тем выше выравненность видов. В нашем случае на всех трех обследованных территориях значения индекса Пиелу варьировали незначительно и имели значения выше среднего (0,68—0,74), что объясняется небольшим числом видов с 4—5 классами обилия (табл. 4).

Индекс Бергера — Паркера (d) выражает относительную значимость наиболее обильного вида и также выражается в долях единицы: чем больше его значение, тем выше степень доминирования одного вида. Для обследованных участков значения индекса также невелики, что связано с преобладанием видов с 1—2 классами обилия на всех обследованных территориях. Наибольшее значение индекса имеет фауна Соколовского заказника, где резко выражено доминирование связанного со скоплениями гниющей органики *Anoplotrupes stercorosus* (5 класс обилия), этот же вид доминирует и в сборах с зеленой зоны ТЭЦ (4 класс обилия). На территории заказника «Остров Иконников» выраженными доминантами являются *Nicrophorus vespilloides* и *Nicrophorus vespillo* (4 класс обилия).

Значения индекса Животовского (μ), учитывающего значимость вида в сообществе, в целом соответствуют другим показателям разнообразия, но этот индекс позволяет определить долю редких видов в сообществе (h): чем она выше, тем больше разнообразие редких видов в сообществе [3]. В нашем случае наибольшее значение этого показателя отмечено в Соколовском заказнике.

Таким образом, на данном этапе исследований можно отметить незначительное влияние техногенного фактора на фауну некрофильных жесткокрылых изученного участка зеленой зоны г. Бийска, прилегающей к месту расположения промышленных предприятий. Это можно объяснить простым и незначительной производственной деятельностью большинства из них в конце XX — начале XXI века, что позволило восстановиться сообществу зрелого аборигенного лесного массива и вернуться к состоянию, близкому к первоначальному. В настоящее время наблюдается активизация деятельности предприятий, особенно связанных с химическим производством, что ведет к увеличению прессинга на флору и фауну обследованной зоны и вызывает необходимость продолжения исследований в этом направлении.

Благодарности. Автор выражает благодарность В. К. Зинченко (ИСИЭЖ СО РАН г. Новосибирск) за помощь в определении части материала (*Nitidulidae*, *Leiodidae*,

Dermestidae, Histeridae), а также Е. А. Еремееву (АГППУ им. В. М. Шушкина, г. Бийск) за помощь в проведении полевых работ.

Список использованной литературы

1. Алексанов В. В. Дифференциация комплексов напочвенных беспозвоночных на урбанизированной территории (на примере города Калуги) [Электронный ресурс] // Живые и биокосные системы. 2013. № 5. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-5/article-10>.
2. Бабенко А. С., Еремеева Н. И. Особенности населения жужелиц урбанизированных территорий в условиях сибирских городов // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2007. № 1 (1). С. 5—17.
3. Гелашвили Д. Б., Солнцев 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) // Поволжский экологический журнал. 2011. № 4. С. 407—420.
4. Гонгальский К. Б., Самонов А. Е., Чуднянцева И. И. Накопление радионуклидов и мышьяка жуками (Coleoptera) в районе действия Приаргунского производственного горно-химического объединения // 12 Съезд Русского энтомологического общества, Санкт-Петербург, 19—24 авг. 2002 г. : тез. докл. СПб., 2002. С. 83—84.
5. Зинченко В. К. Простая и эффективная ловушка для отлова жуков-некрофагов // Евразийский энтомологический журнал. 2007. Т. 6, вып. 4. С. 410.
6. Еремеев Е. А., Псарев А. М. Жуки-мертвоеды (Coleoptera: Silphidae) городских лесов города Бийска // Вестник Нижневартского государственного университета. 2016. № 2. С. 36—41.
7. Животовский Л. А. Показатель внутривидового разнообразия // Журнал общей биологии. 1980. Т. 41, № 6. С. 828—836.
8. Зиновьев Е. В., Пархачев А. А. Характеристика элементарной фауны жесткокрылых (Insecta: Coleoptera) участка городской застройки Екатеринбурга // Фауна Урала и Сибири. 2017. № 1. С. 63—83.
9. Золотарев М. П., Бельская Е. А. Влияние техногенных и природных факторов на обилие беспозвоночных герпетобионтов // Евразийский энтомологический журнал. 2012. № 11 (1). С. 19—28.
10. Кашеев В. А., Чильдебаев М. К. К изучению Aleochara Grav. (Coleoptera, Staphylinidae) фауны России, Казахстана и сопредельных стран // Tethys Entomological Research. 2000. Vol. 2. С. 113—132.
11. Крыжановский О. Л., Рейхардт А. Н. Фауна СССР. Жесткокрылые. Т. 5, вып. 4. Жуки надсемейства Histeroidea (семейства Sphaeritidae, Histeridae, Synteliidae). Л. : Наука, 1976. 435 с.
12. Николаев Г. В. Пластинчатогусые жуки Казахстана и Средней Азии. Алма-Ата : Наука, 1987. 232 с.
13. Николаев Г. В., Козьминых В. О. Жуки-мертвоеды. Алматы : Казак университет, 2002. 159 с.
14. Определитель насекомых европейской части России : в 5 т. Т. 2. Жесткокрылые и веерокрылые. М. ; Л. : Наука, 1965. 668 с.
15. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М. : Наука, 1982. 287 с.
16. Пушкин С. В. Жуки-некрофаги — биоиндикаторы техногенного загрязнения урбосистем // Вестник Мордовского университета. 2009. № 1. С. 51—52.
17. Суходольская Р. А., Лузянин С. Л., Воробьева И. Г., Алексанов В. В., Минязова В. Б. Изменчивость размеров и половой диморфизм жужелицы *Pterostichus melanarius* Ill. в городах // Российский журнал прикладной экологии. 2022. № 1 (29). С. 15—22. DOI: 10.24852/2411-7374.2022.1.15.22.
18. Трофимов И. Е. Некоторые результаты популяционно-фенетического анализа *Nicrophorus vespillo* (Coleoptera, Silphidae) из калужского городского бора // Зоологический журнал. 2008. Т. 87, № 6. С. 658—664.
19. Шатровский А. Г. Hydrophilidae // Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. Л. : Наука, 1989. Т. 3, ч. 1. С. 264—293.
20. Шиленков В. Г. Герпетобионтные членистоногие в урбанистическом градиенте г. Иркутска // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Биология. Экология. 2020. Т. 34. С. 33—44. DOI: 10.26516/2073-3372.2020.34.33.
21. Шитиков В. К., Розенберг Г. С. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения // Количественные методы экологии и гидробиологии : сб. науч. тр., посвящ. памяти А. И. Баканова. Тольятти : СамНИЦ РАН, 2005. С. 91—129.
22. Deichsel R. Species change in an urban setting — ground and rove beetles (Coleoptera: Carabidae and Staphylinidae) in Berlin // Urban Ecosyst. 2006. Vol. 9, N 3. P. 161—178. DOI: 10.1007/s11252-006-8588-3.

23. Komaromi N. A., Nikolenko N. Yu., Puchkov A. V. The faunistic structure of beetles (Insecta: Coleoptera) in herpetobios of urbocenosis of Kharkiv city (Ukraine) // Ukrainian Entomological Journal. 2018. Vol. 15, N 2. P. 3—21. DOI: 10.15421/281809.
24. Kosewska A., Nietupski M., Damszel M. Role of urban forests as a source of diversity of carabids (Coleoptera: Carabidae) in urbanised areas // Baltic Journal of Coleopterology. 2013. Vol. 13, N 1. P. 27—39.
25. Loeb I. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Hydrophiloidea — Histeroidea — Staphylinoidea. Vol. 2. Stenstrup : Apollo Books, 2004. 942 p.
26. Sattler T., Duelli P., Obrist M. K., Arlettaz R., Moretti M. Response of arthropod species richness and functional groups to urban habitat structure and management // Landscape Ecology. 2010. Vol. 25, N 6. P. 941—954. DOI: 10.1007/s10980-010-9473-2.
27. Schillhammer H. Revision of the East Palaearctic and Oriental species of *Philonthus* Stephens. Part 1. The *cyanipennis* group (Coleoptera: Staphylinidae, Staphylininae) // Koleopterologische Rundschau. 1998. Vol. 68. P. 101—118.
28. Schillhammer H. Revision of the East Palaearctic and Oriental species of *Philonthus* Stephens. Part 2. The *spinipes* and *cinctulus* groups (Coleoptera: Staphylinidae, Staphylininae) // Koleopterologische Rundschau. 1999. Vol. 69. P. 55—65.
29. Schillhammer H. Revision of the East Palaearctic and Oriental species of *Philonthus* Stephens. Part 3. The *politus* complex (Coleoptera: Staphylinidae, Staphylininae) // Koleopterologische Rundschau. 2000. Vol. 70. P. 113—176.
30. Schillhammer H. Revision of the East Palaearctic and Oriental species of *Philonthus* Stephens. Part 5. The *rotundicollis* and *sanguinolentus* species groups (Coleoptera: Staphylinidae, Staphylininae) // Koleopterologische Rundschau. 2003. Vol. 73. P. 85—136.

Поступила в редакцию 03.06.2022

Псарев Александр Михайлович, доктор биологических наук, доцент
Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет имени В. М. Шукшина
Российская Федерация, 659333, Алтайский край, г. Бийск, ул. В. Короленко, 53
E-mail: apsarev@mail.ru
ORCID: 0000-0003-2370-2729

UDC 595.76:574.21

A. M. Psarev

Comparative analysis of communities of necrophilous Coleoptera in forest areas with varying degrees of anthropogenic pressure

Necrophilous coleoptera are widely used in ecological research. The article presents the results of a comparative analysis of the Coleoptera fauna associated with the soil surface and ground substrates, three localities, with varying degrees of anthropogenic pressure, but similar in natural conditions (a forest area in an industrial zone, a pine forest area on the territory of a nature reserve, an island floodplain forest area). 96 species from 9 Coleoptera families (Silphidae, Trogidae, Scarabaeidae, Nitidulidae, Leiodidae, Dermestidae, Histeridae, Hydrophilidae, Staphylinidae) were collected. To analyze the fauna, the indices of Jacquard, Shannon, Pielou, Berger — Parker, Zhivotovsky, widely used by ecologists, were used. Almost all indices showed average values. Differences in fauna and its structure are mainly related to the peculiarities of vegetation cover and the presence of stations (settled areas, household garbage, etc.) that are attractive to certain species of coleoptera. The author explains the insignificant influence of the technogenic factor on the complex of necrophilous coleoptera of the forest area in the industrial zone with a small volume of production at the end of the XX — beginning of the XXI century, which allowed the community of a mature aboriginal forest to maintain a state close to natural.

Key words: urban forests, insect fauna, insect ecology, necrophilous beetles, Coleoptera, Staphylinidae, Silphidae, biodiversity assessment.

Psarev Aleksandr Mikhailovich, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor
Shukshin Altai State University for Humanities and Pedagogy
Russian Federation, 659333, Altai Krai, Biysk, ul. V. Korolenko, 53

E-mail: apsarev@mail.ru
 ORCID: 0000-0003-2370-2729

References

1. Aleksanov V. V. Differentsiatsiya kompleksov napochvennykh bespozvonochnykh na urbanizirovannoi territorii (na primere goroda Kalugi) [Differentiation of ground invertebrate communities in urban environment (Kaluga, Russia)]. *Zhivye i biokosnye sistemy*, 2013, no. 5. Available at: <http://www.jbks.ru/archive/issue-5/article-10>. (In Russian)
2. Babenko A. S., Ereemeeva N. I. Osobennosti naseleniya zhuzhelits urbanizirovannykh territorii v usloviyakh sibirskikh gorodov [The peculiarities of ground beetle's fauna on the territories of Siberian towns]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya — Tomsk State University Journal of Biology*, 2007, no. 1 (1), pp. 5—17. (In Russian)
3. Gelashvili D. B., Solntsev L. A., Yakimov V. N., Sukhodol'skaya R. A., Khabibullina N. R., Iudin D. I., Snegireva M. S. Fraktal'nyi analiz vidovoi struktury karabidokompleksov urbanizirovannykh territorii (na primere g. Kazani) [Fractal analysis of the specific structure of Carabidae complexes in urbanized territories (with Kazan city as an example)]. *Povolzhskii ekologicheskii zhurnal — Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2011, no. 4, pp. 407—420. (In Russian)
4. Gongal'skii K. B., Samonov A. E., Chudnyavtseva I. I. Nakoplenie radionuklidov i mysh'yaka zhukami (Coleoptera) v raione deistviya Priargunskogo proizvodstvennogo gorno-khimicheskogo ob'edineniya [Accumulation of radionuclides and arsenic by beetles (Coleoptera) in the area of operation of the Priargunsk Industrial Mining and Chemical Association]. *12 S'ezd Russkogo entomologicheskogo obshchestva, Sankt-Peterburg, 19—24 avg. 2002 g.: tez. dokl. [12th Congress of the Russian Entomological Society, St. Petersburg, Aug. 19—24, 2002. Abstr. reports]*. St. Petersburg, 2002, pp. 83—84. (In Russian)
5. Zinchenko V. K. Prostaya i effektivnaya lovushka dlya otlova zhukov-nekrofagov [A simple and effective trap for catching necrophagous beetles]. *Evraziatskii entomologicheskii zhurnal — Eurasian Entomological Journal*, 2007, vol. 6, is. 4, pp. 410. (In Russian)
6. Ereemeev E. A., Psarev A. M. Zhuki-mertvoedy (Coleoptera: Silphidae) gorodskikh lesov goroda Biiska [Carrion beetles (Coleoptera: Silphidae) in the urban forests of Biysk]. *Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta — Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, 2016, no. 2, pp. 36—41. (In Russian)
7. Zhivotovskii L. A. Pokazatel' vnutripopulyatsionnogo raznoobraziya [Index of intrapopulation diversity]. *Zhurnal obshchei biologii*, 1980, vol. 41, no. 6, pp. 828—836. (In Russian)
8. Zinov'ev E. V., Parkhachev A. A. Kharakteristika elementarnoi fauny zhestkokrylykh (Insecta: Coleoptera) uchastka gorodskoi zastroyki Ekaterinburga [Properties of the elementary beetle fauna (Insecta: Coleoptera) in a part of the Yekaterinburg urban area]. *Fauna Urala i Sibiri*, 2017, no. 1, pp. 63—83. (In Russian)
9. Zolotarev M. P., Bel'skaya E. A. Vliyanie tekhnogennykh i prirodnykh faktorov na obilie bespozvonochnykh gerpetobiontov [Effects of industrial pollution and habitat characteristics on epigeic invertebrate abundance]. *Evraziatskii entomologicheskii zhurnal — Eurasian Entomological Journal*, 2012, no. 11 (1), pp. 19—28. (In Russian)
10. Kashcheev V. A., Chil'debaev M. K. K izucheniyu Aleochara Grav. (Coleoptera, Staphylinidae) fauny Rossii, Kazakhstana i sopredel'nykh stran [On the studying of the genus Aleochara Grav. in the fauna of Russia, Kazakhstan and adjoining territories]. *Tethys Entomological Research*, 2000, vol. 2, pp. 113—132. (In Russian)
11. Kryzhanovskii O. L., Reikhardt A. N. *Fauna SSSR. Zhestkokrylye. T. 5, vyp. 4. Zhuki nadsemeistva Histeroidea (semeistva Sphaeritidae, Histeridae, Synteliidae)* [Fauna of the USSR. Coleoptera. Vol. 5, no. 4. Beetles of the superfamily Histeroidea (families Sphaeritidae, Histeridae, Synteliidae)]. Leningrad, Nauka Publ., 1976. 435 p. (In Russian)
12. Nikolaev G. V. *Plastinchatousye zhuki Kazakhstana i Srednei Azii* [Lamellar beetles of Kazakhstan and Central Asia]. Alma-Ata, Nauka Publ., 1987. 232 p. (In Russian)
13. Nikolaev G. V., Koz'minykh V. O. *Zhuki-mertvoedy* [Beetles necrophages]. Almaty, Kazak universitet Publ., 2002. 159 p. (In Russian)
14. *Opredelitel' nasekomykh evropeiskoi chasti Rossii: v 5 t. T. 2. Zhestkokrylye i veerokrylye* [Key to insects of the European part of Russia. In 5 vols. Vol. 2. Coleoptera and Fanoptera]. Moscow, Leningrad, Nauka Publ., 1965. 668 p. (In Russian)
15. Pesenko Yu. A. *Printsipy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskikh issledovaniyakh* [Principles and methods of quantitative analysis in faunistic studies]. Moscow, Nauka Publ., 1982. 287 p. (In Russian)
16. Pushkin S. V. *Zhuki-nekrofagi — bioindikatory tekhnogennogo zagryazneniya urbosistem* [Necrophage beetles as bioindicators of technogenic pollution of urban systems]. *Vestnik Mordovskogo universiteta*, 2009, no. 1, pp. 51—52. (In Russian)

17. Sukhodol'skaya R. A., Luzyanin S. L., Vorob'eva I. G., Aleksanov V. V., Minyazova V. B. *Izmenchivost' razmerov i polovoi dimorfizm zhuzhelitsy Pterostichus melanarius Ill. v gorodakh* [Body size variation and sexual size dimorphism of ground beetle *Pterostichus melanarius* Ill. in the cities]. *Rossiiskii zhurnal prikladnoi ekologii — Russian Journal of Applied Ecology*, 2022, no. 1 (29), p. 15—22. DOI: 10.24852/2411-7374.2022.1.15.22. (In Russian)
18. Trofimov I. E. *Nekotorye rezul'taty populyatsionno-feneticheskogo analiza Nicrophorus vespillo (Coleoptera, Silphidae) iz kaluzhskogo gorodskogo bora* [Some results of phenetic analysis of *Nicrophorus vespillo* (Coleoptera, Silphidae) population from Kaluga city pine forest]. *Zoologicheskii zhurnal*, 2008, vol. 87, no. 6, pp. 658—664. (In Russian)
19. Shatrovskii A. G. *Hydrophilidae [Hydrophilidae]. Opredelitel' nasekomykh Dal'nego Vostoka SSSR* [Key to insects of the Far East of the USSR]. Leningrad, Nauka Publ., 1989, vol. 3, part 1, pp. 264—293. (In Russian)
20. Shilenkov V. G. *Gerpetobiontnye chlenistonogie v urbanisticheskom gradiente g. Irkutsk* [Terrestrial Arthropods in the Urban Gradient of Irkutsk City]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Biologiya. Ekologiya — The Bulletin of Irkutsk State University. Biology. Ecology*, 2020, vol. 34, pp. 33—44. DOI: 10.26516/2073-3372.2020.34.33. (In Russian)
21. Shitikov V. K., Rozenberg G. S. *Otsenka bioraznoobraziya: popytka formal'nogo obobshcheniya* [Biodiversity assessment: an attempt at a formal generalization]. *Kolichestvennye metody ekologii i gidrobiologii: sb. nauch. tr., posvyashch. pamyati A. I. Bakanova* [Quantitative methods of ecology and hydrobiology. Collect. of scientific works dedicated to A. I. Bakanov]. Tolyatti, SamNTs RAN Publ., 2005, pp. 91—129. (In Russian)
22. Deichsel R. *Species change in an urban setting — ground and rove beetles (Coleoptera: Carabidae and Staphylinidae) in Berlin*. *Urban Ecosyst*, 2006, vol. 9, no. 3, pp. 161—178. DOI: 10.1007/s11252-006-8588-3.
23. Komaromi N. A., Nikolenko N. Yu., Puchkov A. V. *The faunistic structure of beetles (Insecta: Coleoptera) in herpetobios of urbocenosis of Kharkiv city (Ukraine)*. *Ukrainian Entomological Journal*, 2018, vol. 15, no. 2, pp. 3—21. DOI: 10.15421/281809.
24. Kosewska A., Nietupski M., Damszel M. *Role of urban forests as a source of diversity of carabids (Coleoptera: Carabidae) in urbanised areas*. *Baltic Journal of Coleopterology*, 2013, vol. 13, no. 1, pp. 27—39.
25. Loeb I. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Hydrophiloidea — Histeroidea — Staphylinoidea*. Vol. 2. Stenstrup, Apollo Books, 2004. 942 p.
26. Sattler T., Duelli P., Obrist M. K., Arlettaz R., Moretti M. *Response of arthropod species richness and functional groups to urban habitat structure and management*. *Landscape Ecology*, 2010, vol. 25, no. 6, pp. 941—954. DOI: 10.1007/s10980-010-9473-2.
27. Schillhammer H. *Revision of the East Palaearctic and Oriental species of Philonthus Stephens. Part 1. The cyanipennis group (Coleoptera: Staphylinidae, Staphylininae)*. *Koleopterologische Rundschau*, 1998, vol. 68, pp. 101—118.
28. Schillhammer H. *Revision of the East Palaearctic and Oriental species of Philonthus Stephens. Part 2. The spinipes and cinctulus groups (Coleoptera: Staphylinidae, Staphylininae)*. *Koleopterologische Rundschau*, 1999, vol. 69, pp. 55—65.
29. Schillhammer H. *Revision of the East Palaearctic and Oriental species of Philonthus Stephens. Part 3. The politus complex (Coleoptera: Staphylinidae, Staphylininae)*. *Koleopterologische Rundschau*, 2000, vol. 70, pp. 113—176.
30. Schillhammer H. *Revision of the East Palaearctic and Oriental species of Philonthus Stephens. Part 5. The rotundicollis and sanguinolentus species groups (Coleoptera: Staphylinidae, Staphylininae)*. *Koleopterologische Rundschau*, 2003, vol. 73, pp. 85—136.