



ЖУЖЕЛИЦЫ (COLEOPTERA: CARABIDAE) КАК БИОИНДИКАТОРЫ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ В УРБОЭКΟΣИСТЕМЕ ГОРОДА ЧЕРЕПОВЦА

© 2025

Глушков И.С.

Череповецкий государственный университет (г. Череповец, Вологодская область, Россия)

Аннотация. В статье представлены результаты исследования жужелиц (Coleoptera: Carabidae) в городе Череповце в Верхневолжском регионе. Изучение проведено в 2023–2024 гг. на территориях с разным уровнем антропогенной нагрузки: в селитебной зоне (Макаринской роще) и промышленной зоне (на промплощадке и в санитарно-защитной зоне ПАО «Северсталь»). Сбор материала осуществлялся с помощью почвенных ловушек Барбера и желтых тарелок Мерике. Целью работы была оценка видового состава, обилия и структуры доминирования жужелиц как основы для их использования в биоиндикации состояния городской среды. На территории города зарегистрировано 15 видов жужелиц из 7 родов. Установлено, что наибольшее видовое богатство (12 видов) характерно для селитебной зоны, тогда как в промышленной зоне обнаружено лишь 6 видов. Обилие жужелиц в селитебной зоне (2,38 экз./10 ловушко-суток) в два раза превышало такое в промышленной зоне (1,19 экз./10 ловушко-суток). Доминирующими видами в селитебной зоне были *Pterostichus niger* (Schaller, 1783) и *Pterostichus nigrata* (Paykull, 1790), а в промышленной зоне – *Pterostichus niger*. Индекс разнообразия Шеннона подтвердил более благоприятные условия существования для жужелиц в селитебной зоне ($H' = 1,568$) по сравнению с промышленной ($H' = 1,098$) и санитарно-защитной зоной ($H' = 0,811$). Анализ кормовой базы показал, что в селитебной зоне плотность жужелиц приближается к доступности их предпочитаемых кормовых объектов, что указывает на напряженность трофических отношений. Проведен сравнительный анализ с фауной жужелиц других промышленных городов России (Грозный, Казань, Кемерово), который выявил значительно более бедный видовой состав и упрощенную структуру сообществ в Череповце. Полученные результаты свидетельствуют о высокой чувствительности жужелиц к техногенному воздействию и подтверждают их перспективность в качестве биоиндикаторов для мониторинга состояния окружающей среды в урбоэкосистемах.

Ключевые слова: жужелицы; Carabidae; Coleoptera; биоиндикация; урбоэкосистема; антропогенная нагрузка; промышленный город; видовое разнообразие; Череповец; *Pterostichus niger*; *Pterostichus nigrata*.

GROUND BEETLES (COLEOPTERA: CARABIDAE) AS BIOINDICATORS OF ANTHROPOGENIC LOAD IN THE URBAN ECOSYSTEM OF CHEREPOVETS

© 2025

Glushenkov I.S.

Cherepovets State University (Cherepovets, Vologda Region, Russia)

Abstract. The article presents the results of a study of the fauna and population of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in the conditions of the industrial city of Cherepovets. The study was conducted in 2023–2024 in areas with different levels of anthropogenic load: in the residential zone (Makarinskaya Roshcha) and the industrial zone (production site and sanitary protection zone of PJSC Severstal). The material was collected using Barber soil traps. The aim of the work was to assess the species composition, abundance and dominance structure of ground beetles as a basis for their use in bioindication of the urban environment. A total of 15 species of ground beetles from 7 genera were registered in the city. The greatest species richness (12 species) was characteristic of the residential zone, while only 6 species were found in the industrial zone. The abundance of ground beetles in the residential zone (2,38 ind./10 trap-days) was twice as high as in the industrial zone (1,19 ind./10 trap-days). The dominant species in the residential zone were *Pterostichus niger* (Schaller, 1783) and *Pterostichus nigrata* (Paykull, 1790), and in the industrial zone – *Pterostichus niger*. The Shannon diversity index confirmed more favorable conditions in the residential zone ($H' = 1,568$) compared to the industrial ($H' = 1,098$) and sanitary protection zones ($H' = 0,811$). The analysis of the food base showed that in the residential area, the density of ground beetles is approaching the availability of their preferred food sources, indicating the intensity of trophic relations. A comparative analysis with the fauna of ground beetles in other industrial cities of Russia (Grozny, Kazan, Kemerovo) revealed a significantly poorer species composition and simplified structure of communities in Cherepovets. The results obtained indicate the high sensitivity of ground beetles to technogenic impact and confirm their promise as bioindicators for monitoring the state of the environment in urban ecosystems.

Keywords: ground beetles; Carabidae; Coleoptera; bioindication; urban ecosystem; anthropogenic load; industrial city; species diversity; Cherepovets; *Pterostichus niger*; *Pterostichus nigrata*.

Введение

Современные города представляют собой сложные урбоэкосистемы, находящиеся под постоянным и интенсивным техногенным воздействием [1]. Одной из ключевых задач экологического мониторинга является оценка состояния окружающей среды и ее изменений под влиянием антропогенных факторов. В последнее время все большее внимание уделяется использованию биологических методов диагностики, в частности,

биоиндикации – оценке состояния среды по отклику живых организмов и их сообществ [2; 3]. Среди объектов биоиндикации особое место занимают жужелицы (Coleoptera: Carabidae) – многочисленное и широко распространенное семейство жуков, чувствительное к изменениям местообитаний, загрязнению почв и другим формам антропогенного пресса [4; 5]. Изучение фауны и населения жужелиц в параметрах промышленных городов, таких как Череповец с его мощным металлургическим и химическим комплексами, является актуальной задачей, решение которой позволит получить объективные данные о степени нарушенности городских экосистем и выделить виды-индикаторы для последующего мониторинга.

Проблеме использования жужелиц в качестве биоиндикаторов посвящены работы многих отечественных и зарубежных исследователей. Так, Т.А. Автаева [6] изучала жужелиц как индикаторов загрязнения почв в г. Грозном. Комплексные исследования фаун жужелиц крупных промышленных городов России (Казань, Кемерово, Грозный) были проведены коллективом авторов под руководством Т.А. Автаевой [7]. В этих работах показано, что в процессе урбанизации происходит снижение видового богатства, упрощение структуры сообществ и доминирование эвритопных видов. Исследованиям жужелиц лесных экосистем Вологодской области посвящены работы Ю.Н. Беловой [8; 9]. Однако специальные исследования фауны и населения жужелиц г. Череповца до настоящего времени не проводились, что определяет научную новизну данной работы.

Целью нашего исследования явилось изучение видового состава, обилия и структуры доминирования жужелиц (Carabidae) в промышленном городе Череповце для оценки их биоиндикационного потенциала.

Объектом исследования являются жуки семейства жужелицы (Carabidae).

Материалы и методика исследования

Исследования проводились в летние периоды 2023 и 2024 гг. на двух ключевых участках с разным уровнем антропогенной нагрузки: 1) селитебная зона (Макаринская роща); 2) промышленная зона, включающая промплощадку ПАО «Северсталь» и ее санитарно-защитную зону (бассейн р. Кошта). Сбор энтомологического материала осуществлялся стандартным методом почвенных ловушек Барбера [10] и жёлтые тарелки Мерике [11]. Всего было отработано 469 ловушко-суток (л.-с.): 252 л.-с. в селитебной зоне, 70 л.-с. на промплощадке и 147 л.-с. в санитарно-защитной зоне (СЗЗ). Ловушки представляли собой стеклянные банки объемом 0,5 л, вкопанные вровень с поверхностью почвы и заполненные фиксирующим раствором детергента. Учет обилия проводился в пересчете на 10 ловушко-суток (экз./10 л.-с.) [12]. Видовая принадлежность собранных жужелиц определялась с использованием принятых в научном сообществе определителей [13; 14]. Для анализа структуры сообществ использовались индекс доминирования по Ренконену [15] и индекс видового разнообразия Шеннона–Уивера (H') [16; 17]. Дополнительно проводился учет прочих беспозвоночных животных для оценки кормовой базы жужелиц.

Результаты и их обсуждение

В ходе исследований на территории г. Череповца было обнаружено 15 видов жужелиц из 7 родов (табл. 1). Наибольшее видовое разнообразие отмечено для родов *Pterostichus* и *Carabus* (по 4 вида, 26,67% каждый).

Распределение видов по зонам оказалось неравномерным (табл. 2). В селитебной зоне (Макаринской роще) было обнаружено 12 видов, тогда как в промышленной зоне – только 6 видов. Только три вида встречались на всех участках: *Pterostichus niger*, *Carabus nemoralis* O.F. Müller, 1764 и *Carabus cancellatus* Illiger, 1798.

Обилие жужелиц также значительно различалось между зонами (табл. 3). В селитебной зоне этот показатель составил 2,38 экз./10 л.-с., что в два раза выше, чем в промышленной зоне в целом (1,19 экз./10 л.-с.). В пределах промышленной зоны наименьшее обилие отмечено в СЗЗ (0,95 экз./10 л.-с.).

Анализ доминирования показал, что в селитебной зоне сообщество возглавляли *Pterostichus niger* (44,1%) и *Pterostichus nigrita* (37,3%), а в промышленной зоне абсолютно доминировал *Pterostichus niger* (70,0%) при участии *Carabus nemoralis* (14,8%) [18]. Оценка биоразнообразия по индексу Шеннона–Уивера выявила его снижение по градиенту антропогенной нагрузки: от умеренного разнообразия в селитебной зоне ($H' = 1,568$) к низкому в СЗЗ ($H' = 0,811$) (табл. 4).

Анализ кормовой базы показал, что в селитебной зоне высокая плотность жужелиц (2,38 экз./10 л.-с.) практически сравнялась с доступной кормовой базой (2,3 экз./10 л.-с. предпочитаемых объектов), что указывает на напряженность трофических отношений и предельную нагрузку на экосистему [19].

Проведенный сравнительный анализ с другими промышленными городами России (табл. 5) показал, что фауна жужелиц Череповца (15 видов) значительно беднее, чем в Грозном (92 вида), Казани (93 вида) и особенно в Кемерово (147 видов) [7]. Это свидетельствует о более высокой техногенной нагрузке и глубокой трансформации естественных местообитаний в Череповце.

Таблица 1 – Таксономическая структура жужелиц г. Череповца

Род	Количество видов	Доля, %
<i>Pterostichus</i>	4	26,67
<i>Carabus</i>	4	26,67
<i>Leistus</i>	2	13,33
<i>Calathus</i>	2	13,33
<i>Amara</i>	1	6,67
<i>Poecilus</i>	1	6,67
<i>Loricera</i>	1	6,67

Таблица 2 – Видовой состав жужелиц в промышленной и селитебной зонах г. Череповца

Вид	Селитебная зона	Промышленная зона
<i>Pterostichus niger</i> (Schaller, 1783)	+	+
<i>Carabus nemoralis</i> O.F. Müller, 1764	+	+
<i>Carabus cancellatus</i> Illiger, 1798	+	+
<i>Pterostichus versicolor</i> (Sturm, 1824)	+	–
<i>Amara aenea</i> (DeGeer, 1774)	+	–
<i>Carabus arvensis</i> Herbst, 1784	+	–
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)	+	–
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775)	+	–
<i>Pterostichus vernalis</i> (Panzer, 1796)	+	–
<i>Pterostichus nigrita</i> (Paykull, 1790)	+	–
<i>Leistus ferrugineus</i> (Linnaeus, 1758)	+	–
<i>Carabus granulatus</i> Linnaeus, 1758	+	–
<i>Calathus ambiguus</i> (Paykull, 1790)	–	+
<i>Calathus micropterus</i> (Duftschmid, 1812)	–	+
<i>Leistus piceus</i> Frölich, 1799	–	+

Таблица 3 – Обилие жужелиц в различных зонах г. Череповца

Зона исследования	Отработано ловушко-суток	Обилие, экз./10 л.-с.
Промплощадка ПАО «Северсталь»	70	1,71
СЗЗ (р. Кошта)	147	0,95
Селитебная зона (Макарянская роща)	252	2,38

Таблица 4 – Оценка разнообразия жужелиц по индексу Шеннона–Уивера

Биотоп	Количество видов	Общее число особей	Индекс Шеннона–Уивера (H')	Интерпретация
Селитебная зона (роща)	11	59	1,568	Умеренное разнообразие
Санитарно-защитная зона	3	15	0,811	Низкое разнообразие
Промышленная зона	5	12	1,098	Пониженное разнообразие

Таблица 5 – Сравнительный анализ фаун жужелиц промышленных городов России

Параметр	г. Череповец	г. Грозный	г. Казань	г. Кемерово
Общее количество видов	15	92	93	147
Общее количество родов	7	36	33	40
Доминирующие рода	<i>Pterostichus</i> , <i>Carabus</i> , <i>Calathus</i>	<i>Harpalus</i> , <i>Amara</i> , <i>Pterostichus</i> , <i>Poecilus</i>	<i>Carabus</i> , <i>Harpalus</i>	<i>Pterostichus</i> , <i>Carabus</i>
Доминирующие виды	<i>Pterostichus niger</i> (52,3%), <i>P. nigrita</i> (25,6%)	<i>Poecilus cupreus</i> , <i>Calathus distinguendus</i> , <i>Pterostichus fornicatus</i>	<i>Carabus cancellatus</i> , <i>Harpalus rufipes</i>	<i>Pterostichus melanarius</i> (49,5%)

Выводы исследования

1. Впервые изучена фауна жужелиц г. Череповца, насчитывающая 15 видов из 7 родов. Наибольшее видовое богатство характерно для селитебной зоны (12 видов), наименьшее – для промышленной зоны (6 видов).

2. Установлено, что обилие жужелиц в селитебной зоне (2,38 экз./10 л.-с.) в два раза превышает таковое в промышленной зоне (1,19 экз./10 л.-с.), что свидетельствует об угнетающем влиянии техногенного загрязнения.

3. Выявлены доминирующие виды: в селитебной зоне – *Pterostichus niger* и *Pterostichus nigrita*; в промышленной зоне – *Pterostichus niger*. Вид *P. nigrita* может рассматриваться как индикатор лесопарковых зон.

4. Индекс разнообразия Шеннона–Уивера подтвердил снижение биоразнообразия по градиенту антропогенной нагрузки от селитебной к промышленной зоне.

5. Сравнительный анализ показал, что фауна жужелиц г. Череповца значительно беднее, чем в других изученных промышленных городах России, что указывает на его крайне неблагоприятную экологическую обстановку.

Полученные данные демонстрируют высокую чувствительность жужелиц к техногенному воздействию и подтверждают их ценность в качестве биоиндикаторов для мониторинга состояния городской среды.

Список источников:

1. Клауснитцер Б. Экология городской фауны / пер. с нем. И.В. Орловой, И.М. Марковой. М.: Мир, 1990. 246 с.
2. Рассадина Е.В. Биоиндикация и ее место в системе мониторинга окружающей среды // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2007. № 2 (5). С. 48–53.
3. Бухтояров О.И., Несговорова Н.П., Савельев В.Г., Иванцова Г.В., Богданова Е.П. Методы экологического мониторинга качества сред жизни и оценки их экологической безопасности: учеб. пособие. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015. 239 с.
4. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. М.: Наука, 1965. 279 с.
5. Lövei G.L., Sunderland K.D. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) // Annual Review of Entomology. 1996. Vol. 41. P. 231–256. DOI: 10.1146/annurev.en.41.010196.001311.
6. Автаева Т.А. Жужелицы как биоиндикаторы загрязнения почв в условиях г. Грозного: монография. Самара: Lambert Academic Publishing, 2012. 155 с.
7. Avtaeva T., Sukhodolskaya R., Ereemeeva N., Gordienko T., Vodounon N., Lechieva M., Kushaliev Sh., Kuropyatnik K. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) assemblages features formation in large and medium industrial cities of Russia (the case Study in Kazan, Kemerovo and Grozny) // KnE Life Sciences. 2019. Vol. 4, № 14. P. 232–245. DOI: 10.18502/kl.v4i14.5609.
8. Белова Ю.Н. Фауна и население жужелиц (Coleoptera, Carabidae) лесных экосистем на территории Вологодской области: монография. Вологда: ВоГУ, 2014. 124 с.
9. Белова Ю.Н. Редкие и локально встречающиеся виды жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в зональных лесных сообществах Вологодской области [Электронный ресурс] // Вопросы пространственно-временного моделирования трансформации водосборов таежной зоны на основе ГИС-технологий. <https://econf.rae.ru/article/7351>.
10. Barber H.S. Traps for cave-inhabiting insects // Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society. 1931. Vol. 46, iss. 2. P. 259–266.
11. Moericke V. Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen, insbesondere der Pfirsichblattlaus, *Myzodes persicae* (Sulz.) // Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes. 1951. Vol. 3, iss. 2. S. 23–24.
12. Палий В.Ф. Методика изучения фауны и фенологии насекомых. Изд. второе, исп. и доп. Воронеж: Центрально-Чернозёмное книжное изд-во, 1970. 191 с.
13. Определитель насекомых европейской части СССР. Т. II: Жесткокрылые и веерокрылые / под общ. ред. Г.Я. Бей-Биенко. М.–Л.: Наука, 1965. 668 с.
14. Lindroth C.H. The Carabidae (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark // Fauna Entomologica Scandinavica. 1985. Vol. 15, part 1. P. 1–205.
15. Renkonen O. Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore // Annales Zoologici Societatis Zoologicae-Botanicæ Fennicae Vanamo. 1938. Vol. 6. P. 1–231.
16. Shannon C.E. A mathematical theory of communication // The Bell System Technical Journal. 1948. Vol. 27, № 3. P. 379–423.
17. Shannon C.E., Weaver W. The mathematical theory of communication. Urbana: The University of Illinois Press, 1964. 125 p.
18. Thiele H.-U. Carabid beetles in their environment: a study on habitat selection by adaptations in physiology and behaviour. Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 1977. 372 p. DOI: 10.1007/978-3-642-81154-8.
19. Holland J.M., Luff M.L. The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems // Integrated Pest Management Reviews. 2000. Vol. 5, iss. 2. P. 109–129. DOI: 10.1023/a:1009619309424.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
Глушенков Иван Сергеевич, магистрант кафедры биологии; Череповецкий государственный университет (г. Череповец, Вологодская область, Россия). E-mail: glushenkovi535@gmail.com .	Glushenkov Ivan Sergeevich, master student of Biology Department; Cherepovets State University (Cherepovets, Vologda Region, Russia). E-mail: glushenkovi535@gmail.com .

Для цитирования:

Глушенков И.С. Жужелицы (Coleoptera: Carabidae) как биоиндикаторы антропогенной нагрузки в урбоэкосистеме города Череповца // Самарский научный вестник. 2025. Т. 14, № 3. С. 36–39. DOI: 10.55355/snv2025143104.