

М. С. Дубинин, А. А. Короткова

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ ЖУЖЕЛИЦ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОНАХ ГОРОДА ТУЛА

Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого,
Тула, Россия

Поступила в редакцию 17.07.2025 г.

Принята в печать 20.09.2025 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2025-4-10

147

Для цитирования: Дубинин М. С., Короткова А. А. Морфологические аномалии жужелиц в промышленных зонах города Тула // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные науки. 2025. №4. С. 147–156. doi: 10.5922/vestniknat-2025-4-10.

Целью настоящей работы явилось изучение морфологических аномалий у представителей семейства Carabidae в промышленных районах города Тула и оценка качества среды на этих территориях. Такие участки подвергаются сильному антропогенному воздействию, что может приводить к нарушению нормального развития организмов и проявляться в виде различных морфологических отклонений — тератозов. В качестве материала для исследования использовано 1675 экземпляров жужелиц, собранных в санитарно-защитных зонах двух металлургических предприятий, а также на контрольных участках. Сбор жуков осуществлялся с помощью стандартных почвенных ловушек Барбера. В ходе исследования выявлено пять вариантов морфологических аномалий у Carabidae. Наибольшее их количество, а также частота встречаемости аномалий зафиксированы на промышленных территориях двух металлургических комбинатов — 14,66 и 11,17%. На контрольных участках эти показатели значительно ниже 2,52 и 1,82%. На основе частоты появления морфологических аномалий проведена оценка качества среды в промышленных районах и на контрольных территориях. В санитарно-защитных зонах металлургических предприятий качество среды определяется как «очень сильное загрязнение», на контрольных участках — как «хорошее» и «отличное».

Ключевые слова: морфологические аномалии, тератозы, жужелицы, промышленные зоны, антропогенное воздействие

Введение

Отклонения от типичного строения, известные как тератозы, не являются редкостью в морфологии насекомых. Один из вариантов таких нарушений — морфологические аномалии. Они могут иметь генетическую природу, а также возникать под воздействием различных антропогенных факторов, приводящих к повреждениям развивающегося организма. Тем не менее область тератологии у насекомых остается недостаточно исследованной.



дованной, в основном на уровне констатации фактов [5–8; 14; 16]. Среди значимых работ в данной области можно отметить исследования Ж. Балажука и Ю. А. Присного, которые разработали систему классификации морфологических уродств [10; 15]. В трудах последнего автора отмечается связь между появлением аномалий у жужелиц и уровнем загрязнения в промышленных зонах [15]. Такими территориями изобилует Тула, будучи промышленным городом, в котором основными отраслями являются металлургия, машиностроение и химический сектор. Промышленные зоны занимают примерно треть площади Тулы и разбросаны по всему городу, включая его центральные районы [4]. Эти зоны представляют собой антропогенно нарушенные экосистемы, испытывающие максимальное техногенное воздействие, что оказывает влияние на живые организмы, в том числе на карабидофауну.

Целью данного исследования стало изучение морфологических аномалий жужелиц в промышленных зонах города Тула и оценка качества среды на этих территориях.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования послужили 1675 экземпляров жужелиц, собранных на модельных участках (МУ) в санитарно-защитных зонах (СЗЗ) двух металлургических комбинатов, а также на контрольных территориях (КТ) (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика модельных участков и контрольных территорий

Модельный участок		Экосистема
МУ1	Косогорский металлургический завод (СЗЗ)	Луг
МУ2	Тулачермет (СЗЗ)	Лес
КТ1	Контрольная территория 1	Луг
КТ2	Контрольная территория 2	Лес

Первый модельный участок расположен в санитарно-защитной зоне ПАО «Косогорский металлургический завод». Данное предприятие входит в число лидирующих в сфере металлургической промышленности в Тульском регионе. Производство на нем ферросплавов дает возможность классифицировать его как объект первой категории опасности согласно действующим санитарно-эпидемиологическим нормативам [9]. Территория, выбранная для исследования, располагается на сухоподольном лугу в городской черте на юге города. Высота травяного покрова находится в диапазоне 5–35 см. Общее проективное покрытие (ОПП) колеблется в пределах 75–90%. Флористическая насыщенность в санитарно-защитной зоне Косогорского металлургического завода в среднем составляет 35 видов растений на 100 м². Почвы на модельном участке серые лесные.

Второй модельный участок находится в санитарно-защитной зоне предприятия АО «Тулачермет». Завод специализируется на производстве чугуна, синтикома, щебня и других материалов. Объем выплавки чугуна на АО «Тулачермет» составляет более 40% от всего объема, производимого в России, что становится основанием для позиционирования



данного предприятия как объекта первого класса по уровню опасности [9], аналогично предыдущему заводу. Модельный участок расположен на территории лесной экосистемы в городской черте в восточной части города. В растительном покрове присутствуют деревья, кустарники и травянистые растения. Древостой характеризуется сомкнутостью в диапазоне 65–75 %. Травяной покров образует мозаичную структуру, а его общее проективное покрытие (ОПП) варьирует от 10 до 60 %. Средняя флористическая насыщенность составляет около 8 видов растений на 100 м². Почвы на данном участке серые лесные.

В качестве контрольных участков были выбраны территории, расположенные в аналогичных луговых и лесных экосистемах за пределами города, сходных по видовому составу растительности и типу почв с модельными участками. Контрольные территории находятся на значительном удалении от автомобильных и железных дорог, а также от промышленных предприятий и жилых или иных застроек, что обеспечивает исключение возможного влияния этих факторов на жуелиц.

Изучение карабидофауны осуществлялось в вегетационные периоды с мая по сентябрь в течение 2019–2021 гг. При сборе жуелиц применялись стандартные почвенные ловушки Барбера. Они размещались в линию по 10 штук с интервалом в 2,5 м между ними и регулярно проверялись каждые 10 дней. В качестве фиксирующего вещества использовался 4%-ный раствор формалина [12]. Собранный материал подвергался камеральной обработке. Определение жуелиц проводилось с использованием определителей Г. Я. Бей-Биенко и Э. И. Хотько [1; 13].

Для идентификации морфологических аномалий использована классификация Ю. А. Присного [10]. Для оценки качества среды на модельных участках и контрольных территориях на основе частот появления тератозов применена оценочная шкала того же автора [10–11].

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований в санитарно-защитных зонах двух металлургических предприятий и на контрольных территориях выявлено 38 видов жуелиц *Carabidae*, относящихся к 18 родам (табл. 2).

Таблица 2

**Видовое богатство карабидофауны
на модельных участках и контрольных территориях**

Модельный участок	Экосистема	Количество родов		Количество видов	
		Абсолютное	Относительное, %	Абсолютное	Относительное, %
МУ1	Луг	8	44,44	19	50,00
КТ1	Луг	15	83,33	30	78,95
МУ2	Лес	8	44,44	22	57,89
КТ2	Лес	14	77,78	26	68,42

Попарное сравнение видового богатства жуелиц демонстрирует ожидаемую закономерность: снижение как количества видов, так и



числа родов на модельных участках по сравнению с соответствующими контрольными территориями. Данный факт определяется нарушением экосистем и наличием загрязнений в санитарно-защитных зонах предприятий. Небольшое видовое богатство *Carabidae* вблизи промышленных предприятий, в том числе в районе Косогорского металлургического завода, ранее уже отмечалось другими авторами [2; 3].

Анализ встречаемости и спектра морфологических аномалий *Carabidae* показал следующее. В абсолютном выражении количество особей с аномалиями невелико и составляет 17–21 особей на модельных участках и 11–17 особей на контрольных территориях. Однако с учетом численного обилия жуужелиц доля особей с морфологическими аномалиями лежит в диапазоне от 11,17 до 14,66 % для санитарно-защитных зон промышленных предприятий (МУ1 и МУ2) и от 1,82 до 2,52 % для соответствующих контрольных территорий (табл. 3). Причем большие значения соответствуют участку с санитарно-защитной зоны Косогорского металлургического завода и контрольной территории 2. Встречаемость морфологических аномалий у жуужелиц на порядок больше на модельных участках, чем на контрольных территориях.

Таблица 3

**Встречаемость морфологических аномалий у жуужелиц *Carabidae*
на модельных участках и контрольных территориях**

Количественные показатели морфологических аномалий	МУ1	МУ2	КТ1	КТ2
Количество вариантов морфологических аномалий	5	5	4	3
Доля особей с морфологическими аномалиями, %	14,66	11,17	1,82	2,52
В том числе:				
Доля особей с механическими повреждениями, %	5,17	2,66	0,53	0,69
Доля особей с общими аномалиями и уродствами (тератозы), %	9,49	8,51	1,28	1,83

Морфологические аномалии достаточно разнообразны [10], однако в наших исследованиях установлены лишь отдельные их варианты (табл. 4). Так, среди механических повреждений выявлены вдавливания, обрывы, проколы / надломы / трещины (рис. 1).

Следует отметить, что вдавливания зафиксированы для жуужелиц с обоих модельных участков и лесной контрольной территории (КТ2), проколы / надломы / трещины – на обеих контрольных территориях и МУ1. Обрывы обнаружены у жуужелиц с МУ2, который представляет собой аналог лесной экосистемы. В целом относительное количество особей составляет 23,81–35,29 % на модельных участках и 29,41–27,27 % на контрольных территориях. Таким образом, на открытых пространствах (МУ1 и КТ1) их заметно больше. Если для первой пары отмечается меньшее количество особей с механическими повреждениями для контрольной территории, то во втором случае, напротив, на контрольной территории таковых больше. Можно предположить, что, поскольку эта контрольная территория находится в естественной лесной экосистеме, представляющей пространственно более сложную среду, механических повреждающих факторов присутствует здесь больше.

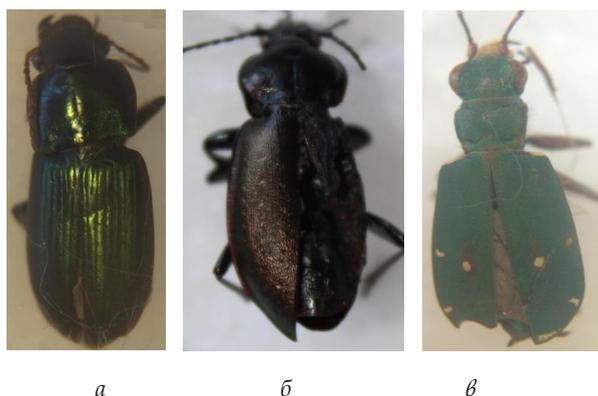


Рис. 1. Механические повреждения *Carabidae*: а – вдавливание у *Harpalus affinis* (Schrank); б – обрыв у *Poecilus cupreus* (L.); в – надлом у *Cicindela campestris* (L.)

Выявленные нами тератозы представлены общими аномалиями, уродствами и комплексными аномалиями (табл. 4, рис. 2). Общие аномалии в виде немеханических деформаций отмечены на обоих модельных участках (МУ1 – 5,88 %, МУ2 – 4,76 %), в виде нарушений пигментации – на луговых вариантах модельного участка и контрольной территории в одинаковых долях (5,88 %). Нарушения пигментации наблюдались у *Amara familiaris* (Duft.) (МУ1) и *Badister bullatus* (Schrank, 1798) (КТ1).

Таблица 4

Спектр морфологических аномалий у жуужелиц (*Carabidae*) на модельных участках и контрольных территориях, %

Морфологические аномалии		Встречаемость, %			
Тип	Вариант	МУ1	МУ2	КТ1	КТ2
Механические	Вдавливания	23,53	14,29	5,88	–
	Обрывы	–	9,52	–	–
	Проколы, надломы, трещины	11,76	–	23,53	27,27
	<i>Итого:</i>	35,29	23,81	29,41	27,27
<i>Тератозы</i>					
Общие аномалии	Немеханические деформации	5,88	4,76	–	–
	Нарушение пигментации	5,88	–	5,88	–
Уродства	Брахэлитрия	–	9,52	–	9,09
	Нарушение жилкования	52,94	57,14	64,71	63,63
Комплексные аномалии	Деформация + нарушение жилкования	–	–	–	–
		–	4,76	–	–
<i>Итого:</i>		64,71	76,19	70,59	72,73

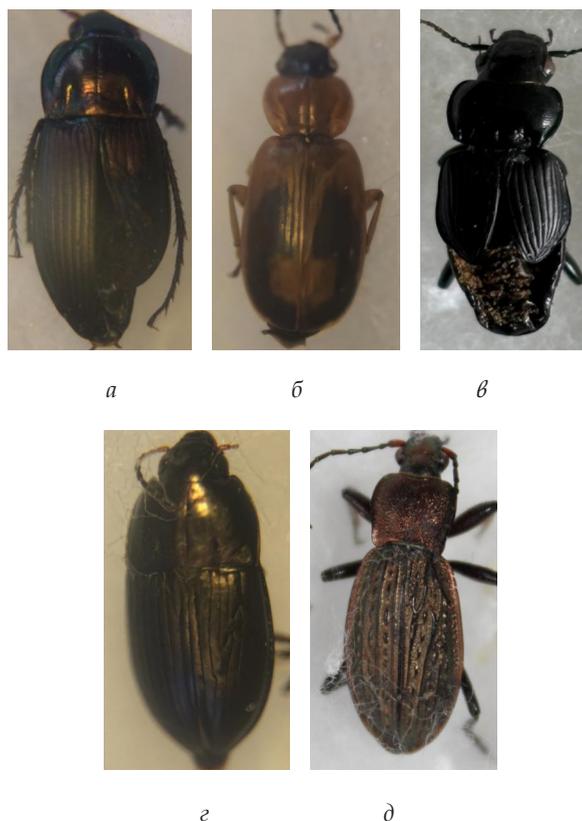


Рис. 2. Общие аномалии у *Carabidae*: а – деформация надкрылья у *Poecilus cupreus* (L.); б – нарушение пигментации у *Badister bullatus* (Schrank, 1798); в – брахэлитрия у *Pterostichus melanarius* (Ill.); г, д – нарушение жилкования у *Amara aenea* (Deg.) и *Carabus cancellatus* (Ill.)

Уродства проявляются как брахэлитрия и нарушение жилкования. Брахэлитрия зафиксирована у жужелиц со второго модельного участка (по одному экземпляру *Poecilus lepidus* (Leske) и *Pterostichus melanarius* (Ill.)) и второй (лесной) контрольной территории (один экземпляр *Pterostichus melanarius* (Ill.)) в близких количествах с небольшим превышением относительного количества на модельном участке. Нарушения жилкования присутствуют у жужелиц из всех исследуемых экосистем, причем на контрольных территориях их несколько больше, чем на модельных участках.

Комплексные аномалии в виде сочетания деформации и нарушения жилкования зафиксированы только в санитарно-защитной зоне предприятия «Тулачермет» (МУ2) (1 экземпляр *Harpalus distinguendus* (Duft.)).

Наибольшее относительное количество тератозов в целом отмечено на модельном участке 2 (ССЗ Тулачермет) – 76,19%. На парной ему лесной контрольной территории этот показатель меньше и составля-



ет 72,73 %. Однако на луговой контрольной территории количество тератозов больше (70,59 %), чем на модельном участке 1 (С33 КМ3) (64,71 %), что требует дальнейших исследований.

Оценка качества среды на модельных участках и контрольных территориях проведена на основе качественного и количественного анализа морфологических аномалий (общих аномалий и уродств) жуелиц (табл. 5).

Таблица 5

Оценочная шкала качества среды на основе частот появления морфологических аномалий у жуелиц (*Carabidae*) на модельных участках и контрольных территориях

153

Доля особей с морфологическими аномалиями, %*	Балл	Характеристики состояния среды обитания
≤ 1,70	I	Отличное (до слабого загрязнения)
1,71 – 2,55	I – II	Хорошее (умеренное загрязнение)
2,56 – 3,40	II	
3,41 – 4,25	II – III	Удовлетворительное (критическое загрязнение)
4,26 – 5,10	III	
5,11 – 5,95	III – IV	Плохое (сильное загрязнение)
5,96 – 6,80	IV	
6,81 – 7,65	IV – V	Очень плохое (очень сильное загрязнение)
≥ 7,66	V	

Примечание: * – морфологические аномалии групп «общие аномалии» и «уродства».

Доля особей с общими аномалиями и уродствами на всех территориях составляет от 1,28 до 9,49 % (см. табл. 3). На территориях модельных участков, расположенных в границах санитарно-защитных зон ПАО «Косогорский металлургический завод» и АО «Тулачермет», эти показатели максимальны (9,49 и 8,51 %) и по приведенной шкале соответствуют V баллам (см. табл. 4). На основании полученных результатов качество среды на вышеназванных участках можно определить как «очень сильное загрязнение».

Результаты исследования показали меньший процент встречаемости анализируемых групп аномалий на контрольных территориях. Исходя из полученных результатов качество среды в лесной экосистеме характеризуется как «хорошее», на что указывает доля особей с общими аномалиями и уродствами, составляющая 1,83 % (I–II балла). В луговой экосистеме доля особей с общими аномалиями и уродствами составляет 1,28 % (I балл). Данное значение позволяет оценить качество среды как «отличное» или «до слабого загрязнения».

Заключение

Проведенные исследования карабидофауны позволили выделить 5 вариантов морфологических аномалий. Наибольшее их количество отмечено в санитарно-защитных зонах металлургических комбинатов:



ПАО «Косогорский металлургический завод» и АО «Тулачермет». Анализ частоты встречаемости морфологических аномалий жужелиц на модельных участках и контрольных территориях позволил установить, что максимальное значение этого параметра (14,66 и 11,17%) зафиксировано также на территориях СЗЗ предприятий. На основе оценочной шкалы и с учетом количественных показателей морфологических аномалий жужелиц качество среды в санитарно-защитных зонах заводов оценивается как «очень плохое» («очень сильное загрязнение»), тогда как на контрольных территориях — как «хорошее» и «отличное». Следовательно, в данном случае возможным фактором, вследствие которого возникают морфологические аномалии *Carabidae*, является воздействие промышленных предприятий.

Список литературы

1. Бей-Биенко Г.Я. Определитель насекомых Европейской части СССР : в 5 т. Т. 2 : Жесткокрылые и веерокрылые. М., 1965.
2. Бутковский Р.О. Устойчивость комплексов почвообитающих членистоногих к антропогенным воздействиям : дис. ... д-ра биол. наук. М., 2001.
3. Гонгальский К.Б. Почвенные беспозвоночные как биоиндикаторы промышленного воздействия в лесных экосистемах Центра Европейской России : дис. ... канд. биол. наук. М., 2004.
4. Горбунов Е.Л. Физическая география Тульской области. Тула, 2002.
5. Еськов Е.К., Еськова М.Д., Тобоев В.А. Закономерности изменчивости асимметричности ячеек сот и крыльев у медоносной пчелы и бумажных ос // Успехи современной биологии. 2017. Т. 137, №2. С. 216–224. EDN: YRQDLN.
6. Кондратьева А.М., Голуб В.Б., Аксененко Е.В. Аномалии усиков у клопа-кружевницы *Tingis cardui* (L.) (Heteroptera, Tingidae) // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2014. Т. 119, №1. С. 25–27. EDN: TFYJXT.
7. Курпи А.В., И Д.А. Влияние температуры на развитие ксилобионтных жесткокрылых на примере *Callipogonrelictus* (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE, PRIONINAE) // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. 2019. №30. С. 115–121.
8. Назаренко В.Ю. Морфологические аномалии у долгоносиков подсемейства Molytinae (Coleoptera, Curculionidae) // Український ентомологічний журнал. 2014. №1. С. 69–72.
9. Приложение. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов». Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
10. Присный Ю.А. Использование частот появления морфологических аномалий у жесткокрылых насекомых (Insecta, coleoptera) в локальном мониторинге : дис. ... канд. биол. наук. Белгород, 2009.
11. Присный Ю.А. Оценка состояния особо охраняемых природных территорий Белгородской области на основе частот встречаемости аномалий у жужелиц (*Carabidae*) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер.: Естественные науки. 2013. №7. С. 72–76.
12. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. М., 1971.



13. Хотько Э. И. Определитель жужелиц. М., 1978.
14. Юмагузин Ф. Г., Саттаров В. Н., Шарафутдинов Д. З., Галин Р. Р. Оценка фенотипической структуры и морфологических аномалий *Apis mellifera* бурзянской популяции среднерусского подвида // Пчеловодство. 2017. №3. С. 18–21. EDN: ZBMQUF.
15. Balazuc J. La teratologie des Hymenopteroides // Ann. Soc. ent. France. 1958. Vol. 127. P. 167–203.
16. Castro Tovar A., Baena M., López Vergara M. A. Nuevos casos de teratologías en Coleoptera (Insecta) // Zool. Baetica. 2014. Vol. 25. P. 3–12.

Об авторах

Максим Сергеевич Дубинин – преп., Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого, Россия.

E-mail: dubinin91@yandex.ru

SPIN-код: 3074-6015

Анна Альбертовна Короткова – д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой биологии и экологии, Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого, Россия.

E-mail: korotkova123@mail.ru

SPIN-код: 6001-7293

M. S. Dubinin, A. A. Korotkova MORPHOLOGICAL ANOMALIES OF CARABELLES IN INDUSTRIAL ZONES OF THE CITY OF TULA

Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University, Tula, Russia

Received 17 July 2025

Accepted 20 September 2025

doi: 10.5922/vestniknat-2025-4-10

To cite this article: Dubinin M.S., Korotkova A. A., 2025, Morphological anomalies of carabelles in industrial zones of the city of Tula, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural Sciences*, №4. P. 147–156. doi: 10.5922/vestniknat-2025-4-10.

The aim of this study was to investigate morphological anomalies in representatives of the Carabidae family in industrial areas of Tula city and to assess environmental quality in these territories. Such sites are subject to intense anthropogenic impact, which can disrupt normal organism development and manifest as various morphological deviations – teratologies. A total of 1,675 ground beetle specimens were collected from the sanitary-protection zones of two metallurgical enterprises, as well as from control sites. Beetle sampling was carried out using standard Barber soil traps. Five types of morphological anomalies in Carabidae were identified during the study. The highest number and frequency of anomalies were recorded in the industrial areas of the two metallurgical plants – 14.66 and 11.17%, respectively. At the control sites, these values were significantly lower – 2.52 and 1.82%. Based on the frequency of morphological anomalies, environmental quality in the industrial areas and control territories



was assessed. In the sanitary-protection zones of the metallurgical enterprises, environmental quality was classified as "very heavily polluted," whereas at the control sites it was classified as "good" and "excellent."

Keywords: morphological anomalies, teratoses, ground beetles, industrial zone, anthropogenic impact

The authors

Maksim S. Dubinin, lecturer, Tula State L. N. Tolstoy Pedagogical University, Russia.

E-mail: dubinin91@yandex.ru

SPIN code: 3074-6015

Prof. Anna A. Korotkova, head of the department of biology and ecology, Tula State L. N. Tolstoy Pedagogical University, Russia.

E-mail: korotkova123@mail.ru

SPIN code: 6001-7293