

На правах рукописи



Дубинин Максим Сергеевич

**ОСОБЕННОСТИ БИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК НАСЕКОМЫХ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИЯХ ЛЭП
Г. ТУЛА И ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

1.5.15. Экология (биологические науки)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Тула – 2024

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого»

Научный руководитель: **Короткова Анна Альбертовна,**
доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биологии и экологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого»

Официальные оппоненты: **Легалов Андрей Александрович,**
доктор биологических наук, заместитель директора по науке, заведующий лабораторией филогении и фауногенеза Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт систематики и экологии животных Сибирского отделения Российской академии наук»

Попов Игорь Борисович,
кандидат биологических наук, доцент кафедры фитопатологии, энтомологии и защиты растений Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет»

Защита состоится «18» октября 2024 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета 24.1.199.01 при ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» по адресу: 298648, г. Ялта, пгт Никита, спуск Никитский, 52;
e-mail: dissovet.nbs@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» по адресу: 298648, г. Ялта, пгт Никита, спуск Никитский, 52;
адрес сайта <http://obr.nbgnsr.ru>

Автореферат разослан «16» августа 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук

Корженевская Юлия Владиславовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Территории высоковольтных линий электропередач представляют собой особый тип антропогенно нарушенных экосистем. Их отличительной особенностью является наличие охранных зон, которые способствуют формированию специфического ландшафта, что оказывает влияние на видовой состав и структуру фаунистических сообществ (Wagner, 2014; Berg, 2016). Помимо этого значимым аспектом техногенного воздействия на биоту являются электромагнитные излучения (ЭМИ) ЛЭП. Таким образом, воздействие на живые организмы на территориях линий электропередач носит многофакторный характер.

Удобным объектом для изучения влияния внешних факторов на живые организмы являются насекомые. Реакции представителей энтомофауны вблизи ЛЭП могут быть весьма разнообразны. Наиболее распространенным ответом на действие ЭМИ являются изменения в поведении особей. Оно выражается во временной потере ориентации и координации в пространстве, в усилении агрессии, изменении в двигательной активности насекомых (Аникин, 2000; Еськов, 2008; Balmori, 2015). Исследования видовой обилия энтомофауны на территориях линий электропередач фрагментарны и зачастую затрагивают отдельные систематические или экологические группы (Аникин, 2000; Гордеева, 2013). Изучение реакций энтомокомплекса на электромагнитное излучение ЛЭП не проводилось. Между тем возможные изменения параметров экологической и морфологической структур насекомых позволяют оценить влияние на них различных техногенных факторов. Таким образом, для более целостного представления о влиянии ЭМИ ЛЭП на энтомофауну решением видится применение комплексного подхода. Изучение биоразнообразия и структуры энтомокомплексов и их значимых компонентов, позволит составить более детальное представление о состоянии среды на территориях ЛЭП.

В связи с вышесказанным изучение влияния электромагнитного излучения ЛЭП на насекомых представляется весьма актуальным.

Степень разработанности темы. Изучению влияния электромагнитных полей ЛЭП на окружающую среду, включая насекомых, посвящено значительное количество работ: исследование биоразнообразия отдельных систематических групп (Lensu et al., 2011; Гордеева, 2013; Plewa et al., 2020; Лакотко, 2021), двигательной активности (Тобоев, 2014; Бражников, 2016; Biasotto, 2018; Shepherd, 2018; Vanbergen et al., 2019), ориентации и координации (Аникин, 2000; Balmori, 2015), численности (Russell, 2005; Hollmen, 2006; Еськов, 2009; Jonason, 2010; Ibbe et al., 2011; Гордеева, 2013; Berg, 2016; Hill et al., 2016; Гордиенко и др., 2017), миграции (Еськов, 2008; Гордеева, 2013; Lampinen et al., 2018). Однако недостаточно изученными остаются вопросы влияния электромагнитного излучения ЛЭП на биоэкологические и морфологические характеристики насекомых.

На территории Тульской области довольно много научных трудов посвящено изучению биоразнообразия энтомофауны и влиянию на нее различных антропогенных факторов: урбанизации (Дорофеев, 1995; Короткова, 2004; Окороков, 2005), рекреации (Чарина, 2002; Дорофеев, 2013), промышленного воздействия (Бутовский, 2001; Киселев, 2005). Исследования же влияния электромагнитного излучения ЛЭП на насекомых в Тульском регионе ранее не проводились.

Цель исследований: изучить биоэкологические и морфологические характеристики насекомых под влиянием электромагнитного излучения ЛЭП, расположенных в суходольных лугах и широколиственных лесах г. Тула и Тульской области.

Для достижения поставленной цели определены следующие **задачи**:

1. Выявить видовой состав насекомых и их распространение на территориях ЛЭП, расположенных на суходольных лугах и в широколиственных лесах.

2. Установить трофические группы, зоогеографические характеристики и гигропреферendum насекомых суходольных лугов и широколиственных лесов на территориях ЛЭП.

3. Оценить степень влияния электромагнитного излучения ЛЭП на морфометрические показатели жужелиц суходольных лугов и широколиственных лесов.

4. Оценить связь частоты появления морфологических аномалий у представителей карабидокомплекса с уровнем электромагнитного излучения ЛЭП.

Научная новизна.

Впервые для Тульского региона изучены особенности трофической структуры, зоогеографических характеристик и гигропреферендума насекомых на территориях линий электропередач. Также впервые для указанных территорий изучены параметры морфологической структуры популяций жужелиц. Произведена статистическая оценка влияния ЭМИ ЛЭП на морфометрические показатели отдельных видов жужелиц. Впервые изучены морфологические аномалии жужелиц на территориях ЛЭП и на основе их анализа произведена оценка качества среды.

Теоретическая и практическая значимость.

Результаты исследования позволяют дополнить сведения о видовом составе насекомых г. Тула и Тульской области. Материалы диссертации могут быть использованы при составлении или дополнении сведений Красной книги Тульской области в связи с обнаружением на исследуемых территориях редких и охраняемых видов. Расширены представления о зоогеографической структуре и гигропреферендуме насекомых в регионе. Получены новые данные по отдельным параметрам морфологической структуры жужелиц для г. Тула и Тульской области, которые дают возможность оценивать качество среды и антропогенную нагрузку. Результаты работы используются в учебном процессе на факультете

естественных наук ТГПУ им. Л. Н. Толстого в курсах «Зоология беспозвоночных», «Экология», «Экология животных», «Системная экология» и «Энтомология», а также при проведении учебных практик.

Методология и методы исследований. Исследования проведены по общепринятым методикам в области биологии, экологии и математической статистики, которые изложены в разделе «Методы исследований» соответствующей главы диссертации.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Видовой состав насекомых территорий ЛЭП обладает высоким разнообразием. Распространение систематических групп насекомых зависит от особенностей экосистем и показателей электромагнитного поля ЛЭП.

2. Трофические группы насекомых в качественном и количественном аспектах на территориях ЛЭП суходольных лугов и широколиственных лесов типичны для наземных экосистем. Зоогеографические характеристики и гигропреферендум насекомых суходольных лугов и широколиственных лесов на территориях ЛЭП также типичны для региона исследования.

3. Электромагнитное излучение ЛЭП влияет на морфологические признаки жужелицы *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758), вызывая изменение морфометрических характеристик.

4. Между уровнем электромагнитного излучения ЛЭП и частотой встречаемости морфологических аномалий у представителей карабидокомплекса существует зависимость.

Степень достоверности результатов исследований. Исследования энтомокомплекса проводились в вегетационные сезоны 2014-2021 гг. общепринятыми методами (Фасулати, 1971). Были проведены маршрутные и стационарные исследования. За указанный период проведения работ нами было собрано и определено 15430 экземпляров насекомых, в том числе 6168 жужелиц. Все использованные методы дают репрезентативный материал, пригодный для статистической обработки.

Апробация работы. Результаты исследований доложены на региональных, всероссийских и международных конференциях: региональной научно-практической конференции аспирантов, соискателей, молодых ученых и магистрантов «Исследовательский потенциал молодых ученых: взгляд в будущее» (Тула, 2015), III международной научной конференции «Моделирование структур, строение вещества, нанотехнологии сборник материалов» (Тула, 2016), XI международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии» (Гродно, Беларусь, 2017), IV международной научной конференции «Многомасштабное моделирование структур, строение вещества, наноматериалы и нанотехнологии» (Тула, 2017), XVI Международной научной экологической конференции «Пространственно-временные аспекты функционирования биосистем» (Белгород, 2020), XVII Международной научной экологической конференции «Организмы, популяции и сообщества в трансформирующейся среде» (Белгород, 2022), научной конференции научно-педагогических работников,

аспирантов, магистрантов ТГПУ им. Л. Н. Толстого «Университет XXI века: научное измерение» (Тула, 2020, 2021, 2022).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 26 работ, из них 4 статьи – в журналах, рекомендованных Перечнем ВАК РФ.

Личный вклад автора состоит в выполнении обзора литературных источников, в проведении полевых исследований, в статистической обработке данных, в обобщении и формулировке выводов. Выбор темы, разработка программы и подбор методов исследований выполнены совместно с научным руководителем д.б.н., проф. А. А. Коротковой.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и приложений. Текст работы изложен на 228 страницах, включающих в себя 22 рисунка, 21 таблицу и 4 приложения. Список литературы содержит 262 наименования, в том числе 47 – на иностранных языках и 2 электронных ресурса.

Благодарности. Автор выражает особую благодарность за содействие и помощь, которая была оказана на всех этапах проведения исследований своему научному руководителю д.б.н., проф. Коротковой А. А., за помощь в определении насекомых – к.б.н., проф. Булухто Н. П., к.б.н., доц. Дорофееву Ю.В., к.б.н. Мамонтову С. Н., к.б.н. Огорокову М. В., ведущему специалисту естественно-исторического отдела Тульского областного краеведческого музея Лакомову А. Ф., методисту Тульского областного экзотариума Евсюнину А. А.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В главе рассматриваются реакции насекомых на электромагнитное излучение, том числе линий электропередач. Проанализированы способы оценки биоразнообразия насекомых с помощью различных индексов, а также методами математической статистики. Рассмотрены трофические отношения насекомых и их экологические параметры, такие как зоогеографическая структура и гигропреферendum.

Сделан акцент на обзоре биоразнообразия и экологических характеристик жуужелиц, рассмотрена их роль в оценке экологического состояния окружающей среды. Приводится описание влияния антропогенных факторов на биоразнообразие и морфологическую структуру популяций *Carabidae*. Рассматриваются отдельные ее параметры: морфологические аномалии и причины их возникновения, а также морфометрические показатели и их изменчивость.

ГЛАВА 2 УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Объекты и районы исследований

Приводится описание шести модельных участков, отличающихся по расположению в разнокачественных экосистемах (суходольные луга, широколиственные леса), по напряжению линий электропередач (750кВ, 220кВ), а также контрольных территорий в экосистемах суходольных лугов и широколиственных лесов, не испытывающих техногенных воздействий (Рисунок 1). Исследования энтомокомплексов проведены в вегетационные периоды с мая по сентябрь 2014-2021 гг.



Рисунок 1 – Карта расположения модельных участков

МУ – модельные участки в районах линий электропередач;

КТ – контрольные территории.

2.2 Методы исследований

Изучение видового состава насекомых проведено с использованием маршрутных и стационарных методов отлова насекомых. Собранный материал подвергался камеральной обработке и определялся.

При анализе первичного материала использованы различные группы индексов, направленные на оценку биоразнообразия энтомокомплексов и ее различных характеристик: индекс β -разнообразия Ратледжа, индекс α -разнообразия Шеннона, показатель выравненности сообщества Пиелу, индекс доминирования Симпсона.

Морфометрическую структуру микропопуляций *Poecilus cupreus* и *Carabus granulatus* исследовали путем индивидуального обмера семи морфологических признаков: длина надкрылий, ширина левого надкрылья, ширина правого надкрылья, длина переднеспинки, ширина переднеспинки, длина головы, расстояние между глазами. Измерения морфологических признаков проводились при помощи бинокулярного микроскопа МБС-9 с

микрометрической шкалой в окуляре по общепринятой методике (Гринько, 2002; Тимофеева, 2010; Суходольская и др., 2018, 2020).

Идентификация морфологических аномалий произведена на основе классификации Присного Ю. А. (Присный, 2009). **Оценка качества среды** по частоте их появления осуществлена по методике того же автора. (Присный, 2009).

Статистическая обработка данных проводилась в программе Statistica 10.0. В работе использовались методы математической статистики: кластерный и дисперсионный анализы.

ГЛАВА 3 НАСЕКОМЫЕ В РАЙОНАХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

3.1 Видовой состав насекомых в районах линий электропередач

В результате исследования энтомокомплекса в зоне действия высоковольтных линий электропередач и на контрольных территориях обнаружено 421 вид насекомых, относящихся к 9 отрядам и 102 семействам.

Наибольшим видовым обилием отличается отряд *Coleoptera* (271 вид, 64,37%, 45 семейств). Следующими по биоразнообразию следуют отряды *Lepidoptera* (46 видов, 10,92%, 11 семейств), *Hymenoptera* (36 видов, 8,55%, 10 семейств), *Hemiptera* (27 видов, 6,40%, 12 семейств), *Diptera* (24 вида, 5,70%, 14 семейств). Остальные отряды малочисленны и представлены не более чем 10 видами (2,39 %).

В целом видовой состав и соотношение систематических групп насекомых на исследуемых территориях более или менее точно соответствует таковым в известных экосистемах г. Тула и Тульской области (Чарина, 2002; Короткова, 2004; Киселев, 2005; Окороков, 2005). Особенности же видового состава насекомых вблизи отличных между собой по физическим параметрам линий электропередач, а также на контрольных территориях требуют отдельного рассмотрения.

3.2 Видовой состав насекомых отдельных мест исследований

Исследуемые территории отличаются в первую очередь физическими параметрами отдельной, конкретной ЛЭП, а именно показателями электрического и магнитного полей. Кроме того разные участки располагаются в разных экосистемах: суходольных лугах и широколиственных лесах.

На модельных участках на территориях ЛЭП-750 в экосистемах суходольных лугов выявлено следующее количество видов насекомых: МУ 1 – 152 (36,10% общего видового обилия) из 60 семейств и 8 отрядов, МУ 2 – 156 (37,05% общего видового обилия) из 50 семейств и 8 отрядов, МУ 3 – 164 (38,95% общего видового обилия) из 44 семейств и 8 отрядов. На модельном участке 4 (ЛЭП-220, луг) отмечено 111 видов насекомых (26,37% общего видового обилия) из 36 семейств и 8 отрядов.

В экосистемах широколиственных лесов на модельном участке 5 (ЛЭП-750, лес) обнаружено 100 видов насекомых (23,75% общего видового обилия) из 38 семейств и 8 отрядов. На модельном участке 6 (ЛЭП-220, лес) выделено

207 видов насекомых (49,17% общего видового обилия) из 67 семейств и 8 отрядов.

На контрольных территориях выделено следующее количество видов: в экосистеме суходольных лугов – 180 (42,76% общего видового обилия) из 54 семейств и 8 отрядов, в экосистеме широколиственных лесов – 132 (31,35% общего видового обилия) из 53 семейств и 8 отрядов.

Сравнивая модельные участки можно отметить уменьшение количества видов вблизи ЛЭП по сравнению с контрольными территориями. Такая тенденция в большей степени выражена вблизи линий с напряжением 750кВ, проходящих в экосистемах суходольных лугов. В экосистемах широколиственных лесов все не так очевидно. С одной стороны на контрольной территории видовой состав более разнообразен, чем вблизи ЛЭП-750 (МУ 5), с другой менее, чем в районе ЛЭП-220 (МУ 6). Однако стоит указать, что последние линии, во-первых, имеют меньшее напряжение, а во-вторых, электрические поля глушатся кронами деревьев, делая их физические показатели практически нулевыми (Новик, 2007). Таким образом, данная территория фактически избавлена от влияния электромагнитного излучения ЛЭП, тем самым приближая ее по экологическим условиям к контрольной территории.

3.3 Оценка видового разнообразия насекомых в районах линий электропередач

Сравнение абсолютного и относительного количества видов показало, что наибольшим видовым разнообразием отличается участок в зоне действия ЛЭП-220 в экосистеме широколиственного леса (МУ 6) (Таблица 1). В этом месте исследования выявлено 207 видов (49,17%), относящихся к 66 семействам.

Таблица 1 – Видовое разнообразие насекомых на модельных участках и на контрольных территориях г. Тула и Тульской области

Модельный участок	Экосистема	Напряжение ЛЭП (кВ)	Количество семейств		Количество видов	
			Абсолютное	Относительное, %	Абсолютное	Относительное, %
МУ 1	луг	750	60	58,82	152	36,10
МУ 2	луг	750	50	49,01	156	37,05
МУ 3	луг	750	44	43,14	164	38,95
МУ 4	луг	220	36	35,29	111	26,37
МУ 5	лес	750	38	37,25	100	23,75
МУ 6	лес	220	67	65,69	207	49,17
КТ 1	луг	—	54	52,94	180	42,76
КТ 2	лес	—	53	51,96	132	31,35

Примечание: МУ – модельные участки, КТ – контрольные территории

Контрольная территория 1 в экосистеме суходольного луга насчитывает 180 видов (42,76%) из 54 семейств. Близки по видовому разнообразию участки в зоне действия ЛЭП-750 в луговой экосистеме (МУ 1,

МУ 2, МУ 3). МУ 1 включает 152 вида (36,10%), МУ 2 – 156 (37,05%), МУ 3 – 164 (38,95%). Наименьшим видовым разнообразием отличаются МУ 4 на лугу и МУ 5 в лесу. На первом выделено 111 видов (26,37%) насекомых, на втором 100 видов (23,75%).

Кластерный анализ был произведен с использованием следующих критериев: абсолютное и относительное количество видов, а также количество семейств (Рисунок 2).

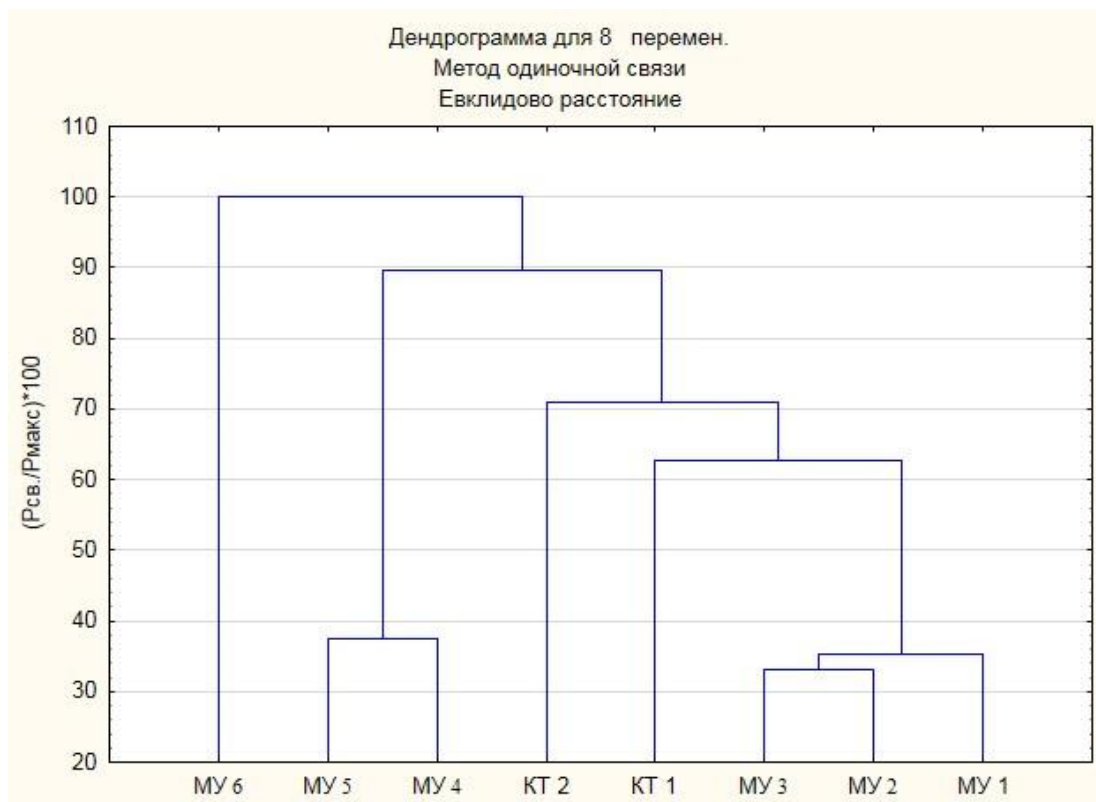


Рисунок 2 – Дендрограмма результата кластерного анализа видового обилия насекомых на модельных участках и на контрольных территориях

Анализ дендрограммы показал, что наиболее близки по видовому разнообразию территории МУ 2 и МУ 3, а на расстоянии 36 в единый кластер присоединяется МУ 1. Сходство биоразнообразия между этими территориями объясняется схожей растительностью, а также физическими параметрами проходящими линиями электропередач (ЛЭП-750).

Впоследствии с вышеназванными участками на расстоянии 71 единый кластер образуют контрольные территории (КТ 1 и КТ 2). Несмотря на то, что видовой состав на всех модельных участках вблизи ЛЭП-750 снижен по сравнению с контрольным участком на лугу, статистическая близость объясняется сходством растительности и видами, обитающими на ней. Наличие в этом кластере контрольной территории с лесного участка, возможно, объясняется достаточно большим видовым обилием, что делает этот участок схожим с предыдущими.

Другой кластер на расстоянии 38 образуют территории в районе ЛЭП-220 (МУ 4) и ЛЭП-750 (МУ 5). Места исследования находятся в различных экосистемах, а их территорию пересекают разные ЛЭП. В связи с этим на дендрограмме формируются изначально не совсем очевидные статистические связи. Однако при дальнейшем анализе можно выделить некоторые закономерности. Так, например, через МУ 5 проходят ЛЭП-750, однако показатели ЭП сильно снижены, так как он располагается в лесу. Это приближает по этому признаку к МУ 4. Статистическое сходство данных территорий также объясняется небольшим количеством видов, обитающих на них. Оба кластера в итоге объединяются на уровне 90. Окончательно все объекты группируются на уровне 100 в результате слияния участка ЛЭП-220 (МУ 6). Обособленность данной территории от других объясняется самым высоким видовым обилием по сравнению с другими участками.

Таким образом, сходство количественных характеристик видового состава насекомых тех или иных модельных участков связано с похожими экологическими условиями, напряжением ЛЭП и значениями электрического и магнитного полей.

Для оценки β -разнообразия был применен расчет индекса Ратледжа (Таблица 2). Чем выше его значения, тем ниже сходство между местами исследования и выше биоразнообразия.

Таблица 2 – Видовое сходство насекомых на модельных участках и на контрольных территориях по местам исследования (индекс Ратледжа)

	МУ 1	МУ 2	МУ 3	МУ 4	МУ 5	МУ 6	КТ 1	КТ 2
МУ 1		127,98	104,19	145,75	169,68	186,56	121,81	136,42
МУ 2			127,59	134,02	177,30	197,27	115,28	142,31
МУ 3				132,83	165,92	191,01	128,53	144,33
МУ 4					137,02	177,88	108,52	117,60
МУ 5						159,07	171,04	98,28
МУ 6							186,28	131,30
КТ 1								131,61
КТ 2								
Среднее: 145,26								
Коэффициент вариации $C_v=19,34\%$								

Примечание: МУ – модельные участки, КТ – контрольные территории

Индекс Ратледжа для различных мест исследований в районах линий электропередач и на контрольных территориях колеблется от 98,28 до 197,27 при среднем значении 145,26. Наименьшее значение индекса Ратледжа, а, следовательно, максимальное сходство видового состава отмечено для лесного участка в районе ЛЭП-220 (МУ 5) и контрольной территории 2, а также для трёх луговых участков в зоне действия ЛЭП-750 (МУ 1, МУ 2 и МУ 3). Это объясняется схожими экологическими условиями мест исследования

Максимальные значения индекса Ратледжа и минимальное сходство видового состава отмечено для участка вблизи ЛЭП-220 (МУ 6) с участками в районе ЛЭП-750 (МУ 1, МУ 2, МУ 3) и контрольной территорией 1. Это связано с экологическими условиями. МУ 6 располагается в экосистеме широколиственных лесов, а МУ 1, МУ 2, МУ 3 и контрольная территория 1 в экосистемах суходольных лугов.

В целом варьирование индекса Ратледжа для всех модельных участков можно считать заметным, так как коэффициент вариации равняется 19,34% (Лакин, 1990). Значения индекса Ратледжа, а также коэффициент их вариации наглядно демонстрируют, что энтомокомплексы отдельных участков в зонах действия ЛЭП и на контрольных территориях г. Тула и Тульской области сильно рознятся по количеству видов.

3.4 Трофические группы насекомых в районах линий электропередач

В районах линий электропередач и на контрольных территориях преобладают фитофаги, которых выявлено 237 видов (56,29%) из 7 отрядов и 58 семейств. Из них наиболее разнообразен отряд *Coleoptera*. В этой систематической группе отмечено 130 видов фитофагов (54,85%), относящихся к 24 семействам. На втором месте по биоразнообразию растительноядных форм – отряд *Lepidoptera*, все представители (46 видов, 19,41%) которого относятся к этой трофической группе. Остальные отряды немногочисленны и представлены небольшим количеством видов фитофагов.

На исследуемых участках выявлено 98 видов (23,28%) насекомых-зоофагов, относящихся к 6 отрядам и 17 семействам. Большая их часть – представители отряда *Coleoptera* (82 вида, 82,67%). На исследуемых территориях зафиксировано 33 вида (7,84%) насекомых-сапрофагов, относящихся к 2 отрядам и 13 семействам. Также в районах линий электропередач и на контрольных территориях выявлены насекомые-миксофаги. В этой трофической группе отмечено 32 вида (7,60%), относящихся к 5 отрядам и 8 семействам. На исследуемых территориях найдено 11 видов (2,61%) насекомых-паразитов, относящихся к 2 отрядам и 7 семействам. Кроме того было обнаружено 10 видов (2,38%), которые относятся к насекомым-микофагам. Все представители относятся к отряду *Coleoptera*.

Фактическое представительство трофических групп в различных отрядах, несмотря на отличающиеся экологические условия и техногенный прессинг, вполне соответствует и теоретически ожидаемому, и реализующемуся в естественных экосистемах. Поскольку не происходит трансформации мест обитаний и кормовой базы на модельных участках и на контрольных территориях, изменения в трофической структуре насекомых отсутствуют.

ГЛАВА 4 ЗООГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ГИГРОПРЕФЕРЕНДУМ НАСЕКОМЫХ В РАЙОНАХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

4.1 Зоогеографическая характеристика насекомых в районах линий электропередач

Изучение зоогеографических характеристик видов позволило выделить 8 типов ареалов насекомых в соответствии с зоогеографическим районированием. На исследуемых территориях преобладают виды с транспалеарктическим типом ареала. В эту группу входят 167 видов (39,67%), относящихся к 6 отрядам и 58 семействам. Насекомых с голарктическим типом ареала отмечено 63 вида (14,97%), представленных 6 отрядами и 29 семействами. Видов с западно-центрально-палеарктическим типом ареала несколько меньше – 56 (13,30%). Это представители 5 отрядов и 24 семейств. Насекомых с европейским типом ареала насчитывается 51 вид (12,12%), относящихся к 7 отрядам и 27 семействам. На модельных участках и на контрольных территориях отмечено 36 видов (8,55%) насекомых с западно-палеарктическим типом ареала, относящихся к 4 отрядам и 12 семействам. Насекомые с трансевроазиатским типом ареала представлены 33 видами (7,83%), относящихся к 6 отрядам и 18 семействам. С космополитным типом ареала насчитывается 12 видов (2,85%) насекомых, которые относятся к 4 отрядам и 10 семействам. Насекомых с юго-западно-палеарктическим типом ареала выделено 3 вида (0,71%). В целом соотношение групп насекомых по типам ареалов в изученных экосистемах полностью соответствует таковому во всех наземных экосистемах г.Тула и Тульской области.

4.2 Гигропреферендум насекомых в районах линий электропередач

В районах линий электропередач и на контрольных территориях преобладают насекомые-мезофилы. Отмечено 353 представителя (83,85%) этой экологической группы, относящихся к 8 отрядам и 89 семействам. Остальные экологические группы заметно уступают в биоразнообразии. Насекомые-гигрофилы представлены 46 видами (10,92%), насекомые-ксерофилы – 20 видами (4,75%), насекомые-гидрофилы – 2 видами (0,48%).

Такое количественное превосходство мезофилов над другими группами объясняется широтной зональностью и характеристиками экосистем г. Тула и Тульской области в целом и исследуемых территорий в частности. Мезофилы приспособлены к жизни в условиях средней влажности воздуха и почвы, что характерно для региона в целом.

ГЛАВА 5 КАРАБИДОКОМПЛЕКС В РАЙОНАХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

5.1 Видовой состав и жизненные формы жужелиц в районах линий электропередач

В зоне действия линий электропередач и на контрольных территориях было выявлено 63 вида *Carabidae*, относящихся к 32 родам. Наибольшим

видовым обилием жужелиц отличается модельный участок в зоне действия ЛЭП-220 в экосистеме широколиственных лесов (МУ 6). На этой территории отмечено 43 вида (68,25%) жужелиц (Таблица 3).

Таблица 3 – Видовое разнообразие жужелиц на модельных участках и на контрольных территориях г. Тула и Тульской области

Модельный участок	Экосистема	Напряжение ЛЭП (кВ)	Количество видов	
			Абсолютное	Относительное, %
МУ 1	луг	750	28	44,44
МУ 2	луг	750	36	57,14
МУ 3	луг	750	30	47,62
МУ 4	луг	220	24	38,09
МУ 5	лес	750	24	38,09
МУ 6	лес	220	43	68,25
КТ 1	луг	-	30	47,62
КТ 2	лес	-	26	41,27

Примечание: МУ – модельные участки, КТ – контрольные территории

Наименьшим видовым составом карабидокомплекса представлены МУ 4 и МУ 5). На обеих территориях отмечено чуть более трети от всего обилия *Carabidae* (24 вида, 38,09%).

Индекс Шеннона для различных мест исследований в районах ЛЭП колеблется от 1,90 до 2,64 при среднем значении 2,28 (Таблица 4). Наибольшие показатели, а, следовательно, максимальное видовое разнообразие жужелиц отмечаются на территориях вблизи ЛЭП-750 в экосистемах суходольных лугов. На МУ 2 индекс Шеннона равен 2,64, на МУ 3 – 2,35, на МУ 1 – 2,30. Наименьшим разнообразием карабидокомплекс отмечается на МУ 5(индекс Шеннона 1,90).

Таблица 4 – Значения индексов видового разнообразия для карабидокомплекса на модельных участках и на контрольных территориях г. Тула и Тульской области

Место исследования	Экосистема	Индекс Шеннона	Показатель выравненности Пиелу	Индекс Симпсона
МУ 1	луг	2,30	0,69	0,15
МУ 2	луг	2,64	0,74	0,10
МУ 3	луг	2,35	0,69	0,15
МУ 4	луг	2,09	0,66	0,21
МУ 5	лес	1,90	0,60	0,23
МУ 6	лес	2,15	0,57	0,14
КТ 1	луг	2,47	0,73	0,11
КТ 2	лес	2,31	0,71	0,13
		Среднее:2,28	Среднее:0,67	Среднее:0,15

Примечание: МУ – модельные участки, КТ – контрольные территории

Значения величины Пиелу колеблются от 0,57 до 0,74 при среднем показателе 0,67. Результаты свидетельствуют о достаточном равномерном распределении *Carabidae* в каждом из исследуемых сообществ.

Значения индекса Симпсона для всех модельных участков и контрольных территорий незначительны и лежат в интервале от 0,10 до 0,23. Это говорит, что структура доминирования *Carabidae* в местах исследований достаточно выровнена, что согласуется с ранее полученными показателями величины Пиелу.

На всех модельных участках и на контрольных территориях было отмечено 12 жизненных форм жуужелиц, представляющих 2 класса – зоофаги 43 вида (68,25%) и миксофитофаги – 20 видов (31,75 %).

Первые насчитывают 10 жизненных форм, среди которых доминируют стратобионты поверхностно-подстилочные (11 видов, 17,46%), что в целом является типичным явлением для экосистем г. Тула и Тульской области. Миксофитофаги представлены всего 2 жизненными формами. Большинство из них являются геохортобионтами гарпалоидными, которые в своем составе насчитывают 17 видов (26,98%). Соотношение отдельных групп жизненных форм жуужелиц отличается в зависимости от конкретного модельного участка. Однако стоит отметить, что во всех биотопах вне зависимости от их нахождения преобладают зоофаги.

В целом можно заключить, что жизненные формы жуужелиц, а также их соотношение в зонах действия ЛЭП и на контрольных территориях являются весьма обычными для всех подобных экосистем естественного и искусственного происхождения, в том числе и в г. Тула и Тульской области.

5.2 Морфометрическая структура отдельных представителей семейства *Carabidae* в районах линий электропередач

Наиболее изменчивыми морфологическими признаками *P. cupreus* в экосистемах суходольных лугов являются «длина головы» и «расстояние между глазами» (Таблица 5). Коэффициент их вариации составляет 14,1% и 11,2% соответственно. Остальные морфологические признаки изменяются гораздо меньше. Коэффициенты вариации составляют 6,3-7,9%, что говорит о незначительной вариабельности признаков (Лакин, 1990).

Средние значения многих морфологических признаков *P. Cupreus* снижены в зоне действия ЛЭП-750 (МУ 1) по сравнению с участком ЛЭП-220 (МУ 4) и контрольной территорией (Таблица 5). Это отмечено для признаков «длина тела», «длина переднеспинки», «длина головы», «расстояние между глазами». В случае схожих средних значений признаков наблюдается тенденция к снижению их максимальных размеров на МУ 1. Это выделено для признаков «ширина переднеспинки», «длина надкрылий», «ширина левого надкрылья» и «ширина правого надкрылья». Для последних трех признаков также характерен более узкий диапазон значений у жуужелиц с участка ЛЭП-750 (МУ 1).

Таблица 5 – Размеры и вариабельность морфометрических показателей *P. cupreus* на модельных участках и на контрольной территории г. Тула и Тульской области

Признак	Значение признака на МУ 1 (ЛЭП-750), мм	Значение признака на МУ 4 (ЛЭП-220), мм	Значение признака на КТ 1, мм	Среднее значение, мм	Коэффициент вариации (Cv), %	Ошибка средней (M), ±
Длина тела	$\frac{10,5 - 13,3}{11,6}$	$\frac{10,5 - 13,5}{11,8}$	$\frac{10,5 - 13,0}{11,7}$	11,6	7,3	0,04
Длина надкрылий	$\frac{6,5 - 8,2}{7,2}$	$\frac{6,5 - 8,3}{7,2}$	$\frac{6,7 - 8,5}{7,4}$	7,3	6,3	0,02
Ширина левого надкрылья	$\frac{1,6 - 1,9}{1,7}$	$\frac{1,6 - 2,1}{1,8}$	$\frac{1,6 - 2,0}{1,7}$	1,8	7,9	0,01
Ширина правого надкрылья	$\frac{1,6 - 1,9}{1,7}$	$\frac{1,6 - 2,1}{1,8}$	$\frac{1,6 - 2,0}{1,7}$	1,8	7,9	0,01
Длина переднеспинки	$\frac{2,1 - 2,9}{2,4}$	$\frac{2,2 - 2,7}{2,5}$	$\frac{2,2 - 2,8}{2,5}$	2,5	6,7	0,01
Ширина переднеспинки	$\frac{2,8 - 3,7}{3,3}$	$\frac{2,9 - 3,8}{3,2}$	$\frac{2,8 - 3,9}{3,2}$	3,3	7,8	0,01
Длина головы	$\frac{1,5 - 2,3}{1,9}$	$\frac{1,6 - 2,6}{2,0}$	$\frac{1,5 - 2,8}{2,0}$	2,0	14,1	0,01
Расстояние между глазами	$\frac{1,2 - 1,7}{1,5}$	$\frac{1,4 - 1,9}{1,6}$	$\frac{1,2 - 2,0}{1,6}$	1,5	11,2	0,01

Примечание: МУ – модельные участки, КТ – контрольная территория, Cv – коэффициент вариации, M – ошибка средней

Статистическая обработка методами дисперсионного анализа показала, что уже на этапе определения однородности выборки отмечена ее гетерогенность. С помощью критерия Фишера установлена зависимость размеров жуков от места обитания по нескольким признакам. К таковым относятся следующие параметры: «длина тела» и «длина переднеспинки».

Апостериорные сравнения однородных выборок показали, что особи *P. cupreus* с контрольной территории статистически отличаются от таковых, обитающих в зоне действия ЛЭП-750 (МУ 1), ЛЭП-220 (МУ 4) по морфологическому признаку «длина переднеспинки». Также особи с контрольной территории статистически отличаются от таковых с участка ЛЭП-750 (МУ 1) по морфологическому признаку «длина тела».

Наиболее изменчивыми морфологическими признаками *C. granulatus* в экосистемах широколиственных лесов являются «длина головы» и «длина переднеспинки» (Таблица 6). Коэффициент их вариации составляет 8,7% и 6,8% соответственно. Остальные признаки изменяются еще меньше. Коэффициенты вариации составляют 4,3-5,9%, что говорит о незначительной вариабельности признаков (Лакин, 1990).

В экосистемах широколиственных лесов в зоне действия ЛЭП-750 (МУ 5), ЛЭП-220 (МУ 6) и на контрольной территории средние значения всех морфологических признаков *C. granulatus* относительно схожи (Таблица 6).

Показатели ЭП и МП вблизи ЛЭП минимальны, так как происходит частичное поглощение электромагнитных волн кронами деревьев. Именно это делает условия обитания жужелиц относительно схожими с контрольным участком вне зависимости от напряжения ЛЭП и похожим образом сказывается на морфометрических показателях.

Таблица 6 – Размеры и вариабельность морфометрических показателей *C. granulatus* на модельных участках и на контрольных территориях г. Тула и Тульской области

Признак	Значение признака на МУ 5 (ЛЭП-750), мм	Значение признака на МУ 6 (ЛЭП-220), мм	Значение признака на КТ 2, мм	Среднее значение, мм	Коэффициент вариации (Cv), %	Ошибка средней (M), ±
Длина тела	$\frac{17,3 - 23,0}{19,8}$	$\frac{17,2 - 22,8}{19,7}$	$\frac{18,4 - 22,6}{19,8}$	19,7	5,5	0,04
Длина надкрылий	$\frac{10,8 - 14,3}{12,3}$	$\frac{10,8 - 14,1}{12,2}$	$\frac{11,4 - 14,0}{12,2}$	12,2	5,9	0,03
Ширина левого надкрылья	$\frac{2,1 - 3,0}{2,5}$	$\frac{2,3 - 2,9}{2,6}$	$\frac{2,3 - 2,8}{2,5}$	2,5	5,2	0,01
Ширина правого надкрылья	$\frac{2,1 - 3,0}{2,5}$	$\frac{2,3 - 2,9}{2,6}$	$\frac{2,3 - 2,8}{2,5}$	2,5	5,2	0,01
Длина переднеспинки	$\frac{3,5 - 5,3}{4,1}$	$\frac{3,2 - 5,5}{4,2}$	$\frac{3,7 - 4,9}{4,2}$	4,2	6,8	0,01
Ширина переднеспинки	$\frac{4,1 - 5,1}{4,5}$	$\frac{3,8 - 4,9}{4,5}$	$\frac{4,2 - 4,9}{4,5}$	4,5	4,3	0,01
Длина головы	$\frac{2,7 - 4,3}{3,4}$	$\frac{2,8 - 4,1}{3,3}$	$\frac{3,0 - 4,1}{3,4}$	3,3	8,7	0,01
Расстояние между глазами	$\frac{1,8 - 2,4}{2,1}$	$\frac{1,8 - 2,3}{2,1}$	$\frac{1,9 - 2,3}{2,1}$	2,1	4,9	0,00

Примечание: МУ – модельные участки, КТ – контрольная территория, Cv – коэффициент вариации, M – ошибка средней

В ходе однофакторного дисперсионного анализа было установлено, что дисперсии выборок *C. granulatus* в зоне действия исследуемых ЛЭП и на контрольной территории по большинству морфометрических параметров однородны. С помощью критерия Фишера установлена зависимость размеров жуков от места обитания по нескольким признакам. К таковым относятся следующие признаки: «длина тела», «длина надкрылий», «длина переднеспинки» и «расстояние между глазами».

Апостериорные сравнения однородных выборок показывают, что статистических значимых отличий у жужелиц с разных территорий по морфологическим признакам не обнаружены.

5.3 Морфологические аномалии жужелиц в районах линий электропередач

На модельных участках и контрольных территориях выявлено 10 вариантов морфологических аномалий жужелиц. Наибольшее их количество отмечено в зоне действия линий электропередач (10 вариантов). На контрольных территориях разновидностей аномалий меньше – 5 вариантов.

На луговых участках доля особей с морфологическими аномалиями колеблется от 1,81% до 3,24% (Таблица 7). Максимальное значение отмечено в зоне действия ЛЭП-750 (МУ 1, МУ 2 и МУ 3). Наименьший показатель в экосистемах суходольных лугов выделен на контрольной территории 1.

Таблица 7 – Встречаемость морфологических аномалий у жужелиц (*Carabidae*) на модельных участках и на контрольных территориях г. Тула и Тульской области

Количественные показатели морфологических аномалий	ЛЭП-750, луг	ЛЭП-220, луг	ЛЭП-750, лес	ЛЭП-220, лес	КТ, луг	КТ, лес
Количество вариантов морфологических аномалий	9	2	4	6	5	4
Доля особей с морфологическими аномалиями, %	3,24	2,11	2,54	3,39	1,28	2,52
<i>В том числе:</i>						
доля особей с механическими повреждениями, %	1,04	–	0,72	0,92	0,32	0,69
доля особей с общими аномалиями и уродствами (тератозы), %	2,20	2,11	1,82	2,47	0,96	1,83

Примечание: КТ – контрольные территории

На лесных участках доля особей с морфологическими аномалиями лежит в интервале от 2,52% до 3,39%. Максимальное значение отмечено на участке ЛЭП-220 (МУ 8). Наименьший показатель в экосистемах широколиственных лесов выделен на контрольной территории 2.

На основе частоты появления морфологических аномалий у жужелиц проведена оценка качества среды в зонах действия линий электропередач и на контрольных территориях. При этом учитываются особи с морфологическими аномалиями из групп «общие аномалии» и «уродства».

В экосистемах суходольных лугов на участках ЛЭП-750 и ЛЭП-220 качество среды на участках характеризуется как «хорошее», на контрольной территории 1 как «отличное». В экосистемах широколиственных лесов на участках ЛЭП-750, ЛЭП-220 и контрольной территории 2 качество среды можно оценить как «хорошее».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам многолетних исследований (2014-2021 гг.) дана оценка биоразнообразию насекомых на территориях ЛЭП, расположенных на суходольных лугах и в широколиственных лесах г. Тула и Тульской области. Охарактеризованы трофические и зоогеографические характеристики, а также гигропреферендум насекомых. На территориях, находящихся под воздействием линий электропередач, отмечены изменения в морфометрических показателях *Poecilus cupreus*.

1. Видовой состав насекомых территорий ЛЭП, расположенных на суходольных лугах и в широколиственных лесах характеризуется высоким разнообразием и насчитывает 421 вид, относящихся к 9 отрядам и 102 семействам. Наибольшим числом видов отличаются отряды *Coleoptera* (271 вид, 64,30% видового обилия) и *Lepidoptera* (41 вид, 10,92% видового обилия). Видовой состав насекомых и их распространение на исследуемых территориях зависит от экологических условий конкретных экосистем и показателей электромагнитного поля ЛЭП. Значительное сходство видового состава отмечено для трёх луговых участков в зоне действия ЛЭП-750 (индекс Ратледжа 104,19-127,98). Наименьшее сходство таксономического состава выделено для трёх луговых территорий в районе ЛЭП-750 и лесного участка в зоне действия ЛЭП-220 (индекс Ратледжа 186,56-197,27).

2. На территориях ЛЭП, расположенных на суходольных лугах и в широколиственных лесах выявлено 6 трофических групп насекомых. Преобладают фитофаги – 237 видов (56,29% видового обилия). Зоофаги представлены 98 видами (23,28%), сапрофаги – 33 видами (7,84%), миксофаги – 32 видами (7,60%), паразиты – 11 видами (2,61%), микофаги – 10 видами (2,38%). Зоогеографическая характеристика насекомых на территориях ЛЭП суходольных лугов и широколиственных лесов представлена 8 группами видов насекомых с разным типом ареала. Преобладают виды с транспалеарктическим типом (167 видов, 39,67%) и голарктическим типом (63 вида, 14,97%) ареалов. Гигропреферендум насекомых на территориях ЛЭП суходольных лугов и широколиственных лесов насчитывает 4 экологические группы. Доминируют мезофилы – 353 вида (83,85% видового обилия). Гигрофилы представлены 46 видами (10,92%), ксерофилы – 20 видами (4,75%), гидрофилы – 2 видами (0,48%).

3. Наиболее изменчивыми морфологическими признаками *P. cupreus* на территориях ЛЭП в экосистемах суходольных лугов являются «длина головы» и «расстояние между глазами» (коэффициент вариации 14,1% и 11,2%). Наиболее изменчивыми морфологическими признаками *S. granulatus* на территориях ЛЭП в экосистемах широколиственных лесов являются «длина головы» и «длина переднеспинки» (коэффициент вариации 8,7% и 6,8%). Воздействие напряжения электромагнитного поля ведет к уменьшению размеров морфологических признаков *P. cupreus*, что математически подтверждено результатами дисперсионного анализа. Причем

обнаружена прямая зависимость уменьшения указанных признаков от величины напряжения ЛЭП.

4. На территориях ЛЭП-750, расположенных на суходольных лугах доля особей с общими аномалиями и уродствами составляет 2,20%, на территории ЛЭП-220 – 2,11%, на контрольной территории – 0,96%. На территориях ЛЭП-750, расположенных в широколиственных лесах доля особей с общими аномалиями и уродствами составляет 1,82%, на территории ЛЭП-220 – 2,47%, на контрольной территории – 1,83%. В луговых экосистемах частота появления аномалий у представителей карабидокомплекса зависит от напряжения электромагнитного поля ЛЭП, что проявляется больше, чем в лесных экосистемах.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Перечень статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Короткова, А. А. Трофическая структура энтомофауны в районах линий электропередач в Тульской области / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2015. - Вып. 3. – С. 284-291.

2. Короткова, А. А. Морфометрическая структура микропопуляций *Carabus granulatus* L. в районах линий электропередач в Тульской области / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2017. - Вып. 3. – С. 58-61.

3. Короткова, А. А. Морфологические аномалии жужелиц в районе линий электропередач в Тульской области / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2019. – № 3 (27). – С. 34–42.

4. Короткова, А. А. Влияние электромагнитного излучения ЛЭП на морфометрические показатели жужелицы *Poecilus cupreus* (Coleoptera, Carabidae) / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Экосистемы. – 2023. – № 1. – С. 78–87.

Научные статьи в рецензируемых научных журналах и сборниках

5. **Дубинин, М. С.** Карабидофауна территорий линий электропередач в Тульской области / М. С. Дубинин // Исследовательский потенциал молодых ученых: взгляд в будущее: Сборник материалов XI Региональной научно-практической конференции аспирантов, соискателей, молодых ученых и магистрантов. - Тула: Изд-во ТГПУ им. Л. Н. Толстого, 2015. – С. 109-112.

6. Короткова, А. А. Зоогеографическая характеристика энтомофауны в районах линий электропередач в Тульской области / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. - 2016. - Вып. 1. – С. 72-76.

7. Короткова, А. А. Моделирование трофической структуры элементов энтомофауны / А. А. Короткова, Н. П. Булухто, С. Н. Мамонтов,

М. С. Дубинин // Моделирование структур, строение вещества, нанотехнологии: Сборник материалов III Международной научной конференции. - Тула: Изд-во ТГПУ им. Л. Н. Толстого, 2016. – С. 259-262.

8. Короткова, А. А. Насекомые в районах линий электропередач в Тульской области / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Актуальные проблемы экологии: Сборник научных статей по материалам XI международной научно-практической конференции. - Гродно: Из-во ГрГУ, 2016. – С. 104-105.

9. Короткова, А. А. Морфометрическая структура *Poecilus cupreus* L. в зоне действия ЛЭП-750 / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. - 2016. - Вып. 4.– С. 117-124.

10. Короткова, А. А. Жизненные формы жуужелиц в районах линий электропередач в Тульской области / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Зоологические чтения: Сборник статей международной научно-практической конференции. - Гродно: Из-во ГрГУ, 2017. – С. 102-103.

11. Короткова, А. А. Гигропреферендум насекомых на территории ЛЭП в Тульской области / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Университет XXI века: научное измерение: Материалы научной конференции научно-педагогических работников, аспирантов, магистрантов ТГПУ им, Л. Н. Толстого. – Тула: Изд-во ТГПУ им. Л.Н.Толстого, 2017. – С. 370-371.

12. Короткова, А. А. Моделирование влияния электромагнитного излучения ЛЭП на размеры *Poecilus cupreus* L. / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Многомасштабное моделирование структур, строение вещества, наноматериалы и нанотехнологии: Сборник материалов IV международной конференции / Под. общ. ред. В.А. Панина. - Тула: Изд-во Тул. гос. пед. ун-та им. Л. Н. Толстого, 2017. – С. 168-171.

13. Короткова, А. А. К вопросу о фенотипической изменчивости *Leptinotarsa decemlineata* Say. в зоне влияния ЛЭП / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2017. - Вып. 4. – С. 41-45.

14. Короткова, А. А. О морфологических аномалиях жуужелиц на территориях ЛЭП в Тульской области / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2018. - Вып. 3. - С. 124-128.

15. Короткова, А. А. Редкие виды жесткокрылых в районах линий электропередач Тульской области / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Актуальные вопросы биогеографии: Материалы Международной конференции (Санкт-Петербург, Россия, 9–12 октября 2018 г.). – СПб: Изд-во СПбГУ, 2018. – С. 211-213.

16. Короткова, А. А. Дисперсионный анализ морфометрических показателей *Poecilus cupreus* (L.) в районах линий электропередач в Тульской области / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Естественные и гуманитарные

науки в современном мире: материалы всероссийской научно-практической конференции (23-24 апреля 2019 г.) - Орел: Изд-во ОГУ, 2019. – С. 66-73.

17. Короткова, А. А. О реакции насекомых на воздействие ЛЭП / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Университет XXI века: научное измерение: Материалы научной конференции научно-педагогических работников, аспирантов, магистрантов ТГПУ им. Л. Н. Толстого. – Тула: Изд-во ТГПУ им. Л.Н.Толстого, 2019. С. – 484-486.

18. Короткова, А. А. Карабидофауна в районах линий электропередач в тульской области / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Зоологические чтения: Сборник статей международной научно-практической конференции (20-22 марта 2019 г.). - Гродно: Изд-во: ГрГУ имени Янки Купалы, 2019. – С. 140-141.

19. Короткова, А. А. Морфометрическая структура микропопуляций *Poecilus cupreus* (L.) в районах линий электропередач в Тульской области / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Пространственно-временные аспекты функционирования биосистем: Сборник материалов XVI Международной научной экологической конференции, посвященной памяти Александра Владимировича Присного (24-26 ноября 2020 г.). - Белгород: Изд-во БГНИУ, 2020. – С. 204-208.

20. Короткова, А. А. Об энтомофауне антропогенно нарушенных территорий г. Тулы и окрестностей / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Пространственно-временные аспекты функционирования биосистем: Сборник материалов XVI Международной научной экологической конференции, посвященной памяти Александра Владимировича Присного (24–26 ноября 2020 г.). - Белгород: Изд-во БГНИУ, 2020. – С. 209-212.

21. Короткова, А. А. Биоразнообразие пилильщиков антропогенно нарушенных территорий г. Тулы и окрестностей / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Университет XXI века: научное измерение: Материалы научной конференции научно-педагогических работников, аспирантов, магистрантов ТГПУ им. Л. Н. Толстого. – Тула: Изд-во ТГПУ им. Л.Н.Толстого, 2020. – С. 206-207.

22. Короткова, А. А. Вариабельность морфометрических признаков отдельных видов Carabidae / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Университет XXI века: научное измерение: Материалы научной конференции научно-педагогических работников, аспирантов, магистрантов ТГПУ им. Л. Н. Толстого. – Тула: Изд-во ТГПУ им. Л.Н.Толстого, 2020. – С. 208-210.

23. **Дубинин, М. С.** Морфометрические параметры отдельных видов жуужелиц в зоне действия ЛЭП / **М. С. Дубинин** // Университет XXI века: научное измерение: Материалы научной конференции научно-педагогических работников, аспирантов, магистрантов ТГПУ им. Л. Н. Толстого. – Тула: Изд-во ТГПУ им. Л.Н.Толстого, 2021. – С. 167-169.

24. Короткова, А. А. Видовой состав энтомофауны на территориях ЛЭП в Тульской области / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Организмы, популяции и сообщества в трансформирующейся среде: сборник материалов

XVII Международной научной экологической конференции (г. Белгород, 22–24 ноября 2022 г.) / Под ред. Ю.А. Присного. – Белгород: Из-во ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ», 2022. – С. 86-89.

25. Короткова, А. А. Оценка техногенного воздействия ЛЭП на морфометрическую структуру жужелиц методами дисперсионного анализа / А. А. Короткова, **М. С. Дубинин** // Университет XXI века: научное измерение: Сборник материалов научной конференции научно-педагогических работников, аспирантов, магистрантов ТГПУ им. Л.Н. Толстого. – Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого. – Тула: Изд-во ТГПУ им. Л.Н.Толстого, 2022. – С. 138-140.

26. Мамонтов, С. Н. Новые находки редких видов насекомых в Тульской области за последние 10 лет / С. Н. Мамонтов, **М. С. Дубинин** // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2022. - Вып. 4. – С. 54-58.

Подписано в печать 16.08.2024 г. Печать цифровая.

Бумага офсет. Формат 60x84 1/16. Усл. печ. 1,0 л.

Тираж 80 экз. Заказ №113

Отпечатано в типографии «Good Print 71»

ИП Судавный Александр Николаевич

300041, г. Тула, ул. Советская, 14.