

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

BIOLOGICAL SCIENCES

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-923

УДК 577.11:591.821



Научная статья

**СОСТОЯНИЕ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ
РЕЗИСТЕНТНОСТИ НЕТОПЫРЯ МАЛОГО
(*PIPISTRELLUS PYGMAEUS LEACH, 1825*)
В УСЛОВИЯХ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ
АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

Е.Н. Карпенко, А.Л. Харлан, Е.В. Зайцева

*В настоящее время важной особенностью изучения рукокрылых млекопитающих является способность ими переносить возбудителей опасных вирусов, что имеет важное значение для эпидемиологии при анализе распространения инфекционных заболеваний. Поэтому исследование неспецифического иммунитета летучих мышей сможет позволить предположить их заболеваемость и способность переносить опасные для человека болезни. Цель исследования – изучение состояния неспецифической резистентности нетопыря малого (*Pipistrellus pygmaeus Leach, 1825*) в условиях неблагоприятных антропогенных факторов территории Брянской области. В статье представлены результаты анализа показателей неспецифического иммунитета нетопыря малого, обитающего на территориях с разной антропогенной нагрузкой: колония №1 – сельская местность, колония №2 – городская местность. Для определения естественной резистентности, физиологической реактивности и общей неспецифической резистентности у нетопыря малого были проведены гематологические и биохимические исследования по стандартным методикам у самцов и самок двух колоний. Определялось содержание активности лизоцима сыворотки крови, бактерицидная активность, фагоцитарная активность, циркулирующие иммунные комплексы. В организме у самцов и самок нетопыря малого, адаптация к новым условиям*

негативной городской среды, сопряжена с адаптационно-компенсаторными процессами, проявляющимися в гиперактивности иммунитета, выраженными нарушениями иммунной системы и клеточного иммунитета.

Ключевые слова: нетопырь малый; неспецифическая резистентность; антропогенные факторы; Брянская область

Для цитирования. Карпенко Е.Н., Харлан А.Л., Зайцева Е.В. Состояние неспецифической резистентности нетопыря малого (*Pipistrellus pygmaeus* Leach, 1825) в условиях неблагоприятных антропогенных факторов // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2023. Т. 15, №5. С. 11-26. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-923

Original article

THE STATE OF NON-SPECIFIC RESISTANCE OF THE SMALL BAT (*PIPISTRELLUS PYGMAEUS LEACH, 1825*) UNDER ADVERSE ANTHROPOGENIC FACTORS

E.N. Karpenko, A.L. Kharlan, E.V. Zaitseva

*At present, an important feature of the study of bats is their ability to carry pathogens of dangerous viruses, which is important for epidemiology when analyzing the spread of infectious diseases. Therefore, the study of the nonspecific immunity of bats will be able to suggest their morbidity and ability to endure diseases dangerous to humans. The purpose of the study is to consider the state of nonspecific resistance of the small bat (*Pipistrellus pygmaeus* Leach, 1825) under the conditions of unfavorable anthropogenic factors in the territory of the Bryansk region. The article presents the results of the analysis of indicators of nonspecific immunity of the small bat, living in areas with different anthropogenic pressure: colony №1 - rural area, colony №2 - urban area. To determine the natural resistance, physiological reactivity and general nonspecific resistance in the small bat, hematological and biochemical studies were conducted according to standard methods in males and females of two colonies. Blood serum lysozyme activity, bactericidal activity, phagocytic activity, circulating immune complexes were measured. In the body of males and females of the small bat, adaptation to new conditions of a negative urban environment is associated with adaptive-compensatory processes, manifested in hyperactivity of the immune system, pronounced disorders of the immune system and cellular immunity.*

Keywords: *small bat; nonspecific resistance; anthropogenic factors; Bryansk region*

For citation. *Karpenko E.N., Kharlan A.L., Zaitseva E.V. The State of Non-Specific Resistance of the Small Bat (*Pipistrellus pygmaeus* Leach, 1825) under Adverse Anthropogenic Factors. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 11-26. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-923*

Введение

Глобальное изменение климата, загрязнение среды обитания, экологические трансформации и нарушение экосистем, увеличение техногенных факторов – сказываются на всей живой природе, в том числе на уменьшение количества и плотности расселения популяций летучих мышей [5].

Рукокрылые представляют теоретический и практический интерес как незаменимые объекты решения общебиологических научных и прикладных проблем [1]. Человеческая деятельность, включая антропогенное изменение климата, природные и техногенные катастрофы и эпидемии является не только основным фактором потерь в отряде рукокрылых, но и способствует возникновению в антропогенной среде новых чрезвычайно опасных эпидемических зооантропонозов [5]. В настоящее время важной особенностью изучения рукокрылых млекопитающих является способность ими переносить возбудителей опасных вирусов, что имеет важное значение для эпидемиологии и эпизоотологии при анализе распространения инфекционных заболеваний [1]. Поэтому исследование неспецифического иммунитета летучих мышей сможет позволить предположить их заболеваемость и способность переносить опасные для человека и животных болезни.

За последние годы, несмотря на возросший интерес к изучению рукокрылых в Брянской области, касающихся общих вопросов, остаются пробелы, требующие проведения новых исследований с использованием современных методов, и в знаниях об эко-морфологическом статусе организма к воздействиям антропогенных факторов [2].

На состояние неспецифической резистентности влияют разные факторы, в том числе неблагоприятное состояние окружающей среды, что является наиболее актуально для территории Брянской области, подвергшейся радиационному загрязнению с фоном излучений $10,70137\text{Cs}$, Бк/м² [3]. Кроме того, в местах обитания рукокрылых имеется повышение гигиенических нормативов по диоксиду азота, оксиду углерода, углеводородам, формальдегиду, взвешенным веществам, попадающим в атмосферу в результате деятельности промышленных предприятий и автотранспорта [6].

В последние 20 лет нарастающий антропогенный пресс и отрицательное влияние на жизнедеятельность (функциональный статус), морфолого-анатомические и биоритмологические показатели популяций рукокрылых делает летучих мышей уязвимыми. Численность лесных видов, например в Британии, Нидерландах снизилась на 30-40 % по сравнению с 50-ми годами XX века, в настоящее время в Баварии, Западной Швейцарии размножение многих видов уже не отмечено. Таким образом, проживание представителей хироптерофауны в постоянно и динамически изменяющихся условиях местообитаний требует выявления особенностей морфолого-анатомических и ряда физиологических и биохимических показателей в зависимости от величины отрицательной нагрузки на организм и популяционно-видовой уровень организации биосистем. Второй шаг – разработка мер и мероприятий по охране колоний и одиночных местообитаний представителей хироптерофауны на основе реабилитационных мероприятий в зависимости от эколого-популяционных показателей. Третья группа мероприятий – представление признаков по биоиндикации состояния сред обитания на основе нормы реакции морфолого-анатомических и физиолого-биохимических показателей особей, что требует специальных исследований в зависимости от географии и величины антропогенного стресса [13, 16].

Стрессовые экологические факторы изменяют эволюционно сложившиеся экологические ниши: их длину, ширину и, следовательно, адаптивные механизмы у самого животного [22]. Смена экониш у представителей хироптерофауны влечёт за собой по принципу обратной связи динамические изменения в трофической, пространственной структуре биогеоценозов как хорологических единиц биосферы. Поэтому в настоящее время намечился переход от фаунистических исследований к особенностям и возможностям экологической валентности рукокрылых как основе биоиндикационных, экомониторинговых разработок, а также эконормирования по экосистемным показателям [17, 18, 21].

Так, наблюдая высокую смертность у представителей хироптерофауны, анализируя биоиндикационные признаки, учёные с уверенностью делают заключение об экологических связях загрязнения, заболеваемости и смертности: стрессовые воздействия подавляют иммунную систему летучих мышей и повышенная распространённость болезней является следствием изменений среды [22].

Глубокий анализ изменения природной среды биосферы повлекло за собой появление широкого пласта работ, связанных с воздействием на по-

пуляционно-видовую структуру хироптерофауны: показатели численности, особенностей размещения, биологии. На основе этих данных можно оценить и противодействовать неблагоприятным направлениям антропогенных воздействий и дополнить признаки экосистемных нормативов качества среды [22, 23]. Пространственное распределение рукокрылых определяется сочетанием ряда экологических факторов, среди которых ведущую роль играют: средняя температура самой теплой и самой холодной четвертой года, а также плотность людского населения. В последнее десятилетие показана огромная зависимость рукокрылых от изменения климата, так как большая поверхность тела зверей провоцирует обезвоживание, запасы воды необходимо возобновлять, но её общая нехватка является лимитирующим фактором для мышей. Эта зависимость от климата делает летучих мышей превосходными организмами-кандидатами для обозначения биотических реакций на изменение климата. Высокая чувствительность летучих мышей к изменениям температуры и доступности воды также делает летучих мышей потенциально отличными индикаторами изменения климата. В связи с широким спектром воздействия экофакторов на популяционно-видовые характеристики этих групп зверей отдельная тематика исследований позволила выявить лимитирующие факторы: изменение влажности из-за вырубке деревьев и сведения старовозрастных лесов; обновления лесов в результате сплошных рубок; фрагментация местообитаний; урбанизация и урбанизированность территорий; применение ядохимикатов: косвенно – рост спелеотуризма и изменение микроклимата пещер.

Летучие мыши в аспекте адаптивных преобразований биоразнообразия достаточно консервативны, что позволило им медленно, но с приобретением надёжных признаков адаптаций приспосабливаться к условиям искусственно созданной среды, ограничивающей естественное их развитие и функционирование.

В связи с вышеизложенным возрастает роль представителей хироптерофауны как биоиндикаторов сочетанного антропогенноо воздействия. Одно из направлений исследований – выявление динамики концентраций элементов группы тяжёлых металлов (ТМ), пестицидов при загрязнении сельскохозяйственных территорий в тканях и органах рукокрылых [14]. За 10-летний период накоплены сведения о содержании ТМ представлены для 65 видов летучих мышей как плотоядных, так и нектароядных. Отмечено, что зависимость содержания ТМ в организмах особей отмечена для пола, возраста, типа пищи (пищевых гильдий). Выявлено, что насекомо-

ядные представители фауны имеют более низкие средние значения токсиантов в тканях, чем нектароядные виды. Число работ, подтверждающих прямое неблагоприятное воздействие и токсичность ТМ на рукокрылых невелико, однако задокументированы некоторые случаи воздействия и отравления, включая гепатопатию, повреждение ДНК, гемохроматоз, почечные включения, изменения холинергических функций [12, 15, 19, 20, 24]. Результаты исследований показывают, что последствия хронического сублетального воздействия загрязнения тяжелыми металлами могут быть более серьезной угрозой для популяций летучих мышей, поскольку представители отряда в естественных условиях окружающей среды часто подвергаются одновременному воздействию нескольких антропогенных стрессоров. Одной из основных задач, стоящих сегодня перед экотоксикологией летучих мышей, является подготовка стандартизированных программ мониторинга с использованием современных аналитических технологий, позволяющих получать более точные данные о загрязнении тяжелыми металлами. Интересно и содержание микроэлементов в тканях рукокрылых: современными исследованиями выявлены значимые положительные корреляции между содержанием свинца, меди, цинка и кадмия в мехе и перепонке крыльев. Летучие лисицы в Австралии – надёжные биоиндикаторы воздействия ТМ, однако оконцентрация свинца в почках и мехе животных в настоящее время были ниже, чем в образцах, взятых в 1990 году [10, 11].

Также с 1951 года по настоящее время опубликовано более 80 работ о воздействии пестицидов на хироптерофауну, в которых рассматривается временное и географическое распространение исследований, в основном в Северном полушарии. Все работы охватили 5 % видов в основном насекомоядных мышей семейства *Vespertilionidae* и воздействие на них хлорорганических пестицидов. Отмечается поражение печени и почек особей [11, 14, 19].

Цель исследования – изучение состояния неспецифической резистентности нетопыря малого (*Pipistrellus pygmaeus* Leach, 1825) в условиях неблагоприятных антропогенных факторов территории Брянской области.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось с 2011 по 2022 годы в лабораториях биоиндикации и морфофизиологии человека и животных и научно-образовательного центра «Изучение биологических систем» кафедры биологии Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петров-

ского. За период с 2011-2019 годы всего было проведено 40 отловов нетопыря малого (*Pipistrellus pygmaeus Leach, 1825*) в количестве 481 особей, из них 100 отобрано для исследований. В Брянской области обнаружены несколько колоний *Pipistrellus pygmaeus Leach, 1825*. Две из колоний стали объектом наших исследований по влиянию антропогенных факторов на организм нетопыря малого, обитающего на территории Брянской области. Колонии № 1 исследовалась в деревне Кукуевка Брянской области, Навлинского района, в ней насчитывалось 36 особей, из них: 25 женских и 11 мужских особей. Колония №2 изучалась в городе Мглин Брянской области, где насчитывалось 50 особей, из них 31 женских и 19 мужских особей [4]. В исследовании анализировались данные за 2 года наблюдения: 2014 и 2018. При работе с рукокрылыми полностью соблюдались Международные принципы Хельсинской декларации о гуманном отношении к животным.

У летучих мышей гематологические и биохимические исследования крови проводились с использованием общепринятых методик [7]. Биохимические исследования проводили на базе лаборатории ГАУЗ «Брянский клинико-диагностический центр» на автоматическом биохимическом анализаторе ARCHITECT в системе биотестов AEROSSET. Оценку иммунного статуса проводили с использованием метода непрямой иммунофлюоресценции [8].

Для определения естественной резистентности, физиологической реактивности и общей неспецифической резистентности у нетопыря малого проводились гематологические и биохимические исследования у самцов и самок двух колоний: бактерицидная активность (%), фагоцитарная активность (%), циркулирующие иммунные комплексы.

Все результаты измерений подвергались вариационно-статистической обработке. Рассчитывались основные элементы вариационной статистики – средняя арифметическая (M) и ошибка средней арифметической ($\pm m$) – показывающая, насколько истинная средняя величина не совпадает с найденной средней (M), точности опыта (p , %). Достоверность оценивали по Стьюденту (t) ($P=95\%$).

Результаты исследования

Проведено обследование состояния естественной резистентности, физиологической реактивности и общей неспецифической резистентности у нетопыря малого, обитающего в Брянской области, подверженного влиянию негативной антропогенной нагрузке и радиоактивных (ионизирующих) излучений.

Установлено, что лизоцимная активность в сыворотке крови нетопыря малого изменялись неравномерно и гетерохронно с 2014 по 2018 годы. При исследовании естественной резистентности, физиологической реактивности и общей неспецифической резистентности в крови у нетопыря малого выявили следующие:

- Разница по уровню лизоцимной активности в сыворотке крови у самок и самцов в первой колонии зверьков составили – 1,29% ($p<0,05$), во второй колонии – 1,22% ($p<0,05$).

Установлено, что бактерицидная активность, фагоцитарная активность гранулоцитов в сыворотке крови у нетопыря малого, что под влиянием антропогенной нагрузки, в период с 2014 по 2018 годы, равномерно увеличивались (табл).

Установлено, что уровень лизоцимной активности в сыворотке крови у самок вида нетопырь малый в первой и второй колониях достоверно ниже, чем у самцов в первой и во второй колониях. Разница по уровню бактерицидной активности в сыворотке крови у самок и самцов в первой колонии зверьков составили - 1,24% и 1,04%, соответственно ($p<0,05$). Уровень бактерицидной активности в сыворотке крови достоверно ниже, чем у самцов второй колонии на 0,08 %, у самок – на 8,4%. Уровень фагоцитарной активности в сыворотке крови между самцами и самками первой и второй колонии нетопыря малого отличается на 1,21% и 1,09%, соответственно ($p<0,05$). Уровень фагоцитарной активности самцов и самок в первой колонии в сыворотке крови достоверно ($p<0,05$) ниже, чем у самцов и самок второй колонии на 0,6 % и 0,5%, соответственно.

Разница по уровню содержания ЦИК в сыворотке крови у самок и самцов в первой колонии зверьков составили - 1,00% ($p<0,05$), во второй колонии - 1,02% ($p<0,05$). В первой колонии у самцов и самок уровень содержания ЦИК в сыворотке крови достоверно ниже, чем у самцов второй колонии на 5,94 у.е., у самок - на 5,25 у.е. (табл.).

Содержание циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) в плазме крови у самок и самцов в колонии №2, в г Мглин Брянской области, с общим фоном радиоактивных излучений $10,70^{137}\text{Cs}$, Бк/м² во временном аспекте возрастает.

Минимальное количество циркулирующих иммунных комплексов в плазме крови отмечено у самцов и самок нетопыря малого в первой колонии в 2014 году, и составило $22,11\pm 0,15$ у.е. и $22,13\pm 0,10$ у.е., соответственно. Самый высокий (максимальный) уровень содержание ЦИК в плазме крови отмечен у самцов и у самок во второй колонии зверьков в 2018 году, и соответственно составил $29,19\pm 0,34$ у.е. и $28,17\pm 0,22$ у.е.

Таблица

**Параметры неспецифической резистентности нетопыря малого
за период с 2014 по 2018 годы, (n=100)**

Год	Бактерицидная активность, %	Фагоцитарная активность, %	Лизоцимная активность, %	ЦИК, у.е.
	M±m			
Самки (колония № 1)				
2014	52,31±0,11	51,30±0,16	5,04±0,07	22,13±0,10
2018	52,36±0,05*	51,31±0,01*	5,01±0,03	22,28±0,02
Среднее значение	52,33±0,07*	51,30±0,08*	5,02±0,05	22,20±0,05*
Самки (колония № 2)				
2014	60,10±0,18	56,29±0,11	5,43±0,06	26,61±0,12
2018	61,37±1,27*	56,39±0,10	5,48±0,05	28,17±0,22*
Среднее значение	60,73± 0,72*	56,34±0,10	5,45±0,06	27,45±0,11*
Самцы (колония № 1)				
2014	65,18± 0,08	59,71±0,15	6,52±0,10	22,11±0,15
2018	65,36± 0,18*	60,53±0,82*	6,53±0,01*	22,30±0,02
Среднее значение	65,27± 0,13*	60,12±0,48*	6,52±0,05*	22,22±0,05*
Самцы (колония № 2)				
2014	65,31± 0,11	61,70±0,13	6,69±0,08	27,05±0,11
2018	65,39± 0,08	61,75±0,05*	6,67±0,02*	29,19±0,34*
Среднее значение	65,35± 0,09	61,72±0,14*	6,68±0,05*	28,16±0,25*

Примечание: статистические различия между самцами и самкам одной колонии: *- p<0,05.

В результате исследования плазмы крови и органов, участвующих в белковом обмене, у особей нетопыря малого, под влиянием антропогенных факторов, в период с 2014 по 2018 годы [4], установлено, что модифицированные белки функционально неактивны, хотя и накапливаются в ткани почек. Функциональная неактивность белков, заключается в том, что в результате окислительной модификации нарушается ферментативная и регуляторная активность, нарушаются транспорт ионов и липидов, матричный синтез.

Наши данные согласуются с данными А. В. Силенка (2012), что в результате функциональной активности белки во время окислительной модификации, придают собственным белкам антигенные свойства, и образуют

низкомолекулярные и средномолекулярные токсические циркулирующие иммунные комплексы (ЦИК). Не связываясь с системой комплемента, (ЦИК) долго циркулируют в кровеносном русле, и способны вызывать функциональные нарушения в тканях почек (участвующих в белковом обмене), сосудов и отчасти опорно-двигательного аппарата [9].

Таким образом, установлено, что по уровню концентрации циркулирующих иммунных комплексов, как интегрального показателя, можно судить об антигенном влиянии на иммунную систему организма.

Выводы

1. В организме у самцов и самок нетопыря малого, адаптация к негативным условиям городской среды, сопряжена с адаптационно-компенсаторными процессами, проявляющимися в гиперактивности иммунитета, выраженными нарушениями иммунной системы и клеточного иммунитета.

2. Лизоцимная активность в сыворотке крови изменялась неравномерно и гетерохронно с 2014 по 2018 годы. Уровень лизоцимной активности в сыворотке крови у самок нетопыря малого в первой и второй колониях ниже, чем у самцов в первой и во второй колониях.

3. В первой колонии у самцов и самок уровень бактерицидной активности в сыворотке крови достоверно ниже, чем у самцов и самок второй колонии.

4. В первой колонии у самцов и самок уровень фагоцитарной активности в сыворотке крови достоверно ниже, чем у самцов второй колонии.

5. Бактерицидная активность, фагоцитарная активность гранулоцитов в сыворотке крови у нетопыря малого под влиянием антропогенной нагрузки, в период с 2014 по 2018 годы, равномерно увеличивались.

6. ЦИК циркулируют в кровеносном русле, и способны вызывать функциональные нарушения в тканях почек (участвующих в белковом обмене), сосудов и отчасти опорно-двигательного аппарата. По уровню концентрации циркулирующих иммунных комплексов, как интегрального показателя, можно судить об антигенном влиянии на иммунную систему организма.

Список литературы

1. Бучацкий Л.П. Значение рукокрылых в эпидемиологии лиссавирусных инфекций // Ветеринарная патология. 2002. № 1. С. 26-31.
2. Горбачев А.А., Прокофьев И.Л., Зайцева Е.В. Факторы, влияющие на распространение летучих мышей по территории Брянской области // Вестник Брянского государственного университета. 2011. № 4. С. 128-133.

3. Зайцева Е.В., Харлан А.Л., Епихова О.Н., Зайцева Е.Н., Сениокова Л.И., Чиграй О.Н. Гуморальные факторы неспецифической защиты организма цыплят-бройлеров ОАО птицефабрика «Снежка» // Ежегодник НИИ фундаментальных и прикладных исследований. 2014. № 1 (5). С. 72-76.
4. Карпенко Е.Н., Харлан А.Л. Обмен веществ у нетопыря малого под воздействием отрицательных экологических факторов Брянской области // Ученые записки Брянского государственного университета, 2022 (2). С. 40-47.
5. Макаров В.В., Лозовой Д.А. Новые особо опасные инфекции, ассоциированные с рукокрылыми. Владимир: РУДН, ФГБУ «ВНИИЗЖ», 2016. 160 с.
6. Мотылев С.В. Природные ресурсы и окружающая среда Брянской области: годовой доклад об экологической ситуации в Брянской области в 2015 году. Брянск: Департамент природных ресурсов и экологии Брянской области, 2016. 240 с.
7. Методы ветеринарной и клинической диагностики. Под ред. И.П. Кондрахина. М.: Изд-во «КолосС», 2004. 520 с.
8. Методы непрямо́й иммунофлюоресценции // Медицинская иммунология. 1999. Т. 1. №5. С. 24-28.
9. Силенок А.В. Влияние факторов окружающей среды на эколого-физиологические особенности организма птиц в условиях клеточного содержания: на примере цыплят-бройлеров кросса «Смена-7» в период раннего постнатального онтогенеза: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Брянск, 2012. 24 с.
10. Åkerblom S, de Jong J. Mercury in fur of Daubenton's bat (*Myotis daubentonii*) in southern Sweden and comparison to ecotoxicological thresholds // Bull Environ Contam Toxicol. 2017. Vol. 99. P. 561–566. <https://doi.org/10.1007/s00128-017-2206-3>
11. Bayat S., Geiser, F., Kristiansen, P., Wilson, S.C., Organic contaminants in bats: trends and new issues // Environ. Int. 2014. Vol. 63, P. 40–52. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.10.009>
12. Flache L., Ekschmitt K., Kierdorf U., Czarnecki S., Düring R.A., Encarnaçao J.A. Reduction of metal exposure of Daubenton's bats (*Myotis daubentonii*) following remediation of pond sediment as evidenced by metal concentrations in hair // Sci. Total Environ. 2016. № 547. P. 182-189. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.131>
13. Guillen W. et al. Bats in the anthropogenic matrix: challenges and opportunities for the conservation of Chiroptera and their ecosystem services in agricultural landscapes // Voigt CC, Kingston T (eds) Bats in the Anthropocene: conserva-

- tion of bats in a changing world. Springer International AG, Cham. 2016. P. 151–178. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25220-9_6
14. Guimarães C., Torquetti A., Bittencourt-Guimarães T., Soto-Blanco B. Exposure to pesticides in bats // *Science of The Total Environment*. 2021. Vol. 755. Part 1. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142509>
 15. Heiker L.M., Adams R.A., Ramos C.V. Mercury bioaccumulation in two species of insectivorous bats from urban China: Influence of species, age, and land use type // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2018. Vol. 75. P. 585–593. <https://doi.org/10.1007/s00244-018-0547-5/>
 16. Jebb D., Huang Z., Pippel M., Devanna P. et al. Six reference-quality genomes reveal evolution of bat adaptations // *Nature*. 2020. № 23. P. 578-584. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2486-3>
 17. Jones G., Rebelo H. Responses of bats to climate change: learning from the past and predicting the future // Adams RA, Pedersen SC (eds) *Bat evolution, ecology, and conservation*. Springer, New York, Berlin, 2013. P. 457–478. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7397-8_22
 18. Kasso M., Balakrishnan M. Ecological and Economic Importance of Bats (Order Chiroptera) // *International Scholarly Research Notices*. 2013. Vol. 1. Article ID 187415. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/187415>
 19. Korine C., Adams, A., Shamir, U., Gross, A. Effect of water quality on species richness and activity of desert-dwelling bats // *Mamm. Biol.* 2015. Vol. 80. P. 185–190. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.03.009>
 20. Pulscher L.A., Gray R., McQuilty R., Rose K., Welbergen J., Phalen D.N. Investigation into the utility of flying foxes as bioindicators for environmental metal pollution reveals evidence of diminished lead but significant cadmium exposure // *Chemosphere*. 2020. Vol. 254. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126839>
 21. Put J.E., Mitchell G.W., Fahrig L. Higher bat and prey abundance at organic than conventional soybean fields // *Biol. Cons.* 2018. Vol. 226. P. 177–185. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.06.021>
 22. Russo D., Jones G. Bats as bioindicators // *Mamm. Biol.* 2015. Vol. 80. P. 157–246. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.03.005>
 23. Timofieieva O., Świergosz-Kowalewska R., Laskowski R., Vlaschenko A. Wing membrane and Fur as indicators of metal exposure and contamination of internal tissues in bats // *Environmental Pollution*. 2021. Vol. 276. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116703>
 24. Zukal J., Pikula J., Bandouchova H. Bats as bioindicators of heavy metal pollution: history and prospect // *Mamm Biol. Z Saugertierkd.* 2015. Vol. 80. P. 220–227. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.01.001>

References

1. Buchackij L.P. Znachenie rukokrylyh v epidemiologii lissavirusnyh infekcij [Significance of bats in the epidemiology of lyssavirus infections]. *Veterinarnaya patologiya* [Veterinary pathology], 2002, no. 1, pp. 26-31.
2. Gorbachev A.A., Prokof'ev I.L., Zajceva E.V. Faktory, vliyayushchie na rasprostranenie letuchih myshej po territorii Bryanskoj oblasti [Factors affecting the distribution of bats in the territory of the Bryansk region]. *Vestnik Bryansko-gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Bryansk State University], 2011, no. 4, pp. 128-133.
3. Zajceva E.V., Harlan A.L., Epihova O.N., Zajceva E.N., Senyukova L.I., CHigraj O.N. Gumoral'nye faktory nespecificheskoj zashchity organizma cyplyat-brojlerov OAO pticefabrika "Snezhka" [Humoral factors of non-specific defense of the organism of broiler chickens of Poultry Farm "Snezhka"]. *Ezhegodnik NII fundamental'nyh i prikladnyh issledovanij* [Yearbook of the Research Institute for Fundamental and Applied Research], 2014, no. 1 (5), pp. 72-76.
4. Karpenko E.N., Harlan A.L. Obmen veshchestv u netopyrya malogo pod vozdejstviem otricatel'nyh ekologicheskikh faktorov Bryanskoj oblasti [Metabolism in the small bat under the influence of negative environmental factors in the Bryansk region]. *Uchenye zapiski Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta* [Scientific Notes of the Bryansk State University], 2022, no. 2, pp. 40-47.
5. Makarov V.V., Lozovoj D.A. *Novye osobo opasnye infekcii, associirovannye s rukokrylymi* [New especially dangerous infections associated with bats]. Vladimir: RUDN, FGBU «VNIIZZH», 2016, 160 p.
6. Motylev S.V. *Prirodnye resursy i okruzhayushchaya sreda Bryanskoj oblasti: godovoj doklad ob ekologicheskoy situacii v Bryanskoj oblasti v 2015 godu* [Natural resources and environment of the Bryansk region: annual report on the environmental situation in the Bryansk region in 2015]. Bryansk: Departament prirodnyh resursov i ekologii Bryanskoj oblasti, 2016, 240 p.
7. *Metody veterinarnoj i klinicheskoy diagnostiki* [Methods of veterinary and clinical diagnostics]. ed. I.P. Kondrahin. M.: Izd-vo «Koloss», 2004, 520 p.
8. *Metody nepryamoj immunoflyuorecencii* [Methods of indirect immunofluorescence]. *Medicinskaya immunologiya* [Medical immunology], 1999, vol. 1, no. 5, pp. 24-28.
9. Silenok A.V. *Vliyanie faktorov okruzhayushchej sredy na ekologo-fiziologicheskie osobennosti organizma ptic v usloviyah kletochnogo soderzhaniya: na primere cyplyat-brojlerov krossa „Smena-7” v period rannego postnatal'nogo*

- ontogeneza* [Influence of environmental factors on the ecological and physiological characteristics of the organism of birds in cage conditions: on the example of broiler chickens of the cross „Smena-7” in the period of early postnatal ontogeny]. Bryansk, 2012, 24 p.
10. Åkerblom S, de Jong J. Mercury in fur of Daubenton’s bat (*Myotis daubentonii*) in southern Sweden and comparison to ecotoxicological thresholds. *Bull Environ Contam Toxicol*, 2017, vol. 99, pp. 561–566. <https://doi.org/10.1007/s00128-017-2206-3>
 11. Bayat S., Geiser, F., Kristiansen, P., Wilson, S.C., Organic contaminants in bats: trends and new issues. *Environ. Int.* 2014, vol. 63, pp. 40–52. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.10.009>
 12. Flache L., Ekschmitt K., Kierdorf U., Czarnecki S., Düring R.A., Encarnação J.A. Reduction of metal exposure of Daubenton’s bats (*Myotis daubentonii*) following remediation of pond sediment as evidenced by metal concentrations in hair. *Sci. Total Environ.*, 2016, no. 547, pp. 182-189. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.131>
 13. Guillen W. et al. Bats in the anthropogenic matrix: challenges and opportunities for the conservation of Chiroptera and their ecosystem services in agricultural landscapes / Voigt CC, Kingston T (eds) *Bats in the Anthropocene: conservation of bats in a changing world*. Springer International AG, Cham. 2016, pp. 151–178. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25220-9_6
 14. Guimarães C., Torquetti A., Bittencourt-Guimarães T., Soto-Blanco B. Exposure to pesticides in bats. *Science of The Total Environment*, 2021, vol. 755. Part 1. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142509>
 15. Heiker L.M., Adams R.A., Ramos C.V. Mercury bioaccumulation in two species of insectivorous bats from urban China: Influence of species, age, and land use type. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2018, vol. 75, pp. 585–593. <https://doi.org/10.1007/s00244-018-0547-5/>
 16. Jebb D., Huang Z., Pippel M., Devanna P. et al. Six reference-quality genomes reveal evolution of bat adaptations. *Nature*, 2020, no. 23, pp. 578-584. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2486-3>
 17. Jones G., Rebelo H. Responses of bats to climate change: learning from the past and predicting the future / Adams RA, Pedersen SC (eds) *Bat evolution, ecology, and conservation*. Springer, New York, Berlin, 2013, pp. 457–478. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7397-8_22
 18. Kasso M., Balakrishnan M. Ecological and Economic Importance of Bats (Order Chiroptera). *International Scholarly Research Notices*, 2013, vol. 1. Article ID 187415. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/187415>
 19. Korine C., Adams, A., Shamir, U., Gross, A. Effect of water quality on species richness and activity of desert-dwelling bats. *Mamm. Biol.*, 2015, vol. 80, pp. 185–190. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.03.009>

20. Pulscher L.A., Gray R., McQuilty R., Rose K., Welbergen J., Phalen D.N. Investigation into the utility of flying foxes as bioindicators for environmental metal pollution reveals evidence of diminished lead but significant cadmium exposure. *Chemosphere*, 2020, vol. 254. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126839>
21. Put J.E., Mitchell G.W., Fahrig L. Higher bat and prey abundance at organic than conventional soybean fields. *Biol. Cons.*, 2018, vol. 226, pp. 177–185. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.06.021>
22. Russo D., Jones G. Bats as bioindicators. *Mamm. Biol.*, 2015, vol. 80, pp. 157–246. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.03.005>
23. Timofeieva O., Świergosz-Kowalewska R., Laskowski R., Vlaschenko A. Wing membrane and Fur as indicators of metal exposure and contamination of internal tissues in bats. *Environmental Pollution*, 2021, vol. 276. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116703>
24. Zukal J., Pikula J., Bandouchova H. Bats as bioindicators of heavy metal pollution: history and prospect. *Mamm Biol. Z Saugertierkd*, 2015, vol. 80, pp. 220–227. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.01.001>

ВКЛАД АВТОРОВ

Карпенко Е.Н.: лабораторные исследования, интерпретация результатов, подготовка текста статьи.

Харлан А.Л.: лабораторные исследования, интерпретация результатов, подготовка текста статьи.

Зайцева Е.В.: общее руководство направлением исследования, интерпретация результатов, подготовка текста статьи.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Elizaveta N. Karpenko: laboratory research, interpretation of results, preparation of the text of the article.

Alexey L. Kharlan: laboratory research, interpretation of results, preparation of the text of the article.

Elena V. Zaitseva: general direction of the research direction, interpretation of the results, preparation of the text of the article.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Карпенко Елизавета Николаевна, ассистент кафедры химии

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

*ул. Бежицкая, 14, г. Брянск, 241036, Российская Федерация
liza_zayceva22@mail.ru*

Харлан Алексей Леонидович, кандидат биологических наук
*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»
ул. Бежицкая, 14, г. Брянск, 241036, Российская Федерация*

Зайцева Елена Владимировна, доктор биологических наук, профессор
*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»
ул. Бежицкая, 14, г. Брянск, 241036, Российская Федерация*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Elizaveta N. Karpenko, Assistant of the Department of Chemistry
*Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky
14, Bezhickaya Str., Bryarsk, 241036, Russian Federation
liza_zayceva22@mail.ru
SPIN-code: 6657-3300
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4765-7216>*

Alexey L. Kharlan, PhD (Biology)
*Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky
14, Bezhickaya Str., Bryarsk, 241036, Russian Federation
SPIN-code: 7930-9088
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1244-3058>*

Elena V. Zaitseva, ScD (Biology), Professor
*Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky
14, Bezhickaya Str., Bryarsk, 241036, Russian Federation
SPIN-code: 7930-9088
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1244-3058>*

Поступила 15.02.2023

После рецензирования 15.03.2023

Принята 24.03.2023

Received 15.02.2023

Revised 15.03.2023

Accepted 24.03.2023