



## Морфология и онтогенез животных Morphology and ontogenesis of animals


DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-1-59-70

EDN OZBUDW

УДК 591.4

Научная статья / Research article

### Морфологические критерии показателей почек нетопыря малого *Pipistrellus pygmaeus*

Е.Н. Карпенко , А.Л. Харлан , Е.В. Зайцева  Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского,  
г. Брянск, Российская Федерация  
 [liza\\_zayceva22@mail.ru](mailto:liza_zayceva22@mail.ru)

**Аннотация.** Изучение морфофизиологических особенностей, критериев и толерантности органов, участвующих в белковом обмене, у представителей отряда рукокрылых способствует пониманию процессов, влияющих на природу возбудителей зооантропонозов и макроорганизмов. Исследованы макро- и микрометрические показатели почек нетопыря малого (*Pipistrellus pygmaeus*) как результат адаптивных преобразований организма к условиям обитания на территории Брянской области. В период с 2011 по 2022 г. проведено 40 отловов с общим количеством 481 особь, 100 из них отобраны для дальнейшего изучения. На гистологических препаратах почек нетопыря малого (*Pipistrellus pygmaeus*) выполнены морфометрия нефронов, измерение показателей подоцитов, изучены ядерно-цитоплазматическое отношение (ЯЦО), области ядрышковых организаторов (ОЯОР) и их суммарная площадь. На примере вида нетопырь малый (*Pipistrellus pygmaeus*) установлено, что у рукокрылых (*Chiroptera*) биологическая адаптация проявляется в развитии биологических свойств вида; функциональная и белково-синтетическая активность клеток, почек (объема клеток, ядра, цитоплазмы и ЯЦО), количества и увеличении суммарной площади (AgNORs) аргентофильной ОЯОР обусловлены топографией органа, половой принадлежностью и влиянием антропогенных негативных эффектов окружающей среды. Показаны половые различия у самок рукокрылых (*Chiroptera*) вида нетопырь малый (*Pipistrellus pygmaeus*), обитающих в городской среде, с большой численностью в колонии, на фоне сочетанной антропогенной нагрузки, под влиянием углекислого диоксида серы и азота и взвешенных веществ. Выявлено, что фенотипическая адаптация

© Карпенко Е.Н., Харлан А.Л., Зайцева Е.В., 2023

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

как адаптация к полету запускает основные процессы биохимических циклов, процессы эндогенной интоксикации и детоксикационной функции в почках, усиливая обмен веществ, способствующий увеличению числа почечных клубочков и уменьшению полости капсулы почечного клубочка. Получены новые данные относительно динамики ЯЦО, количества и суммарной площади ОЯОР в подоцитах клубочков почек вида нетопырь малый (*Pipistrellus pygmaeus*), что может являться проявлением генетической адаптации к условиям среды обитания.

**Ключевые слова:** рукокрылые, нетопырь малый, почки, морфометрия, подоциты, ядерно-цитоплазматическое отношение, области ядрышковых организаторов, адаптация органов

**Заявление о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Вклад авторов:** Е.В. Зайцева — концепция и дизайн исследования; Е.Н. Карпенко — сбор и обработка материалов, написание текста; А.Л. Харлан — анализ полученных данных, написание текста. Все авторы ознакомлены с окончательной версией статьи и одобрили ее.


**История статьи:** поступила в редакцию 27 января 2023 г., принята к публикации 28 февраля 2023 г.

**Для цитирования:** Карпенко Е.Н., Харлан А.Л., Зайцева Е.В. Морфологические критерии показателей почек нетопыря малого *Pipistrellus pygmaeus* // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2023. Т. 18. № 1. С. 59–70. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-1-59-70

## Morphological criteria for *Pipistrellus pygmaeus* kidney indicators

Elizaveta N. Karpenko , Alexey L. Kharlan , Elena V. Zaitseva  

Bryansk State University, Bryansk, Russian Federation

 liza\_zayceva22@mail.ru

**Abstract.** At present, there is scientific and practical interest in the study of morphological and physiological features, criteria and tolerance of organs involved in protein metabolism in representatives of the order Chiroptera. Macro- and micrometric indicators of kidneys in soprano pipistrelle (*Pipistrellus pygmaeus*), as a result of adaptive transformations of the body to habitat conditions in the Bryansk region were studied. The study was conducted in the period from 2011 to 2022, 40 captures were carried out with a total of 481 individuals, of which 100 were selected for further study. On histological preparations of kidneys of soprano pipistrelle (*Pipistrellus pygmaeus*), morphometry of nephrons, podocyte parameters, nuclear-cytoplasmic ratio, areas of nucleolar organizers and their total area were studied. It was established that biological adaptation of the bats (*Chiroptera*), on the example of soprano pipistrelle (*Pipistrellus pygmaeus*), is manifested in development of biological properties of the species. The functional and protein-synthetic activity of cells, kidneys (cell volume, nucleus, cytoplasm and nuclear-cytoplasmic ratio), the number and increase in the total area of the argentophilic region of nucleolar organizers were determined by organ topography, gender and influence of anthropogenic negative environmental effects. The data obtained showed gender differences in female bats (*Chiroptera*) of *Pipistrellus pygmaeus* species living in an urban environment, having a large number in the colony, against the background of a combined anthropogenic load, under the influence of hydrocarbons, sulfur and nitrogen dioxides and suspended solids. It was found that phenotypic adaptation as an adaptation to flight triggers the main processes of biochemical cycles, the processes of endogenous intoxication and detoxification function in kidneys. In turn, it increases metabolism, which contributes to increase in the number of renal glomeruli and decrease in the cavity of renal glomerular capsule. New data characterizing nuclear-cytoplasmic ratio, number and total area of regions of

nucleolar organizers in podocytes of glomeruli in kidneys of soprano pipistrelle (*Pipistrellus pygmaeus*), which may be a manifestation of genetic adaptation to environmental conditions, were obtained.

**Keywords:** bats, soprano pipistrelle, kidneys, morphometry, podocytes, nuclear-cytoplasmic ratio, regions of nucleolar organizers, adaptation of organs

**Conflicts of interest.** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Authors contribution.** E.V. Zaitseva — developed and designed the experiments; E.N. Karpenko — collected and processed the data, wrote the paper; A.L. Kharlan — analyzed the data, wrote the paper. All authors read and approved the final manuscript.

**Article history:** Received: 27 January 2023. Accepted: 28 February 2023.

**For citation:** Karpenko EN, Kharlan AL, Zaitseva EV. Morphological criteria for *Pipistrellus pygmaeus* kidney indicators. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2023; 18(1):59—70. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-1-59-70

## Введение

Адаптация органов, участвующих в белковом обмене организма рукокрылых, к воздействиям антропогенных факторов — важная составная часть общебиологических процессов, дающая представление о взаимосвязи различных биологических систем в логичном взаимодействии причинно-следственных связей антропогенной среды [1, 2]. Вместе с этим, антропогенное изменение климата, природные и техногенные катастрофы, эпидемии не только являются основным фактором потерь в отряде рукокрылых, но и способствуют возникновению новых чрезвычайно опасных эпидемических зооантропонозов [3–5]. В этой связи всестороннее, органное изучение таких биологических объектов является неотъемлемой составной частью биологической науки как базовой основы понимания многих процессов, оказывающих свое влияние на представление о природе возбудителя и макроорганизма.

Почки млекопитающих выполняют ряд важных функций в организме, поддерживая гомеостаз. При нарушениях водно-электролитического обмена, изменяя скорости реабсорбции или секреции, они выделяют гормоны, которые регулируют артериальное давление и эритропоэз [6], также осуществляют вывод из организма продуктов белкового обмена — мочевины, креатинина, мочевой кислоты, гиппуровой кислоты и аммиака [7]. Нарушение функции почек ведет к накоплению образовавшихся азотистых продуктов белкового и небелкового обменов в тканях и в крови, вызывая азотемию и уремию [8]. Избыточное накопление азотсодержащих конечных продуктов обмена в крови и может привести к гибели млекопитающего [7].

Исследования показывают, что при окислительном фосфорилировании в почках основное количество АТФ поставляется на процессы активного транспорта при реабсорбции, секреции и биосинтезе белков. В почечных клетках — подоцитах — субстратами для реакций биоокисления являются жирные кислоты, глюкоза, кетоновые тела и др. [9]. Известно, что абсолютная масса почек у млекопитающих составляет 0,5 % от общей абсолютной массы тела. Ткань почки потребляет до 10 %

от всего поступившего в организм кислорода. Почки участвуют в катаболизме пептидов и низкомолекулярных белков массой 5–6 кДа (гормоны и биологически активные вещества (БАВ)), фильтрующихся в первичную мочу [10]. Под действием лизосомальных протеолитических ферментов в клетках канальцев почек белки и пептиды гидролизуются до аминокислот, которые, поступая в кровь, реутилизуются клетками соединительной ткани [9].

Все это особенно актуально для выявления адаптационно-приспособительных реакций организма, и в частности почек как участвующего в белковом обмене органа рукокрылых в связи с их полетом в условиях антропогенной нагрузки на территории Брянской области, где общий фон радиоактивных излучений достигает  $10,70^{137}\text{Cs}$ , Бк/м<sup>2</sup>.

**Цель исследования** — изучить морфологические критерии показателей почек нетопыря малого (*Pipistrellus pygmaeus*) как адаптационные изменения к условиям антропогенной нагрузки на территории Брянской области, имеющей радиоактивный фон  $10,70^{137}\text{Cs}$ , Бк/м<sup>2</sup>.

## Материалы и методы исследования

Методологической основой исследования стали комплексные научные положения и подходы отечественных и зарубежных ученых в области морфологии и физиологии животных, биохимии, экологии, а также анализ данных, сопоставленный с собственными исследованиями по контролю влияния антропогенных факторов на адаптацию организма отряда рукокрылых (*Chiroptera*) вида нетопырь малый (*Pipistrellus pygmaeus*).

Работа выполнена в период с 2011 по 2022 гг. в лабораториях кафедры биологии Брянского государственного университета им. академика И.Г. Петровского (БГУ) под руководством доктора биологических наук, профессора Ставропольского государственного аграрного университета А.Н. Квочко при консультировании с кандидатом биологических наук, доцентом кафедры биологии БГУ И.Л. Прокофьевым.

Исследуемые рукокрылые млекопитающие вида нетопырь малый (*Pipistrellus pygmaeus*) относятся к семейству гладконосые (*Vespertilionidae*) — обыкновенные летучие мыши, или кожановые. Всего было проведено 40 отловов с общим количеством 481 особь (100 отобрано для исследований). Исследуемые летучие мыши относились к территориям с разной антропогенной нагрузкой: городская среда (колония 1) и сельская местность (колония 2).

При морфометрии определяли линейные размеры внутренних органов. Для гистологических исследований уплотнение полученного материала проводилось при помощи парафина. Гистологические срезы толщиной 5...8 мкм окрашивали гематоксилином и эозином, часть полученных срезов депарафинировали для выявления Ag-ОЯОР-белков с применением гистохимической реакции с нитратом серебра по методике окраски В.И. Туриловой с соавт. [11].

На гистологических препаратах почек определяли: толщину капсулы, мкм; ширину, длину, мкм; площадь почечных клубочков, мкм<sup>2</sup>; площадь дистального и проксимального канальцев, мкм<sup>2</sup>; объем и площадь подоцитов и их ядер и ци-

топлазмы,  $\text{мкм}^3$ ; максимальный и минимальный диаметр подоцитов и их ядер,  $\text{мкм}$ ; ядерно-цитоплазматическое отношение (ЯЦО), у.е., области ядрышковых организаторов (ОЯОР), ед., и их суммарную площадь,  $\text{мкм}^3$ .

Результаты измерений подвергали вариационно-статистической обработке. Рассчитывали основные элементы вариационной статистики. Достоверность оценивали по Стьюденту  $t$  ( $P = 95\%$ ). Результаты исследований заносили в протокол и журнал регистрации. Цифровой материал обрабатывали с помощью программ Microsoft Word — 2010, Microsoft Excel, входящих в пакет MS Excel 2010, на персональном компьютере ASUS ZenBook UX305FA с операционной системой Windows XP.

Макрофотографии выполняли фотокамерой телефона iPhone 5s с разрешением в 8 Мп, микрофотографии гистопрепаратов производили при помощи медицинского микровизора проходящего света  $\mu\text{Vizo-103XT0068}$ , с разрешением  $1024 \times 768$  в научно-исследовательских лабораториях биоиндикации и морфофизиологии человека и животных кафедры биологии БГУ.

Названия анатомических структур соответствуют Международной анатомической ветеринарной номенклатурой — *Nomenclatura Anatomica Veterinaria*, New York (2000).

## Результаты исследования и обсуждение

Исследование рукокрылых производилось в локальных районах на территории Брянской области, где атмосферный воздух с повышенным содержанием углеродов, оксида углерода, формальдегида, диоксида азота, оксида азота, диоксида серы и взвешенных веществ не отвечает гигиеническим нормативам. Общий фон радиоактивных излучений составляет  $10,70^{137}\text{Cs}$ , Бк/ $\text{м}^2$ .

Результаты макроскопического исследования показали, что нетопырь малый (*Pipistrellus pygmaeus*) имеет почки красно-бурого цвета с плотной консистенцией. Парные почки у нетопыря малого располагаются в небрюшном пространстве в поясничной области по обе стороны от позвоночного столба. Левая почка располагается ниже правой, которая спереди по медиальному краю граничит с двенадцатиперстной кишкой, в верхней части передней поверхности — с печенью, ниже — с ободочной кишкой. Левая почка спереди граничит с селезенкой, сзади — с ободочной кишкой, в верхней части передней поверхности — с желудком, ниже — с поджелудочной железой и тощей кишкой.

Примененный комплекс исследований позволил получить оригинальные данные, дополнить и расширить сведения о морфологических особенностях почек у самок и самцов нетопыря малого.

Под влиянием антропогенных факторов у особей обоего пола в динамике макроархитектоники почек отмечено увеличение абсолютной массы, линейных показателей и их правосторонняя асимметрия. Оценка линейных показателей почек показала, что ширина левых почек у самок и самцов в колониях отличается на  $12,23 \dots 13,37\%$ , правых — на  $12,33 \dots 13,35\%$ ; в длине по левым почкам — от  $10,03$  до  $10,13\%$ , по правым — от  $11,34$  до  $12,03\%$ .

В ходе исследования проанализирована динамика микрометрических показателей почек. У летучей мыши вида нетопырь малый (*Pipistrellus pygmaeus*) почка покрыта соединительнотканной капсулой фасцией — жировой капсулой, состоящей из слоя клеток жировой ткани, и фиброзной капсулой, содержащей соединительнотканнные и гладкомышечные элементы. Толщина капсулы у самок варьирует от 0,02 до 0,14 мкм ( $p < 0,05$ ), у самцов — до 0,008 мкм.

Почечный клубочек состоит из сосудистого клубочка и окружающей его капсулы — эпителиальной оболочки Боумена. Наружный листок капсулы состоит из плоских эпителиальных клеток. Полость капсулы представляет собой узкую щель. Длина почечных клубочков у самок и самцов в колониях в левых почках отличается на 10,80...11,74 %, в правых — на 5,88...5,98 %; в ширине почечных клубочков по левым почкам разница составила от 9,77 до 10,72 %, по правым — от 10,06 до 11,02 % (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

**Микрометрические параметры почечных клубочков и толщины капсулы почек нетопыря малого**

Пол	Колония	Почечный клубочек			Толщина капсулы почек, мкм
		Длина, мкм	Ширина, мкм	Площадь, мкм <sup>2</sup>	
Правая почка					
Самки	1 колония	0,204 ± 0,006*	0,086 ± 0,005*	0,051 ± 0,002*	0,016 ± 0,009*
	2 колония	0,216 ± 0,004*	0,085 ± 0,005*	0,049 ± 0,002*	0,014 ± 0,006*
Самцы	1 колония	0,167 ± 0,002*	0,078 ± 0,003	0,041 ± 0,003*	0,008 ± 0,001
	2 колония	0,170 ± 0,002*	0,080 ± 0,002	0,040 ± 0,003	0,008 ± 0,002
Левая почка					
Самки	1 колония	0,189 ± 0,006*	0,089 ± 0,003*	0,051 ± 0,004	0,009 ± 0,002
	2 колония	0,209 ± 0,004*	0,087 ± 0,002	0,050 ± 0,003*	0,009 ± 0,002*
Самцы	1 колония	0,175 ± 0,004	0,083 ± 0,002	0,039 ± 0,002	0,008 ± 0,004
	2 колония	0,178 ± 0,003*	0,085 ± 0,003 <sup>#</sup>	0,037 ± 0,003*	0,006 ± 0,002*

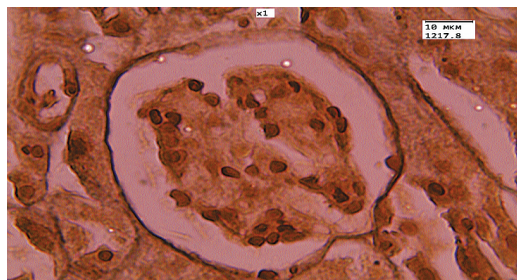
Примечание: статистические различия между самцами и самками обозначены: \* –  $p < 0,05$ .

Table 1

**Micrometric parameters of renal glomeruli and thickness of renal capsule in soprano pipistrelle**

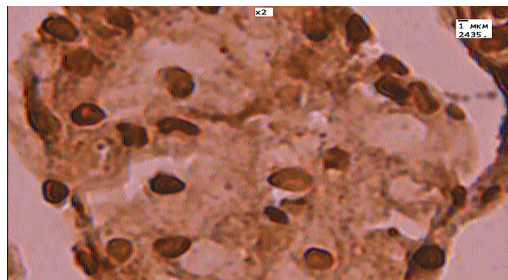
Sex	Colony	Renal glomerulus			Thickness of renal capsule, μm
		Length, μm	Width, μm	Area, μm <sup>2</sup>	
Right kidney					
Females	1 colony	0.204 ± 0.006*	0.086 ± 0.005*	0.051 ± 0.002*	0.016 ± 0.009*
	2 colony	0.216 ± 0.004*	0.085 ± 0.005*	0.049 ± 0.002*	0.014 ± 0.006*
Males	1 colony	0.167 ± 0.002*	0.078 ± 0.003	0.041 ± 0.003*	0.008 ± 0.001
	2 colony	0.170 ± 0.002*	0.080 ± 0.002	0.040 ± 0.003	0.008 ± 0.002
Left kidney					
Females	1 colony	0.189 ± 0.006*	0.089 ± 0.003*	0.051 ± 0.004	0.009 ± 0.002
	2 colony	0.209 ± 0.004*	0.087 ± 0.002	0.050 ± 0.003*	0.009 ± 0.002*
Males	1 colony	0.175 ± 0.004	0.083 ± 0.002	0.039 ± 0.002	0.008 ± 0.004
	2 colony	0.178 ± 0.003*	0.085 ± 0.003 <sup>#</sup>	0.037 ± 0.003*	0.006 ± 0.002*

Note: statistical differences between males and females are indicated: \* –  $p < 0.05$ .



**Рис. 1.** Строение почечного клубочка левой почки самки нетопыря малого (колония № 1). Окраска по методу В.И. Туриловой с соавт. (1998),  $\times 1200$

**Fig. 1.** Structure of renal glomerulus in the left kidney of female soprano pipistrelle (colony no. 1). Coloring according to the method of V.I. Turilova et al. (1998),  $\times 1200$



**Рис. 2.** Области ядрышковых организаторов в подоцитах клубочка левой почки самки (колония № 1). Окраска по методу В.И. Туриловой с соавт. (1998),  $\times 2400$

**Fig. 2.** Areas of nucleolar organizers in podocytes of glomerulus of the left kidney of female (colony no. 1). Coloring according to the method of V.I. Turilova et al. (1998),  $\times 2400$

Отмечена существенная разница в площади почечных клубочков у самок и самцов в колониях — по левым почкам она составила от 13,07 до 13,5 %, по правым почкам — от 12,25 до 12,43 %. Установлена правосторонняя симметрия в динамике площади почечных клубочков у самцов в обеих колониях.

У летучих мышей в почках, в корковом веществе располагаются проксимальные извитые и дистальные извитые канальцы. Дистальные канальцы почек мелкие светлые с широким и ровным просветом.

Дистальные канальцы почек не имеют щеточной каемки, базальная мембрана или базальный лабиринт хорошо развит. Стенка дистальных канальцев почек состоит из низкого призматического эпителия. В дистальных канальцах почек происходит интенсивная реабсорбция электролитов.

В почках у нетопыря малого проксимальные канальца окрашиваются темнее, имеют большие размеры. Просвет проксимального канальца узкий, неправильной формы. Щеточная каемка проксимального канальца имеет ярко выраженные микроворсинки. Стенка проксимального канальца состоит из однослойного кубического каемчатого эпителия. Известно, что в проксимальных канальцах почек происходит активная и интенсивная реабсорбция всех веществ, поступающих в организм животного.

За период исследования установлено, что по площади дистального канальца у самок и самцов в обеих колониях прослеживается правосторонняя асимметрия, в динамике проксимального канальца — левосторонняя. Исследования показали значительные различия микроморфологических характеристик почек у нетопыря малого различного пола и под влиянием антропогенных факторов: площадь дистального канальца левых почек у самок и самцов в колониях отличается на 9,41...11,33 %, правых — 9,44...11,25 %; разница в площади проксимального канальца по левым почкам составила 10,51...11,38 %, по правым — 10,83...11,05 %.

По данным К. Такше<sup>1</sup>, подоциты нефрона почек несут различную функциональную нагрузку и активность и имеют различия ядерно-цитоплазматического отношения. Тесная зависимость — ЯЦО имеется между размерами ядра и размерами клетки, что и подтверждено в нашем исследовании.

Количество ядрышек в ядре клетки меняется в зависимости от генного баланса. Ядрышко — производная единица митотических хромосом — не является самостоятельно-действующим органоидом. Ядрышковые организаторы локализируются в локусах ядрышек во время активной стадии интерфазы. Для выявления ядрышковых организаторов используют красители на основе солей серебра [11].

Известно, что ядрышки имеют гранулярный и фибриллярный компонент. Гранулярный компонент, или диффузная часть, ядрышек — это зоны скопления гранул, фибрилл, хроматиновый компонент — это зона скопления околядрышкового хроматина [12].

В показателях подоцитов почек отмечается правосторонняя асимметрия. Следует отметить, что на объем подоцитов, их ядер и цитоплазмы, на ядерно-цитоплазматическое отношение подоцитов правой почки приходится большая морфофункциональная нагрузка, чем на левую почку (табл. 2, рис. 2). Правая почка в большей степени реагирует на антропогенную нагрузку.

Таблица 2

**Объем подоцитов, их ядер и цитоплазмы, ядерно-цитоплазматическое отношение подоцитов почек нетопыря малого**

Год	Объем, мкм <sup>3</sup>			Ядерно-цитоплазматическое отношение ЯЦО, у. е.
	Подоциты	Ядра подоцитов	Цитоплазма подоцитов	
<b>Левая почка</b>				
<b>Самки (коллония № 1)</b>				
2014	15,37 ± 0,03	0,57 ± 0,09	14,80 ± 0,06	3,85 ± 1,50
2018	15,83 ± 0,46	0,62 ± 0,05*	15,21 ± 0,41*	4,07 ± 0,12*
<b>Самки (коллония № 2)</b>				
2014	15,12 ± 0,06	0,65 ± 0,08	14,27 ± 0,02	4,29 ± 4,00
2018	15,37 ± 0,25*	0,70 ± 0,05	14,47 ± 0,20*	4,57 ± 0,25*
<b>Самцы (коллония № 1)</b>				
2014	17,13 ± 0,05	0,81 ± 0,04	16,32 ± 0,01	4,96 ± 4,00
2018	17,25 ± 0,12*	0,93 ± 0,12*	16,32 ± 0,01	5,69 ± 1,00*
<b>Самцы (коллония № 2)</b>				
2014	15,25 ± 0,06	0,90 ± 0,07	14,35 ± 0,01	6,27 ± 7,00
2018	15,37 ± 0,12*	0,95 ± 0,05	14,42 ± 0,07*	6,58 ± 0,71*
<b>Правая почка</b>				
<b>Самки (коллония № 1)</b>				
2014	16,55 ± 0,07	0,61 ± 0,03	15,94 ± 0,07	3,82 ± 0,42
2018	17,48 ± 0,09	0,90 ± 0,09	16,58 ± 0,01*	5,42 ± 9,00*
<b>Самки (коллония № 2)</b>				
2014	15,47 ± 0,10	0,71 ± 0,05	14,76 ± 0,05	4,81 ± 0,01

<sup>1</sup> Такше К. Введение в количественную цито-гистологическую морфологию. Будапешт: Изд-во АН СССР, 1980. 191 с.



Окончание табл. 2

Год	Объем, мкм <sup>3</sup>			Ядерно-цитоплазмное отношение ЯЦО, у. е.
	Подоциты	Ядра подоцитов	Цитоплазма подоцитов	
2018	15,53 ± 0,06	0,84 ± 0,13*	14,66 ± 0,07	5,72 ± 1,85*
<b>Самцы (колония № 1)</b>				
2014	17,20 ± 0,03	0,83 ± 0,08	16,37 ± 0,05	5,81 ± 1,60
2018	17,12 ± 0,08*	0,87 ± 0,04	16,25 ± 0,04	6,11 ± 1,00*
<b>Самцы (колония № 2)</b>				
2014	15,72 ± 0,07	0,92 ± 0,03	14,80 ± 0,04	6,21 ± 0,75
2018	15,61 ± 0,11*	0,97 ± 0,05	14,64 ± 0,06	6,62 ± 0,83

Примечание: статистические различия между самцами и самками обозначены: \* – p < 0,05.

Table 2

**Volume of podocytes, their nuclei and cytoplasm, nuclear-cytoplasmic ratio of podocytes in kidneys of soprano pipistrelle**

Year	Volume, μm <sup>3</sup>			Nuclear-cytoplasmic ratio, c. u.
	Podocytes	Podocyte nuclei	Podocyte cytoplasm	
<b>Left kidney</b>				
<b>Females (colony № 1)</b>				
2014	15.37 ± 0.03	0.57 ± 0.09	14.80 ± 0.06	3.85 ± 1.50
2018	15.83 ± 0.46	0.62 ± 0.05*	15.21 ± 0.41*	4.07 ± 0.12*
<b>Females (colony № 2)</b>				
2014	15.12 ± 0.06	0.65 ± 0.08	14.27 ± 0.02	4.29 ± 4.00
2018	15.37 ± 0.25*	0.70 ± 0.05	14.47 ± 0.20*	4.57 ± 0.25*
<b>Males (colony № 1)</b>				
2014	17.13 ± 0.05	0.81 ± 0.04	16.32 ± 0.01	4.96 ± 4.00
2018	17.25 ± 0.12*	0.93 ± 0.12*	16.32 ± 0.01	5.69 ± 1.00*
<b>Males (colony № 2)</b>				
2014	15.25 ± 0.06	0.90 ± 0.07	14.35 ± 0.01	6.27 ± 7.00
2018	15.37 ± 0.12*	0.95 ± 0.05	14.42 ± 0.07*	6.58 ± 0.71*
<b>Right kidney</b>				
<b>Females (colony № 1)</b>				
2014	16.55 ± 0.07	0.61 ± 0.03	15.94 ± 0.07	3.82 ± 0.42
2018	17.48 ± 0.09	0.90 ± 0.09	16.58 ± 0.01*	5.42 ± 9.00*
<b>Females (colony № 2)</b>				
2014	15.47 ± 0.10	0.71 ± 0.05	14.76 ± 0.05	4.81 ± 0.01
2018	15.53 ± 0.06	0.84 ± 0.13*	14.66 ± 0.07	5.72 ± 1.85*
<b>Males (colony № 1)</b>				
2014	17.20 ± 0.03	0.83 ± 0.08	16.37 ± 0.05	5.81 ± 1.60
2018	17.12 ± 0.08*	0.87 ± 0.04	16.25 ± 0.04	6.11 ± 1.00*
<b>Males (colony № 2)</b>				
2014	15.72 ± 0.07	0.92 ± 0.03	14.80 ± 0.04	6.21 ± 0.75
2018	15.61 ± 0.11*	0.97 ± 0.05	14.64 ± 0.06	6.62 ± 0.83

Note: statistical differences between males and females are indicated: \* – p < 0.05.

Увеличение количества областей ядрышковых организаторов в ядрышках косвенно свидетельствует об интенсивности синтеза белка в процессе созревания клеток. Иногда количество ядрышек на одно ядро может быть меньше числа ядрышковых организаторов. Количество ядрышковых организаторов характеризует количество ядрышек на одно ядро, которое возрастает по мере увеличения его плоидности [11, 12].

В нашем исследовании мы констатировали, что у самок и самцов в 2014 г. в правых почках, в ядрах подоцитов клубочков обнаруживалось от 5 до 7 областей ядрышковых организаторов, общая площадь ОЯОР в сумме варьировала от 0,462 до 0,546 мкм<sup>2</sup>, в левых почках — от 6 до 7 областей ядрышковых организаторов, но их общая суммарная площадь составляла несколько меньше и изменялась в диапазоне от 0,451 до 0,534 мкм<sup>2</sup>. В ядрах подоцитов клубочков правых почек у самцов и самок в 2018 г. насчитывалось от 5 до 7 областей ядрышковых организаторов с их общей суммарной площадью от 0,465 до 0,581 мкм<sup>2</sup>, в левых почках — от 5 до 7 областей ядрышковых организаторов, общая площадь которых суммарно достигала 0,457...0,567 мкм<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ).

При изучении влияния антропогенной нагрузки на адаптацию подоцитов выявлена максимальная величина суммарной площади ОЯОР в их ядрах в обеих почках у самок и самцов во второй колонии в 2018 г., наименьшая — у самцов и самок в первой колонии в 2014 г. Данный факт свидетельствует об увеличении интенсивности обменных процессов в ядрах подоцитов почечных клубочков при негативном влиянии факторов окружающей среды.

## Заключение

У рукокрылых (*Chiroptera*) нетопырь малый (*Pipistrellus pygmaeus*) в почках у самок выражена в большей степени левосторонняя асимметричность, чем у самцов, длины, ширины и площади почечных клубочков, площади проксимального канальца.

Правосторонняя асимметричность площади дистального канальца почек, увеличение числа почечных клубочков при одновременном уменьшении полости капсулы почечного клубочка у самок в первой и второй колониях выше, чем у самцов, что связано с половыми особенностями процесса обмена веществ и адаптации к полету в техногенных условиях.

В подоцитах почек изменения объема, ядра, цитоплазмы и ядерно-цитоплазматического отношения, количества суммарной площади аргентофильной области ядрышковых организаторов обусловлены белково-синтетической активностью, гендерной принадлежностью, топографией органа и влиянием антропогенных негативных эффектов окружающей среды.

У самок рукокрылых, обитающих в городской среде с большой численностью в колонии, на фоне сочетанной антропогенной нагрузки под влиянием углеводов, диоксидов серы и азота и взвешенных веществ происходят изменения показателей органоидов подоцитов в почках, способные влиять на фенотипическую адаптацию

(как адаптацию к полету), запускать основные процессы биохимических циклов, процессы эндогенной интоксикации и детоксикационной функции.

Усиленный обмен веществ в почках летучих мышей способствует увеличению числа почечных клубочков и уменьшению полости капсулы почечного клубочка.

Изменения и пластичность динамики ядерно-цитоплазматического отношения, количества и суммарной площади областей ядрышковых организаторов в подоцитах клубочков почек провоцирует запуск генетической адаптации.

Установленные критерии пределов толерантности и закономерностей анатомо-морфофизиологических изменений почек рукокрылых (*Chiroptera*) нетопырь малый (*Pipistrellus pygmaeus*) предлагаем использовать в качестве морфологической нормы — референта.

### Библиографический список

1. Russo D., Jones G. Bats as bioindicators: an introduction // *Mamm. Biol.* 2015. Vol. 80. № 3. P. 157–246. doi: 10.1016/j.mambio.2015.03.005
2. 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. doi: 10.1016/j.biocon.2018.06.021
3. Макаров В.В., Лозовой Д.А. Новые особо опасные инфекции, ассоциированные с рукокрылыми. Владимир: РУДН, ФГБУ «ВНИИЗЖ», 2016. 160 с.
4. 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. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.12.131.
5. 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. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.126839
6. Гриб В.В., Зайцева Е.В., Прокофьев И.Л., Зайцева Е.Н. Гистологические особенности почек и надпочечников нетопыря малого (*Pipistrellus pygmaeus*), обитающего на территории Брянской области // *Вестник Брянского государственного университета.* 2015. № 2. С. 392–396.
7. Квочко А.Н. Оценка белково-синтетической функции в почках меринсовых овец в постнатальном онтогенезе // *Цитология.* 2001. Т. 43. № 12. С. 1174–1178.
8. Чиграй О.Н. Влияние иммуномодулятора «Фоспренил» на гематологические и биохимические показатели крови у бройлеров кросса «Ross-308» // *Ученые записки Брянского государственного университета.* 2016. № 1. С. 89–90.
9. Нарциссов Р.П., Комиссарова И.А. Цитохимическое изучение гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов лимфоцитов периферической крови // *Лабораторное дело.* 1980. № 7. С. 390–394.
10. Лисунова Л.Н., Токарев В.А. Белковый и минеральный обмен в организме перепелов // *Птицеводство.* 2009. № 9. С. 35.
11. Турилова В.И., Смирнова Т.Д., Самойлович М.П., Сухих Т.Р. Функциональная морфология ядрышкообразующих районов хромосом и ядрышек в клетках линии множественной миеломы человека. I. Изменение морфологии и характера серебрения ядрышкообразующих районов хромосом клеточных линий RPM1 8226 и U 266, различающихся по степени дифференцировки, на протяжении 7 суток после пересева клеток // *Цитология.* 1998. Т. 40. № 6. С. 536–547.
12. Збарский И.Б. Организация клеточного ядра. М.: Медицина, 1988. 368 с.

### References

1. Russo D, Jones G. Bats as bioindicators. *Mammalian Biology.* 2015;80(3):157–246. doi: 10.1016/j.mambio.2015.03.005
2. Put JE, Mitchell GW, Fahrig L. Higher bat and prey abundance at organic than conventional soybean fields. *Biological Conservation.* 2018;226:177–185. doi: 10.1016/j.biocon.2018.06.021

3. Makarov VV, Lozovoy DA. *Novye osobo opasnye infektsii, assotsirovannye s rukokrylymi* [New especially dangerous infections associated with bats]. Vladimir: RUDN University publ.; 2016. (In Russ.).
4. Flache L, Ekschmitt K, Kierdorf U, Czarniecki S, Düring RA, Encarnaçao JA. Reduction of metal exposure of Daubenton's bats (*Myotis daubentonii*) following remediation of pond sediment as evidenced by metal concentrations in hair. *Science of The Total Environment*. 2016;547:182–189. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.12.131
5. Pulscher LA, Gray R, McQuilty R, Rose K, Welbergen J, Phalen DN. Investigation into the utility of flying foxes as bioindicators for environmental metal pollution reveals evidence of diminished lead but significant cadmium exposure. *Chemosphere*. 2020;254:126839. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.126839
6. Grib VV, Zaitseva EV, Prokofiev IL, Zaitseva EN. Histological features of kidneys and adrenal glands of small bat (*Pipistrellus pygmaeus*) inhabiting territory of the Bryansk region. *The Bryansk State University Herald*. 2015;(2):392–396. (In Russ.).
7. Kvochko AN. Evaluation of the activity of protein synthesis in kidneys of merino sheep in postnatal ontogenesis. *Tsitologiya*. 2001;43(12):1174–1178. (In Russ.).
8. Chigray ON. The influence of immunomodulator Fosprenil on hematological and blood biochemical parameters in broilers of cross «Ross-308». *Uchenye zapiski Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2016;(1):89–90. (In Russ.).
9. Narcissov RP, Komissarova IA. Cytochemical study of hydrolytic and redox enzymes of peripheral blood lymphocytes. *Russian Clinical Laboratory Diagnostics*. 1980;(7):390–394. (In Russ.).
10. Lisunova LN, Tokarev VA. Protein and mineral metabolism in the body of quails. *Ptitsevodstvo*. 2009;(9):35. (In Russ.).
11. Turilova VI, Smirnova TD, Samoilovich MP, Sukhikh TR. Functional morphology of nucleolus-forming regions of chromosomes and nucleoli in human multiple myeloma cells. I. Changes in the morphology and character of silvering of the nucleolus-forming regions of the chromosomes of cell lines RPMI 8226 and U 266, which differ in the degree of differentiation, during 7 days after cell reseeded. *Tsitol*. 1998;40(6):536–547. (In Russ.).
12. Zbarsky IB. *Organizatsiya kletchnogo yadra* [Organization of cell nucleus]. Moscow: Meditsina publ.; 1988. (In Russ.).

#### Об авторах:

Карпенко Елизавета Николаевна — ассистент кафедры химии, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, Российская Федерация, 241007, г. Брянск, ул. Бежицкая, д. 14; e-mail: liza\_zayceva22@mail.ru

ORCID: 0000-0002-4765-7216

Харлан Алексей Леонидович — кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, Российская Федерация, 241007, г. Брянск, ул. Бежицкая, д. 14; e-mail: alexkharlan@mail.ru

ORCID: 0000-0003-0790-7804

Зайцева Елена Владимировна — доктор биологических наук, профессор кафедры биологии, декан естественно-географического факультета, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, Российская Федерация, 241007, г. Брянск, ул. Бежицкая, д. 14; e-mail: z\_ev11@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-1244-3058

#### About authors:

Karpenko Elizaveta Nikolaevna — Assistant, Department of Chemistry, Bryansk State University, 14 Bezhitskaya st., Bryansk, 241007, Russian Federation; e-mail: liza\_zayceva22@mail.ru

ORCID: 0000-0002-4765-7216

Kharlan Alexey Leonidovich — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Biology, Bryansk State University, 14 Bezhitskaya st., Bryansk, 241007, Russian Federation; e-mail: alexkharlan@mail.ru

ORCID: 0000-0003-0790-7804

Zaitseva Elena Vladimirovna — Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Biology, Dean of Faculty of Natural Geography, Bryansk State University, 14 Bezhitskaya st., Bryansk, 241007, Russian Federation; e-mail: z\_ev11@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-1244-3058