

7. *Gui Y., Zheng H., Cao R.Y.* Foam Cells in Atherosclerosis: Novel Insights Into Its Origins, Consequences, and Molecular Mechanisms. *Front Cardiovasc Med.* 2022; 9:845942. DOI: <http://doi.org/10.3389/fcvm.2022.845942>

УДК [611.65/.67+611.63/.64].013-092.9:572.1/.4

*Рыскулов М. Ф., Шевлюк Н. Н., Блинова Е. В.*

## **МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТИНА ОРГАНОВ МУЖСКОЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

*Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, Российская Федерация*

---

*Аннотация.* Целью работы является определение морфологической картины органов мужской репродуктивной системы мелких млекопитающих в условиях антропогенной нагрузки.

Материалом исследования служили семенники с придатками у половозрелых животных — представителей отряда Грызуны класса Млекопитающие, обитающих в антропогенно трансформированных и контрольных территориях Оренбургской области. При обработке полученного материала использовали обзорные гистологические, иммуноцитохимические и морфометрические методы.

Основные результаты работы показали, что в условиях влияния антропогенных факторов в структурах семенников с придатками наблюдается возрастание деструктивных явлений. Негативные морфологические изменения устанавливают напряженный режим функционирования репродуктивной системы, который может служить причиной нарушения репродуктивного потенциала популяций, приводящей к уменьшению численности населения видов и к снижению биологического разнообразия в условиях антропогенной нагрузки.

*Ключевые слова:* антропогенная нагрузка, мелкие млекопитающие, семенник, придаток семенника, деструктивные изменения.

*Ryskulov M. F., Shevlyuk N. N., Blinova E. V.*

## **MORPHOLOGICAL PICTURE OF THE ORGANS OF THE MALE REPRODUCTIVE SYSTEM OF SMALL MAMMALS IN CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC LOAD**

*Orenburg State Medical University, Orenburg, Russian Federation*

---

*Abstract.* The aim of the work is to determine the morphological picture of the organs of the male reproductive system of small mammals in conditions of anthropogenic load. The testes with appendages of mature animals — representatives of the order rodents of

the class of mammals living in anthropogenically transformed and controlled territories of the Orenburg region served as the research material. When processing the obtained material, review histological, immunohistochemical and morphometric methods were used.

The main results of the work showed that under the influence of anthropogenic factors, an increase in destructive phenomena is observed in the structures of testes with appendages. Negative morphological changes establish a tense mode of functioning of the reproductive system, which can cause a violation of the reproductive potential of populations, leading to a decrease in the population of species and to a decrease in biological diversity under anthropogenic stress.

*Keywords:* anthropogenic load, small mammals, testis, appendage of the testis, destructive changes.

## ВВЕДЕНИЕ

Морфофункциональное состояние органов репродуктивной системы является одним из ведущих факторов, обеспечивающих оптимальное воспроизводство и эффективную адаптацию популяций к изменяющейся под воздействием антропогенной деятельности среды обитания. Морфофункциональная характеристика органов репродуктивной системы представляет собой один из наиболее важных критериев оценки состояния организмов и популяций, подверженных влиянию различных неблагоприятных факторов [1, 2].

Сведения, касающиеся биологии размножения позвоночных, достаточно полно представлены для домашних животных и животных из естественных экосистем [3, 4]. Что касается вопросов, посвященных морфофункциональной характеристике органов мужской репродуктивной системы мелких млекопитающих в условиях антропогенной нагрузки, то они отражены в научных публикациях, число которых ограниченное, что оставляет широкий круг нерешенных проблем [5–8].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом исследования служили семенники с придатками половозрелых животных — представителей отряда Грызуны класса Млекопитающие: домовая мышь (*Mus musculus* Linnaeus, 1758), полевой мыши (*Apodemus agrarius* Pallas, 1771), малой лесной мыши (*Apodemus uralensis* Pallas, 1811), обыкновенной полевки (*Microtus arvalis* Pallas, 1778), рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780), степной пеструшки (*Lagurus lagurus* Pallas, 1773), обыкновенной слепушонки (*Ellobius talpinus* Pallas, 1770). Количество отловленных животных составляло по 40 особей на каждый вид.

Сбор материала осуществляли в период с апреля по ноябрь сезонов 2018–2023 годов. Материал от мелких млекопитающих естественных и техногенных экосистем был собран в регионах Оренбургской области.

Были исследованы семенники с придатками мелких млекопитающих, населяющих антропогенно трансформированные экосистемы (зона влияния металлургического комбината «Уральская сталь», г. Новотроицк; зона влияния Медногорского медно-серного комбината, г. Медногорск; зона влияния Оренбургского газоперерабатывающего завода). Отлов животных проводили на расстоянии 3–10 км от предприятий. В качестве контрольных исследовали млекопитающих тех же видов, населяющих экологически благополучные регионы в Са-

ракташском, Илекском и Ташлинском районах. При работе с животными соблюдали требования, содержащиеся в «Европейской конвенции по защите позвоночных, используемых для экспериментальных и иных научных целей» (1986).

При обработке полученного материала использовали обзорные гистологические, иммуноцитохимические и морфометрические методы. Полученные результаты обрабатывали на персональном компьютере по правилам параметрической статистики, с использованием критериев оценки достоверности результатов по Стьюденту, с учетом вариабельности первичных измеряемых объектов и индивидуальной изменчивости.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфологическая картина семенников с придатками животных исследованных видов показала, что количество животных, состояние данных органов которых свидетельствует о том, что эти животные могут принимать участие в репродукции, в условиях антропогенных экосистем выше, чем на контрольных территориях. Данная картина является отражением процесса интенсификации размножения, одним из факторов развития которого является снижение численности популяций, которая объясняется, прежде всего, выраженной эмбриональной и постэмбриональной смертностью, связанной с чрезмерной антропогенной нагрузкой.

Проведенный морфофункциональный анализ семенников с придатками изученных видов животных установил, что интенсификация репродуктивного процесса как в импактных территориях, так и в природных экосистемах приходилась на теплый период года, достигая максимума в мае — июне и затем прогрессивно снижалась, уменьшаясь к осени примерно в 1,5 раза.

Установлено, что ответной реакцией животных на обитание в антропогенных экосистемах является более низкая масса тела. Данный факт свидетельствует о том, что в антропогенных экосистемах в размножении участвуют особи более раннего возраста, что позволяет констатировать ускорение процесса полового созревания, призванного нивелировать повышенную эмбриональную и постэмбриональную смертность.

Нами выявлено, что животные, населяющие антропогенные территории, имеют меньшую массу семенников с придатками. Одной из причин такого снижения является участие в размножении животных более ранних возрастов, которые, соответственно, имеют меньший вес тела и гонад.

На фоне активизации репродуктивного потенциала в условиях антропогенной нагрузки в структурах семенников с придатками наблюдается возрастание деструктивных явлений. Необходимо подчеркнуть, что наибольшая степень деструкции проявлялась у животных из популяций, населяющих зоны влияния металлургических предприятий, по сравнению с животными из экологически неизмененных экосистем.

В условиях действия техногенных факторов происходит изменение соотношения между площадью, приходящейся на извитые семенные каналы и интерстициальной тканью путем возрастания доли последней на 7–9 %, тогда как у животных из интактных локалитетов этот показатель варьировал в пределах 3–6%.

Деструктивные изменения в популяции интерстициальных эндокриноцитов (клеток Лейдига) выражались в снижении их численности, в уменьшении размеров клеток, объемов их ядер, вакуолизации цитоплазмы. Нами зарегистрировано, что в семенниках животных, населяющих контрольные экосистемы манифестен полиморфизм клеток Лейдига, в то время как у животных из антропогенно преобразованных ландшафтов различия в морфологии данных клеток сглаживаются. Обращает на себя внимание факт высокой функциональной активности клеток Лейдига, локализованных около канальцев с деструкцией сперматогенного эпителия.

Следует отметить, что степень нарушения морфофункциональных характеристик эндокриноцитов проявлялась менее рельефно по сравнению с деструктивными процессами в сперматогенном эпителии. Это позволяет говорить о том, что эндокринные структуры гонад обладают более высокими компенсаторно-приспособительными возможностями по сравнению с генеративным компарментом.

Известно, что изоляция гамет и иммуноцитов осуществляется за счет формирования гематотестикулярного барьера. Обнаружено, что в гонадах животных, обитающих в антропогенно трансформированных экосистемах, нарушается целостность клеточных и неклеточных структур гематотестикулярного барьера, что может приводить к аутоиммунным повреждениям развивающихся половых клеток в сперматогенном эпителии. В своей совокупности эти явления свидетельствуют о существенном снижении целостности стенки извитых семенных канальцев.

Анализ гистологических препаратов показал, что в условиях негативных антропогенных воздействий ухудшаются условия для завершения процесса сперматогенеза. Морфологическими эквивалентами ухудшения является уменьшение высоты эпителия выносящих канальцев и канала придатка, в эпителиальном пласте отмечены деструкция клеточных структур. В просвете канальцев было снижено содержание половых клеток вплоть до полного их отсутствия, что, по нашему мнению, сопряжено с нарушением трофических влияний на них со стороны структур придатка семенника.

Выявленные нами результаты согласуются с данными исследований Григоркиной Е. Б. и соавт. (2006), Ермаковой О. В. и соавт. (2006), которые описали наличие существенных преобразований в семенниках мелких млекопитающих антропогенно нарушенных территорий, среди которых преобладали сперматогенез, атрофия канальцев, дезорганизация клеток сперматогенного эпителия [9, 10].

Иммуногистохимическое исследование установило, что в период репродуктивной активности пролиферативные и репаративные свойства эпителия были высокими, основанием чему являлось высокое содержание в эпителии клеток, экспрессирующих bcl2. Подсчет числа клеток, экспрессирующих проапоптотический фактор p53, определил, что в условиях обитания в антропогенных экосистемах у животных в эпителии повышается доля клеток с экспрессией p53, что свидетельствует о возрастании числа эпителиоцитов, вступающих в апоптоз.

Нами отмечено, что для животных, испытывающих влияние антропогенной среды, характерен различный диапазон адаптационных возможностей. Так, к числу наиболее адаптированных можно отнести домовых и малых лесных мы-

шей. Морфологическая организация органов размножения данных видов принципиально не отличалась от таковой у животных из интактных экосистем.

Примечательно, что воздействие слабых и сильных дестабилизирующих факторов неодинаково. Если воздействие неблагоприятных факторов высокой степени интенсивности (концентрации) приводит к негативным изменениям в структурной организации клеточных элементов семенников с придатками, то слабые стрессорные воздействия могут оказывать стимулирующий эффект на восстановительные способности этих элементов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о дестабилизирующем влиянии антропогенных факторов на морфофункциональное состояние структурных элементов семенника с придатком, отражением которого являются выявленные процессы деструктивного характера. Негативные морфологические изменения устанавливают напряженный режим функционирования репродуктивной системы, который может послужить причиной нарушения репродуктивного потенциала популяций, приводящего к уменьшению численности видов и к снижению биологического разнообразия в условиях антропогенной нагрузки.

Сравнительный анализ деструктивных явлений в семенниках с придатками показал, что органы репродуктивной системы домового и малой лесной мыши более устойчивы к воздействию комплекса техногенных факторов по сравнению с другими изученными мелкими млекопитающими.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Брюхин Г. В., Антонов С. Д. Характеристика жизнеспособности сперматозоидов у потомства самок крыс с экспериментальным сахарным диабетом 1-го типа при действии иммобилизационного стресса // Российский физиологический журнал им. И. И. Сеченова. — 2020. — Т. 106. — № 1. — С. 55–65.
2. Шубина О. С., Дуденкова Н. А. Влияние свинцовой интоксикации на гематоплацентарный барьер белых крыс // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. — 2022. — Т. 8. — № 4(32). — С. 426–433.
3. Замьянов И. Д. Особенности строения придатка семенника яка // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2012. Т. 3(23). С. 28–30.
4. Цыдытов Р. Ц. Изменение структуры и содержание биологически активных веществ в придатке семенника хряков в возрастном аспекте // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. Т. 1(123). С. 113–117.
5. Шевлюк Н. Н., Блинова Е. В., Рыскулов М. Ф., Боков Д. А. Урбанизированная среда и репродуктивная система позвоночных // Морфология. 2020. Т. 157. № 2–3. С. 243–244.
6. Шевлюк Н. Н., Рыскулов М. Ф. Семенные пузырьки и бульбоуретральные железы млекопитающих: морфология, физиология, экология, действие экстре-

- мальных дестабилизирующих факторов // Журнал анатомии и гистопатологии. 2021. Т. 10. № 3. С. 98–107.
7. Han S.-Y., Lee K.-H. The Expression Patterns of Connexin Isoforms in the Rat Caput Epididymis During Postnatal Development. *Journal of Animal Science and Technology*. 2013; 55(4):249–255.
  8. Iamsaard S., Sukhorum W., Arun S., Phunchago N., Uabundit N., Boonruangsri P. et al. Valproic acid induces histologic changes and decreases androgen receptor levels of testis and epididymis in rats. *International Journal of Reproductive BioMedicine*. 2017; 15(4):217–224.
  9. Григоркина Е. Б., Оленев Г. В., Пашина И. А., Тарасов О. В., Коробейникова В. П. Репродуктивная стратегия мышевидных грызунов в радиоактивно загрязненном биогеоценозе // Известия Челябинского научного центра. 2006. Вып. 4(34). С. 101–105.
  10. Ермакова О. В., Башлыкова Л. А., Раскоша О. В. Эколого-физиологическая характеристика популяций мышевидных грызунов при радиоактивном загрязнении // 20 лет Чернобыльской катастрофы: экологические и социальные уроки: материалы Международной научно-практической конференции. М., 2006. С. 45–58.

УДК 611.651: 577.161.3

*Садртдинова И. И.*

## **ВЛИЯНИЕ ВИТАМИНА Е НА ФОЛЛИКУЛЯРНЫЙ АППАРАТ ЯИЧНИКОВ КРЫС ЛИНИИ WAG/Rij**

*Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Российская Федерация*

---

**Аннотация.** Целью работы является оценка структурных изменений и морфометрических показателей яичника крыс под воздействием витамина Е.

**Материалы и методы.** В работе использовали половозрелых самок крыс линии WAG/Rij, которым перорально вводили  $\alpha$ -токоферола ацетат в виде 10%-ного масляного раствора в течение 14 дней в дозе 1 мг/100 г массы тела.

**Основные результаты** работы показали, что после введения витамина Е наблюдали восстановление нормальных форм и размеров фолликулов на разных стадиях зрелости. Количество вторичных и зрелых фолликулов в яичнике крыс опытной группы было незначительно выше, чем в контроле. Вместе с тем численная плотность атретических фолликулов была ниже на 29% ( $p < 0,05$ ). Полученные результаты указывают на то, что витамин Е оказывает положительное влияние на морфологические характеристики яичников, количественный состав фолликулов и их диаметр, тем самым способствует нормальному функционированию репродуктивной системы.

**Ключевые слова:** крысы линии WAG/Rij, фолликулы, яичник, витамин Е.