



Основные закономерности преобразований яичников мелких млекопитающих в неблагоприятных условиях среды

Е. В. Блинова, Н. Н. Шевлюк*

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России,
Оренбург, Россия

Целью исследования явилось определение закономерностей структурно-функциональной организации яичников самок мелких млекопитающих, населяющих техногенно измененные экосистемы.

Материал и методы. Исследовали яичники мелких млекопитающих, относящихся к отрядам насекомоядных и грызунов (обыкновенная бурозубка, полевая и малая лесная мыши, обыкновенная и рыжая полевки, обыкновенная слепушонка, степная пеструшка), обитающих в антропогенно измененных экосистемах (зоны влияния предприятий черной и цветной металлургии, а также газоперерабатывающего завода). Полученный материал обрабатывали с использованием обзорных гистологических, гистохимических, иммуногистохимических и морфометрических методов.

Результаты. Полученные результаты показали, что в техногенно измененных экосистемах на фоне интенсификации размножения в яичниках самок исследованных видов возникает комплекс морфофункциональных реактивных и адаптивных изменений. Размеры яичников были уменьшенными, площадь коркового вещества снижена. В корковом веществе выявлено снижение числа фолликулов, варьирующее в широких пределах – от умеренного их снижения до почти полного отсутствия. Обнаружено уменьшение площади сосудов микроциркуляторного русла, что явилось одной из главных причин возрастания атрезии фолликулов. В фолликулах различного вида выявлено возрастание доли клеток, экспрессирующих проапоптотический белок P53. На фоне снижения численности фолликулов наблюдалось разрастание соединительной ткани. В корковом и мозговом веществе выявлено наличие кист, выстланных эпителием различной высоты.

Заключение. Выявленные изменения свидетельствуют о том, что в техногенно измененных экосистемах в яичниках самок мелких млекопитающих наблюдается снижение овариального резерва, связанное с более быстрым истощением резерва фолликулов в корковом веществе, обусловленным как интенсификацией репродукции, так и более быстрой гибелью фолликулов в неблагоприятных условиях среды обитания.

Ключевые слова: яичник, корковое и мозговое вещество, мелкие млекопитающие, фолликулы, эндокриноциты, действие неблагоприятных факторов.

Major Regularities of Transformation of the Small Mammal Ovaries in Unfavourable Environmental Conditions: Ecological and Morphological Aspects

© E. V. Blinova, N. N. Shevlyuk*, 2021

Orenburg State Medical University, Orenburg, Russia

The aim of the study was to determine the patterns of structural and functional organization of the ovaries of female small mammals inhabiting technogenically altered ecosystems.

Material and methods. We studied the ovaries of small mammal species belonging to the insectivore and rodent families (common shrew, field and pygmy wood mice, common and bank voles, mole vole, steppe pied) that live in anthropogenically altered ecosystems (zones of influence of ferrous and nonferrous metallurgy, as well as gas processing factory). The resulting material was processed using observational histological, histochemical, immunohistochemical and morphometric tests.

Results. The results obtained demonstrated that in technogenically altered ecosystems the intensified reproduction results in a complex of morphofunctional reactive and adaptive changes in the ovaries of females of the studied species. The size of the ovaries was reduced; the area of the cortical substance was reduced. In the cortex, there was revealed a decrease in the number of follicles varying over a wide range - from a moderate decrease to their almost complete absence. There was found a decrease in the area of the vessels of the microvasculature; this was one of the major reasons for the increased follicular atresia. In follicles of various types, there was an increase in the proportion of cells expressing the proapoptotic protein P53. A decrease in the number of follicles resulted in the connective tissue overgrowth. The presence of cysts lined with epithelium of various heights was revealed in the cortex and medulla.

Conclusion. The results obtained evidence that in technogenically altered ecosystems a decreased ovarian reserve is observed in the ovaries of female small mammals; it is associated with a more rapid depletion of the follicle reserve in the cortex due to both - intensification of reproduction and more rapid death of follicles in unfavourable environmental conditions.

Key words: ovary, cortex and medulla, small mammals, follicles, endocrinocytes, influence of unfavourable factors.

***Автор для переписки:**

Шевлюк Николай Николаевич
Оренбургский государственный медицинский университет,
ул. Советская, 6, г. Оренбург, 460000, Российская
Федерация

***Corresponding author:**

Nikolai Shevlyuk
Orenburg State Medical University, ul. Sovetskaya, 6, Oren-
burg, 460000, Russian Federation

E-mail: k_histology@orgma.ru

Введение

Вопросам размножения млекопитающих животных естественных и антропогенно измененных экосистем посвящена большая литература [2, 3, 4–7, 10 и др.]. Особенно много работ посвящено исследованию мужских гонад млекопитающих в условиях обитания животных в техногенно измененных экосистемах. Так, хорошо изучено влияние соединений металлов на мужские гонады различных млекопитающих [1, 4, 8, 9, 11–16]. Установлены основные морфологические эквиваленты реакций эндокринных и герминативных структур семенников на действие многих других дестабилизирующих факторов среды обитания [2, 3, 5]. Менее исследованными оказались вопросы гистофизиологии женских гонад [3], многие аспекты морфофункциональных особенностей яичников мелких млекопитающих, населяющих техногенно измененные экосистемы нуждаются в дополнительном изучении.

Целью данного исследования явилось выявление закономерностей морфофункционального состояния яичников самок мелких млекопитающих, населяющих техногенно измененные экосистемы.

Материал и методы исследования

Были исследованы яичники половозрелых животных представителей двух отрядов класса млекопитающих – насекомоядных и грызунов: обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus* L., 1758), полевой мыши (*Apodemus agrarius* P., 1771), малой лесной мыши (*Apodemus uralensis* P., 1811), обыкновенной полевки (*Microtus arvalis* P., 1778), рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* S., 1780), хомячок Эверсмана (*Allocricetulus evermanni* B., 1859), обыкновенной слепушонки (*Ellobius talpinus* P., 1770), степной пеструшки (*Lagurus lagurus* P., 1773). Сбор материала осуществляли в период с апреля по ноябрь сезонов 2015–2019 гг. Материал от животных естественных и техногенных экосистем был собран в регио-

нах Оренбургской области. Были исследованы яичники мелких млекопитающих, населяющих антропогенно измененные экосистемы (зона влияния металлургического комбината «Уральская сталь», город Новотроицк; зона влияния Медногорского медно-серного комбината, город Медногорск; зона влияния Оренбургского газоперерабатывающего завода). Отлов животных проводили на расстоянии 3–10 км от предприятия. В качестве контрольных исследовали млекопитающих тех же видов, населяющих экологически благополучные регионы в Саракташском районе Оренбургской области.

Об участии самок в процессах репродуктивной активности судили по наличию детенышей, эмбрионов, либо плацентарных пятен в матке. Кроме того, косвенным показателем возможного участия самок в репродукции явилось наличие пузырчатых фолликулов (граафовых пузырьков) в яичниках этих животных, наличие желтых тел, а также структурные особенности матки и яйцеводов.

При сборе материала учитывали требования Федерального закона от 24.04.1995 №52-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «О животном мире» (ст. 34, 35, 40, 44).

Полученный материал фиксировали в 12% водном растворе нейтрального формалина, спирт-формоле, жидкости Буэна. Парафиновые срезы толщиной 5–7 мкм окрашивали гематоксилином Майера и эозином, перйодатом калия и реактивом Шиффа по Мак Манусу. С использованием иммуноцитохимических методов в яичниках рыжей полевки и малой лесной мыши с помощью наборов реактивов фирмы «DakoCytomation» (США) определяли выраженность экспрессии белков, являющихся маркерами про- и антиапоптотической активности (p53 и bcl2), а также маркера пролиферативной активности – белка ki67. Результаты иммуногистохимических реакций учитывали путем подсчета клеток, дающих позитивную реакцию при соответствующем окрашивании (подсчитывали количество маркированных клеток на 1000 клеток в случайно выбранных полях зрения). Результаты подсчета выражали в процентах.

У всех животных определяли массу тела и массу яичников, а у доминантных и субдоминантных в сообществах видов в яичниках при стандартном увеличении определяли площади, занимаемые корковым и мозговым веществом, подсчитывали общее число фолликулов в корковом веществе, а также долю различных развивающихся и атретических фолликулов.

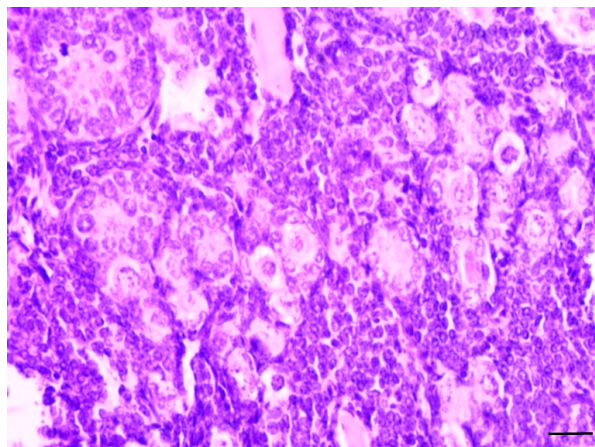


Рис. 1. Яичник рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* S., 1780). Животное отловлено в мае в экологически благополучном регионе. Окраска гематоксилином Майера и эозином. Масштабный отрезок – 20 мкм.

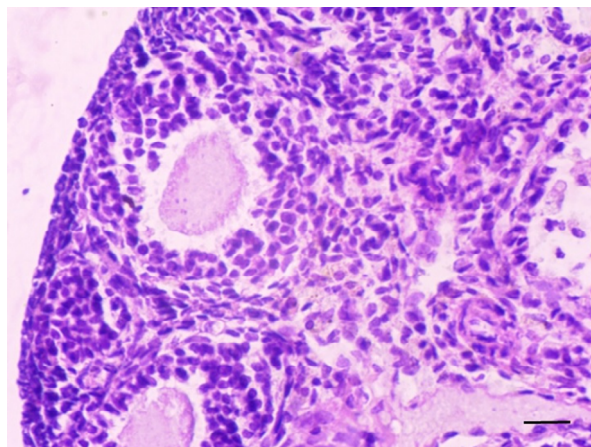


Рис. 2. Яичник рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* S., 1780). Животное отловлено в мае в зоне влияния газоперерабатывающего завода. Окраска гематоксилином Майера и эозином. Масштабный отрезок – 20 мкм.

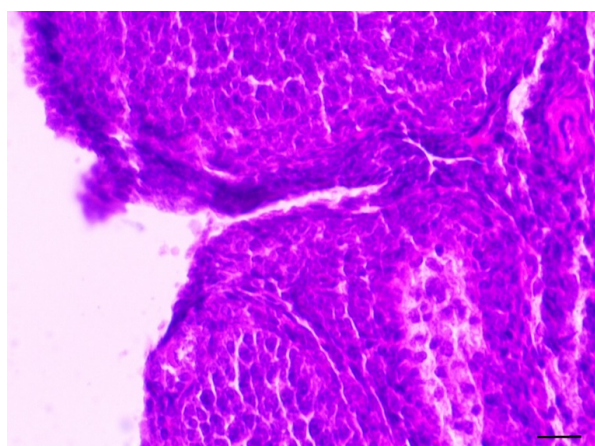


Рис. 3. Яичник рыжей полевки полевка (*Clethrionomys glareolus* S., 1780). Животное отловлено в мае в зоне влияния газоперерабатывающего завода. Окраска гематоксилином Майера и эозином. Масштабный отрезок – 20 мкм.

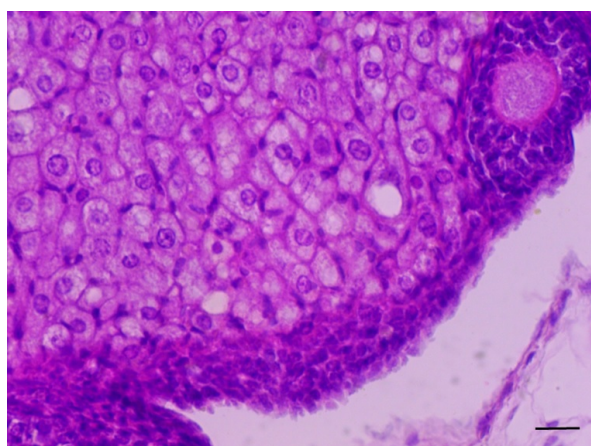


Рис. 4. Желтое тело в яичнике рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* S., 1780). Животное отловлено в зоне влияния газоперерабатывающего завода. Окраска гематоксилином Майера и эозином. Масштабный отрезок – 20 мкм.

Полученные цифровые данные обрабатывали на компьютере с использованием программы Statistica 6.0 ("StatSoft, Inc.") с использованием критериев оценки достоверности результатов по Стьюденту, с учетом вариабельности первичных измеряемых объектов и индивидуальной изменчивости.

Результаты и их обсуждение

В исследуемый период численность населения в изученных популяциях в экологически благополучных и техногенно измененных экосистемах была относительно стабильной, в связи с тем, что кормовая база (зависящая, прежде всего, от погодных условий) практически не различалась в исследованные 5 лет (2015–2019 гг.). Температурный режим, уровень инсоляции, количество атмосферных осадков – все эти факторы, которые в данном регионе являются определяющими для создания кормовой базы, во все годы наблюдений практически не различались по годам. Плотность населения животных всех исследован-

ных видов в техногенно измененных экосистемах была значительно снижена.

При этом во все сезоны наблюдения доля животных, участвующих в размножении, среди популяций разных видов была выше в антропогенно измененных экосистемах. Результаты наших исследований по этой научной проблеме согласуются с наблюдениями других исследователей, которые отмечали интенсификацию размножения в условиях действия на популяции мелких млекопитающих различных негативных факторов [2, 5, 6].

В период с апреля по июнь доля самок, участвующих в размножении, во все годы была максимальной, причем пик репродуктивной активности приходился на май. В последующие месяцы отмечалось снижение репродуктивной активности, но у некоторых особей морфофункциональные эквиваленты репродуктивной активности обнаруживались осенью.

В период мая–апреля в репродукции принимали участие только перезимовавшие особи, затем, начиная с лета в репродукции

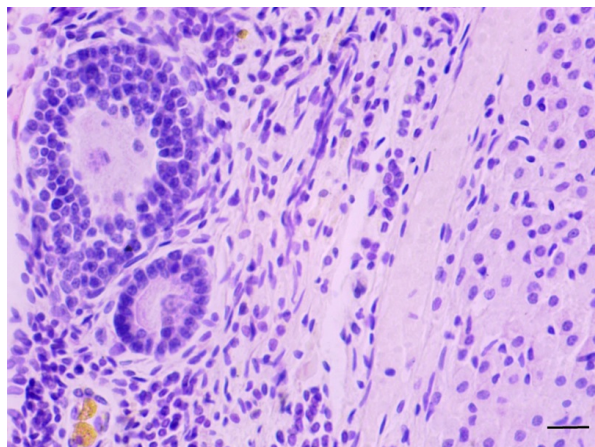


Рис. 5. Яичник малой лесной мыши (*Apodemus uralensis* P., 1811). Животное отловлено в июне в зоне влияния медно-серного комбината. Окраска гематоксилином Майера и эозином. Масштабный отрезок – 20 мкм.

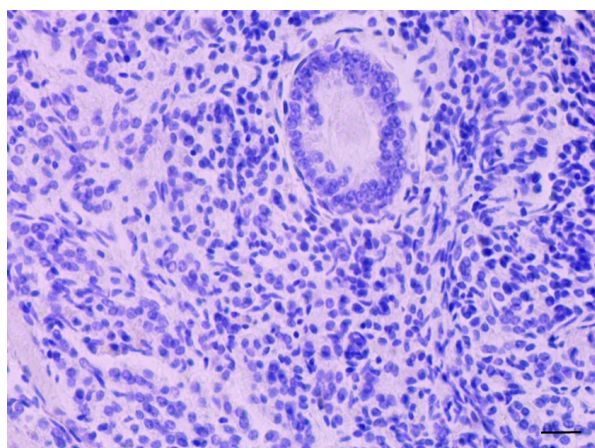


Рис. 6. Яичник хомячка Эверсмана (*Allocricetulus evermanni* B., 1859). Животное отловлено в июне в зоне влияния предприятия черной металлургии. Окраска гематоксилином Майера и эозином. Масштабный отрезок – 20 мкм.

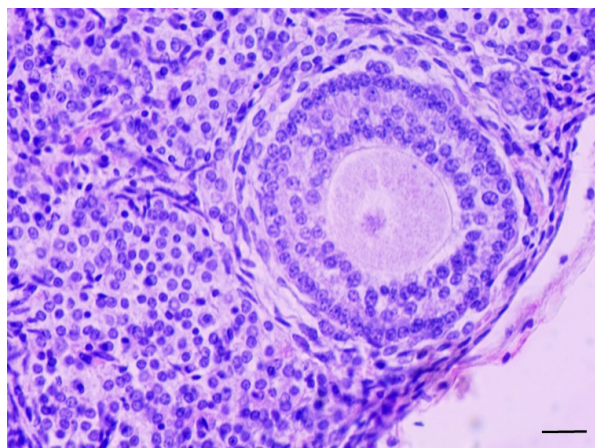


Рис. 7. Яичник обыкновенной слепушонки (*Ellobius talpinus* P., 1770). Животное отловлено в мае в зоне влияния медно-серного комбината. Окраска гематоксилином Майера и эозином. Масштабный отрезок – 20 мкм.

стали принимать участие и самки, появившиеся на свет весной и летом.

Яичники исследованных мелких млекопитающих имели типичное строение, харак-

терное для млекопитающих. Снаружи яичники покрыты однослойным эпителием, который рядом авторов именуется зачатковым. Корковое вещество на срезах яичников занимает площадь, в несколько раз превышающую площадь мозгового вещества. В корковом веществе яичников половозрелых особей мелких млекопитающих находятся фолликулы (рис. 1–7) на разных стадиях циклического созревания, либо атрезии, а также желтые тела (рис. 4).

Результаты исследования показали, что в яичниках млекопитающих, испытывающих комплекс техногенных воздействий, выявлялся ряд выраженных морфофункциональных изменений.

Размеры яичников у самок большинства исследованных видов из техногенно измененных экосистем имели меньшую массу. Так, у рыжей полевки, обитающей в зоне влияния газоперерабатывающего завода, масса яичников у половозрелых особей менялась в пределах 17–32 мг, в контроле данный параметр составлял 20–35 мг. При этом наибольшая масса женских гонад контрольных и импактных экосистем отмечалась в мае. В таблицах 1–3 показано соотношение наблюдаемых в мае масс яичников животных техногенно измененных и экологически благополучных экосистем исследованных видов. Данные представленных таблиц свидетельствуют о том, что в наблюдаемый период средняя масса яичников у животных техногенно измененных экосистем была сниженной по сравнению с аналогичным показателем животных экологически благополучных экосистем.

В антропогенно измененных экосистемах поверхность яичника у самок исследованных видов выглядела неровной, сморщенной (рис. 3, 4). В яичниках отмечались единичные участки с пролиферацией покровного эпителия в соединительную ткань коркового вещества. На поверхности яичника наблюдалась очаговая десквамация эпителия.

В условиях обитания в благополучных экосистемах у половозрелых самок мелких млекопитающих площадь коркового вещества яичника более, чем в два раза превышала площадь мозгового вещества. В условиях техногенно измененных экосистем доля мозгового вещества увеличивалась (табл. 1–3).

Большинство половозрелых самок исследуемых видов принимали участие в размножении.

Основную площадь коркового вещества на срезах яичников животных экологически благополучных экосистем составляли фолликулы разной степени зрелости, при этом у самок из техногенных экосистем на фоне уменьшения площади коркового вещества содержание фолликулов в нем было снижено (табл. 1–3). Если у половозрелых самок из экологически благополучных экосистем

Таблица 1

Морфометрические параметры яичников мелких млекопитающих естественных и техногенных экосистем в зоне влияния ООО «Медногорский медно-серный комбинат»

Группы животных	n	Масса тела, (г)	Изучаемые показатели яичников			
			Масса яичников, (г)	Площадь коркового вещества, (%)	Площадь мозгового вещества, (%)	Количество фолликулов на единицу площади коркового вещества
Отряд грызуны (Rodentia)						
Семейство мышинные (Muridae)						
Малая лесная мышь (<i>Apodemus uralensis</i> P., 1811)						
Контроль Зона влияния комбината	12	29.2±2.6	27.2±1.3	72.4±5.9	27.6±2.0	18.7±0.8
	9	24.0±2.3	22.5±1.6	61.3±4.0	38.7±3.2	14.1±1.0
	Полевая мышь (<i>Apodemus agrarius</i> P., 1771)					
Контроль Зона влияния комбината	25	33.2±2.5	26.4±2.0	66.3±6.2	33.7±2.1	14.6±0.9
	17	25.5±1.9	20.5±2.1	52.5±5.0	47.5±4.6	14.0±1.3
Семейство хомяковые (Cricetidae)						
Обыкновенная полевка (<i>Microtus arvalis</i> P., 1778)						
Контроль Зона влияния комбината	14	36.4±3.0	24.9±1.3	74.0±3.8	26.0±2.1	16.8±1.1
	12	24.4±0.9	19.8±1.3	63.2±5.1	36.8±3.8	13.1±1.4
	Рыжая полевка (<i>Clethrionomys glareolus</i> S., 1780)					
Контроль Зона влияния комбината	32	23.5±1.2	22.3±1.6	68.8±3.0	31.2±2.5	17.8±1.1
	17	22.7±1.5	19.0±2.1	60.0±4.6	40.0±3.7	15.1±1.4

Примечание: животные исследованы в период репродуктивной активности, отловлены в мае. Приведены статистически значимые различия при $p < 0.05$.

Таблица 2

Морфометрические параметры яичников мелких млекопитающих естественных и техногенных экосистем в зоне влияния ООО «Газпром добыча Оренбург»

Группы животных	п	Масса тела, (г)	Изучаемые показатели яичников			
			Масса яичников, (г)	Площадь коркового вещества, (%)	Площадь мозгового вещества, (%)	Количество фолликулов на единицу площади коркового вещества
Отряд насекомоядные (Insectivora)						
Обыкновенная бурозубка (<i>Sorex araneus</i> L., 1758)						
Контроль	9	13.1±0.8	16.1±1.4	73.2±3.9	27.8±3.1	12.3±0.7
	6	10.5±1.1	14.0±1.0	61.4±3.2	38.6±1.7	10.1±0.6
Зона влияния предприятия						
Отряд грызуны (Rodentia)						
Семейство мышинные (Muridae)						
Малая лесная мышь (<i>Apodemus uralensis</i> P., 1811)						
Контроль	12	29.2±2.6	27.2±1.3	72.4±5.9	27.6±2.0	18.7±0.8
	10	24.0±1.9	23.4±1.5	61.0±4.1	39.0±5.5	14.3±0.5
Зона влияния предприятия						
Полевая мышь (<i>Apodemus agrarius</i> P., 1771)						
Контроль	25	33.2±2.5	26.4±2.0	76.3±6.2	23.7±2.1	14.6±0.9
	14	27.7±2.0	22.0±1.2	55.0±4.2	45.0±3.7	12.1±1.3
Зона влияния предприятия						
Семейство хомяковые (Cricetidae)						
Рыжая полевка (<i>Clethrionomys glareolus</i> S., 1780)						
Контроль	32	26.8±2.3	22.3±1.6	68.8±3.0	31.2±2.5	17.8±1.1
	23	23.0±1.8	19.5±2.1	60.6±3.5	39.4±3.5	14.2±1.1
Зона влияния предприятия						
Обыкновенная полевка (<i>Microtus arvalis</i> P., 1778)						
Контроль	18	36.4±3.0	24.9±1.3	74.0±3.8	26.0±2.1	16.8±1.1
	13	29.1±1.2	25.1±1.6	65.9±4.0	34.1±4.2	13.1±1.6
Зона влияния предприятия						

Примечание: животные исследованы в период репродуктивной активности, отловлены в мае. Приведены статистически значимые различия при $p < 0.05$.

Таблица 3

Морфометрические параметры яичников мелких млекопитающих естественных и техногенных экосистем в зоне влияния ОАО «Уральская сталь»

Группы животных	n	Масса тела, (г)	Изучаемые показатели яичников			
			Масса яичников, (г)	Площадь коркового вещества, (%)	Площадь мозгового вещества, (%)	Количество фолликулов на единицу площади коркового вещества
Отряд насекомоядные (Insectivora)						
Обыкновенная бурозубка (<i>Sorex araneus</i> L., 1758)						
Контроль	9	13.1±0.8	16.1±1.4	73.2±3.9	27.8±3.1	12.3±0.7
	6	7.1±0.3	12.0±1.3	58.1±4.3	41.9±4.1	8.1±0.8
Зона влияния предприятия						
Отряд грызуны (Rodentia)						
Семейство мышиные (Muridae)						
Малая лесная мышь (<i>Apodemus uralensis</i> P., 1811)						
Контроль	12	29.2±2.6	27.2±1.3	72.4±5.9	27.6±2.0	18.7±0.8
	9	24.7±2.5	24.0±1.5	62.1±4.0	37.9±3.7	14.3±1.6
Зона влияния предприятия						
Полевая мышь (<i>Apodemus agrarius</i> P., 1771)						
Контроль	25	33.2±2.5	26.4±2.0	66.3±6.2	33.7±2.1	14.6±0.9
	12	24.3±3.0	20.3±1.4	51.3±4.0	48.7±3.5	9.2±1.0
Зона влияния предприятия						
Семейство хомяковые (Cricetidae)						
Рыжая полевка (<i>Clethrionomys glareolus</i> S., 1780)						
Контроль	32	26.8±2.3	22.3±1.6	68.8±3.0	31.2±2.5	17.8±1.1
	20	21.8±1.9	17.1±0.9	55.2±5.6	44.8±3.2	10.3±1.0
Зона влияния предприятия						
Обыкновенная полевка (<i>Microtus arvalis</i> P., 1778)						
Контроль	18	36.4±3.0	24.9±1.3	74.0±3.8	26.0±2.1	16.8±1.1
	10	27.3±3.0	16.2±1.2	62.3±4.2	37.7±4.5	11.2±1.0
Зона влияния предприятия						

Примечание: животные исследованы в период репродуктивной активности, отловлены в мае. Приведены статистически значимые различия при $p < 0.05$.

покоящиеся фолликулы располагались в корковом веществе органа компактными группами (рис. 1), то у животных из техногенных экосистем чаще обнаруживалось одиночное расположение фолликулов (рис. 2, 4, 5, 6, 7). Снижение количества фолликулов у разных половозрелых особей варьировало в широких пределах (от почти полного отсутствия фолликулов до умеренного снижения их численности в корковом веществе). На этом фоне обращает на себя внимание увеличение средней доли растущих фолликулов и снижение численности покоящихся фолликулов.

При этом степень выраженности деструктивных изменений в яичниках (увеличение атретических тел в корковом веществе, появление кистоподобных образований на месте погибших фолликулов, возрастание доли соединительной ткани) была выше у особей, населяющих зоны влияния предприятий черной металлургии ОАО «Уральская сталь» и ООО «Медногорского медно-серного комбината», в сравнении с животными из зоны воздействия газохимического комплекса – Оренбургского газоперерабатывающего завода.

В большей степени деструктивным изменениям были подвержены фолликулы, находящиеся в стадии быстрого роста. Среди изученных видов насекомоядных и грызунов

более стабильными к действию неблагоприятных факторов оказались обыкновенная и рыжая полевки, а также малая лесная мышь.

Сниженное содержание фолликулов (табл. 1–3), связанное как с повышенной гибелью развивающихся фолликулов на разных этапах их развития, так и с тем, что у животных, находящихся в техногенно измененных экосистемах, большее количество покоящихся фолликулов вступало в стадию быстрого роста, указывало на более быстрое истощение репродуктивного потенциала.

В корковом веществе яичников исследованных мелких млекопитающих выявлялись обширные участки, представленные только соединительной тканью, которые не содержали фолликулов (рис. 2, 5, 6). То есть, на фоне снижения количества фолликулов наблюдалось разрастание соединительной ткани. Наряду с участками соединительной ткани, содержащими большое количество межклеточного вещества (прежде всего, фибриллярных компонентов), обращало на себя внимание наличие участков соединительной ткани, в которой выявлялось высокое содержание клеточных элементов (рис. 2, 5). В таких участках соединительной ткани среди клеточных форм выявлялось большое количество клеток веретеновидной формы,

напоминающих по строению малодифференцированные фибробласты.

Доля эндокриноцитов в яичниках была снижена по сравнению с мелкими млекопитающими из экологически ненарушенных экосистем, прежде всего за счет гибели части эндокриноцитов.

В корковом и мозговом веществе обнаруживались кисты, выстланные эпителием различной высоты – от высокоцилиндрического до плоского.

Результаты иммуногистохимических исследований показали, что экспрессия проапоптотического белка p53 была значимо увеличена в фолликулярном эпителии в яичниках самок всех исследованных видов на всех импактных территориях. При этом на фоне увеличения экспрессии белка p53 в популяции клеток фолликулярного эпителия наблюдалось выраженное снижение экспрессии белка bcl2. В соединительной ткани коркового вещества на фоне разрастания соединительной ткани на месте подвергшихся атрезии фолликулов в популяции клеток фибробластического дифферона выявлено возрастание экспрессии маркера клеточной пролиферации белка ki67.

Обращало на себя внимание уменьшение площади сосудов микроциркуляторного русла в корковом веществе. В некоторых капиллярах наблюдался стаз форменных элементов. Отмеченные нарушения трофического обеспечения коркового вещества яичников приводили к нарушению развития фолликулов и к увеличению доли атретических фолликулов.

Заключение

Вышеописанные изменения свидетельствуют о том, что у самок исследованных видов мелких млекопитающих, обитающих в антропогенно (техногенно) измененных экосистемах, наблюдается снижение овариального резерва в корковом веществе яичников. Это может свидетельствовать как об интенсификации репродуктивной функции в условиях воздействия комплекса неблагоприятных факторов, так и отражать процессы гибели большего числа фолликулов в неблагоприятных условиях среды обитания.

Выявленные изменения, касающиеся качественных и количественных характеристик коркового и мозгового вещества, свидетельствуют о существенных нарушениях морфофункциональной характеристики яичников мелких млекопитающих антропогенных экосистем. Результаты исследования демонстрируют негативные изменения в различных структурах яичников – выявленные нарушения проявляются в герминативном, эндокринном, сосудистом и стромальном компонентах органа. Выявленные изменения ука-

зывают на снижение фертильности животных техногенных экосистем, что, безусловно, является ведущим фактором снижения численности мелких млекопитающих в исследованных техногенных экосистемах.

Вместе с тем, результаты исследования свидетельствуют и о видовых особенностях реакций животных на неблагоприятные факторы среды обитания. Согласно нашим данным, большей устойчивостью характеризовались малая лесная мышь, обыкновенная и рыжая полевки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы / References

1. Дуденкова Н.А., Шубина О.С. Влияние свинца на репродуктивную систему организма. Саранск: Мордовский гос. пед. ин-т. 2015 [Dudenkova NA, Shubina OS. Vliyaniye svintsya na reproduktivnyuyu sistemu organizma. Saransk: Mordovian state. ped. in-t. 2015] (in Russian).
2. Оленев Г.В., Григоркина Е.Б. Эволюционно-экологический анализ стратегий адаптации популяций грызунов в экстремальных условиях. Экология. 2016;5:375–81 [Olenov GV, Grigorkina EB. Evolutionary ecological analysis of adaptation strategies of rodent populations under extreme conditions. Russian Journal of Ecology. 2016;47(5):486–92] (in Russian). doi: 10.7868/So367059716050097
3. Шевлюк Н.Н., Бекмухамбетов Е.Ж., Мамырбаев А.А., Джаркенов Т.А., Умбетов Т.Ж., Бокков Д.А. Биология размножения, стратегия выживания и механизмы адаптации позвоночных антропогенных ландшафтов. Оренбург: Изд-во ОрГМУ. 2016 [Shevlyuk NN, Bekmukhambetov EZh, Mamyrbayev AA, Dzharzenov TA, Umbetov TZh, Bokov DA. Biologiya razmnozheniya, strategiya vyzhivaniya i mekhanizmy adaptatsii pozvonochnykh antropogennykh landshaftov. Orenburg: Izd-vo OrGMU. 2016] (in Russian).
4. Шевлюк Н.Н., Мамырбаев А.А., Умбетов Т.Ж. Морфофункциональная характеристика репродуктивной системы позвоночных в условиях воздействия на их среду обитания соединений тяжелых металлов. Эколого-морфологические аспекты. Морфология. 2018;154(4):90–9 [Shevlyuk NN, Mamyrbayev AA, Umbetov TZh. Morpho-functional characteristics of vertebrate reproductive system under conditions of their habitat exposure to heavy metal compounds. Morphology. 2018;154(4):90–9] (in Russian).
5. Щипанов Н.А. Некоторые аспекты популяционной устойчивости мелких млекопитающих. Успехи современной биологии. 2000;120:73–87 [Shchipanov NA. Nekotorye aspekty populyatsionnoi ustoychivosti melkikh mlekopitayushchikh. Uspekhi sovremennoi biologii. 2000;120:73–87] (in Russian).
6. Baker P, Ansel R, Doods P, Webber C, Harris S. Factors affecting the distribution of small mammals in an urban area. Mammal Review. 2003

- Mar;33(1):95–100. doi: 10.1046/j.1365-2907.2003.00003.x
7. *Blanquart F, Gandon S.* On the evolution of migration in heterogeneous environments. *Evolution*. 2014 Mar 28;68(6):1617–28. doi: 10.1111/evo.12389
 8. *Flora G, Gupta D, Tiwari A.* Toxicity of lead: a review with recent updates. *Interdisciplinary Toxicology*. 2012 Nov 9;5(2):47–58. doi: 10.2478/v10102-012-0009-2
 9. *Igbokwe IO, Igwenagu E, Igbokwe NA.* Aluminium toxicosis: a review of toxic actions and effects. *Interdisciplinary Toxicology*. 2019 Oct 1;12(2):45–70. doi: 10.2478/intox-2019-0007
 10. *Martiniaková M, Omelka R, Grosskopf B, Jančová A.* Yellow-necked mice (*Apodemus flavicollis*) and bank voles (*Myodes glareolus*) as zoomonitors of environmental contamination at a polluted area in Slovakia. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2010 Nov 5;52(1):58. doi: 10.1186/1751-0147-52-58
 11. *Miska-Schramm A, Kapusta J, Kruczek M.* The Effect of Aluminum Exposure on Reproductive Ability in the Bank Vole (*Myodes glareolus*). *Biological Trace Element Research*. 2016 Sep 29;177(1):97–106. doi: 10.1007/s12011-016-0848-3
 12. *Miska-Schramm A, Kapusta J, Kruczek M.* Copper influence on bank vole's (*Myodes glareolus*) sexual behavior. *Ecotoxicology*. 2018 Feb 2;27(3):385–93. doi: 10.1007/s10646-018-1902-z
 13. *Rajeswari TR, Sailaja N.* Impact of heavy metals on environmental pollution. *J. Chem. Pharmacol. Sci.* 2014;3:175–81.
 14. *Rana SVS.* Perspectives in Endocrine Toxicity of Heavy Metals—A Review. *Biological Trace Element Research*. 2014 Jun 6;160(1):1–14. doi: 10.1007/s12011-014-0023-7
 15. *Rzymiski P, Tomczyk K, Rzymiski P, Poniedziałek B, Opala T, Wilczak M.* Impact of heavy metals on the female reproductive system. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* [Internet]. 2015 May 11;22(2):259–64. doi: 10.5604/12321966.1152077
 16. *Thompson J, Bannigan J.* Cadmium: Toxic effects on the reproductive system and the embryo. *Reproductive Toxicology*. 2008 Apr;25(3):304–15. doi: 10.1016/j.reprotox.2008.02.001

Поступила в редакцию 15.03.2021

Принята в печать 12.10.2021

Received 15.03.2021

Accepted 12.10.2021

Для цитирования: Блинова Е.В., Шевлюк Н.Н. Основные закономерности преобразований яичников мелких млекопитающих в неблагоприятных условиях среды. Журнал анатомии и гистопатологии. 2021; 10(4): 28–35. doi: 10.18499/2225-7357-2021-10-4-28-35

For citation: Blinova E.V., Shevlyuk N.N. Major Regularities of Transformation of the Small Mammal Ovaries in Unfavourable Environmental Conditions: Ecological and Morphological Aspects. *Journal of Anatomy and Histopathology*. 2021; 10(4): 28–35. doi: 10.18499/2225-7357-2021-10-4-28-35