

## ВОСПРОИЗВОДСТВО В ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ МАЛОЙ ЛЕСНОЙ МЫШИ (*Sylvaemusuralensis* Pallas, 1811): ЭФФЕКТИВНЫЙ ДИАПАЗОН И МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ

С использованием полевых, популяционно-статистических и морфологических (в том числе, гистологических) методов изучен комплекс явлений репродуктивной активности малой лесной мыши (*Sylvaemusuralensis* Pallas, 1811) на разных биосистемных уровнях (тканевом, органном, организменном и популяционном). Поставлена задача найти связь и взаимообусловленность феноменологических процессов репродукции самок лесной мыши на основе верификации метасистемного механизма регуляции. Показано изменение возрастного-репродуктивной и возрастного-онтогенетической структуры элементарных популяций малой лесной мыши, а также уровень плодовитости и особенности вовлечения самок в размножение, динамика фолликулогенеза в условиях изменения степени гетерогенности условий среды. В частности, доля самок, вовлекаемых в размножение сохраняется при пессимизации средовых условий. При этом, изменяется динамика онтогенеза, когда становится возможным наступление первой овуляции. Такой период сдвигается на более ранний срок. Самки с более ранним началом репродуктивной активности подготовлены к новым условиям вступления в репродуктивно активный период онтогенеза. У таких зверьков сразу после выхода на поверхность наблюдается гиперплазия гонад и новый уровень динамики фолликулогенеза – достижение терминальных преовуляторных форм ово-соматических гистионов. На фоновых территориях происходит ограничение вступления самок в репродукцию. Здесь распространено явление гипоплазии гонад или активной блокады фолликулогенеза. Таким образом, определены приспособительные возможности по всем названным параметрам. Интенсификация процессов воспроизводства и поддержание функционально-репродуктивной структуры группировок обуславливают успех вида и его персистентные свойства.

**Ключевые слова:** малая лесная мышь, размножение, популяционная структура, фолликулогенез, яичник, адаптация.

### Введение

Репродуктивная активность характеризуется системой разноуровневых феноменов, соподчинённая реализация которых, направлена на достижение адекватных параметров воспроизводства, имеющих конкретное приспособительное значение [6]–[7]. На органном (гонадном) уровне эффективность размножения обусловлена резервом примордиальных фолликулов и возможностью генерировать качественные половые продукты (яйцеклетки); на организменном уровне – формировать необходимые гестационную доминанту и условия эмбриогенеза в определении свойственной величины плодовитости (количества эмбрионов и новорождённых, приходящихся на одну самку); на популяционном уровне – долей самок, вовлекаемых в размножение и соответствующими приспособлениями онтогенеза (раннее половое созревание, поздняя элиминация зверьков из состава, поддерживающих воспроизводство) [2], [6]–[7].

Возникает вопрос о метасистемных механизмах регуляции репродукции, о способах взаимодействия процессов на каждом из уровней

биологической организации, определяющих успех воспроизводства.

На сегодняшний день имеются обширные сведения по биологии размножения отдельных видов [1], [4], [9]–[10]. При этом, во многом, остаётся не раскрытой сущность приспособления зависимости интенсификации репродуктивной активности (или блокады полового созревания и активного ограничения участия в размножении) в индивидуальном развитии самок от формирования функционально-репродуктивной структуры элементарных популяций как содержательной стороны реализации репродуктивной стратегии в окологодном и более долгосрочном периодах. Оценка отдельных параметров функциональной динамики популяции (плотность, пространственное распределение, ценотический статус вида и пр.) и их изменения оказывается недостаточной для обоснования моделируемых эффектов трансформации отдельных группировок при конкретном качественно-количественном соотношении импакт-факторного потенциала среды.

Такие инфраакции репродукции подготовлены и регулируются «снизу». Все приспособо-

бительные явления как тот или иной уровень дифференцировки гонад, возможность регенерации половых желёз, проблема сохранности гоноцитов в постнатальном онтогенезе, проблема суперфетации и её экологических условий – практически не разрабатываемые научные направления в экологии размножения.

Всё выше изложенное позволяет обоснованно актуализировать научную теоретическую проблемную область экологии конкретных видов: о факторах, уровне лабильности, степени интегрированности, величине случайности по отношению друг к другу морфогенетических, физиологических, информационных, популяционных процессов, реализующих воспроизводство.

### Цель

Определить популяционные и онтогенетические механизмы и факторы контроля вступления в размножение самок малой лесной мыши и необходимый диапазон адаптации параметров воспроизводства и репродуктивной активности на разных уровнях при возможном их соподчинении в условиях средовой трансформации местообитаний.

### Материалы и методы

Формирование выборок малой лесной мыши производили в двух различных по степени напряжения неблагоприятных факторов территориях. Импактные местообитания – санитарно-защитная зона Оренбургского газзавода (СЗЗ ОГПЗ). Интактные – Саракташский район Оренбургской области. Широтное распределение местообитаний не различалось ( $51^{\circ}50'24''$  и  $51^{\circ}41'13''$  соответственно). Расстояние по долготе составило величину более двух градусов (более 100 км):  $54^{\circ}47'38''$  и  $56^{\circ}21'15''$  соответственно. Зверьки отлавливались и учитывались в лесополосах методом линейного трансекта с использованием давилок Геро и стандартной приманки. Всего отработано ловушко-суток: в СЗЗ ОГПЗ – 2325, в контроле – 1073. Относительное обилие зверьков на сравниваемых территориях достоверно различалось:  $27.0 \pm 1.1$  ос/100 лов.-сут. (СЗЗ ОГПЗ) и  $43.8 \pm 2.0$  ос/100 лов.-сут. (контроль) ( $t=9.48 > t_{0.001}=3.29$ ,  $p < 0.001$ ). При этом соотношение полов было сравнимым: в СЗЗ

ОГПЗ искомая пропорция – 1.1/1, на фоновой территории – 1.3/1 ( $\chi^2=1.11 < \chi^2_{0.05}=7.88$ ,  $p > 0.05$ ). Всего отловлено 215 самок в импакте и 123 самки в интакте. Также дисперсионный анализ показал, что относительное обилие в СЗЗ ОГПЗ было стабильно низким в течение года, а в контроле – сильно варьировало в зависимости от сезона (пик весной и в начале лета).

Для оценки плодовитости подсчитывали количество жёлтых тел беременности и количество плодов (или эмбрионов).

Для гистологических исследований забивали яичники. С использованием стандартно протокольных подходов осуществляли обработку материала и изготовление микропрепаратов. Серийные тотальные срезы яичников окрашивали гематоксилином Майера и зозином.

Количественные данные обрабатывали обычными методами статистики.

### Результаты

Динамика репродуктивной активности на популяционном уровне у малой лесной мыши в техногенно преобразованной и фоновой территориях характеризуется фактической тождественностью накопления частот верифицируемых функционально-репродуктивных групп зверьков (табл. 1). Здесь доли самок, принимающих участие в размножении, поддерживаются на постоянном уровне, что, вероятно, обусловлено активностью эффективных механизмов адаптации к дестабилизирующим факторам среды.

Аналогичную закономерность, выражающую достижение необходимого уровня репродуктивного потенциала даже в условиях импактной зоны, можно констатировать для величин уровня плодовитости (табл. 1). В самом деле, количество эмбрионов, приходящихся на одну самку, не различается, при том, что и диапазон варьирования данного параметра свидетельствует о стабильности плодовитости – важного приспособительного результата вида, определяющего, очевидно, условия реализуемого процесса оптимизации количественного состава группировок.

Потенциальная плодовитость самок малой лесной мыши при выразительном совпадении собственных величин на сравниваемых территориях (табл. 1), всё-таки, демонстрирует до-

стоверно более высокий уровень девиации в СЗЗ ОГПЗ. Этот факт может свидетельствовать об усилении крайних классов в распределении вариант и, соответственно, о повышенных эмбриональных потерях, а также о вовлечении в репродукцию более молодых зверьков.

Показатели относительного обилия и выше приведённое предположение о более раннем вступлении в размножение со всей определённо позволяют обосновать недостаточные возможности процессов адаптации: протекции доли самок, участвующих в размножении и уровней потенциальной и фактической плодовитости.

Расчёт относительной массы яичника самок, участвующих в размножении, позволил констатировать факт нарушения процессов органогенеза яичников (табл. 1). В импактной зоне наблюдается достоверное снижение индекса каждой из пары половых желёз. Данная закономерность обусловлена тем, что возрастн-онтогенетическая структура группировок в СЗЗ ОГПЗ изменена ( $\chi^2=15.0=\chi^2_{0.01}$ ,  $p>0.01$ ). В частности, увеличивается доля самок с малой массой тела (в диапазоне 10–13 г). С другой стороны, возможно более быстрое исчерпание пула примордиальных фолликулов на неблагоприятной территории. Поэтому нарушение органогенеза яичников в СЗЗ ОГПЗ обусловлено двумя факторами: и снижением массы тела, и утратой герминативного резерва.

Обосновать утрату запаса яйцеклеток позволили факты частого обнаружения зверьков с массой тела менее 10 грамм, чаще около 8 грамм (ювенильные зверьки), у которых наблюдалась гиперплазия гонад.

Гиперплазия гонад характеризуется тем, что в яичнике большинство фолликулов вступило в большой рост. При этом, наблюдался полифолликулярный кластер третичных форм овосоматических гистионов с развитой полостью, кумулюсом, иногда парящей яйцеклеткой.

В третичных фолликулах гиперплазированных яичников происходят процессы прогрессивной дифференцировки текальных эндокриноцитов, имеющих признаки стероидогенной активности.

Очевидно, что фолликулогенез здесь непродуктивен и овуляция невозможна. Как правило, все фолликулы на этапе дегенерационных изменений какой-либо формы атрезии.

Гиперплазия яичников у ювенильных самок санитарной зоны – свидетельство интенсификации процессов полового созревания и более раннего вступления самок в размножение.

На фоновой территории, напротив, происходит ограничение вступления самок в состав животных, поддерживающих воспроизводство. Здесь высока доля зверьков, имеющих эмбриотипические гонады (пфлюгеровские шары, овогонииальные синцитии, пролиферации овогоний).

Таблица 1. Уровень репродуктивной активности малой лесной мыши

Наименование параметра	Территории сравнения		Критерии достоверности
	Контроль	СЗЗ ОГПЗ	
Индекс яичника (наибольший – наименьший в паре) (мг/г, %)	0.837±0.037 – 0.724±0.034 N=64-58	0.698±0.054 – 0.538±0.044 N=34-32	$t=2.69>t_{0.01}=2.62$ $t=3.32>t_{0.01}=2.62$ $p<0.01$
Кол-во жёлтых тел беременности и его дисперсия	3.0±0.2 $\sigma^2=2.2\pm0.2$ N=53	3.0±0.2 $\sigma^2=1.2\pm0.2$ N=24	$t=0$ $F=1.80>F_{0.05}=1.76$ , $p_F<0.05$
Кол-во эмбрионов, приходящихся на самку, и его дисперсия	6.5±0.3 $\sigma^2=1.8\pm0.3$ N=123	6.3±0.3 $\sigma^2=2.5\pm0.3$ N=215	$t\approx 0$ $F=1.40<F_{0.05}=1.76$ , $p_F>0.05$
Функционально-репродуктивная структура (доли,%): ювенильные – беременные – с плацентарными пятнами	62.3±4.5 – 19.0±3.7 – 18.0±3.6	67.7±3.4 – 18.3±2.8 – 14.0±2.5	$\chi^2=1.76<$ $\chi^2_{0.05}=7.82$ $p>0.05$

### Заключение

В литературе, посвящённой проблемам влияния неблагоприятных факторов среды на репродукцию млекопитающих, много противоречивых фактических данных или сведений содержательно очень ограниченных, которые невозможно использовать для сравнительного метаанализа или для практических целей экомониторинга как референсные параметры.

Как правило, источник обоснования приводимых результатов исследования – это статистические модели, имеющие потенциал исчерпания собственных интерпретационных возможностей. При этом, необходимо отыскание биологического смысла верифицируемых феноменов репродукции, приспособительных процессов. Интересно прогностическое значение найденных свойств биосистем.

Любая из антропогенных форм преобразования ландшафтов (техно-, урбо- или агро-) оказывает доказанное негативное влияние на репродуктивную активность: подавляет фертильность, изменяет уровень плодовитости, нарушает структуру популяций и их динамические параметры [3], [5], [8].

В проведённом исследовании предложена комплексная эколого-морфологическая оценка репродуктивного потенциала малой лесной мыши в аспекте соподчинения и взаимодействия процессов репродуктивной активности на разных уровнях в связи с достижением необходимого репродуктивного потенциала.

Полученные данные показали, что к адаптивным возможностям репродукции малой лесной мыши относятся:

1. Протекция функционально-репродуктивной структуры популяций;
2. Поддержание уровня потенциальной и фактической плодовитости;
3. Интенсификация полового созревания.

Активность механизмов адаптации не соответствует условиям количественного состава популяции в СЗЗ ОГПЗ. Здесь очевидна недостаточность компенсаторных процессов для повышения плотности популяции, величины относительного обилия. Основываясь на выше изложенном, целесообразно предположение о несостоятельности гомеостатических механизмов и важности фактора мигрантов, формирующих количественный состав популяции.

8.09.2015

### Список литературы:

1. Байтимерова Е.А., Мамина В.П., Жигальский О.А. Размножение европейской рыжей полёвки (*Myodes glareolus*: Rodentia) в условиях естественных геохимических аномалий // Журнал общей биологии. – 2010. – Т.71. – №2. – С. 176-186.
2. Боков Д.А., Блинова Е.В., Дзизенко Е.В., Абдильданова А.М. Морфофункциональная характеристика органов репродуктивной системы грызунов в условиях техногенных загрязнений окружающей среды // Медицинская наука и образование Урала. – 2008. – Т.9. – №4. – С. 72.
3. Зубарев И.В. Роль хронических поражений печени матери в нарушении становления эндокринной и репродуктивной функции яичников потомства в условиях эксперимента. Автореф. ... канд.биол.н. – Оренбург, 2012. – 25 с.
4. Мамина В.П., Жигальский О.А. Репродуктивные потери у мелких млекопитающих: роль самок и самцов // Доклады Академии Наук. – 2009. – Т.425. – №4. – С. 1-3.
5. Никитин А.И., Китаев Э.М. Закономерности фолликулогенеза, его нарушения и формирование аномальных гамет // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1987. – Т. ХСIII. – №7. – С. 69-78.
6. Шевлюк Н.Н., Блинова Е.В., Боков Д.А., Дёмина Л.Л. Морфофункциональная характеристика органов размножения грызунов из популяций, находящихся в зоне влияния завода, перерабатывающего газ, с повышенным содержанием соединений серы // Морфология. – 2008. – Т. 134. – №5. – С. 43-47.
7. Шевлюк Н.Н., Блинова Е.В., Боков Д.А., Дёмина Л.Л., Елина Е.Е., Мешкова О.А., Рыскулов М.Ф. Сравнительная морфофункциональная характеристика органов репродуктивной системы мелких млекопитающих в условиях антропогенной трансформации степных экосистем Южного Урала // Морфология. – 2013. – Т. 144. – №5. – С. 40-45.
8. Шевлюк Н.Н., Стадников А.А., Боков Д.А., Блинова Е.В. Гипоталамо-гипофизарно-гонадная система млекопитающих при действии на организм дестабилизирующих факторов различной интенсивности // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2007. – №12. – С. 185-187.
9. Щепотьев Н.В. о структуре популяций лесной мыши *Apodemus sylvaticus* в некоторых биотопах Нижнего Поволжья // Зоологический журнал. – 1972. – Т. LI. – Вып. 7. – С. 1054-1062.
10. Щипанов Н.А., Шилова С.А., Смирин Ю.М. Структура и функции различных поселений лесной мыши (*Apodemus uralensis*) // Успехи современной биологии. – 1997. – Т.117. – Вып. 5. – С. 624-639.

### Сведения об авторе:

**Боков Дмитрий Александрович**, научный сотрудник лаборатории Морфогенез и регенерация клеток и тканей Оренбургского государственного медицинского университета, Шифр специальности 03.03.04 – клеточная биология, цитология, гистологи тел.: 8 (3532) 77-22-75, e-mail: Cells-tissue.bokov2012@yandex.ru