УДК 611.63/67+611.018+591.143.8+463.2.08

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЯИЧНИКОВ МАЛОЙ ЛЕСНОЙ МЫШИ ИЗ ПОПУЛЯЦИЙ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ОРЕНБУРГСКОГО ГАЗЗАВОДА

© 2015 Д. А. Боков, Д.А. Горьков, М.П. Обидченко, Н.Н. Шевлюк

Оренбургский государственный медицинский университет

Статья поступила в редакцию 25.11.2015

С использованием эколого-статистических, морфофизиологических, гистологических методов определены параметры репродуктивной активности самок малой лесной мыши, населяющей санитарно-защитную зону Оренбургского газоперерабатывающего завода. Показаны условия и механизмы адаптации воспроизводства на разных биосистемных уровнях: популяционном, организменном, гонадном. Установлены возможности малой лесной мыши поддерживать долю репродуктивно активных самок и уровень плодовитости за счёт интенсификации полового созревания, подготовленного ранней органодифференцировкой яичников. Весь комплекс условий сохранения функционально-репродуктивной структуры группировок в зоне влияния газзавода, в конце концов, неблагоприятно сказывается на фертильном потенциале зверьков: истощается пул резервных фолликулов, яичник утрачивает высокий морфофункциональный статус (происходит становление герминативной и эндокринной недостаточности органа), зверьки быстро элиминируются.

Ключевые слова: яичники, малая лесная мышь, адаптация, переработка, природный газ, фертильность

Производство по переработке природного газа на современном этапе развития соответствующей технологии характеризуется активным внедрением новых инженерных решений, направленных на повышение экологической эффективности достигаемых параметров выбросов. Сложность в управлении качеством окружающей среды, на которую оказывает влияние предприятие по переработке газа, в том, что исключить выбросы невозможно. Кроме того, существуют объективные причины экологической несостоятельности технологии, не преодолённые нигде. Оренбургский газзоперерабатывающий завод (ОГПЗ) использует сырьё (природный газ) с высоким содержанием сероводорода (1,5-4%) и других агрессивных компонентов [5]. Мировым стандартом считается норма содержания H₂S+COS+CS₂ на выходе дымовой трубы, не превышающая 250-300 ррт (миллионных долей). По экспертной оценке в России названная величина выбросов серосодержащих газов, не обеспечивается ни одной установкой Клауса и Сульфрен [13]. Предпринимаемые меры по охране окружающей среды в зоне влияния газоперерабатывающего предприятия, безусловно, надёжно контролируют токсикогенность аэрополлютантов. Мониторинговые мероприятия позволяют констатировать такой уровень выбросов, который не превышает ПДК.

Боков Дмитрий Александрович, научный сотрудник лаборатории «Морфогенез и регенерация клеток и тканей». E-mail: cells-tissue.bokov2012@yandex.ru Горьков Дмитрий Александрович, студент Обидченко Марина Петровна, студентка Шевлюк Николай Николаевич, доктор биологических наук, профессор кафедры гистологии, цитологии и эмбриологии

Несмотря на реализацию всего комплекса природоохранных мероприятий, присутствие соединений серы в среде повышает степень её напряжения, являясь факторами подострой хронической интоксикации живых объектов, в том числе, организма человека [3, 6, 14, 16]. Большое значение в оценке влияния средовых условий, формируемых газоперерабатывающим предприятием, имеют показатели репродуктивного здоровья, сохранения фертильности, мутагенного воздействия на развитие эмбрионов и плодов. Эпидемиологические данные по особенностям структуры распределения нозологических форм у работниц ОГПЗ, а также у жительниц вблизи расположенных населённых пунктов, свидетельствуют о неблагополучной ситуации по заболеваниям репродуктивных органов, распространению гестозов беременных, физическому развитию новорождённых и пр. [14]. В основе снижения репродуктивных возможностей организма ряд факторов, потенцирующих снижение качества половых продуктов [7, 10], подавляющих фолликулогенез [11, 12], способствующих уклонению от центральных и интрагонадных регуляторных влияний всего комплекса тканевых элементов, динамика которых контролирует органодифференцировку гонад, формирование и протекцию пула примордиальных фолликулов, уровень и направление прогрессивного развития овосоматических гистионов у половозрелых особей, адекватность овуляторного процесса, а также имплантацию и плацентацию [4, 9, 16-17].

На сегодняшний день сформировано представление о конкретных структурных процессах, имеющих патогенетическое значение в становлении герминативной и эндокринной недостаточности половых желёз, в определении готовности

прерывания беременности, в эмбриопатологии [1, 4, 10, 12,14, 16, 17]. В многочисленных исследованиях явлений репродуктивной активности в условиях техногенной трансформаций экосистем показано снижение параметров воспроизводства, нарушение популяционной структуры (половой и возрастной), возрастание доли уродств, нежизнеспособных особей [2-4, 6, 8, 9, 15-17]. Очевидно, что совершенно недостаточна лишь констатация феномена депопуляции и тех или иных его процессов на разных уровнях репродуктивной активности. Неизбежное развитие производственных комплексов и усугубление техногенной трансформации ландшафтов, активность новых средовых импакт-факторов требуют ответа на вопрос о приспособительных возможностях репродукции и поддержания воспроизводства в связи с адаптивной перестройкой механизмов его реализации.

Решение сформулированных выше научных задач предполагает получение не только информации, имеющей фундаментальное значение, вскрывающей сущность общебиологических закономерностей размножения, но также и сведений, на основе которых возможна корректная оценка экосистемной деградации и моделирование прогнозной динамики состояния сообществ, как современного инструмента экомониторинга. Решение всего комплекса обозначенных теоретических и практических проблем по управлению качеством окружающей среды с учётом поиска подходов к сохранению репродуктивного потенциала и сохранения уровня воспроизводства, актуально и для зоны влияния ОГРХ.

Цель работы: провести экологический мониторинг воспроизводства как разноуровневой биологической функции в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) ОГПЗ в выбранной модельной элементарной популяции малой лесной мыши с обоснованием морфологических и репродуктивно-биологических критериев эффективности размножения и способов его адаптации с верификацией соответствующих закономерностей морфодинамики половых желёз самок в реализации репродуктивной активности особей.

Материалы и методы. ОГПЗ расположен на территории Подгороднепокровского сельского совета Оренбургского района Оренбургской области, в 26 км к северо-западу от г. Оренбурга. ССЗ завода обоснована в проекте ОГПЗ и имеет радиус 5 км. На территории СЗЗ ОГПЗ сформированы фитоценозы лесозащитных полос, являющиеся стациями резервации и биотопами для элементарных популяций малой лесной мыши (Sylvaemus uralensis Pallas, 1811). С использованием метода морфофизиологических индикаторов в ранее проведённых исследованиях [3, 6, 16] были показаны особенности изменения физиологии особей данного вида в зоне влияния завода. Наиболее значимым функциональным сдвигом у зверьков следует считать интенсификацию энергетического обмена, о чём свидетельствовали данные по функциональной морфологии надпочечников, сердца, почек, печени, массы тела, по развитию скелетной мускулатуры и жировой ткани

Зверьков отлавливали методом линейного трансекта с использованием давилок Геро. Всего отработано 2325 ловушко-суток. Сформирована выборка из 215 самок. Соотношение полов близко к единице. Относительное обилие низкое: 27,0±1,1 особей/100 ловушко-суток. Отлов производили с начала апреля по декабрь. Распределение величин относительного обилия в цирканнуалитете популяционных процессов соответствовало увеличению плотности к осени, начиная с очень низких показателей обилия весной. Это, очевидно, свидетельствует о низкой способности зверьков перезимовать в СЗЗ ОГПЗ и формировании группировок, преимущественно, за счёт мигрантов. Репродуктивная активность последних и обусловливает осенний рост численности. Контролем служили параметры репродуктивной активности элементарных популяций лесной мыши из экологически благоприятных территорий (N=123).

Для оценки уровня репродуктивной активности использовали ряд критериев: количество жёлтых тел беременности в яичниках, количество эмбрионов, приходящихся на одну самку, доля самок, принимающих участие в размножении. Полученные первичные данные подвергались дисперсионному анализу (σ^2). Кроме того, произведена оценка скорости полового созревания и условия наступления ранней первой овуляции у самок [2, 8, 17, 18]. Для гистологических исследований забирали яичники. Гонады фиксировали в 10%-ом нейтральном формалине с последующей стандартной проводкой материала. Кусочки заливали в парафин и изготавливали срезы толщиной 5-7 мкм. Окраску производили гематоксилином Майера и эозином. Количественные данные обрабатывались обычными методами вариационной статистики с принятым уровнем значимости, не превышающем 5%-го значения совпадений.

Результаты. Репродуктивная активность разноуровневое явление и реализуется на популяционном, организменном, гонадном и суборганном биосистемных уровнях. Анализ феноменологических процессов размножения на популяционном уровне позволил установить, что доля самок, принимающих участие в размножении в данный момент, в обеих сравниваемых популяциях относительно невысока и поддерживается в СЗЗ ОГПЗ на уровне, сравнимым с величиной такой же доли в интактных местообитани-(табл. 1). В целом и функциональнорепродуктивная структура группировок не различалась по накоплению частот зверьков, относимых к различным категориям вовлечения в размножение.

Наименование	СЗЗ ОГПЗ	Контроль	Критерий
параметра			достоверности
потенциальная плодови-	3.0±0.2	3.0±0.2	t=0
тость	n=24	n=53	
плодовитость (qE)	6.3±0.3	6.5±0.3	t≈0
$qE\sigma^2$	1.2±0.2	2.2±0.2	F=1.8 p<0.05
qEmin-qEmax	3-10	4-10	$\chi^2=15.4$; df=7
			p<0.05
участие самок в размно-	67.7±3.4 -	62.3±4.5 -	$\chi^2 = 1.76$
жении (%): инфантиль-	18.3±2.8 -	19.0±3.7 -	df=2
ные – беременные – с	14.0±2.5	18.0±3.6	p>0.05
плацентарными пятнами			

Таблица 1. Параметры репродуктивной активности малой лесной мыши

Формирование группы особей, поддерживающих воспроизводство, имеющей конкретное долевое представительство в элементарной популяции – плотностно-зависимый процесс. Низкое относительное обилие особей в импактной зоне является фактором, потенцирующим выфункционально-репродуктивной равнивание структуры, но, очевидно, недостаточным для преодоления количественного гомеостатического популяционного кризиса. Адаптация функционально-репродуктивной структуры популяции к действию неблагоприятных средовых условий основывается на механизме интенсификации полового созревания (если не учитывать иммиграцию). В частности, в данном исследовании установлен факт более раннего вовлечения в размножение самок из СЗЗ ОГПЗ.

У самок малой лесной мыши из техногенно преобразованной территории с массой тела 7-9 грамм, только что вышедших на поверхность, показана прогрессивная органодифференцировка яичников, их гиперплазия. В самом деле, в корковом веществе таких половых желёз всегда обнаруживаются несколько пузырчатых фолликулов (полиовуляторный вид животных) со сформированным кумулюсом или парящей яйцеклеткой (граафовы пузырьки), что свидетельствует о влиянии гипоталамо-гипофизарной нейроэндокринной системы уже на данном этапе онтогенеза и существовании функциональных отношений в системе гипоталамус-гипофизгонады. В гиперплазированных яичниках овуляция всё ещё невозможна, так как третичные фолликулы на этапе атретической трансформации. Следовательно, ово-фолликулогенез не поддерживается необходимым градиентом регуляторных факторов. Но при этом наблюдается массовое вступление в большой рост покоящихся фолликулов на фоне выраженного снижения объёмной плотности их пула в корковом веществе. Здесь демонстративно быстрое исчерпание примордиального резерва. Представленные выше данные позволяют интерпретировать параметры плодовитости (табл. 1).

Установлено, что не по потенциальной плодовитости (количество жёлтых тел беременности в яичниках), не по фактической плодовитости

(количество эмбрионов или плодов в рогах матки), зверьки сравниваемых территорий не различаются. Манифестирует тождество полученных первичных данных. Вероятно, что достигаемый в санитарной зоне уровень плодовитости, также является условием адаптациогенеза и направлен на компенсацию низкой плотности популяции. Верифицированные параметры плодовитости коррелируют с информацией о раннем половом созревании самок и возможности подготовки активизации механизмов увеличения репродуктивной активности. Кроме того, дисперсионный анализ на достоверном уровне показал, что изменчивость параметра плодовитости высока в контроле. Стабильность параметра в СЗЗ ОГПЗ свидетельствует о необходимости поддержания величин плодовитости на всех преемственных этапах цирканнуального репродуктивного цикла в популяции, тогда как на фоновой территории высокий темп размножения весной сменяется достоверно более низким летом и осенью.

Предложенный анализ обосновывается и весами вариант в распределениях плодовитости. Структура таких распределений в импакте и интакте различается (табл. 1). В СЗЗ ОГПЗ имеют значение и крайние классы распределения (участие в размножении более молодых и более старых зверьков), тогда как в контроле основной вклад вносят зверьки с 5 или 6 эмбрионами. Это прямо определяет высокую величину дисперсии в сравнении с санитарной зоной. Ранняя органодифференцировка яичника, напряжённый функциональный режим органа (поддержание уровня плодовитости на постоянном уровне), поздняя элиминация зверьков из состава, поддерживающих воспроизводство - те факторы, которые определяют свойства трансформации яичника в индивидуальном развитии, его органогенез и морфодинамику.

Интегральным показателем морфофункционального состояния половой железы самок является индекс яичника: его относительная масса. Данный параметр можно использовать как критерий напряжения репродуктивной активности, её эффективности или несостоятельности. В табл. 2 приведены данные по органометрии яичника: наибольшего по массе из пары (С1) и сделана

оценка его развития относительного второго яичника из пары (C2). Так, для ССЗ рассчитан индекс яичника, который выражает его достоверно более низкую функциональную динамику. Объяснение этому феномену можно найти во всем комплексе данных по уровню репродуктивной активности малой лесной мыши, населяющей неблагоприятную территорию. В паре яичников у отдельных самок на фоне снижения индекса в СЗЗ ОГПЗ наблюдается выровненная

корреляция индексов (C1/C2 и C1 σ^2). Таким образом, особенности динамических свойств трансформации яичника в онтогенезе в каждой из группировок характеризуется специфичной направленностью и достижением имманентного уровня верифицируемых параметров, выражающих весь комплекс закономерностей биологии репродукции группировок на анализируемых территориях.

Таолица	2. динамика	развития	яичника

Наименование	СЗЗ ОГПЗ	Контроль	Критерий
параметра			достоверности
индекс яичника (наи-	0.698±0.054	0.873±0.037	t=2.6; p<0.01
больший в паре С1), мг/г	n=34	n=64	
C1/C2	1.426±0.116	1.282±0.036	t=1.45; p>0.05
$C1\sigma^2$	0.100±0.012	0.086±0.0.08	F=1.16; p>0.05
C1/C2 σ ²	0.427±0.053	0.077±0.007	F=5.54; p<0.01
C1min-C1max	0.134-1.600	0.348-1.724	$\chi^2=14.71$; df=6
			p<0.05
C1/C2min-C1/C2max	1.000-4.000	1.000-2.331	$\chi^2=5.16$; df=5
			p>0.05

Показанные свойства количественных параметров развития яичника в импактной и интактной территориях можно проследить и при анализе структуры распределения индекса яичника. В самом деле, структуры распределения различаются достоверно (C1min-C1max). Это, очевидно, отражает факт усиления нижних классов распределения в СЗЗ ОГПЗ, где накапливаются индексы, имеющие малые значения.

Интересным представляется распределение С1/С2. Статистика показывает накопление данных значений в нижних интервалах в СЗЗ ОГПЗ. При этом, дисперсия однозначна в констатации высокого уровня изменчивости данного параметра в импакте. Это свидетельство выраженной дискорреляции в паре яичников, когда один из них уже функционально неактивен. Дисперсии индексов и отношения индексов определяют самостоятельные статистические феномены. Во-первых, из таблицы видно, что в СЗЗ ОГПЗ есть тенденция увеличения дисперсии индекса, что, в целом, соответствует случайным находкам самок с большой массой яичника или с исчерпанным морфофункциональным потенциалом. Во-вторых, очевидно действие незакономерного комплекса факторов окружающей среды с высокой долей вероятности интенсивности, что обусловливает рассеяние физиологических откликов как фактор адаптациогенеза. При сравнении индексов в паре названные тенденции становятся статистическими условиями морфодинамики яичников в санитарной зоне, когда вероятностный характер реализуемых процессов приспособления к прессингу техногенных факторов, приобретает статус правила и выходит за пределы статистического соответствия

физиологических актов повторяющимся и известным условиям окружающей среды.

Выводы: полученные в настоящем исследовании факты позволили установить важное значение газоперерабатывающего производства в пределах ССЗ ОГПЗ как средового фактора, изменяющего ряд параметров воспроизводства в элементарных популяциях малой лесной мыши, а также обусловливающего нарушения в физиологии репродукции самок. Новые данные обосновали и возможности приспособления механизмов воспроизводства к длительной подострой интоксикации организма аэрополлютантами газохимического производства. Реактивные процессы в половых железах, протекция плодовитости и функционально-репродуктивной структуры группировок являются активными факторами адаптации, но совершенно очевидно недостаточными, так как это не способствует восстановлению плотности популяции. Наблюдается исчерпание биологического потенциала адаптации. Данное обстоятельство является критерием глубокого нарушения местообитаний и агрессивности среды. Полученные факты индикативно свидетельствует о необходимости повышения эффективности управления качеством окружающей среды в зоне влияния и разработки новых подходов к природоохранным мероприятиям.

Работа поддержана грантом Правительства Оренбургской области (Постановление № 465-п от 17.06.2015 г.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

Адамян, Л.В. Н. Аномалии развития органов женской репродуктивной системы: новый взгляд на морфогенез / Л.В. Адамян, Л.Ф. Курило, Т.М. Глыбина и др. // Проблемы репродукции. 2009. № 4. С. 10-19.

- Байтимирова, Е.А. Размножение европейской рыжей полёвки (Myodes glareolus: Rodentia) в условиях естественных геохимических аномалий / Е.А. Байтимирова, В.П. Мамина, О.А. Жигальский // Журнал общей биологии. 2010. Т. 71. № 2. С. 176-186.
- Боков, Д.А. Морфофункциональная характеристика органов репродуктивной системы грызунов в условиях техногенных загрязнений окружающей среды / Д.А. Боков, Е.В. Блинова, Е.В. Дзизенко, А.М. Абдильданова // Медицинская наука и образование Урала. 2008. № 4. С. 72.
- 4. Боков, Д.А. Эмбриотоксическое значение низких доз формальдегида: структурные факторы, закономерности гестации, исходы беременности / Д.А. Боков, М.А. Сеньчукова, Е.И. Шурыгина и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 5(2). С. 665-667.
- Быстрых, В.В. Проблемы установления размеров санитарно-защитных зон объектов газовой промышленности // Гигиена и санитария. 2009. № 4. С. 15-17.
- 6. Дёмина, Л.Л. Оценка эколого-морфологических параметров мелких млекопитающих в условиях техногенного воздействия / Л.Л. Дёмина, Д.А. Боков // Вестник Оренбургского государственного университета. 2007. № 12-2(78). С. 21-26.
- Курило, Л.Ф. Система тестирования факторов, повреждающих женские и мужские гаметы и гонады // Гигиена и санитария. 2011. № 5. С. 72-78.
- Мамина, В.П. Репродуктивные потери у мелких млекопитающих: роль самок и самцов / В.П. Мамина, О.А. Жигальский // Доклады Академии Наук. 2009. Т. 425. № 4. С. 1-3.
- 9. Назарова, Г.Г. Вероятность наступления эструса и спаривания у водяной полёвки (Arvicola terrestris) зависит от физического состояния самок, полового опыта и поведения брачных партнёров / Г.Г. Назарова, М.А. Потапов, В.И. Евсиков // Зоологический журнал. 2007. Т. 86, № 12. С. 1507-1512.
- Никитин, А.И. Факторы среды и репродуктивная система человека // Морфология. 1998. Т. 114, № 6. С. 7-16.

- Никитин, А.И. Закономерности фолликулогенеза, его нарушения и формирование аномальных гамет / А.И. Никитин, Э.М. Китаев // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. 1987. Т. XCIII, № 7. С. 69-78.
- Петропавловская, М.С. Динамика фолликулогенеза в яичнике мыши после внутриутробной элиминации половых клеток введением циклофосфамида // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. 1988. T. XCIV, № 3. С. 72-78.
- Самакаева, Т.О. Оценка технологической и экологической эффективности установок получения элементарной серы / Т.О. Самакаева, В.В. Быстрых // Защита окружающей среды в нефтегазодобывающем комплексе. 2010. № 7. С. 23-27.
- Сетко, Н.П. Особенности биологического действия сернистых соединений на женский организм / Н.П. Сетко, А.А. Стадников, Т.А. Фатеева. М.: Медицина, 2004. 192 с.
- Шварева, Н.В. Фолликулярный эпителий яичника в пренатальном и раннем постнатальном периодах онтогенеза копытного лемминга острова Врангеля // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. 1985. Т. LXXXIX, № 7. С. 82-90.
- 16. Шевлюк, Н.Н. Сравнительная морфофункциональная характеристика органов репродуктивной системы мелких млекопитающих в условиях антропогенной трансформации степных экосистем Южного Урала / Н.Н. Шевлюк, Е.В. Блинова, Д.А. Боков и др. // Морфология. 2013. Т. 144, № 5. С. 40-45.
- 17. Шевлюк, Н.Н. Морфофункциональные особенности размножения мелких млекопитающих в условиях урбанизированной среды обитания на примере г. Оренбурга / Н.Н. Шевлюк, Е.В. Блинова, Д.А. Боков и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 2. С. 201-203
- Шишкина, Г.Т. Скорость полового созревания ручных и агрессивных серых крыс / Г.Т. Шишкина, П.М. Бородин // Физиологический журнал. 1986. Т. LXXII, № 7. С. 992-996.

THE MORPHOFUNCTIONAL CHARACTERISTIC OF OVARIES OF SMALL FOREST MOUSE FROM POPULATIONS OF SANITARY AND PROTECTIVE ZONE OF ORENBURG GAS PLANT

© 2015 D.A. Bokov, D.A. Gorkov, M.P. Obidchenko, N.N. Shevlyuk Orenburg State Medical University

Using the ecologic-statistical, morphophysiologic, histologic methods the parameters of reproductive activity of small forest mouse females, occupying a sanitary protection zone of Orenburg gas-processing plant are determined. Conditions and mechanisms of adaptation the reproduction at the different biosystem levels are shown: population, organismal, gonadic. Possibilities of small forest mouse to support a share reproductive active females and fertility level by intensification of the puberty prepared by an early organic differential of ovaries are established. All complex of preservation conditions of functional and reproductive structure of groups in zone of gas plant influence, eventually, adversely affects the fertile potential of small animals: the pool of reserve follicles is exhausted, the ovary loses the high morphofunctional state (there is a formation of germinative and endocrine insufficiency of a body), small animals eliminated quickly.

Key words: ovaries, small forest mouse, adaptation, processing, natural gas, fertility

Dmitriy Bokov, Research Fellow at the Laboratory "Morphogenesis and Regeneration of Cells and Tissues". E-mail: cells-tissue.bokov2012@yandex.ru; Dmitriy Gorkov, Student; Marina Obudchenko, Student; Nikolay Shevlyuk, Doctor of Biology, Professor at the Histology, Cytology and Embryology Department