

## Относительная масса селезёнки малой лесной мыши (*Sylvaemus uralensis* Pallas, 1811) как морфофизиологический критерий состояния системы крови и иммунитета в зоне влияния газоперерабатывающего завода\*

*Д.А. Боков, н.с., С.Г. Топурия, соискатель, ФГБОУ ВО Оренбургский ГМУ*

Проблема увеличения абсолютной и относительной массы селезёнки самцов и самок всех возрастов у мелких млекопитающих из естественных местообитаний продолжает дискутироваться в литературе [1–3]. Остаются неясными причины, механизмы, экологическое и физиологическое значение данного феномена. Селезёнка у грызунов является жизненно важным органом. Спленэктомия у лабораторных животных (крыс, мышей) всегда приводит к быстрой гибели оперированных животных [4–6]. Это связано, вероятно, с нормальной постнатальной кроветворной активностью в органе, что является важным механизмом поддержания тканевого гомеостаза системы крови в целом, наряду с медуллярным гемопоэзом. Кроме того, следует отметить реактивную лабильность тканевых элементов селезёнки (ретикулярной стромы, лимфоидной и миелоидной тканей), изменчивость их клеточного состава (как количественно, так и качественно). Такие перестройки, как правило, соответствуют индукции компенсаторно-пластических процессов, способствующих адаптации системы крови и иммунитета к высоким уровням антигенной нагрузки и интенсификации метаболизма [7–9]. Селезёнка обладает достаточно высоким регенераторным потенциалом у лабораторных животных. При этом показан феномен спленозарезидуальной селезёночной ткани и формирование спленоидов, или добавочных селезёнок, в сальнике [6].

Как правило, изменения структуры селезёнки обусловлены этапом онтогенеза, иммунопатологией или повреждением кроветворения. Возрастные изменения характеризуются нарастанием инволютивных процессов: редукцией лимфоидной

ткани и микроциркуляторного русла, увеличением объёма стромы [4, 8]. Патологические процессы выражаются в последовательности деструктивных и компенсаторных процессов, итоговой декомпенсацией функций [5, 7].

Биология селезёнки у животных из естественных местообитаний остаётся недостаточно изученной. Большой практический интерес представляет критериальное значение лимфальной морфодинамики при высоком напряжении средовых условий вследствие трансформации биогеоценозов или более масштабных экосистем. Повышенный радиационный фон, возрастание токсикогенного потенциала разных средовых объектов (водных, почвы, воздуха), деградация растительных сообществ и другие проблемы техногенного прессинга на живые объекты требуют верификации механизмов адаптации мелких млекопитающих и способов оценки эффективности достигаемых параметров приспособления. Физиология гомеостатически значимых для организма системы крови и иммунитета нуждается в дальнейшем изучении. Здесь актуально выяснение их адаптивного потенциала и установление его конкретных параметров, как имеющих прогностическое значение.

**Цель исследования** — установить величину индекса селезёнки малой лесной мыши в зоне влияния Оренбургского газзавода как статистически значимого индикатора средового напряжения на техногенно преобразованной территории; гистологически верифицировать соответствующие изменения лимфоидной и миелоидной тканей селезёнки в обоснование новых условий гемопоэза и иммуногенеза.

**Материал и методы исследования.** Выборки самцов и самок малой лесной мыши для исследования формировали из элементарных популяций,

\* Работа поддержана грантом правительства Оренбургской области. Постановление № 472-п от 26.06.2017 г.)

населяющих лесополосы санитарно-защитной зоны Оренбургского газавода (СЗЗ ОГПЗ) и экологически благоприятных – контрольных – местообитаний (Саракташский район Оренбургской области). Радиус СЗЗ ОГПЗ обоснован в проекте завода и не превышает 5 км (письмо управления Роспотребнадзора по Оренбургской области № 08-8055 от 02.09.2014 г.). Исследование проводили с апреля по декабрь в период 2004–2009 гг. Местность обследовали методом линейного трансекта с экспонированием в ночное время по 50–100 давилок Геро со стандартной приманкой. Всего было отработано 2325 ловушко-суток в СЗЗ ОГПЗ и 1073 – на контрольной территории.

Для гистологических исследований забирались селезёнки половозрелых самцов и самок: 219 органов самцов и 182 органа самок в СЗЗ ОГПЗ, а также 144 селезёнки самца и 110 селезёнок самок из фоновой территории.

В соответствии со стандартным протоколом гистологической техники материал фиксировали в 10-процентном нейтральном формалине, отмывали от фиксатора и обезвоживали, заключали в парафин. Серийные срезы изготавливались на ротационном микротоме с последующей окраской гематоксилином Майера и эозином. Количественный анализ тканевой динамики выполнили с использованием окулярной сетки Автандилова (225 точек плотности). Цифровые данные обработали статистическими параметрическими методами. Уровень значимости принят на уровне не больше 5%.

**Результаты исследования.** Гистологическое строение селезёнки малой лесной мыши соответствует в основном нескольким уровням морфодинамики лимфоидной ткани. Во-первых (I тип), это обычная организация белой пульпы, представленной множеством лимфоидных узелков (рис. 1). При этом одной из особенностей нормальной селезёнки лесной мыши является большое количество лимфоидных узелков, приходящихся на любую условную

единицу площади органа. Среди лиенальных иммунопозитивных гистионов здесь встречаются как индуцированные, так и неиндуцированные узелки при  $\sigma = 50\%$ . Во-вторых (II тип), нередко обнаруживаются зверьки, у которых лимфоидная ткань в селезёнке резко редуцирована и представлена диффузным распределением лимфоцитов в красной пульпе. В-третьих (III тип), следует выделить животных с гиперплазированными лимфоидными узелками селезёнки (рис. 2), увеличением количества узелков и доли их вторичных форм. Кроме того, верифицирован такой тип (IV) структуры лимфоидной ткани селезёнки, когда происходит нарушение её пространственной организации при агрегации и слиянии множества лимфоидных узелков (рис. 3).

В селезёнке всегда наблюдается кроветворная активность (рис. 4). В красной пульпе обнаруживаются все ростки миелопоэза: эритробластические островки, островки гранулоцитопоэза и развитие мегакариоцитов.

В группировках зверьков из СЗЗ ОГПЗ формируются значимые доли самцов и самок с патологически изменёнными селезёнками (II и IV тип). Это отражается на статистике изменчивости безразмерного критерия – индекса селезёнки. По данным дисперсионного анализа, в группах половозрелых самцов СЗЗ ОГПЗ величина девиации почти на 40% ( $F=2,57 > F_{0,01} = 1,33$ ; для  $P \leq 0,01$ ), а в группах самок почти на 50% ( $F=2,06 > F_{0,01} = 1,43$ ; для  $P \leq 0,01$ ) выше, чем у зверьков фоновой территории. Очевидно, что показанные уровни варьирования связаны с особенностями распределения массы селезёнки в популяции, когда накапливаются доли зверьков, у которых лимфоидная ткань в селезёнке либо аплазирована (селезёнки с низкой массой), либо гиперплазирована (селезёнки с большой массой). В контроле распределение веса селезёнок, вероятно, соответствует адаптивному диапазону активности системы иммунитета. Это понятно из

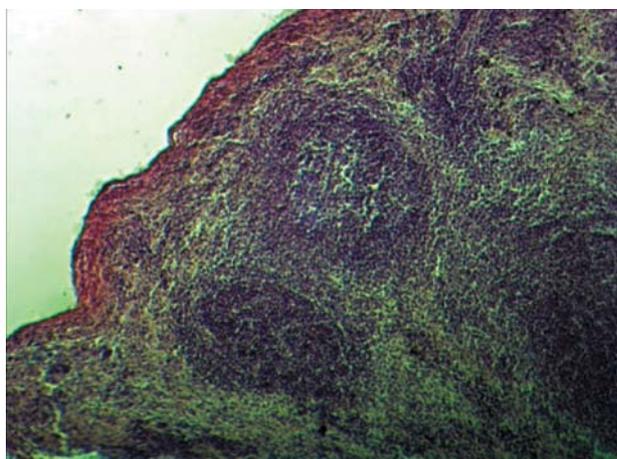


Рис. 1 – Гистологическое строение нормальной селезёнки малой лесной мыши: множество первичных и вторичных лимфоидных узелков и красная пульпа. Увел.:  $\times 100$

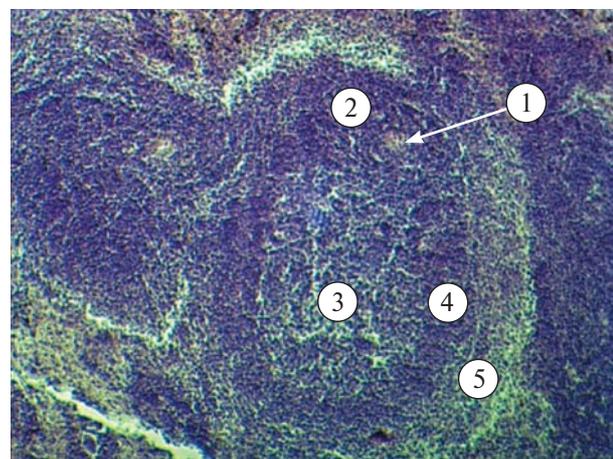


Рис. 2 – Индуцированный лимфоидный узелок: 1 – центральная артерия; 2 – периартериальная муфта; 3 – герминативный центр; 4 – мантийная зона; 5 – маргинальная зона. Увел.:  $\times 200$

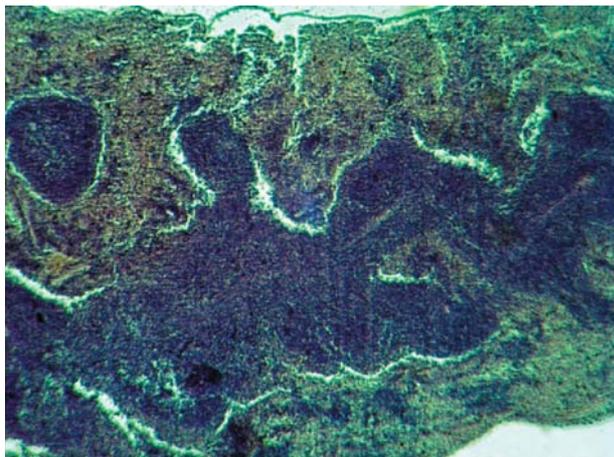


Рис. 3 – Агрегация лимфоидных узелков белой пульпы. С33 ОГПЗ. Увел.:  $\times 40$

анализа накопления доли зверьков с реактивно-компенсаторной трансформацией лимфоидной ткани селезёнки (III тип). Недостовверное представительство доли животных, у которых селезёнка II или IV типа, обуславливает низкую величину изменчивости весовых параметров селезёнок.

Расчёт относительной массы селезёнки у самцов показал, что в С33 ОГПЗ индекс органа достоверно выше, чем в контроле:  $4,0 \pm 0,2$  мг/кг и  $3,1 \pm 0,1$  мг/кг соответственно ( $t = 4,10 > t_{0,001} = 3,29$ ; для  $P \leq 0,001$ ). В группах самок установлена лишь невыраженная тенденция увеличения индекса в импактной зоне по сравнению с интактной:  $3,4 \pm 0,2$  мг/кг и  $3,2 \pm 0,1$  мг/кг ( $t = 1,2$ ;  $P > 0,05$ ).

Параметры морфодинамики селезёнки малой лесной мыши зависят также от этапа онтогенеза. Относительная масса органа увеличивается у старых зверьков в сравнении с данными общей выборки. Так, на неблагоприятной территории индекс селезёнки у самцов с массой тела более 20,6 г возрастает более чем на 20%. Аналогичные расчёты получены и в популяциях контрольной зоны. Здесь индекс селезёнки у старых самцов увеличивается фактически на ту же величину – около 18%. Для самок определены менее выраженные (около 10%) изменения индекса селезёнки в возрастном аспекте, но характеризующие данный процесс как закономерный и статистически верифицируемый.

**Выводы.** Полученные в настоящем исследовании факты свидетельствуют о значении факторов газоперерабатывающего производства для системы крови и иммунитета самцов и самок малой лесной мыши. Однозначно установлено, что действие средовых условий санитарно-защитной зоны газ-завода обуславливает эпизоотию иммунопатологии в группировках мелких млекопитающих.

В основе всех процессов перестройки селезёнки, как вторичного иммунного органа, лежит разрастание лимфоидной и миелоидной тканей или, наоборот, угнетение иммуногенетической и кроветворной активности (по данным гистологического анализа).

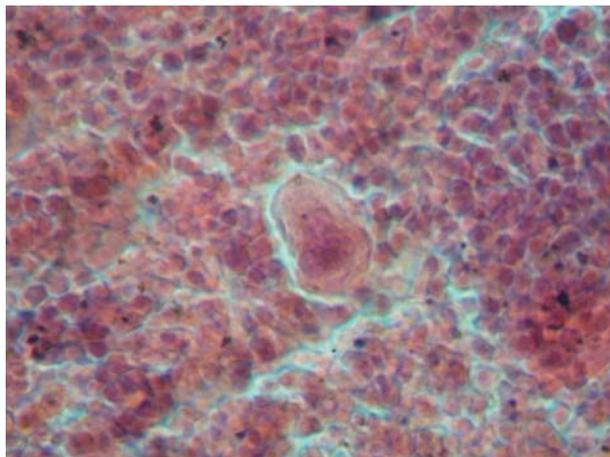


Рис. 4 – Мегакариоцит в красной пульпе селезёнки. Увел.:  $\times 400$

Популяционно-статистические данные о величине относительной массы селезёнки и её изменчивости позволили обосновать критериальное значение индекса органа для индикации влияния всего комплекса факторов техногенной территории на систему крови и иммунитета. Это является основанием для рекомендации использования данного метода оценки физиологического состояния мелких млекопитающих при биомониторинге территорий, испытывающих негативное влияние промышленного загрязнения.

Возрастание уровня изменчивости относительной массы селезёнки в импактной зоне соответствует общебиологической закономерности индукции адапциогенеза в популяции, что можно расценивать как благоприятное условие для повышения уровня приспособленности малой лесной мыши к конкретному влиянию средовых факторов. Достоверный сдвиг параметров в импакте и нулевая вероятность частот в крайних классах, невыраженный уровень изменчивости могут свидетельствовать об обратном: об исчерпании адаптационных возможностей. Следовательно, проведённые расчёты являются информативными методами оценки физиологического состояния микромаммалий – индикаторных видов антропогенных ландшафтов.

### Литература

1. Давыдова Ю.А., Мухачева С.В., Кшняев И.А. Спленомегалия у мелких млекопитающих: распространённость и факторы риска // Экология. 2012. № 6. С. 446–456.
2. Демина Л.Л., Боков Д.А. Оценка эколого-морфологических параметров мелких млекопитающих в условиях техногенного воздействия // Вестник Оренбургского государственного университета. 2007. № 12. С. 21–26.
3. Оленев Г.В., Пасичник Н.М. Экологический анализ феномена гипертрофии селезёнки с учётом типов онтогенеза цикломорфных грызунов // Экология. 2003. № 3. С. 208–219.
4. Боков Д.А. Параметры функциональной морфологии селезёнки мелких млекопитающих и оценка условий перестройки системы крови и иммунитета при действии факторов газоперерабатывающего производства // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 5 (2). С. 327–332.
5. Боков Д.А., Шурыгина Е.И. Индекс селезёнки малой лесной мыши (*Sylviaemus uralensis* Pallas, 1811) и структурные факторы его динамики из группировок санитарно-защитной зоны Оренбургского газзавода // Актуальные проблемы экологии и природопользования. Вып. 15. Сборник научных трудов. М.: РУДН, 2013. С. 283–286.

- 
6. Мотуляк А.П. Структура органів імуннопсистеми після діп малих доз іонізуючого випромінювання / А.П. Мотуляк, В.Г. Черкасов, Л.О. Стеченко, В.А. Левицький. Івано-Фраківськ – Кипв: НМУ ім. О.О. Богомольця, 2008. 208 с.
  7. Ермакова О.В., Материй Л.Д. Функциональная морфология кроветворной и эндокринной систем мелких млекопитающих при радиоактивном загрязнении в зоне Чернобыльской АЭС // Проблемы отдалённых эколого-генетических последствий радиационных инцидентов: Тоцкий ядерный взрыв: матер. межрегион. науч. конф. Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 2000. С. 25–32.
  8. Родионова-Прочан О.А., Падеров Ю.М. Возрастные изменения гистологических показателей селезёнки красной полёвки в условиях техногенного воздействия // Морфология. 2004. № 4. С. 106.
  9. Шурыгина Е.И., Боков Д.А. Морфофункциональная характеристика селезёнки малой лесной мыши (*Sylvaemus uralensis* Pallas, 1811) из места обитания санитарно-защитной зоны Оренбургского газоперерабатывающего завода // Животный мир Южного Урала и Северного Прикаспия: сб. статей. Оренбург: ОГПУ, 2014. С. 125–127.