

Форель *Salmo trutta* Linnaeus, 1758 является одним из наиболее полно изученных видов, количественная экология которого детально описана от индивидуального до популяционного уровня (Elliott, 1994). Поскольку для форели характерна колоссальная изменчивость, разработка демографических моделей для различных популяций вида в целях их сохранения и менеджмента всегда актуальна.

На сегодняшний день, существует множество моделей, разработанных для лососевых рыб лотических экосистем и каждая из них создавалась для определенной цели: Wisconsin, River2D, InSTREAM и другие (Hayes et al., 2007; Rosenfeld, Ptolemy 2012). Большинство предназначено для моделирования процессов роста и пространственного распределения форели и только модель Хейса (Hayes et al., 2007) создавалась для расчета емкости конкретного биотопа. Сложность оценки максимально возможной плотности лососевых в экосистеме водотока объяснима необходимостью учета массы гидрологических и биоэнергетических факторов, влияющих на изучаемый объект в условиях стохастичности среды.

Нами был разработан подход к оценке максимально возможной плотности молоди форели в экосистеме ручья с учетом динамики абиотических и биотических факторов среды с использованием модели Хьюса (Hughes et al., 2003) в качестве основы. Для сбора первичной информации нами был выбран руч. Серебряный (Silverstream), являющийся притоком реки Тайери (Taieri River), о-в Южный, Новая Зеландия. Для оценки приемной емкости естественного водоема, знание его ресурсного потенциала и способности рыб к его освоению, является приоритетным, поэтому было решено сосредоточить усилия на мониторинге следующих параметров в динамике:

- количественный и качественный состав дрифта беспозвоночных организмов как основного источника пищи исследуемого объекта;
- количественная и качественная оценка содержимого желудка форели для оценки эффективности питания;
- онтогенетическая динамика биотопической приуроченности форели;
- распределение мезо- и микробиотопов, используемых форелью для обитания в ходе ее онтогенеза в пределах обследуемого участка ручья;
- данные о динамике температур, расходе и мутности воды;
- весовой и линейный рост рыб.

Параллельно со сбором этих данных оценивали фактическую плотность форели для последующего сопоставления расчетных данных с реальными.

Сбор информации проводили ежемесячно в течение года в верхнем, среднем и нижнем течении ручья, что позволило оценить пространственно-временную динамику приемной емкости среды в пределах исследуемого водотока протяженностью 30 км.

В дальнейшем фактически полученные данные были использованы при моделировании других показателей, необходимых для расчета приемной емкости.

Сопоставление результатов расчетов приемной емкости с данными мониторинга плотности рыб показало, что в пределах верхнего течения ручья плотность резидентной формы форели в десятки раз ниже приемной емкости экосистемы, тогда как в зоне воспроизводства проходной формы в среднем течении водотока плотность рыб гораздо ближе к емкости среды и во второй половине лета была практически эквивалентна ей.

Результаты настоящей работы являются предварительными и в дальнейшем планируется их более детальная проработка. Сопоставление оцененной приемной емкости с фактическими значениями плотности форели свидетельствует о праве модели на существование с дальнейшим ее совершенствованием и внедрением в рыбохозяйственную практику.

МОРФОГИСТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕЧЕНИ ЗЕЛЕННЫХ ЛЯГУШЕК, ОБИТАЮЩИХ В РАЗНЫХ ПО АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКЕ БИОТОПАХ

Т. Н. Рябчикова, Г. П. Дробот, А. О. Свинин, А. А. Ведерников, М. Н. Сидушкина
Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, ryabchikova.tatiana10@yandex.ru

Вопрос о загрязнении окружающей среды в настоящее время стоит очень остро, так как с обширным развитием промышленной деятельности большинство вредных отходов продолжает выбрасываться в атмосферу и гидросферу. Использование в качестве тест-объектов животных позволяет дать объективную оценку именно влиянию окружающей среды [Спирина и др., 2011]. Степень влияния факторов среды на организм можно оценить при проведении патоморфологических исследований, в частности, при выявлении нарушений гистологической структуры органов и при гистохимических исследованиях, которые позволяют оценить возможное изменение метаболизма в органах. Некоторые патологии могут служить своеобразными индикаторами загрязнений местообитаний. В качестве тест-систем для биоиндикации часто используются различные внутренние органы, которые способны аккумулировать загрязняющие вещества,

а в ответ на негативное влияние вредных факторов могут изменять структуру. Обычно химические загрязняющие вещества аккумулируются в органах с интенсивными биохимическими процессами — в печени, почках, эндокринных железах, желудочно-кишечном тракте. Очень часто объектом для подобных исследований служит печень, которая выполняет барьерно-защитные функции и обезвреживает чужеродные вещества [Пястолова, Трубецкая, 1989; Белова и др., 2008; Акуленко, 2010; Ведерников и др., 2011; Paunescu et al., 2010].

Цель настоящего исследования — провести морфологическое и гистохимическое исследование печени амфибий, обитающих в локалитетах с антропогенной нагрузкой.

Сбор материала проведен летом 2017 года. Объектом исследования служила печень зеленых лягушек трех таксонов: *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771), *Pelophylax lessonae* (Camerano, 1882), *Pelophylax kl. esculentus* (Linnaeus, 1758), отловленных в 8 локалитетах на территории Республики Марий Эл: пгт Краснооктябрьский, пос. Ильинка, пос. Нолька, пос. Кутуван, пгт Медведево, м-н «Чихайдарово» (промышленный район г. Йошкар-Олы) и лесопарк «Сосновая роща» (окраина г. Йошкар-Олы), пос. Шушер («условно чистое» местообитание, государственный природный заповедник (ГПЗ) «Большая Кокшага», 60 км от г. Йошкар-Олы).

Для приготовления гистологических препаратов печени применяли стандартные методики. Гистохимически выявляли меланин и гемосидерин, используя метод окраски по Перлсу [Меркулов, 1969]. Оценивали количество меланомacroфагальных центров (ММЦ) в паренхиме печени, а также количество в них (в среднем на центр) выявленных железосодержащих пигментов. В работе использовали сетку Автандилова на 25 точек [Автандилов и др., 1981]. Учитывали по 30 полей зрения на препарат печени каждой особи амфибий и посчитывали точки, которые попадали на скопления меланина и гемосидерина, а далее считали среднее значение. Для статистической обработки результатов гистохимической реакции прибегали к непараметрическим критериям: для сравнения средних применен критерий Краскела-Уоллиса, для корреляционного анализа использован критерий Спирмена. Все расчеты выполнены с использованием программы Statistica 6.0 (StatSoft).

Как показали проведенные исследования, в печени амфибий из «условно чистого» местообитания (ГПЗ «Большая Кокшага» пос. Шушер) наблюдались небольшие расширения синусоидных капилляров, были обнаружены локальные кровоизлияния. Также местами наблюдалась инфильтрация лейкоцитами паренхимы органа. Клетки печени у отдельных особей характеризовались зернистой и баллонной дистрофией, встречались мелкие очаги некрозов гепатоцитов. Такие отклонения, вероятно, свидетельствуют о наличии воспалительных процессов и явных патоморфологических сдвигах в печени, несмотря на обитание животных на относительно чистых локалитетах. Подобные находки требуют специального анализа.

Печень лягушек, обитающих на территориях с антропогенной нагрузкой (пгт Краснооктябрьский, пос. Ильинка, пос. Нолька, пос. Кутуван, пгт Медведево, м-н «Чихайдарово» (промышленный район г. Йошкар-Олы), лесопарк «Сосновая роща» (окраина г. Йошкар-Олы), характеризуется расширением синусоидных капилляров. Кроме этого, имеет место склероз сосудов, выявляются расширения перисинусоидальных пространств Диссе. В паренхиме органа обнаружены мелкие и крупные очаги лейкоцитарной инфильтрации, гранулематозные скопления (рис. 1 а, б). В гепатоцитах выявлена зернистая и баллонная дистрофия (рис. 2 а, б).

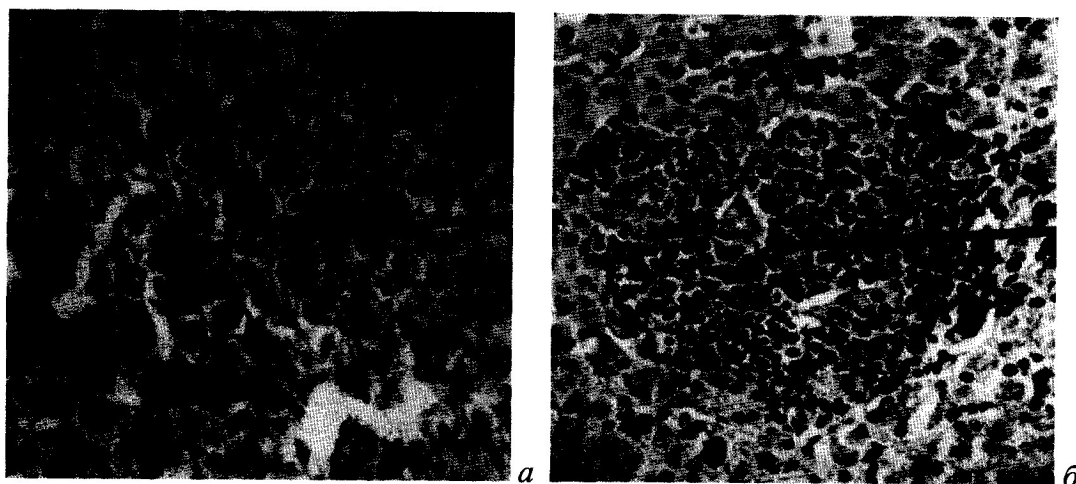


Рис. 1. Мелкие (а) и крупные (б) очаги лейкоцитарной инфильтрации в паренхиме печени амфибий

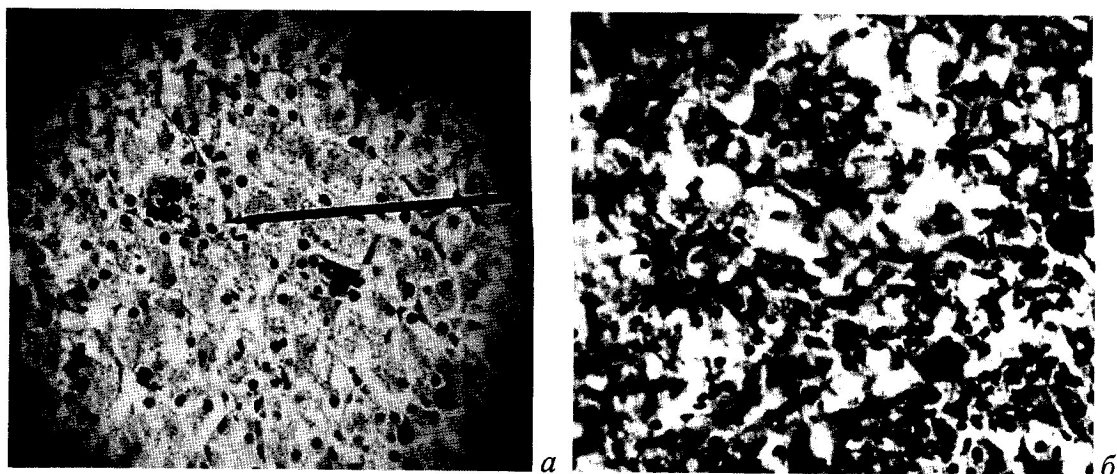


Рис. 2. Зернистая (а) и баллонная (б) дистрофия гепатоцитов амфибий

Степень выраженности указанных процессов в печени этой группы амфибий визуально больше, чем у амфибий из «условно чистого» местообитания. Подобная картина, скорее всего, обусловлена влиянием урбанизации обследуемых территорий с повышенным на них антропогенным прессом. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что все эти патоморфологические отклонения в печени амфибий, вероятно, связаны с действием токсических веществ, образующихся в ходе эколого-техногенной деятельности человека [Ведерников и др., 2011; Алтуфьев и др., 2013; Дробот и др., 2014]. Возможно, это обусловлено и другими загрязнениями, не связанными с деятельностью человека.

Поскольку в ходе гистологического анализа в печени всех лягушек были выявлены ММЦ, которые, как известно, могут содержать пигменты меланин и гемосидерин [Горышина, Чага, 1990; Agius, Roberts, 2003], то нами была предпринята попытка оценить количество этих центров и накопление в них пигментов.

При сравнительной оценке площади гемосидерина в печени всех изученных амфибий различий найдено не было. Однако в ходе исследования были выявлены статистически значимые различия по площади, занимаемой меланином у амфибий из разных местообитаний ($N = 22,66$, $p = 0,007$; рис. 3).

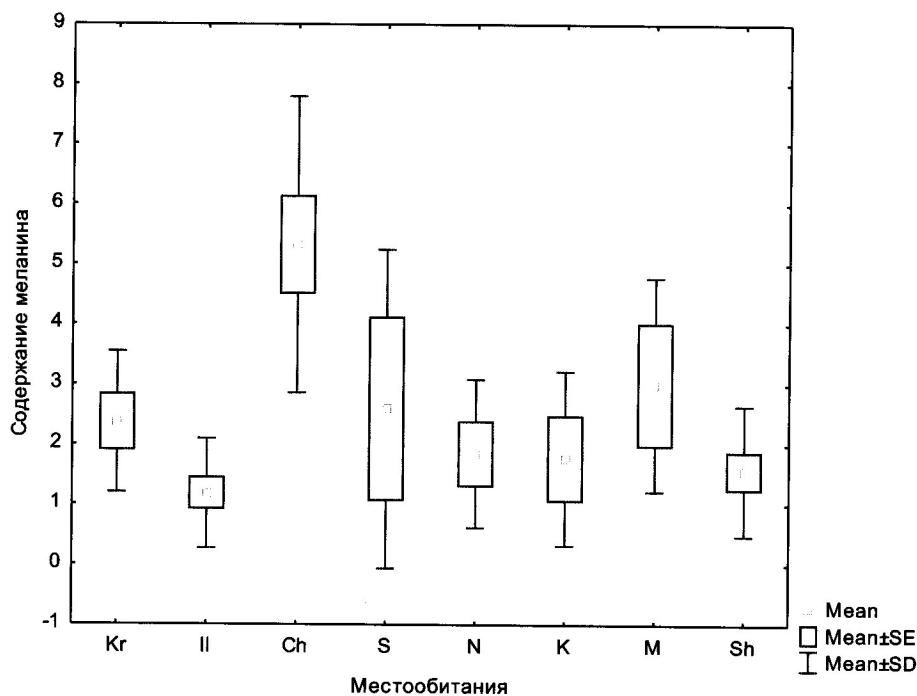


Рис. 3. Площадь меланина в ММЦ печени амфибий из разных местообитаний:

Kr — Краснооктябрьский (*P. lessonae*); Il — Ильинка (*P. lessonae*); Ch — Чихайдарово (*P. ridibundus*); S — лесопарк «Сосновая роща» (*P. ridibundus*); N — Нолька (*P. lessonae*); K — Кугуван (*P. esculentus*); M — Медведево (*P. ridibundus*); Sh — Шушер (*P. lessonae*)

Так, у особей озерной лягушки из м-на Чихайдарово выявлены наибольшие площади скопления меланина в ММЦ печени, по сравнению с таковыми в печени амфибий из водоема на территории ГПЗ «Большая Кокшага» пос. Шушер ($p = 0,019$). Действительно при морфологическом описании срезов печени у особей из местообитания пос. Чихайдарово были визуально отмечены многочисленные и обширные скопления пигментов, что и подтвердилось статистически.

В ходе нашего исследования был проведен корреляционный анализ по установлению взаимосвязи между размерами площади, занимаемой гемосидерином и меланином (у. е.). Нами была установлена положительная корреляция, однако, значение коэффициента корреляции здесь минимально ($r = 0,067$), и, следовательно, им можно пренебречь.

На следующем этапе нами была сделана попытка анализа корреляционных связей между изученными параметрами амфибий (площади меланина, гемосидерина и количество ММЦ), находящихся в отдельных местообитаниях.

В результате исследований не было выявлено никаких взаимосвязей между содержанием гемосидерина и количеством ММЦ в печени амфибий из всех изученных локалитетов. Однако была установлена положительная взаимосвязь между площадью меланина и количеством ММЦ в поле зрения у амфибий из водоемов пгт. Краснооктябрьский ($r = 0,89$; $p < 0,05$), пос. Ильинка ($r = 0,63$; $p < 0,05$), м-на Чихайдарово ($r = 0,68$; $p < 0,05$). У амфибий из остальных изученных местообитаний аналогичных корреляционных связей не установлено.

Так как меланомacroфаги участвуют в фагоцитарной функции [Paunescu et al., 2010], их чрезмерное накопление может свидетельствовать о протекании реакций воспаления в организме, возможно, это результат негативного влияния загрязненного местообитания, где живут эти амфибии. ММЦ отводится важная роль в участии обмена железа в организме, так как они являются местом утилизации разрушающихся клеток, которые содержат ферритин и гемосидерин [Agius, Roberts, 2003]. Меланин может накапливать различные металлы [Henninger, Beresford, 1990], возможно, что накопление меланина связано с воздействием на организм тяжелых металлов. Следует обратить внимание, что в печени амфибий, отловленных в «условно чистом» местообитании, отсутствует подобная корреляционная связь. По-видимому, в условиях урбанизированной среды, при действии антропогенного пресса в печени амфибий имеют место компенсаторные реакции адаптивного характера, что проявляется формированием новых ответных реакций в виде положительной взаимосвязи между содержанием меланина и количеством ММЦ, что, возможно, способствует большей устойчивости организмов или компенсирует одну из утраченных функций органа. Данное предположение, безусловно, требует дальнейшей проверки.

Литература

- Автандилов Г. Г., Яблунчанский Н. И., Губенко В. Г. 1981. Системная стереометрия в изучении патологического процесса. М.: Медицина. 192 с. Акулёнок Н. М. 2010. Дополнительные возможности регенерации печени бесхвостых амфибий в условиях антропогенного загрязнения // Вестник морфологии. № 16. С. 147–149. Алтуфьев Ю. В., Белова Я. В., Воробьев В. И. 2013. Органный уровень патологии озерной лягушки различных регионов астраханской области // Естественные науки. № 4 (45). С. 65–72. Белова Я. В., Алтуфьев Ю. В., Алтуфьева Н. С. 2008. Эколого-гистологическое исследование печени озерной лягушки (*Rana ridibunda*) в условиях естественного обитания и при экзотоксикозе // Естественные науки. Т. 22, № 1. С. 37–41. Ведерников А. А., Дробот Г. П. 2011. Патологические изменения в органах лягушки озерной (*Rana ridibunda* Pall.) в условиях обитания на урбанизированной территории // Современные проблемы анатомии, гистологии и эмбриологии животных. Казань: Издательство «Казанский университет». С. 18–23. Горышнина Е. Н., Чаза О. Ю. 1990. Сравнительная гистология тканей внутренней среды с основами иммунологии. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. 320 с. Дробот Г. П., Маузликеева Д. Р., Ведерников А. А. 2014. Гисто-морфометрическая характеристика легкого лягушки озерной (*Rana ridibunda* Pall., 1771) в условиях антропогенной нагрузки // Теоретические и прикладные аспекты современной науки: сборник научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции 30 сентября 2014 г. Белгород: ИП Петрова М. Г. (АПНИ). Ч. II. С. 48–53. Меркулов Г. А. 1969. Курс патологической техники. Л.: Медицина. 423 с. Пястолова О. А., Трубецкая Е. А. 1989. Некоторые морфологические и цитологические особенности печени сеголеток *Rana arvalis* в условиях техногенного ландшафта // Экология. № 5. С. 56–60. Спирина Е. В., Романова Е. М., Спирина Т. А. 2011. Оценка стабильности развития и цитогенетического гомеостаза в популяциях *Rana ridibunda* Pall. Ульяновской области // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 13, № 1. С. 123–126. Agius C., Roberts R. J. 2003. Melano-macrophage centres and their role in fish pathology // Journal of Fish Diseases. Vol. 26. P. 499–509. Henninger J. M., Beresford W. A. 1990. Is it coincidence that iron and melanin coexist in hepatic and other melanomacrophages? // Histology and histopathology. Vol. 5. P. 457–459. Paunescu A., Ponopal C., Draghici O. 2010. Histopathological responses of the liver tissues of *Rana ridibunda* to the champions 50 WP fungicide // Annals: Food Science and Technology. Vol. 11. P. 60–64.

ГИСТОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ И ГИСТОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЛЕГОЧНОЙ ТКАНИ ЗЕЛЕННЫХ ЛЯГУШЕК РОДА *PELOPHYLAX*

М. Н. Сидушкина, Г. П. Дробот, А. О. Свиинин, А. А. Ведерников, Т. Н. Рябчикова
Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия, sidushkina2013@gmail.com

В связи с нарастающим влиянием антропогенных факторов на живые организмы [Дробот, Ведерников, 2011; Алтуфьев, 2013] необходимо проводить регулярный мониторинг окружающей среды. При биоиндикационных исследованиях часто в качестве тест-объектов используют амфибии, так как они обитают на границе раздела двух сред — водной и наземной, характеризуются приуроченностью к местообитаниям,