

Научная статья
УДК 597.5, 544.3-146.1:556.541.3 (282.247.41)
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-2-81-88>

Структурно-функциональное исследование почек рыб при экологическом мониторинге и в аквакультуре

*Вера Ивановна Егорова^{1✉}, Виктор Николаевич Крючков²,
Ирина Владимировна Волкова³, Лейла Камидуллаевна Сейдалиева⁴*

¹⁻³*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия, irbip@astu.org*

⁴*Каспийский университет технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова,
Актау, Республика Казахстан*

Аннотация. Интенсивное антропологическое влияние на экосистемы вызывает необходимость осуществления мониторинга состояния популяций разных видов рыб с различных точек зрения. Здоровье водных животных, в том числе и рыб, является информативным показателем качества окружающей среды, поскольку физико-химические изменения воды, если они выходят за рамки оптимума, вызывают соответствующие реакции в организме рыб. Обобщены результаты исследований почек карповых видов рыб из естественных ареалов обитания нижнего течения рек Волга и Кигач и Северного Каспия, а также рыб, культивируемых в условиях прудовых хозяйств. Описаны обнаруженные нарушения мезонефроса в зависимости от локализации патологического процесса. Показано, что патологические изменения обнаруживаются во всех структурах почки: в интерстиции, почечном тельце, извитых канальцах. Установлено изменение реологических свойств крови, наличие гломерулярных изменений вплоть до атрофии капиллярных петель, дистрофические изменения в тубулярном эпителии. Предложена оригинальная система оценки состояния почек рыб. Реакции в организме гидробионтов являются следствием сочетанного воздействия факторов среды и естественных физиологических процессов. Выявляемые у рыб изменения в структуре органов дают возможность оценить влияние окружающей среды на рыб. Гистопатологические изменения в жизненно важных органах, в частности в мезонефросе, являются ценными показателями для оценки последствий негативных воздействий среды. Применение не только качественных, но и количественных характеристик мезонефроса может способствовать внедрению в эколого-морфологические исследования рыб количественных методов.

Ключевые слова: мезонефрос, карп, почки, патология, атрофия, некроз, дистрофия, патология

Для цитирования: *Егорова В. И., Крючков В. Н., Волкова И. В., Сейдалиева Л. К.* Структурно-функциональное исследование почек рыб при экологическом мониторинге и в аквакультуре // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2022. № 2. С. 81–88.* <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-2-81-88>.

Original article

Structural and functional study of fish kidneys under ecological monitoring and in aquaculture

Vera I. Egorova^{1✉}, Victor N. Kryuchkov², Irina V. Volkova³, Leila K. Seidalieva⁴

¹⁻³*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia, irbip@astu.org*

⁴*S. Yessenov Caspian University of Technologies and Engineering,
Aktau, Republic of Kazakhstan*

Abstract. The intense anthropological impact on the ecosystems makes it necessary to monitor the state of populations of different fish species from different points of view. Health of aquatic animals, including fish, is an informative indicator of the quality of the environment, since physical and chemical changes in water, if they go beyond the opti-

mum, cause definite reactions in the fish body. There are summarized the results of studying the kidneys of cyprinid fish species from the natural habitats of the lower reaches of the Volga and Kigach rivers and the Northern Caspian, as well as those cultivated in pond farms. The detected violations of mesonephros were described depending on localization of the pathological process. It has been shown that pathological changes are found in all structures of the kidney: in the interstitial, renal corpuscle, convoluted muscles. A change in the rheological properties of blood, glomerular changes up to atrophy of capillary loops, dystrophic changes in the tubular epithelium were found. An original system for assessing the condition of fish kidneys is proposed. Reactions in the body of hydrobionts are a consequence of the combined effects of environmental factors and natural physiological processes. The changes detected in the organ structure make it possible to assess the environmental impact on fish. Histopathological changes in vital organs, in particular, in mesonephros, are valuable indicators for assessing the consequences of negative environmental influences. Using not only qualitative, but also quantitative characteristics of mesonephros can contribute to introduce the quantitative methods in ecological and morphological studies of fish.

Keywords: mesonephros, carp, kidney, pathology, atrophy, necrosis, dystrophy, pathology

For citation: Egorova V. I., Kryuchkov V. N., Volkova I. V., Seidalieva L. K. Structural and functional study of fish kidneys under ecological monitoring and in aquaculture. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2022;2:81-88. (In Russ.) <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-2-81-88>.

Введение

Благополучное существование популяций рыб в природных условиях, равно как и их успешное культивирование в аквакультуре, требует поддержания высокой степени адаптации к воздействию неблагоприятных природно-климатических факторов и/или технологических факторов выращивания.

Кроме традиционно используемых показателей благополучия популяций судить о качестве окружающей среды или об адаптации к условиям существования можно по состоянию здоровья рыб. При оценке такого редко используемого в ихтиологии понятия, как «здоровье», неизбежно возникает вопрос о выборе достоверных и информативных показателей, которые позволили бы дать характеристику не только качественным, но и количественным показателям здоровья рыб.

Одним из важнейших условий существования вида является то, насколько он адаптируется к меняющимся факторам среды. Материальной основой адаптации является морфофизиологическая перестройка на различных уровнях организации живой материи.

В экологических исследованиях патоморфологические изменения внутренних органов рыб являются одним из объективных критериев негативного влияния среды [1–3], это касается и исследований, которые посвящены изучению почек рыб [4]. Авторы этих работ убедительно показали значение патологических изменений в микроструктуре органов и тканей рыб для оценки степени воздействия условий существования, в частности токсичности того или иного вещества. Вместе с тем многие принципиальные вопросы, такие как значение выявляемых патологических изменений для функции органа или связь выявляемых физиологических изменений со структурой органа рыб, зачастую еще остаются вне поля зрения исследователей.

Материал и методы

Были исследованы образцы почек карповых рыб, включая сазана (карга) *Cyprinus carpio*, леща *Abramis brama* и белого амура *Stenopharyngodon*

idella. Рыбы (50 шт.) были отловлены в разные годы в устьевой части русла рек Волга и Кигач в Северном Каспии на глубинах до 5–7 м в период с 2015 по 2021 гг. Также были проанализированы почки рыб из прудовых хозяйств Астраханской области (карап и белый амур).

Для гистологического исследования ткани после фиксации в жидкости Буэна заливали в парафин, на санном микротоме готовили срезы толщиной 5–7 мкм, окрашивали гематоксилин-эозином, кислым фуксином [5]. Анализ препаратов проводили на микроскопе Olympus.

Результаты и обсуждение

Основу архитектоники почки составляет строма, в которой различают интерстиций (ретикулярная соединительная ткань) и питающие его кровеносные сосуды. Структурно-функциональными единицами почки являются нефрон, в котором различают почечное тельце, где осуществляется собственно фильтрация, и система канальцев, в которых происходит реабсорбция жидкости и тех веществ, которые не подлежат удалению, а также обратное всасывание и секреция веществ.

Сложность строения почки, состоящей из многих структурно-функциональных элементов, обуславливает разнообразие форм патологии, которые весьма неоднозначны по своим последствиям для организма животного.

Оценку состояния почки целесообразно начинать с характеристики кровоснабжения и дифференцированно оценить в различных участках органа наполнение кровью (форменными элементами) вен и капилляров. При этом морфологически возможна оценка нарушения реологических свойств крови, визуально доступны для наблюдения такие нарушения, как эритростаз, плазмостаз, тромбоз. Менее доступно, но в целом возможно выявить изменения стенок сосудов (артерий, артериол).

Одновременно оценивается состояние интерстиция по таким показателям, как наличие гемор-

рагий и/или плазморрагий, отека (отек, по возможности, оценивается дифференцированно – от слабого до выраженного) (рис. 1, 2).

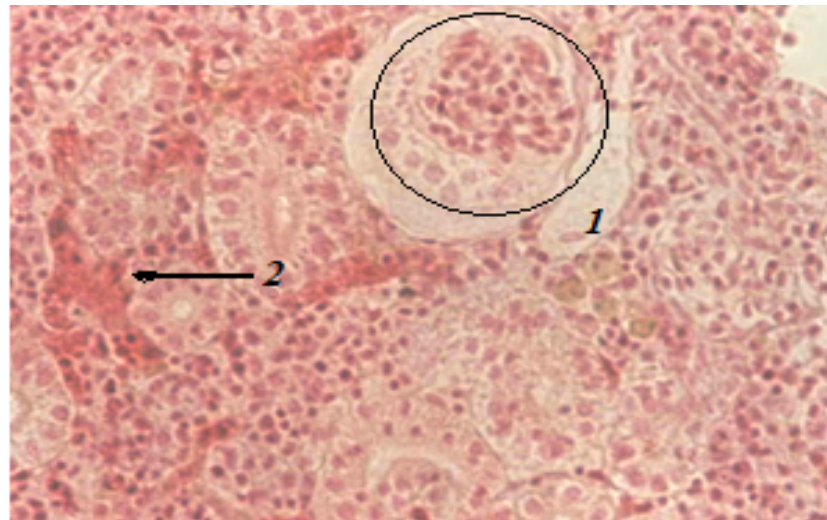


Рис. 1. Почка белого амура (окраска: гематоксилин-эозин; ув. $\times 400$):
1 – стаз в капиллярах сосудистого клубочка; 2 – геморрагии в интерстиции

Fig. 1. Grass carp kidney (staining: hematoxylin-eosin; pV $\times 400$):
1 - stasis in the capillaries of vascular glomerulus; 2 - hemorrhages in interstitium

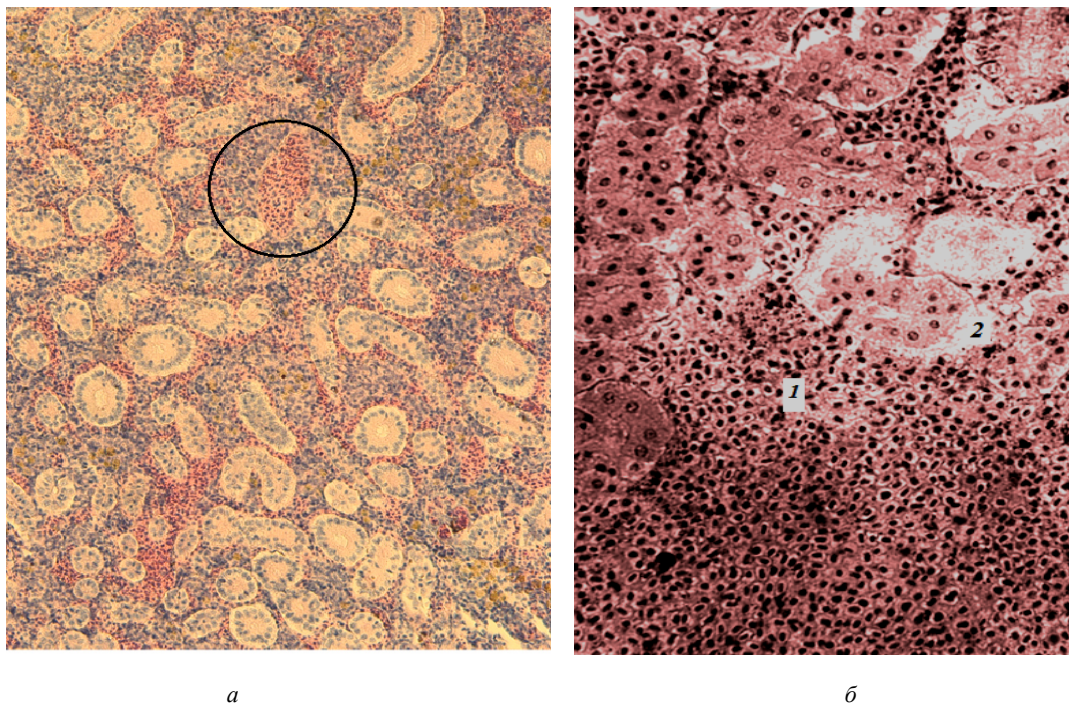


Рис. 2. Изменения в почке: *а* – лещ (объектив 20; гематоксилин-эозин) – стаз в крупных сосудах;
б – сазана (объектив 40; гематоксилин-эозин): 1 – массивное кровоизлияние в интерстиций;
2 – расширение перитубулярного пространства вследствие отека интерстиция

Fig. 2. Changes in the kidney: *a* - bream (Lens 20; hematoxylin-eosin) - stasis in the large vessels;
б - carp (Lens 40; hematoxylin-eosin): 1 - massive hemorrhage in interstitium;
2 - expansion peritubular space due to interstitial edema

Гломерулярные изменения (изменения в почечных клубочках) могут быть опасными состояниями, т. к. в случае генерализованного процесса могут привести к серьезным нарушениям клубочковой фильтрации.

Для оценки состояния почечных клубочков фиксируются (при выявлении) следующие изменения: типичное или атипичное строение клубочка, атрофия, склероз или гиалиноз клубочка и степень выраженности того или иного нарушения, гиперклеточность клубочка, при этом, по возможности, идентифицируются клетки, вызывающие гиперклеточность (эритроциты, подоциты, др.).

Гломерулярные изменения могут быть классифицированы по выраженности патологии и по структурам, которые затронуты патологией: минимальные изменения; гломерулярные изменения, обусловлен-

ные процессами в сосудистом клубочке; пролиферативные изменения; наличие очагов нефросклероза; продуктивное или острое воспаление.

Анализ срезов мезонефроса разных видов рыб показал, что наиболее часто встречается гиперклеточность клубочка, в том числе и за счет стаза в его сосудах, реже можно наблюдать пролиферацию мезангиальных клеток, единично – пролиферацию клеток париетального эпителия. К тяжелым видам нарушений относились атрофия капилляров, ишемическое сморщивание клубочка, гиалиноз капиллярных клубочков, замещение почечных телец участками деструктированной ткани. Все эти патологии ведут к потере нефроном способности к фильтрации. На рис. 3 показаны примеры гломерулярных изменений.

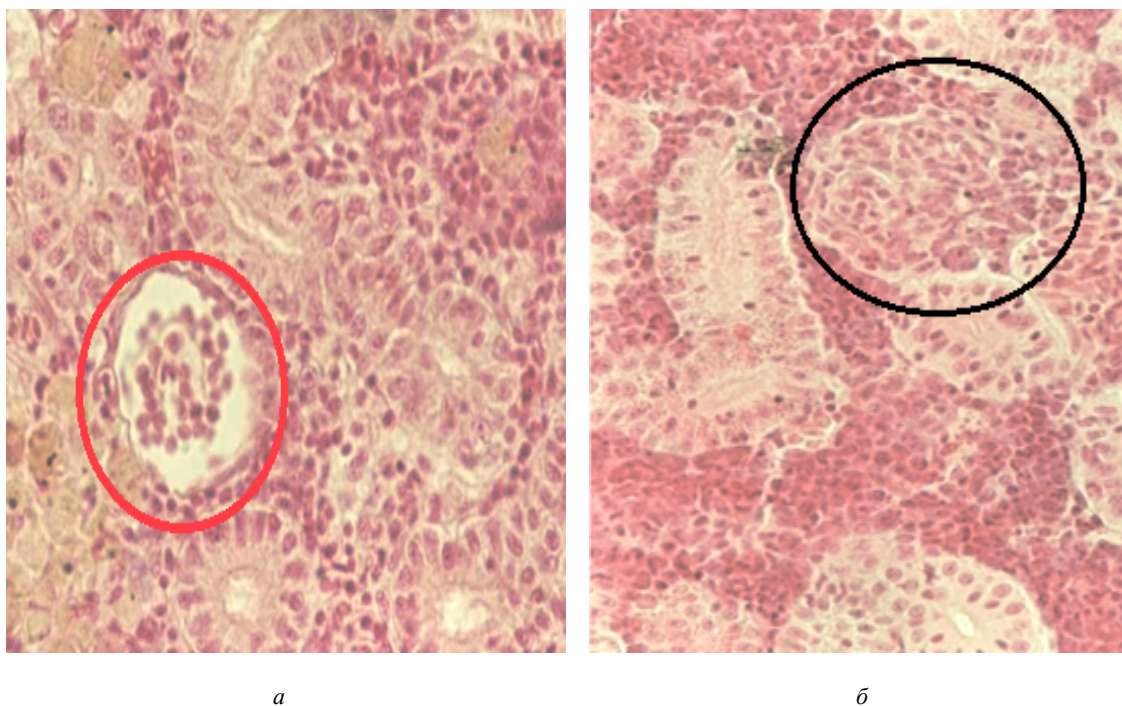


Рис. 3. Гломерулярные изменения почки сазана (объектив 40; гематоксилин-эозин):
а – атрофия капилляров сосудистого клубочка в почечной капсуле; *б* – капиллярные петли полностью заполняют капсулу, мочевое пространство минимальное, нарушена клубочковая фильтрация

Fig. 3. Glomerular changes in the kidney of carp (Lens 40; hematoxylin-eosin):
a - capillary atrophy of the glomerular vasculature in the renal capsule; *b* - capillary loops completely fill the capsule, urinary space is minimal, glomerular filtration is impaired

Тубулярные изменения (состояние эпителия почечных канальцев) могут привести к нарушениям процессов обратного всасывания, следствием чего являются изменения осмотических показателей мочи. Для оценки состояния эпителия извитых канальцев определяется наличие и выраженность следующих изменений: дистрофий различного вида (в том числе белковой зернистой дистрофии,

вакуольной мелко/средне/крупновacuольной дистрофии, гидropической дистрофии различной степени выраженности); некрозов отдельных эпителиоцитов и/или групп клеток, целых канальцев; признаков атрофии канальцев (истончения эпителия, расширение просветов); содержимого просветов канальцев (рис. 4, 5).

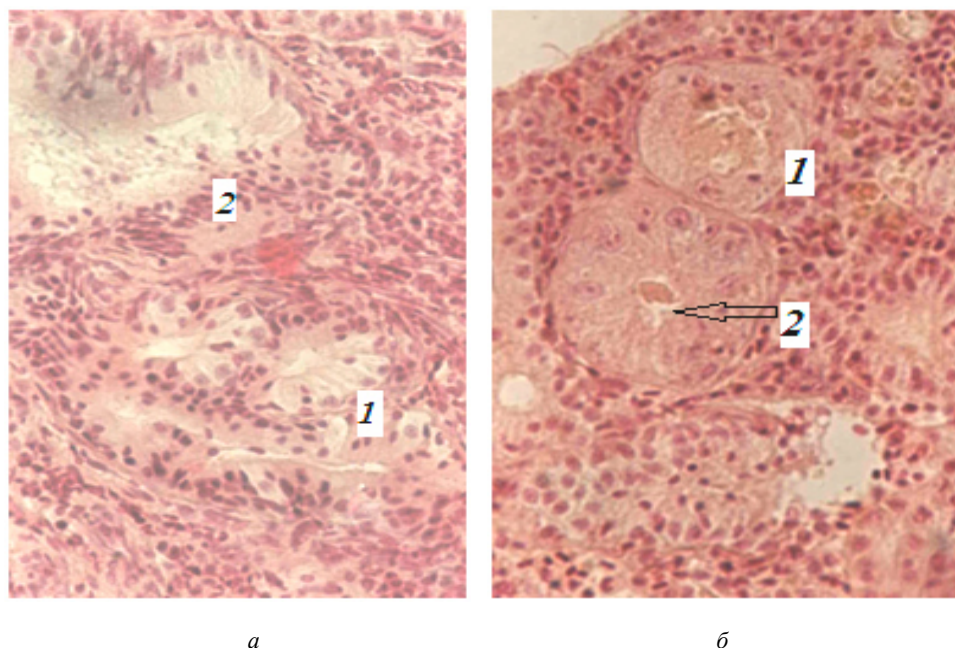


Рис. 4. Изменения в почке карпа (объектив 40; гематоксилин-эозин): *a* – вакуольная дистрофия эпителия канальцев, морфологически близкая к баллонной (1); разрушение эпителия (2); *б* – некроз эпителия извитых канальцев (1); окклюзия просвета канальца цилиндрами (2)

Fig. 4. Changes in carp kidney (Lens 40; hematoxylin-eosin): *a* - vacuole dystrophy of tubule epithelium, morphologically close to balloon dystrophy (1); destruction of epithelium (2); *б* - necrosis of convoluted tubule epithelium (1); occlusion of tubule lumen with cylinders (2)

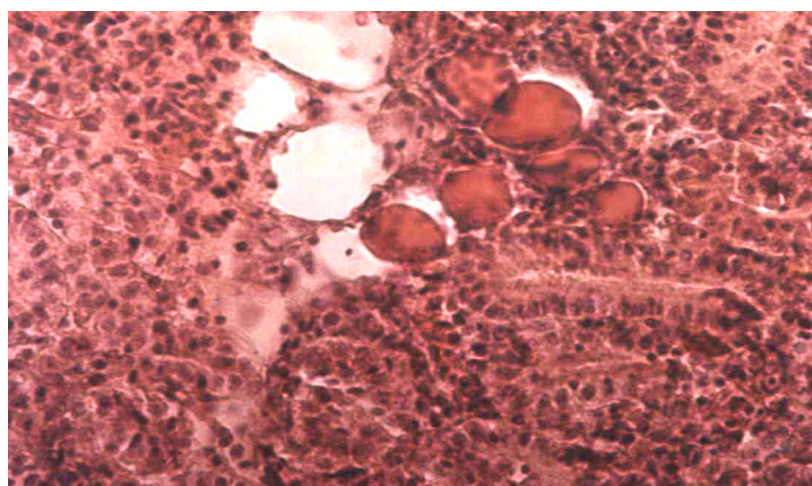


Рис. 5. Почка карпа (гематоксилин-эозин; объектив 40): почечные канальцы в состоянии атрофии, истончение эпителия, просветы канальцев кистозно расширены и заполнены гомогенным содержимым («щитовидная почка»)

Fig. 5. Carp kidney (hematoxylin-eosin; Lens 40): renal tubules in a state of atrophy, thinning of epithelium, lumen of tubules cystically dilated and filled with homogeneous contents (thyroid kidney)

Как при проведении мониторинговых эколого-морфологических исследований, так и при оценке адаптации рыб в аквакультуре к условиям культивирования часто бывает недостаточно только качественного описания выявляемых нарушений в структуре органов рыб.

В последнее время во многих российских публикациях степень повреждения органов или тканей на гистологическом уровне принято оценивать по предложенной А. А. Лесниковым и И. Д. Чинаревой [6] балльной системе. Наибольший балл присваивается симптомам поражения органа, которые несомне-

стимы с его нормальным функционированием, наименьший – если на гистологическом уровне выявлялись реакции тканей, не связанные с повреждением. При кажущейся простоте и удобстве применения эта система оценок вызывает ряд вопросов, т. к. является, на наш взгляд, во многом субъективной, поскольку отсутствуют понятные критерии, какие все же реакции следует считать адаптивными, какие повреждения тканей легкие, а какие тяжелые. Кроме того, если, например, строение печени достаточно простое, то почки по своей структуре сложны, и как оценить патологию в баллах всего органа целиком – не всегда однозначно.

Какой-либо единой классификации патологии почек в настоящее время не существует, впрочем, трудно себе представить такое обобщение, поскольку изменения в почках можно рассматривать на основе самых разнообразных критериев: причины патологии, локализация патологического процесса, морфологические особенности и др.

На наш взгляд, при гистологическом анализе почек рыб наиболее целесообразно классифицировать патологии по преимущественному поражению отдельных структур и, таким образом, выделять гломерулопатии (поражение клубочков); тубулопатии (поражение канальцев); интерстициальные или стромальные патологии (поражение стромы и сосудов почки). На основании этого можно предложить оценку состояния почек, назвав ее «система GTI» – *glomerula, tubule, interstitial*, т. е. предла-

гается некая аналогия классификации опухолей по системе TNM:

– G – *glomerula*, капиллярный клубочек; описывает и классифицирует характер патологии почечного тельца и капиллярного клубочка;

– T – *tubule*, трубочка, каналец; описывает и классифицирует характер патологии извитых канальцев, состояние их эпителия, наличие и характер содержимого, перитубулярное пространство;

– I – *interstitial*, интерстиций, межканальцевая ткань; описывает и классифицирует характер патологии сосудов, реологических свойств крови, интерстиций.

Каждая структура описывается и оценивается отдельно. Оценка каждой структуры может быть либо балльной, как, например, используемая оценка по А. А. Лесникову и И. Д. Чинаревой [6], либо дается конкретное обозначение, например в виде индексов. Полагаем, что балльная оценка все же удобнее, т. к. позволяет не усложнять систему оценок и не требует сложной расшифровки. Тогда, например, оценка конкретного объекта в виде $G_0T_2I_2$ будет означать, что обнаружены изменения тубулярные и интерстициальные второй степени, одновременно с этим гломерулярные изменения не выявлены. По каким признакам проводится описание и оценка, указано выше.

В качестве примера следует привести описание почки сазана (рис. 6).

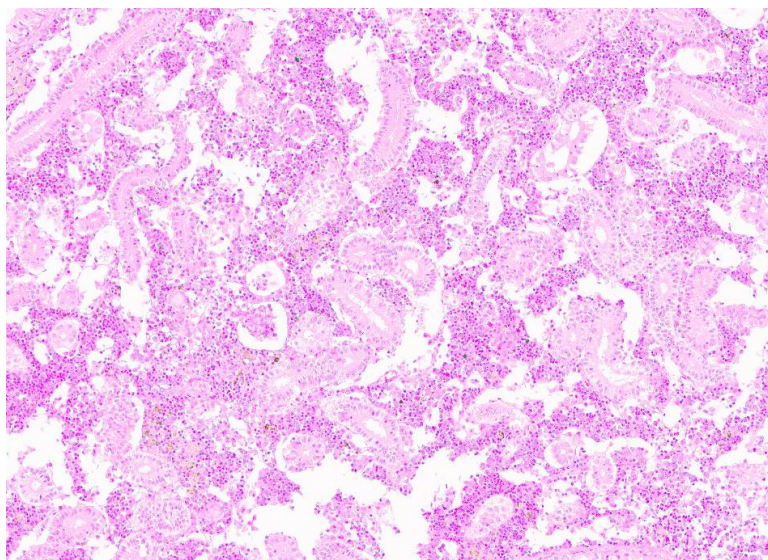


Рис. 6. Почка сазана (гематоксилин-эозин; объектив 20): реологические свойства крови не нарушены, отек интерстиция, выраженный в виде расширенного перитубулярного пространства вокруг канальцев на всем поле зрения. Извитые канальца умеренно сужены, просветы преимущественно чистые.

Единичные признаки вакуольной дистрофии эпителиоцитов канальцев. Сосудистые клубочки в почечных тельцах с признаками склерозирования, кровенаполнение слабое, некоторые атрофированы. $G_3T_1I_2$

Fig. 6. Carp kidney (hematoxylin-eosin; Lens 20): rheological properties of blood are not disturbed, interstitial edema is expressed as dilated peritubular space around the tubules in the visual field. The tortuous tubules are moderately narrowed, lumens are mostly clear. Single signs of vacuole dystrophy of tubule epitheliocytes.

Vascular glomeruli in renal corpuscles have signs of sclerosis, blood flow is weak, some are atrophied. $G_3T_1I_2$

Можно давать оценку состояния мезонефроса не только дифференцированно по структурам, но и рассчитать интегральную оценку, но тогда следует вводить индексы для каждой структурной составляющей органа, которые показывали бы значимость каждой формы патологии для состояния мезонефроса в целом. При этом необходимо учитывать не только вероятные последствия выявляемых нарушений для организма рыб, но и прогноз течения процесса. Этот прогноз может зависеть, в частности, от степени генерализации процесса, а также от процессов фенотипической адаптации и регенерации. Несмотря на то, что почка не относится к органам, способным к регенерации, как, например, печень, тем не менее, имеются работы, которые показывают, что нефрогенез у взрослых рыб, по-видимому, представляет собой непрерывный регенеративный процесс, связанный с размером тела рыбы и числом нефронов [7], т. е. по мере роста рыб увеличивается количество функционирующих нефронов, позволяя, таким образом, замещать вышедшие из строя. Морфологические показатели проксимальных и дистальных сегментов канальцев также показывают тесные коррелятивные связи с функцией почек, например с осморегуляцией, гомеостазом аминокислот и мочевины [8, 9].

Заключение

В данном исследовании мы систематизировали выявляемые изменения мезонефроса рыб, обитав-

ших в различных условиях, по морфологическим признакам. Распространенность тубулярных поражений у разных видов рыб указывает на то, что извитые канальца в первую очередь выступают в роли мишеней при воздействии поражающих факторов. Хотя гломерулярные изменения отмечались нами реже, они могут иметь серьезные последствия для общего состояния рыб, т. к. при далеко зашедшем патологическом процессе не исключено нарушение клубочковой фильтрации. Обращает на себя внимание то, что сходные изменения были выявлены как у рыб из естественных водоемов, так и у выращиваемых в контролируемых условиях в аквакультуре. Это может свидетельствовать о том, что, несмотря на такие разные условия обитания, в обоих случаях на почки действуют одинаковые поражающие факторы, например растворенные в воде поллютанты, либо почка, в силу своей морфологической организации, реагирует на разные воздействия стереотипно. В любом случае для подтверждения этих положений необходимы дополнительные исследования.

Гистопатологические изменения в жизненно важных органах, в частности в мезонефросе, являются ценными показателями для оценки последствий негативных воздействий среды. Применение не только качественных, но и количественных характеристик мезонефроса может способствовать внедрению в эколого-морфологические исследования рыб количественных методов.

Список источников

1. Крючков В. Н., Абдурахманов Г. М., Федорова Н. Н. Морфология органов и тканей водных животных. М.: Наука, 2004. 144 с.
2. Ткачева В. Г., Рыжков Л. П. Реакция печени радужной форели (*Salmoirideus G.*) на антропогенное загрязнение // Конгр. ихтиологов России (Астрахань, сентябрь 1997 г.): тез. докл. Астрахань, 1997. С. 242.
3. Mochizuki E., Fukuta K., Tada T., Harada T., Watanabe N., Matsuo S., Hashimoto H., Ozato K., Wakamatsu Y. Fish mesonephric model of polycystic kidney disease in medaka (*Oryziaslatipes*) pc mutant // *Kidney International*. 2005. V. 68. P. 23–34.
4. Бурлаков И. А., Крючков В. Н., Волкова И. В. Реакции почек густеры (*Blicca bjoerkna*) дельты Волги на условия обитания // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2021. № 3. С. 142–149.

5. Ромейс Б. Микроскопическая техника. М.: Иностран. лит., 1953. 720 с.
6. Лесников Л. А., Чинарева И. Д. Патолого-гистологический анализ состояния рыб при полевых и экспериментальных токсикологических исследованиях // Методы ихтиотоксикологических исследований. Л., 1987. С. 80–81.
7. Davidson A. J. Uncharted waters: nephrogenesis and renal regeneration in fish and mammals // *Pediatr. Nephrol.* 2011. N. 26 (9). P. 1435–1443.
8. Dantzer W. H. Renal Morphology // Comparative physiology of the Vertebrate kidney. N. Y.: The American Physiological Society, Springer, 2016. P. 7–36.
9. Larsen B. K., Perkins Jr. Target organ toxicity in the kidney // Target Organ Toxicity in Marine and Freshwater Teleosts. L.; N. Y.: Taylor & Francis, 2005. P. 90–150.

References

1. Kriuchkov V. N., Abdurakhmanov G. M., Fedorova N. N. *Morfologiya organov i tkanei vodnykh zhivotnykh* [Morphology of organs and tissues of aquatic animals]. Moscow, Nauka Publ., 2004. 144 p.
2. Tkacheva V. G., Ryzhkov L. P. Reaktsiia pecheni raduzhnoi foreli (*Salmoirideus G.*) na antropogennoe zagriaznenie [Response of liver of rainbow trout (*Salmoirideus G.*) to anthropogenic pollution]. *Kongress ikhtiologov Rossii (Astrakhan', sentyabr' 1997 g.): tezisy dokladov*. Astrakhan', 1997. P. 242.

3. Mochizuki E., Fukuta K., Tada T., Harada T., Watanabe N., Matsuo S., Hashimoto H., Ozato K., Wakamatsu Y. Fish mesonephric model of polycystic kidney disease in medaka (*Oryziaslatipes*) pc mutant. *Kidney International*, 2005, vol. 68, pp. 23-34.
4. Burlakov I. A., Kriuchkov V. N., Volkova I. V. Reaktsii pochek gustery (*Blicca bjoerkna*) del'ty Volgi na usloviia obitaniia [Kidney reactions of gusters (*Blicca bjoerkna*) of Volga delta to habitat conditions]. *Vestnik Astrakhan'*, 2021, no. 3, pp. 142-149.

khanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. *Seriia: Rybnoe khoziaistvo*, 2021, no. 3, pp. 142-149.

5. Romeis B. *Mikroskopicheskaia tekhnika* [Microscopic technique]. Moscow, Inostrannaia literatura Publ., 1953. 720 p.

6. Lesnikov L. A., Chinareva I. D. Patologo-gistologicheskii analiz sostoianiia ryb pri polevykh i eksperimental'nykh toksikologicheskikh issledovaniiaxh [Pathological and histological analysis of fish in field and experimental toxicological studies]. *Metody ikhtiotoksikologicheskikh issledovaniia*. Leningrad, 1987. Pp. 80-81.

7. Davidson A. J. Uncharted waters: nephrogenesis and renal regeneration in fish and mammals. *Pediatr. Nephrol.*, 2011, no. 26 (9), pp. 1435-1443.

8. Dantzler W. H. Renal Morphology. *Comparative physiology of the Vertebrate kidney*. New York, The American Physiological Society, Springer, 2016. Pp. 7-36.

9. Larsen B. K., Perkins Jr. Target organ toxicity in the kidney. *Target Organ Toxicity in Marine and Freshwater Teleosts*. London; New York, Taylor & Francis, 2005. Pp. 90-150.

Статья поступила в редакцию 14.04.2022; одобрена после рецензирования 06.06.2022; принята к публикации 14.06.2022
The article is submitted 14.04.2022; approved after reviewing 06.06.2022; accepted for publication 14.06.2022

Информация об авторах / Information about the authors

Вера Ивановна Егорова – кандидат биологических наук, доцент; доцент кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; irbip@astu.org

Виктор Николаевич Крючков – доктор биологических наук, доцент; профессор кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; kvn394@rambler.ru

Ирина Владимировна Волкова – доктор биологических наук, доцент; профессор кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; gridasova@mail.ru

Лейла Камидуллаевна Сейдалиева – ассистент кафедры экологии и геологии; Каспийский университет технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова; leilaakta71@mail.ru

Vera I. Egorova – Candidate of Biology, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; irbip@astu.org

Victor N. Kryuchkov – Doctor of Biology, Assistant Professor; Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; kvn394@rambler.ru

Irina V. Volkova – Doctor of Biology, Assistant Professor; Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; gridasova@mail.ru

Leila K. Seidalieva – Assistant of the Department of Ecology and Geology; S. Yessenov Caspian University of Technologies and Engineering; leilaakta71@mail.ru

