

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ГИДРОБИОНТОВ

PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY OF HYDROCOLE

Научная статья
УДК 639:597.541
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-2-72-80>

Сравнительная характеристика морфофункционального состояния органов сельди-черноспинки *Alosa kessleri kessleri*, выловленной в разные годы

Мария Павловна Грушко[✉], Надежда Николаевна Федорова

Астраханский государственный технический университет
Астрахань, Россия, mgrushko@mail.ru[✉]

Аннотация. Целью данной работы было рассмотрение патологических характеристик тканей и органов сельди-черноспинки (*Alosa kessleri kessleri*) в разные годы. Учитывались результаты сравнительного анализа патогистологических изменений внутренних органов сельди, т. к. этот метод позволяет выявить патологические изменения на органном и тканевом уровне организации рыбы, а сравнительный анализ гистоморфологических параметров сельди-черноспинки в разные годы позволил определить изменения степени и уровня патологического процесса с течением времени. Были исследованы половозрелые особи сельди-черноспинки *Alosa kessleri kessleri* (Grimm), взятые для анализа во время нерестового хода в р. Волга в 2014 и 2021 гг. Изготовлено и проанализировано 600 гистологических срезов органов (печень, почки, селезенка, кишечник, жабры) от 37 особей. Возраст рыб, отобранных для изучения, составлял 2 и 3 года. Материал обрабатывали классическими гистологическими методами. По результатам патоморфологического исследования состояния органов сельди-черноспинки в разные годы установлено, что представители изучаемых рыб испытывали сильный стресс. Выявлено наличие широкого спектра патологий, которые могут быть вызваны хроническим поступлением загрязняющих веществ в окружающую среду. Отмечается, что больше всего страдают органы, через которые загрязняющие вещества попадают в организм: жабры, печень и почки. Основными проявлениями патологического процесса были отек, микроциркуляторные расстройства, некроз, воспаление, разрастания соединительной ткани, гиперплазия эпителия. Все обнаруженные патологические изменения в органах рыб возникли в ответ на современные условия, которые характеризуются нарушением в результате значительных изменений в водных и наземных экосистемах.

Ключевые слова: сельдь-черноспинка, печень, почки, селезенка, кишечник, жабры

Для цитирования: Грушко М. П., Федорова Н. Н. Сравнительная характеристика морфофункционального состояния органов сельди-черноспинки *Alosa kessleri kessleri*, выловленной в разные годы // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2022. № 2. С. 72–80. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-2-72-80>.

Original article

Comparative characteristics of morphofunctional state of organs in black-back herring (*Alosa kessleri kessleri*) caught in different years

Maria P. Grushko[✉], Nadezhda N. Fedorova

Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia, mgrushko@mail.ru[✉]

© Грушко М. П., Федорова Н. Н., 2022

Abstract. The purpose of the research was to consider pathological characteristics of tissues and organs of black-back herring (*Alosa kessleri kessleri*) in different years. Results of the comparative analysis of pathohistological changes in the organs were taken into account, since this method allows revealing pathological changes in herring organs and tissues, and comparative analysis of histomorphological parameters of black back herring in different years allowed determining changes in the degree and level of a pathological process in the course of time. There were studied the matured species of black back herring *Alosa kessleri kessleri* (Grimm) caught for analysis during the spawning run in the Volga River in 2014 and 2021. Six hundred of histological sections of organs (liver, kidneys, spleen, intestines, and gills) in 37 species were prepared and analyzed. The species selected for the study were 2 and 3 years old. The material was processed by the classical histological methods. Pathomorphological study of black back herring's organs in different years showed that the studied fish species experienced high stress. There has been found a wide range of pathologies which could be caused by a chronic ingestion of pollutants from the environment. It has been stated that the organs through which pollutants enter were most affected (gills, liver, kidneys). The main manifestations of a pathological process were microcirculatory disorders, edema, necrosis, inflammation, connective tissue overgrowth, epithelial hyperplasia. All the detected pathological changes in fish organs arose due to the modern environment, which is explained by the disturbances resulting from significant changes in aquatic and terrestrial ecosystems.

Key words: black-back herring, liver, kidneys, spleen, intestine, gills

For citation: Grushko M. P., Fedorova N. N. Comparative characteristics of morphofunctional state of organs in black-back herring (*Alosa kessleri kessleri*) caught in different years. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2022;2:72-80. (In Russ.) <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-2-72-80>.

Введение

Сельдь *Alosa kessleri kessleri* (Grimm, 1887) – это промысловый объект Волго-Каспийского бассейна. Численность данного вида интенсивно уменьшается. Главной причиной данного процесса является деятельность человека [1]. Численность вида быстро сократилась, изменились особенности биологии и морфологии. Длина и масса тела современных представителей вида заметно уменьшились [2, 3]. Во второй половине прошлого столетия средняя масса сельди-черноспинки составляла 450 г, длина – 31,50 см [4], сейчас эти параметры составляют 160,3 г и 20,0 см соответственно. Увеличилась доля молоди в нерестовой популяции. Возможно, это связано с сокращением путей анадромной миграции вида в Волге. Кроме того, отмечены морфологические изменения (уменьшение формы и размеров жаберных крышек; изменение числа позвонков, высоты головы, высоты тела), характерные для черноспинки [2]. Изменение среды обитания и условий размножения – гидрогеоморфология Средней Волги, а именно ввод в эксплуатацию Волгоградской и Саратовской ГЭС, – повлекли за собой изменения в биологии и морфологии сельди. Организм рыб приспособляется к новым условиям среды, которые далеки от оптимальных по своим характеристикам. Новые приобретенные морфологические и биологические признаки рыб являются результатом микроэволюционных процессов, связанных с адаптацией вида к современной экосистеме [5], т. е. происходит выживание вида в сложившихся условиях окружающей среды. Антропогенное воздействие также приводит к изменению здоровья биосистемы. Патологический метод позволяет выявить наличие и выраженность патологических изменений на органном и тканевом уровне организации рыб, а сравнительный анализ гистоморфологических показателей сельди-черноспинки в разные годы позволяет определить изменение степени выраженности и уровня патологического процесса во времени [6–9].

Основная цель работы – рассмотрение патологических характеристик на органном и тканевом уровне у сельди-черноспинки (*Alosa kessleri kessleri*) в разные годы. Проведен сравнительный анализ показателей морфофункционального состояния сельди, выловленной в разные годы.

Материал и методы

Исследовали половозрелых особей сельди-черноспинки *Alosa kessleri kessleri* (Grimm), взятых для анализа во время нерестового хода в р. Волга в 2014 и 2021 гг. Образцы тканей исследуемых органов (печень, почки, селезенка, кишечник, жаберы) фиксировали в формалине, жидкости Буэна, затем после проведения ряда последовательных гистологических приемов получали срезы толщиной 4–5 мкм. Срезы окрашивали гематоксилин-эозином, фуксином, по методу Маллори [10]. С помощью светового микроскопа «Микромед-2» изучали препараты, микрофотографирование проводили с помощью фотонасадки SONI DSC-W7. Было изготовлено и проанализировано 600 гистологических срезов органов от 37 особей. Возраст рыб, отобранных для изучения, составлял 2 и 3 года.

Степень повреждения органов оценивали по пятибалльной шкале [11]:

- 1 балл – патологические повреждения отсутствовали;
- 2 балла – повреждения легкого характера;
- 3 балла – проявление повреждений средней тяжести;
- 4 балла – необратимые повреждения;
- 5 баллов – сильные, необратимые повреждения важных органов.

Результаты и обсуждение

Для печени сельди-черноспинки, выловленной в разные годы, были характерны идентичные патологии. Структура органа была нарушена. Регистрировались признаки отека ткани печени, вследствие этого границы клеток плохо определялись.

Часто регистрировались участки некроза ткани органа. Микроциркуляторные расстройства часто встречались на срезах, при этом форменные элементы крови были агрегированы внутри сосудов, диаметр которых был увеличен. Отмечались мелкие геморрагии, плазморрагии, петехии [8]. Для рыб, выловленных ранее, было характерно утолщение стенок кровеносных сосудов печени за счет

разросшейся соединительной ткани. Отличительной чертой органа современных рыб было наличие на общем фоне среза ткани гепатоцитов разной величины, также отличались по величине и окраске ядра клеток. Для этой же группы рыб более выраженными были признаки жировой дистрофии разной степени проявления (рис. 1, 2).

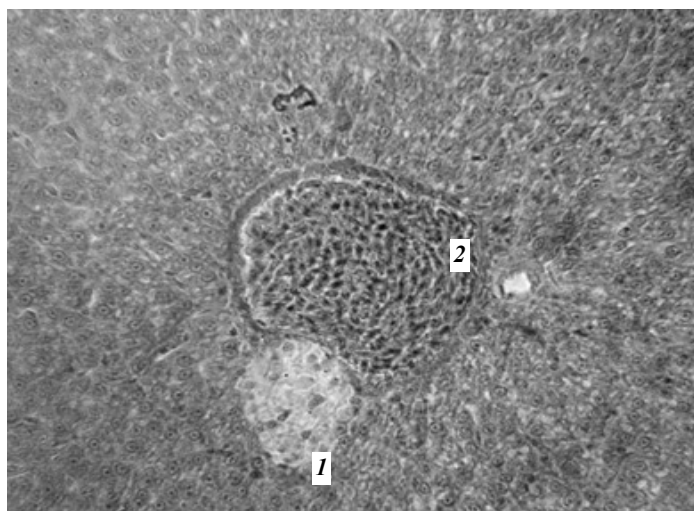


Рис. 1. Печень сельди *Alosa kessleri kessleri* (2014 г.). Окраска: гематоксилин-эозин (ОК 10 ОБ 40):
1 – гранулы гемосидерина; 2 – кровеносный сосуд с форменными элементами крови

Fig. 1. Liver of herring *Alosa kessleri kessleri* (2014). Staining: hematoxylin-eosin (OK 10 OB 40):
1 - hemosiderin granules; 2 - a blood vessel with blood cells

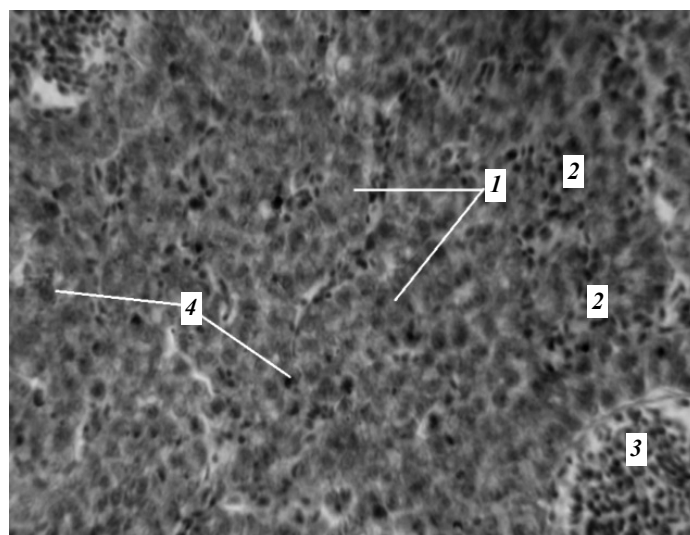


Рис. 2. Печень сельди *Alosa kessleri kessleri* (2021 г.). Окраска: гематоксилин-эозин (ОК 10 ОБ 40):
1 – гепатоциты; 2 – скопление лимфоцитов;
3 – сосуд с форменными элементами крови; 4 – скопление гранул гемосидерина

Fig. 2. Liver of herring *Alosa kessleri kessleri* (2021). Staining: hematoxylin-eosin (OK 10 OB 40):
1 - hepatocytes; 2 - accumulation of lymphocytes;
3 - a vessel with blood cells; 4 - accumulation of hemosiderin granules

Установлено, что степень повреждения паренхимы печени, в соответствии со шкалой патогистологического состояния органа, составила 3–4 балла у рыб, пойманных в 2014 г. [8], и 3 балла у рыб 2021 г.

У представителей обеих групп рыб наблюдались общие черты морфологических изменений в почках: наличие отеков, некрозов. Характерным признаком также был стаз сосудов органа, часто регистрировались кровоизлияния.

В почечных тельцах отсутствовало мочево пространство, что являлось следствием гиперклеточности капилляров гломерул.

Микроструктурные нарушения в почке исследуемых рыб проявлялись в виде зернистой дистрофии и атрофии эпителия извитых канальцев. Просветы почечных канальцев были заполнены белковым содержимым. Характерной чертой также были признаки отека, проявляющегося в виде десквамации эпителия канальцев [8, 9] (рис. 3, 4).

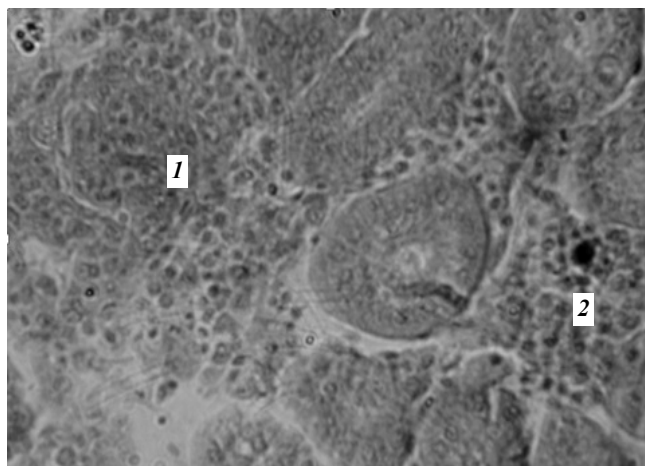


Рис. 3. Почки сельди *Alosa kessleri kessleri* (2014 г.). Окраска: гематоксилин-эозин (ОК 10 ОБ 40):
1 – гломерулярная гипертрофия; 2 – гранулы гемосидерина

Fig. 3. Kidneys of herring *Alosa kessleri kessleri* (2014). Staining: hematoxylin-eosin (OK 10 OB 40):
1 - glomerular hypertrophy; 2 - hemosiderin granules

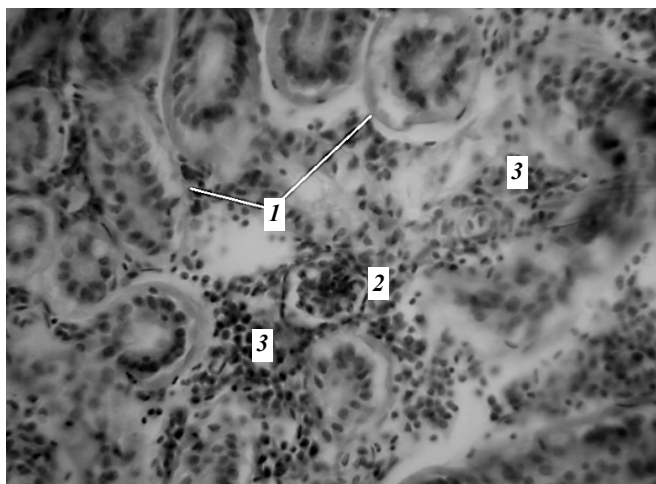


Рис. 4. Почки сельди *Alosa kessleri kessleri* (2021 г.). Окраска: гематоксилин-эозин (ОК 10 ОБ 40):
1 – отек эпителия почечных канальцев; 2 – почечное тельце; 3 – гемопоэтическая ткань

Fig. 4. Kidneys of herring *Alosa kessleri kessleri* (2021). Staining: hematoxylin-eosin (OK 10 OB 40):
1 - edema of the epithelium of the renal tubules; 2 - renal body; 3 - hematopoietic tissue

У сравниваемых групп рыб выявлена значительная разница в размерах главных структурных элементов мезонефроса. Степень проявления пато-

логии в почке рыб, выловленных в 2014 г., 3 балла, а в 2021 г. – 2,5 балла.

У исследуемых групп рыб пульпа была представлена двумя зонами – красной и белой, – кото-

рые плохо различались. Повсеместно регистрировали микроциркуляторные расстройства, проявляющиеся в виде стаза сосудов, мелких кровоизлияний. У рыб, выловленных в 2014 г., соединительнотканые трабекулы были массивными за счет интенсивного разрастания соединительной ткани

(фиброз). У этих же рыб соединительнотканые волокна сосудистых стенок также были утолщены, что являлось следствием сужения их просвета, вплоть до полного исчезновения. На срезах регистрировались участки отложения гемосидерина [8, 9] (рис. 5, 6).

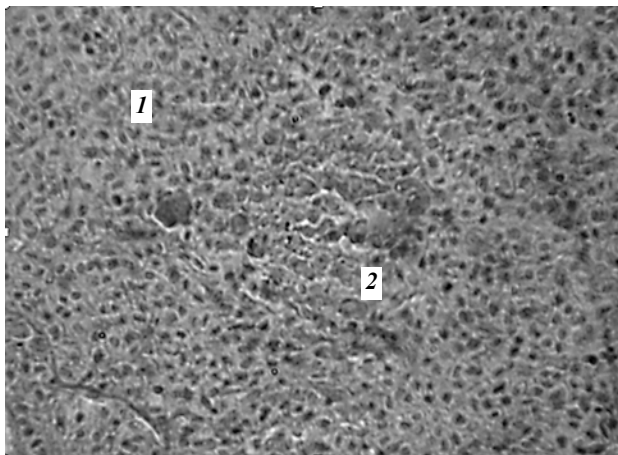


Рис. 5. Селезенка сельди *Alosa kessleri kessleri* (2014 г.). Окраска: гематоксилин-эозин (ОК 10 ОБ 40):
1 – строма органа; 2 – гранулы гемосидерина

Fig. 5. Spleen of herring *Alosa kessleri kessleri* (2014). Staining: hematoxylin-eosin (OK 10 OB 40):
1 - stroma of the organ; 2 - hemosiderin granules

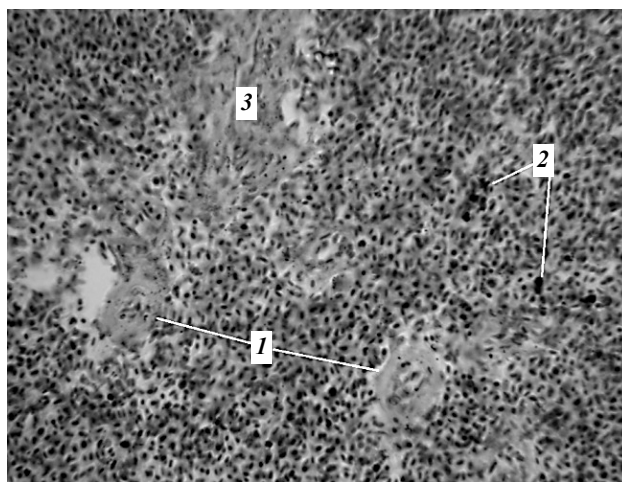


Рис. 6. Селезенка сельди *Alosa kessleri kessleri* (2021 г.). (ОК 10 ОБ 40):
1 – кровеносные сосуды; 2 – скопление гранул гемосидерина; 3 – трабекулы

Fig. 6. Spleen of herring *Alosa kessleri kessleri* (2021). (OK 10 OB 40):
1 - blood vessels; 2 - accumulation of hemosiderin granules; 3 - trabeculae

Характерными патологическими изменениями в селезенке рыб, пойманных ранее, было наличие утолщенных трабекул из-за чрезмерного разрастания соединительной ткани. Во второй группе рыб доля белой пульпы значительно превышала долю красной пульпы. Степень патологического процесса в селезенке у всех рыб соответствовала 2 баллам.

При анализе состояния пищеварительной системы исследованных рыб было отмечено, что все

рыбы имели отклонения, связанные с нарушением кровоснабжения, при этом капилляры стромы ворсинок были расширены, их просвет был полностью перекрыт скоплением форменных элементов крови. Для слизистой оболочки кишки также была характерна лимфоцитарная инфильтрация. Отдельные ворсинки были либо полностью лишены эпителиальной выстилки, либо частично (рис. 7).



Рис. 7. Кишечник сельди *Alosa kessleri kessleri* (2014 г.). Окраска: гематоксилин-эозин (ОК 10 ОБ 10):
1 – кишечные ворсинки; 2 – отсутствие эпителия кишечной ворсинки

Fig. 7. Intestine of herring *Alosa kessleri kessleri* (2014). Staining: hematoxylin-eosin (OK 10 OB 10):
1 - intestinal villi; 2 - absence of intestinal villus epithelium

Стенки кровеносных сосудов кишечной пластинки исследованных рыб были значительно утолщены. Характерным признаком для ранее выловленных рыб было наличие участков аномального разрастания соединительной ткани основной

пластинки слизистой оболочки кишки [8]. У рыб, пойманных в 2021 г., кишечные ворсинки имели сильно отличающуюся длину и толщину, а также высота клеток каемчатого эпителия значительно варьировала (рис. 8).

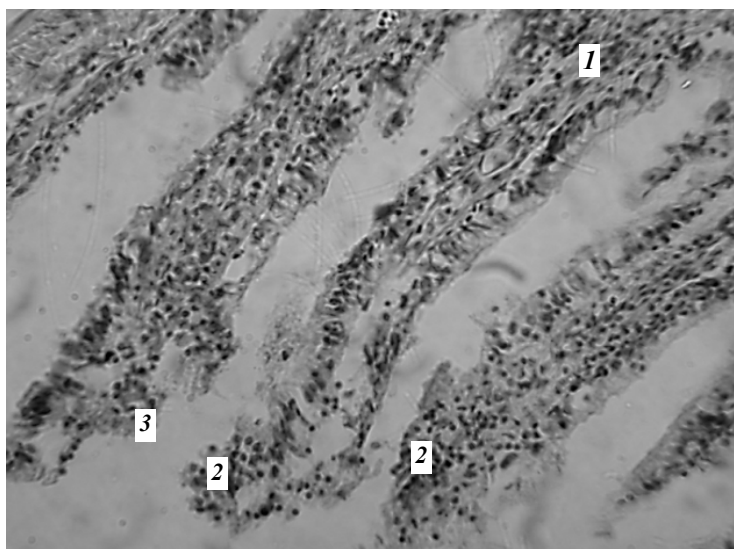


Рис. 8. Кишечник сельди *Alosa kessleri kessleri* (2021 г.). Окраска: гематоксилин-эозин (ОК 10 ОБ 40):
1 – кишечные ворсинки; 2 – разрушение части клеток; 3 – отсутствие эпителия

Fig. 8. Intestine of herring *Alosa kessleri kessleri* (2021). Staining: hematoxylin-eosin (OK 10 OB 40):
1 - intestinal villi; 2 - destruction of cells; 3 - absence of epithelium

Для этой же группы рыб были характерны изменения структурных элементов кишечника (диаметр ворсинок уменьшился). Согласно пятибалльной шкале оценки патогистологических изменений

степень патологии соответствовала 3 баллам у рыб первой группы и 2,8 баллам у рыб второй группы.

У исследованных рыб были обнаружены идентичные поражения *жабр*. Вершины ламелл характеризовались наличием сплошных эпителиальных

выростов многослойного неороговевающего эпителия, иногда ламеллы не выявлялись, происходила их атрофия. В филаментах также имелись ламеллы разного размера, их длина постепенно увеличивалась. Характерным признаком было зарастание респираторного эпителия, который напоминал спичечные головки. Ламеллы можно было обнаружить только на одной стороне филамента, в то время как на другой стороне находилась широкая пластинка многослойного эпителия без них. Имелись также латеральные выросты респираторного эпителия, так что две соседние ламеллы представляли собой сросшиеся образования, т. е. один тип

эпителия заменялся другим: респираторный эпителий заменялся многослойным, т. е. уменьшалась площадь респираторного эпителия, где происходит газообмен. В жабрах наблюдались нарушения микроциркуляции: расширение просвета сосудов, особенно у их оснований, изменение диаметра капилляров и их разрывы [8].

У современных рыб в жабрах патологические изменения наблюдались в гиалиновой пластинке – основании жаберных тычинок; она имела разную толщину, разное количество и размер хрящевых клеток (рис. 9, 10).

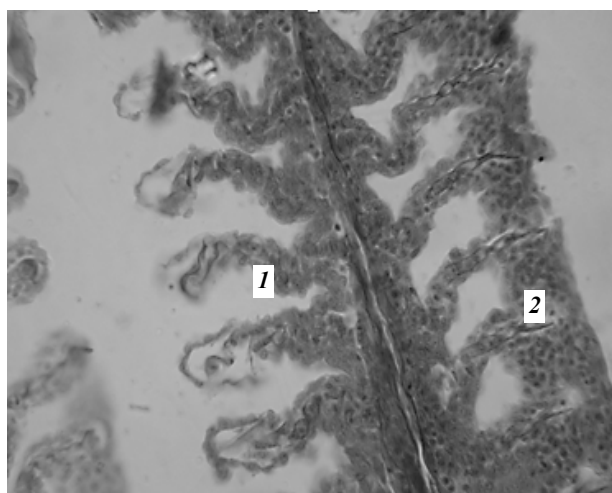


Рис. 9. Жабры сельди *Alosa kessleri kessleri* (2014 г.). Окраска: гематоксилин-эозин (ОК 10 ОБ 40):
1 – деформированные жаберные ламеллы; 2 – пролиферация респираторного эпителия

Fig. 9. Gills of herring *Alosa kessleri kessleri* (2014). Staining: hematoxylin-eosin (OK 10 OB 40):
1 - deformed gill lamellae; 2 - proliferation of the respiratory epithelium

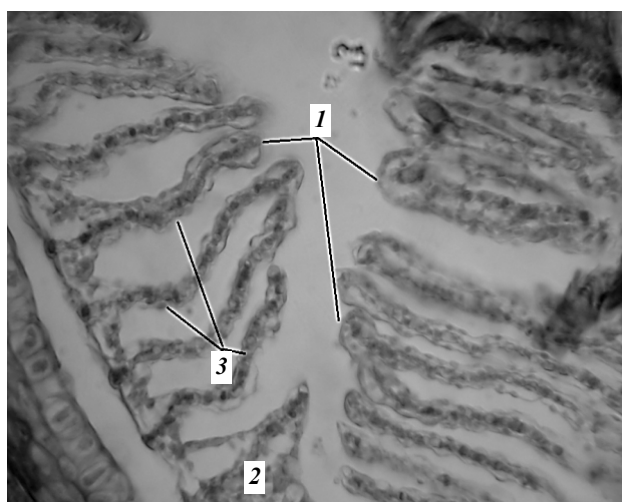


Рис. 10. Жабры сельди *Alosa kessleri kessleri* (2021 г.). Окраска: по Маллори (ОК 10 ОБ 40):
1 – увеличенные концевые отделы ламелл; 2 – разрастание многослойного эпителия; 3 – изменение формы ламелл

Fig. 10. Gills of herring *Alosa kessleri kessleri* (2021). Staining: by Mallory (OK 10 OB 40):
1 - enlarged terminal sections of lamellae; 2 - proliferation of stratified epithelium; 3 - change of lamellae shape

Все отклонения гистоструктуры жаберного аппарата сельди возникли вследствие ответной реакции организма рыб на состояние окружающей среды, при этом жаберный аппарат находился в состоянии функционального напряжения, чему способствовала неблагоприятная среда.

Установлено, что степень повреждения жабр соответствовала 3 баллам у всех рыб.

Таким образом, интенсивная экологическая нагрузка способствовала ответной реакции организма рыб [12].

Заключение

Материалы сравнительных исследований органов и тканей тела сельди-черноспинки, выловленной в разные годы (2014 и 2021 гг.), свидетельствовали об относительно одинаковых изменениях. Отмечено, что наибольшему воздействию подвергались органы, через которые загрязняющие вещества поступают в организм: жабры; печень – орган детоксикации; почки, являющиеся экскреторными органами. Показатели патогистологического состояния рыб, согласно пятибалльной системе оценки, были несколько ниже у рыб второй группы. Эти небольшие различия в степени проявления патологии могут быть связаны с большей долей присутствия двухгодовиков в выборке рыб второй группы. В печени ранее выловленных рыб характерной особенностью бы-

ли признаки фиброза, тогда как у современных рыб присутствовали признаки жировой дистрофии. Дистрофические изменения почечного эпителия были обнаружены во всех препаратах в виде мутного набухания цитоплазмы эпителия извитых почечных канальцев, «слипания» капиллярных петель в почечных тельцах. В селезенке первой группы рыб характерными патологическими изменениями было наличие утолщенных трабекул вследствие чрезмерного разрастания соединительной ткани, а во второй группе – заметное преобладание белой пульпы. Пролиферация клеток многослойного каемчатого эпителия была следствием адаптивных изменений в кишечных ворсинках. Аномалии жаберного аппарата были отмечены у всех исследованных рыб. В большей степени были характерны изменения в виде пролиферации респираторного и многослойного неороговевающего эпителия, а также замена одного эпителия другим (респираторного на многослойный неороговевающий). Сосудистые нарушения были зарегистрированы в анализируемых органах у всех рыб. Все патологические проявления в органах рыб возникли в ответ на современные условия, которые характеризуются значительными изменениями в водных и наземных экосистемах. Следствием хронических стрессов стало стабильное загрязнение воды и донных отложений.

Список источников

1. Войнова Т. В. Современное состояние нерестовой части популяции проходной сельди-черноспинки *Alosa kessleri kessleri* // Экологический мониторинг и биоразнообразие: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (Ишим, 18–19 апреля 2012 г.). Ишим: Изд-во Тюмен. гос. ун-та, 2012. № 2. С. 75–78.
2. Леплина И. Н., Степанова Т. Г., Войнова Т. В., Николенков А. А. Состояние запасов сельди-черноспинки, биологические, физиолого-биохимические показатели и трофологический анализ производителей, мигрирующих в реку Волгу // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2016. № 2. С. 43–52.
3. Пятикопова О. В. Современные особенности нерестовой миграции нерестилищ и миграции вниз по течению личинок черноспинного шادا (*Alosa kessleri kessleri*) в Волго-Каспийском бассейне: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2019. 19 с.
4. Водовская В. В. Экологические аспекты биологии проходной части Каспия. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2001. 73 с.
5. Kuzishchin K. V., Gruzdeva M. A., Filenko V. A., Pavlov D. S. Caspian Anadromous Shad *Alosa kessleri kessleri* (Grimm, 1887) from the Akhtuba River, Lower Volga River Basin: Biological and Morphological Features // Inland Water Biology. 2020. V. 13. P. 79–87.
6. Федорова Н. Н., Грушко М. П., Каниева Н. А. Патоморфологические изменения жизненно важных органов волжских рыб // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2019. № 4. С. 104–109.
7. Селюков А. Г. Морфофункциональные изменения рыб бассейна Средней и Нижней Оби в условиях воз-

- растающего антропогенного влияния // Вопр. ихтиологии. 2012. Т. 52. № 5. С. 581–600.
8. Грушко М. П., Федорова Н. Н., Айтимова А. А. Гистологический анализ состояния тканей внутренних органов сельди-черноспинки *Alosa kessleri kessleri* // Изв. ТИПРО. 2017. Т. 188. С. 155–161.
9. Грушко М. П., Фёдорова Н. Н. Современное состояние внутренних органов сельди-черноспинки *Alosa kessleri kessleri* (Grimm, 1887) во время нерестовой миграции // Современное состояние водных биоресурсов: материалы Междунар. конф. (Новосибирск, 11–13 ноября 2021 г.). Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2021. С. 68–71.
10. Волкова О. В., Елецкий Ю. К. Основы гистологии с гистологической техникой. М.: Медицина, 1982. 304 с.
11. Арианица Н. М., Стекольников А. А. Диагностика токсикозов рыб и оценка среды их обитания // Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб: расшир. материалы III Междунар. конф. (Борок, 18–22 июля 2011 г.). М.: Изд-во РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. С. 269–274.
12. Розенберг Г. С., Саксонов С. В., Зибарев А. Г., Кудинова Г. Э., Розенберг А. Г., Хасаев Г. Р. Сбережение уникальных природных символов России: от программ «Возрождение Волги» к «Оздоровлению Волги» // Охрана природы и региональное развитие: гармония и конфликты (к году экологии в России): сб. тр. конф. (п. Партизанский Бузулукского р-на Оренбургской обл., 01–05 октября 2017 г.). Оренбург: Изд-во Ин-та степи Урал. отд. РАН, 2017. С. 51–59.

References

1. Voinova T. V. Sovremennoe sostoianie nerestovoi chasti populiatsii prokhodnoi sel'di-chernospinki *Alosa kessleri kessleri* [Current state of spawning part of population of anadromous black-backed shad *Alosa kessleri kessleri*]. *Ekologicheskii monitoring i bioraznoobrazie: materialy IV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Ishim, 18–19 apreliia 2012 g.)*. Ishim, Izd-vo Tiumen. gos. un-ta, 2012. No. 2. Pp. 75-78.
2. Lepilina I. N., Stepanova T. G., Voinova T. V., Nikolentov A. A. Costoianie zapasov sel'di-chernospinki, biologicheskie, fiziologo-biokhimicheskie pokazateli i trofologicheskii analiz proizvoditelei, migriruiushchikh v reku Volgu [Status of blackback herring stocks, biological, physiological and biochemical parameters and trophological analysis of spawners migrating to Volga River]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2016, no. 2, pp. 43-52.
3. Piatikopova O. V. *Sovremennye osobennosti nerestovoi migratsii nerestilishch i migratsii v niz po techeniiu lichinok chernospinnogo shada (Alosa kessleri kessleri) v Volgo-Kaspiiskom basseine. Avtoreferat dissertatsii ... kand. tekhn. nauk* [Modern features of spawning migration of spawning grounds and downstream migration of black-backed shad larvae (*Alosa kessleri kessleri*) in Volga-Caspian basin. Diss. Abstr. ... Cand. Tech. Sci.]. Astrakhan', Izd-vo AGTU, 2019. 19 p.
4. Vodovskaia V. V. *Ekologicheskie aspekty biologii prokhodnoi chasti Kaspiia* [Ecological aspects of biology of passing part of Caspian Sea]. Astrakhan', Izd-vo KaspNIRKh, 2001. 73 p.
5. Kuzishchin K. V., Gruzdeva M. A., Filenko V. A., Pavlov D. S. Caspian Anadromous Shad *Alosa kessleri kessleri* (Grimm, 1887) from the Akhtuba River, Lower Volga River Basin: Biological and Morphological Features. *Inland Water Biology*, 2020, vol. 13, pp. 79-87.
6. Fedorova N. N., Grushko M. P., Kanieva N. A. Patomorfologicheskie izmeneniia zhiznenno vazhnykh organov volzhskikh ryb [Pathological changes in fish vital organs of Volga river]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2019, no. 4, pp. 104-109.
7. Seliukov A. G. Morfofunktsional'nye izmeneniia ryb basseina Srednei i Nizhnei Obi v usloviakh vozrastaiushchego antropogennogo vliianiia [Morphological and functional changes in fish in basin of Middle and Lower Ob under increasing anthropogenic influence]. *Voprosy ikhtiologii*, 2012, vol. 52, no. 5, pp. 581-600.
8. Grushko M. P., Fedorova N. N., Aitimova A. A. Gistologicheskii analiz sostoiianiia tkanei vnutrennikh organov sel'di-chernospinki *Alosa kessleri kessleri* [Histological analysis of tissues of organs of black back herring *Alosa kessleri kessleri*]. *Izvestiia TINRO*, 2017, vol. 188, pp. 155-161.
9. Grushko M. P., Fedorova N. N. Sovremennoe sostoianie vnutrennikh organov sel'di-chernospinki *Alosa kessleri kessleri* (Grimm, 1887) vo vremia nerestovoi migratsii [Current state of organs of black back herring *Alosa kessleri kessleri* (Grimm, 1887) in spawning migration]. *Sovremennoe sostoianie vodnykh bioresurov: materialy Mezhdunarodnoi konferentsii (Novosibirsk, 11–13 noiabria 2021 g.)*. Novosibirsk, Izd-vo NGAU, 2021. Pp. 68-71.
10. Volkova O. V., Eletskaia Iu. K. *Osnovy gistologii s gistologicheskoi tekhnikoi* [Fundamentals of histology with histological technique]. Moscow, Meditsina Publ., 1982. 304 p.
11. Arshanitsa N. M., Stekol'nikov A. A. Diagnostika toksikozov ryb i otsenka sredy ikh obitaniia [Diagnosis of fish toxicosis and assessment of their habitat]. *Problemy immunologii, patologii i okhrany zdorov'ia ryb: rasshirennye materialy III Mezhdunarodnoi konferentsii (Borok, 18–22 iuliia 2011 g.)*. Moscow, Izd-vo RGAU – MSKhA im. K. A. Timiriacheva, 2011. Pp. 269-274.
12. Rozenberg G. S., Saksonov S. V., Zibarev A. G., Kudina G. E., Rozenberg A. G., Khasaev G. R. Sberezhenie unikal'nykh prirodnykh simvolov Rossii: ot programm «Vozrozhdenie Volgi» k «Ozdorovleniiu Volgi» [Preservation of unique natural symbols of Russia: programs from Revival of Volga River to Enhancement of Volga River]. *Okhrana prirody i regional'noe razvitie: harmoniia i konflikty (k godu ekologii v Rossii): sbornik trudov konferentsii (p. Partizanskii Buzul'nskogo r-na Orenburgskoi obl., 01–05 oktiabria 2017 g.)*. Orenburg, Izd-vo In-ta stepi Ural. otd. RAN, 2017. Pp. 51-59.

Статья поступила в редакцию 28.04.2022; одобрена после рецензирования 21.05.2022; принята к публикации 07.06.2022
The article is submitted 28.04.2022; approved after reviewing 21.05.2022; accepted for publication 07.06.2022

Информация об авторах / Information about the authors

Мария Павловна Грушко – доктор биологических наук, доцент; профессор кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; mgrushko@mail.ru

Maria P. Grushko – Doctor of Biology, Assistant Professor; Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; mgrushko@mail.ru

Надежда Николаевна Федорова – доктор медицинских наук, профессор; профессор кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; fedorova37@mail.ru

Nadezhda N. Fedorova – Doctor of Medicine, Professor; Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; fedorova37@mail.ru

