

Ж.Б. Олжабаева* , **Б.А. Абдуллаева** ,
И.М. Жаркова , **А.Ж. Тукпетова** 

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: zhanna.olzhabayeva1@gmail.com

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ГИСТОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЖАБР И ПЕЧЕНИ САЗАНА И СУДАКА, ОБИТАЮЩИХ В ОЗЕРЕ БАЛХАШ

В данной статье был проведен сравнительный анализ встречаемости патологий жабр и печени сазана и судака, обитающих в озере Балхаш. Для осуществления цели работы было проведено гистологическое, морфометрическое и статистическое изучение тканей жабр и печени исследуемых особей рыб. В печени сазана и судака были выявлены жировая дистрофия, полиморфизм ядер, пролиферация клеток Купфера (макрофаги печени), нарушения микроциркуляторного русла, а в структуре жабр наблюдались следующие патологические процессы: изменение формы вторичных ламелл, гиперплазия жаберного эпителия, некроз и отек респираторного эпителия, а также очаги кровоизлияний. У большинства исследованных особей отмечались патологии обоих органов одновременно. Патологии печени были обнаружены у 61,45% особей сазана и 69,62% особей судака. Гистологические нарушения строения жабр были зафиксированы у 70,73% особей сазана и 61,25% особей судака. Количество рыб, не имеющих нарушений структуры жабр и печени, составляли 9,28% среди сазана и 8,37% у судака. Обнаруженные патологии в гистологических строениях жабр и печени рыб свидетельствует о воздействии различных неблагоприятных факторов на экосистему озера Балхаш.

Ключевые слова: Сазан, судак, жабры, печень, патология, ламеллы, отёк, кровоизлияния, некроз, гиперплазия.

Zh. Olzhabayeva*, B. Abdullaeva, I. Zharkova, A. Tukpetova

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: zhanna.olzhabayeva1@gmail.com

Comparative histological study of gills and liver of carp and zander living in lake Balkhash

In this article, a comparative analysis of the occurrence of pathologies of the gills and liver of carp and pike perch living in Lake Balkhash was carried out. To achieve the goal of the work, a histological, morphometric and statistical study of the tissues of the gills and liver of the studied fish specimens was carried out. In the liver of carp and zander, fatty degeneration, polymorphism of nuclei, proliferation of Kupffer cells, disturbances of the microcirculatory bed were revealed, and the following pathological processes were observed in the structure of the gills: a change in the shape of secondary lamellae, hyperplasia of the gill epithelium, necrosis and edema of the respiratory epithelium, as well as foci of hemorrhages. In most of the studied individuals, pathologies of both organs were noted simultaneously. Liver pathologies were found in 61.45% of carp and 69.62% of zander. Histological disturbances in the structure of the gills were recorded in 70.73% of carp and 61.25% of zander. The number of fish without violations of the structure of the gills and liver was 9.28% among carp and 8.37% in zander. The detected pathologies in the histological structures of the gills and liver of fish indicate the impact of various adverse factors on the ecosystem of Lake Balkhash.

Key words: Carp, zander, gills, liver, pathology, lamellae, edema, hemorrhages, necrosis, hyperplasia.

Ж.Б. Олжабаева*, Б.А. Абдуллаева, И.М. Жаркова, А.Ж. Тукпетова
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.
*e-mail: zhanna.olzhabayeva1@gmail.com

Балқаш көлінде мекендейтін сазан және көксеркенің желбезектері мен бауырын салыстырмалы гистологиялық зерттеу

Берілген мақалада Балқаш көлінде мекендейтін сазан және көксерке балықтарының желбезектері мен бауыр патологияларының кездесу жиілігіне салыстырмалы талдау жасалды. Жұмыстың мақсатына жету үшін зерттелген балық дарақтарының желбезектері мен бауырының ұлпаларына гистологиялық зерттеу жүргізілді. Сазан және көксеркенің бауырында липоидты дистрофия, ядролардың полиморфизмі, Купфер жасушаларының (бауыр макрофагтары) пролиферациясы, микроциркуляциялық арна тамырларының жарылуы анықталды, ал желбезектердің құрылымында келесі патологиялық процестер байқалды: екінші реттік эпителий ламеллаларының пішінінің өзгеруі, желбезек эпителийінің гиперплазиясы (екінші реттік желбезек жапырақшаларының бірінші реттік желбезек жапырақшаларымен бірігіп кетуі), тыныс алу эпителийінің некрозы және ісінуі, сонымен қатар қан кету ошақтары анықталды. Сазан және көксерке балықтары дарақтарының көпшілігінде бір уақытта екі мүшенің патологиясы кездесті. Бауыр патологиялары сазан балықтарының 61,45%-ында, көксерке балықтарының 69,62%-ында анықталды. Желбезек құрылымдарының гистологиялық өзгерістері сазан дарақтарының 70,73%-ында және көксеркенің 61,25%-ында тіркелді. Зерттелген сазан балықтарының 9,28%-ында және көксерке балықтарының 8,37%-ында патологиялық процестер орын алмады. Сазан және көксерке балықтарының желбезектері мен бауырында анықталған патологиялық процестер Балқаш көлінің экожүйесіне әртүрлі қолайсыз факторлардың әсерін дәлелдейді.

Түйін сөздер: Сазан, көксерке, желбезек, бауыр, патология, ламелла, ісінулер, қан кету, некроз, гиперплазия.

Введение

Интенсивное влияние антропогенного воздействия на окружающую среду приводит к возникновению серьезных нарушений в функционировании экосистем [1]. Наглядным примером является озеро Балхаш, относящегося к Иле-Балхашскому бассейну, территория которого, в последнее время, подвергается высокому экологическому стрессу за счет антропогенных и природных факторов и, соответственно, требует регулярного контроля окружающей среды. Наиболее удобным методом для мониторинга водных экосистем является изучение морфологических и гистологических характеристик внутренних органов рыб [2, 3], который способен отражать динамику разрушения биотопов. Внутренние органы рыб характеризуются избирательной аккумуляцией ксенобиотиков [4, 5], при этом вещества, загрязняющие экосистемы, накапливаются в органах, таких как жабры, печень, эндокринные железы, желудочно-кишечный тракт, почки [6-8]. Особо чувствительным органом у рыб являются жабры, которые отвечают за дыхание и поддержание осмотического давления и кислотно-щелочного баланса жидкостей организма [9, 10]. Они играют важную роль в вы-

делении токсических продуктов метаболизма и в поддержании дренажа пищи [11, 12]. Поскольку большая площадь поверхности жабр контактирует с внешней средой, они чувствительны даже к незначительным химическим или физическим изменениям в окружающей среде и являются органом-мишенью для многих загрязнителей [13, 14]. Протекающая через жабры вода, подвергает орган постоянному контакту с токсическими веществами [15], что выражается в морфологических и гистологических изменениях структур органов [16]. Повреждения, возникающие в результате влияния экологических факторов являются прямой причиной смертности рыб [17]. Помимо этого, немаловажным биоиндикатором состояния организма является печень, которая выполняет множество метаболических функций, в том числе детоксикационную [18, 19].

В связи с вышеизложенным целью проводимого исследования является сравнительный анализ встречаемости патологий в жабрах и печени сазана и судака, обитающих в озере Балхаш для определения состояния окружающей среды. Данное исследование осуществлялось из природной экосистемы, тем самым для сопоставления полученных данных привлекаются литературные источники.

Материалы и методы исследования

Материалом исследований являются обыкновенный сазан (*Cyprinus carpio*) и обыкновенный судак (*Sander lucioperca*). Для исследования были взяты по 10 особей обоих полов сазана и судака, средняя масса, длина и другие параметры которых приведены в таблице 1.

Для гистологического анализа были отобраны жабры и печень сазана и судака, отловленных на западном побережье озера Балхаш, Алматинской области, Балхашского района, села Карай, на территории рыболовной базы «Дельта» (45°43'28.5»N 74°25'28.7»E) в весенний период. Материал для биоиндикационного исследования обрабатывался и фиксировался в полевых условиях. Для гистологического исследования

фиксацию осуществляли в 10% нейтральном формалине [20, 21]. Обезвоживание и уплотнение гистологического материала производили по стандартной методике [22]. Срезы изготавливали на ротационном микротоме толщиной не более 4-5 мкм. С каждого исследуемого органа, жабр и печени, изготавливались срезы в количестве не менее 15 предметных стекол. Срезы окрашивали обзорными красителями – гематоксилином и эозином [23]. Анализ гистологических препаратов проводили под световым микроскопом Micros MC-20. Цифровые микрофотографии были получены с помощью микроскопа “Leica DMLB2” с цифровой камерой Leica DFC 320. Морфометрическая обработка осуществлялась с помощью программы «Bio Vision», а статистическая с помощью Microsoft Excel.

Таблица 1 – Морфометрические показатели сазана и судака

Показатель		Название группы	
		Сазан	Судак
1.	Вся длина тела, см	50,3±1,3	60,8±1,9
2.	Длина без хвостового плавника, см	40,9±1,3	50,5±1,3
3.	Длина головы, см	10,5±0,1	12,7±1,9
4.	Длина хвостового стебля, см	9,4±9,4	12,6±7,2
5.	Длина туловища, см	30,4±1,1	40,1±1,1
6.	Максимальная высота тела, см	12,2±0,9	14,3±0,4
7.	Минимальная высота тела, см	5,3±0,01	6,0±0,5
8.	Высота головы, см	7,7±0,5	8,9±0,1
9.	Наибольший обхват тела, см	31,0±1,7	41,0±0,6
11.	Наибольшая толщина тела, см	6,0±1,1	8,2±1,5

Результаты исследования и их обсуждение

У изученных особей сазана и судака жабры имели классическое строение, и были представлены первичными жаберными лепестками, от которых отходили вторичные жаберные лепестки. В основе жаберных лепестков была расположена гиалиновая хрящевая дуга. Жаберный лепесток снаружи был покрыт первичным жаберным эпителием, который состоял из нескольких слоев плоских респираторных клеток. Помимо респираторных клеток в первичном жаберном эпителии располагались округлые палочковые и многочисленные слизистые клетки. В большинстве ламелл наблюдались отек первичного

жаберного эпителия, интенсивность которого была более выражена в базальном слое (рис. 1) и пролиферация респираторных клеток, которая нередко приводила к сращению вторичных жаберных лепестков. Вторичные жаберные лепестки у большинства особей были искривлены и имели булавовидную форму. Основу вторичных лепестков составляли столбчатые клетки, между которыми были расположены артериолы. Снаружи ламеллы были покрыты однослойным плоским эпителием, среди которого встречались крупные слизистые клетки. Кроме того, был отмечен отек вторичного жаберного эпителия, и его отслоение. В жабрах также отмечались нарушения сосудистого русла в виде деструкции сосудов, приводящей к образованию обширных

кровоизлияний, и некрозу респираторного эпителия (рис. 2). Встречаемость обнаруженных патологических нарушений жабр приведена в таблице 2. Согласно таблице 2 наиболее часто в жабрах сазана и судака отмечались изменения формы ламелл ($28,3 \pm 0,97\%$ и $26,21 \pm 0,87\%$ соответственно). Гиперпластические процессы

были обнаружены у $17,59 \pm 1,16\%$ особей сазана и $16,4 \pm 0,83\%$ у судака. Из других патологий в жабрах сазана и судака были отмечены некроз тканей ($6,65 \pm 0,27\%$ и $4,78 \pm 1,27\%$), очаги кровоизлияний ($9,67 \pm 0,81\%$ и $4,78 \pm 1,27\%$) и отек респираторного эпителия ($8,52 \pm 0,93\%$ и $9,54 \pm 0,83\%$).

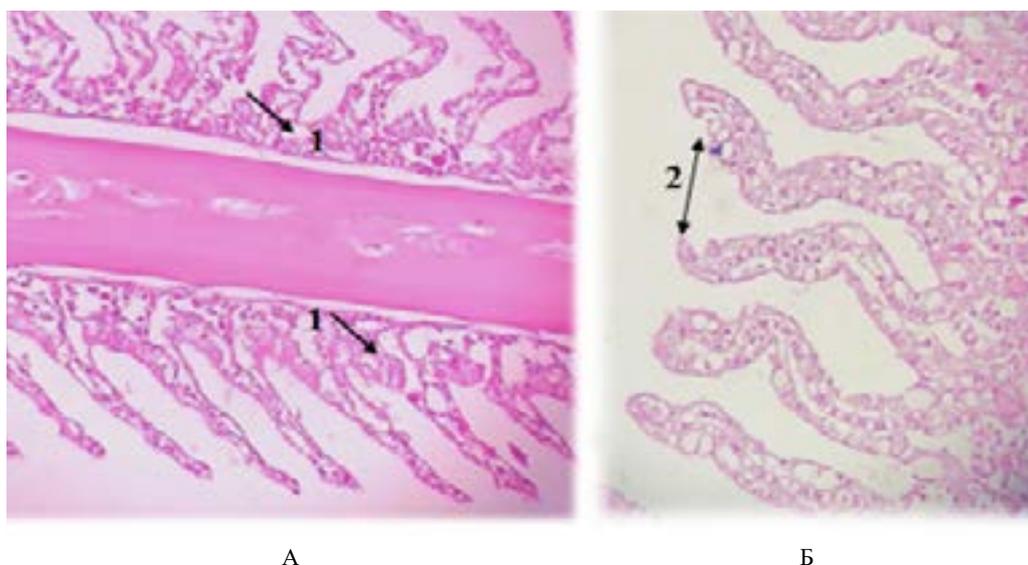


Рисунок 1 – Жабры судака. Отек эпителия лепестков жабр (1). Булавовидное изменение формы ламелл (2). Окраска гематоксилином и эозином. А – ув. х 200, Б – ув. х 400

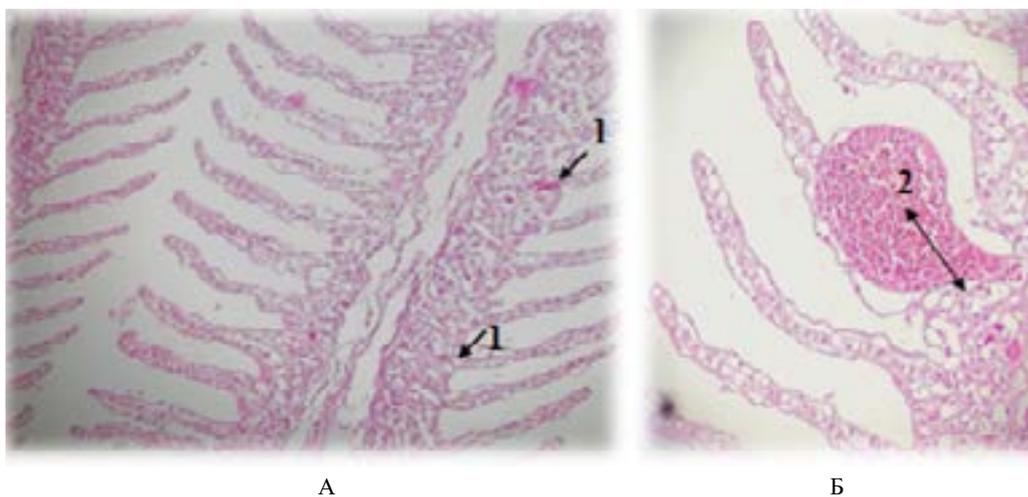


Рисунок 2 – Жабры сазана. Деструкция сосудистого слоя вторичных ламелл (1). Геморрагия (2). Окраска гематоксилином и эозином. А – ув. х 200, Б – ув. х 400

Печень сазана и судака имела трубчатую структуру, трубки были образованы 5-6 гепатоцитами с желчным капилляром в центре. Синусоиды печени были расширены, наблюдались

нарушения микроциркуляторного русла в виде разрыва стенок сосудов, стаза крови в крупных сосудах перипортальной зоны, расслоение крови на форменные элементы и плазму, и пери-

васкулярный отек (рис. 3). В паренхиме печени были отмечены крупнокапельная очаговая жировая дистрофия и пролиферация клеток Купфера (рис. 4). Встречаемость обнаруженных патологических нарушений печени приведена в таблице 3. Согласно таблице 3 наиболее частым патологическим нарушениям в печени сазана и судака были накопления липидов у обоих видов рыб, что было идентифицировано нами как жировая дистрофия, $36,59 \pm 0,18\%$ в пече-

ни сазана и $33,5 \pm 0,18\%$ у судака. Проллиферация клеток Купфера в большей степени была обнаружена в печени сазана ($12,41 \pm 0,76\%$), в то время как в печени судака составляла $8,84 \pm 0,76\%$. Нарушения микроциркуляторного русла встречались в печени судака ($13,7 \pm 1,65\%$) больше, чем в печени сазана ($8,2 \pm 1,65\%$). Полиморфизм ядер гепатоцитов особей судака составлял $13,58 \pm 0,72\%$ и $4,25 \pm 0,72\%$ у особей сазана.

Таблица 2 – Встречаемость патологий жабр сазана и судака, обитающих в озере Балхаш

Виды патологии	Встречаемость патологий жабр у сазана, %	Встречаемость патологий жабр у судака, %
1. Изменение формы ламелл вторичного эпителия	$28,3 \pm 0,97$	$26,21 \pm 0,87$
2. Гиперплазия жаберного эпителия	$17,59 \pm 1,16$	$16,4 \pm 0,83$
3. Некроз	$6,65 \pm 0,27$	$4,78 \pm 1,27$
4. Отек респираторного эпителия	$8,52 \pm 0,93$	$9,54 \pm 0,83$
5. Очаги кровоизлияний	$9,67 \pm 0,81$	$4,32 \pm 0,72$

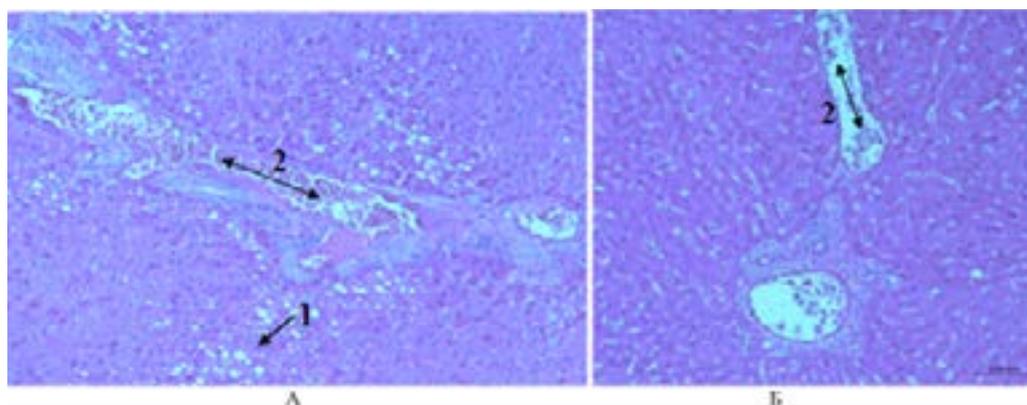


Рисунок 3 – Печень судака. Стаз крови в сосудах перипортального русла, отек и расслоение крови (2), жировая дистрофия (1). Окраска гематоксилином и эозином. А – ув. х 100, Б – ув. х 200

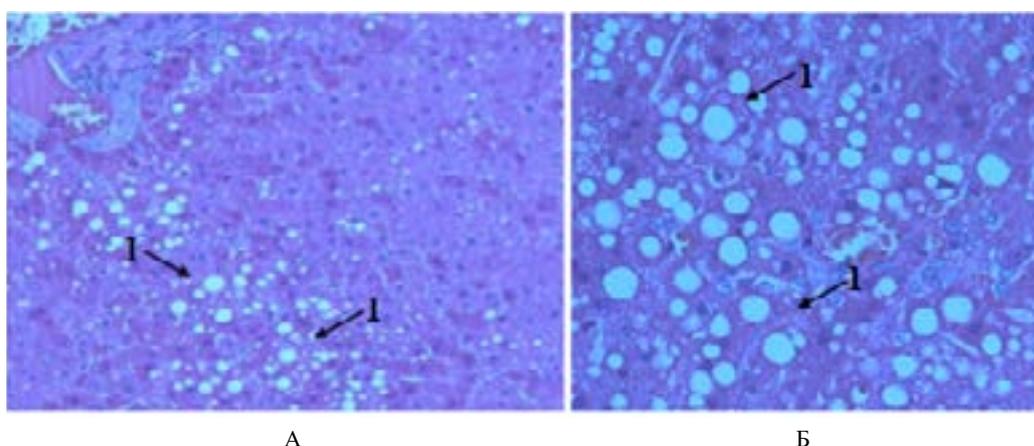


Рисунок 4 – Печень сазана. Жировые капли, заместившие клетки печеночной паренхимы (1). Окраска гематоксилином и эозином. А – ув. х 200, Б – ув. х 400

Таблица 3 – Встречаемость патологий жабр и печени сазана и судака, обитающих в озере Балхаш

Виды патологии	Встречаемость патологий печени у сазана, %	Встречаемость патологий печени у судака, %
1. Жировая дистрофия	36,59 ± 0,18	33,5 ± 0,18
2. Полиморфизм ядер	4,25 ± 0,72	13,58 ± 0,72
3. Проллиферация клеток Купфера	12,41 ± 0,76	8,84 ± 0,76
4. Нарушения микроциркуляторного русла	8,2 ± 1,65	13,7 ± 1,65

Общий анализ встречаемости всех патологий в печени составлял 61,45% у особей сазана и 69,62% у особей судака. Нарушения строения жабр зафиксированы у 70,73% особей сазана и 61,25% у судака. Большинство исследованных рыб имело патологии одновременно обоих органов. Количество рыб, не имеющих нарушений структуры жабр и печени, составляло 9,28% среди сазана и 8,37% у судака.

Таким образом, гистологическое изучение жабр и печени показало изменения формы ламелл, гиперплазию и отек респираторного эпителия, некроз и очаги кровоизлияний в жабрах, жировую дистрофию, полиморфизм ядер, пролиферацию клеток Купфера и нарушения микроциркуляторного русла в печени, некоторые патоморфологические изменения, в частности, гиперплазия и некроз в жабрах, жировая дистрофия и нарушения микроциркуляторного русла в печени были отмечены в органах пресноводных рыб, обитающих на Иле-Балхашском бассейне в работах Нуртазина С.Т. и Салмурзаулы Р. с соавторами [24, 25].

Полученные результаты указывают на растущую интенсивность влияния экологических факторов на экосистему озера Балхаш. Таким образом, гистологическое исследование жабр и печени сазана и судака, обитающих в озере

Балхаш показало высокий уровень загрязнения окружающей среды.

Выводы

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. В жабрах сазана и судака были выделены следующие патологические процессы: изменение формы ламелл вторичного эпителия, гиперплазия жаберного эпителия, некроз и отек респираторного эпителия, а также очаги кровоизлияний, общая встречаемость которых составляла 70,73% у особей сазана и 61,25% у судака.

2. В печени сазана и судака были выявлены жировая дистрофия, полиморфизм ядер, пролиферация клеток Купфера, нарушения микроциркуляторного русла, общая встречаемость которых составляла 61,45% у особей сазана и 69,62% у судака.

3. На основании выявленных повреждений тканей жабр и печени сазана и судака установлено, что рыбы, обитающие в озере Балхаш, подвергаются воздействию неблагоприятных факторов внешней среды.

Данная научная работа может быть использована для дальнейших мониторинговых исследований с целью биоиндикации состояния аквальных экосистем Иле-Балхашского бассейна.

Литература

- 1 Débora M. S. Santos, Mércia Regina S. Melo, Denise Carla S. Mendes, Iolanda Karoline B. S. Rocha, Jakeline Priscila L. Silva, Sildiane M. Cantanhêde, Paulo C. Meletti. Histological Changes in Gills of Two Fish Species as Indicators of Water Quality in Jansen Lagoon (São Luís, Maranhão State, Brazil)// International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2014. – p. 12928-12934
- 2 Márcio Moreira, Denise Schrama, Ana Paula Farinha, Marco Cerqueira, Cláudia Raposo de Magalhães, Raquel Carrilho, Pedro Rodrigues. Fish Pathology Research and Diagnosis; a Proteomics Perspective// Animals (Basel). – 2021. – p. 125.
- 3 Жапарова С.Б., Хамидулина Ж.К. Оценка экологического состояния малых водоемов Акмолинской области// Вестник Омского регионального института. – 2017. – С.129-134.
- 4 Суюнова А.Б., Заболотных М.В. Экологический мониторинг загрязнения ихтиофауны нефтепродуктами и тяжелыми металлами Казахстанского сектора Каспийского моря// Вестник КРАСГАУ. – 2016. – С. 83-90.

- 5 Гилева Т. А., Зиновьев Е.А. н. Костицына В. Содержание тяжелых металлов в органах и тканях рыб, обитающих в разнотипных водоемах пермского края// Аграрный вестник Урала № 8 (126). – 2014. – С.73-77.
- 6 Стеблевская, С.В. Чусовитина, Н.В. Полякова, Е.А. Жадько. Изучение элементного состава тканей и органов некоторых видов промысловых рыб бухты Северная залива Петра великого (Японское море)// Рыбохозяйственная токсикология. – 2016. – С. 96-102.
- 7 Santos T., Gomes V., Passos J. et al. Histopathological alterations in gills of juvenile Florida pompano *Trachinotus carolinus* (Perciformes, Carangidae) following sublethal acute and chronic exposure to naphthalene // Pan- American J. of Aquatic Sciences. – 2011. V. 6(2). P. 109–120.
- 8 Федорова Н.Н., Грушко М.П., Каниева Н.А. Патоморфологические изменения жизненно важных органов волжских рыб// Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. № 4. – 2019. – С. 104-109.
- 9 Колобов В.А. Ультраструктура хлоридных клеток жаберного эпителия молоди сими *Oncorhynchus masou* (SALMONIDAE) при изменении солёности воды// Вопросы ихтиологии. – 2014. – С. 620-623.
- 10 Müller-Belecke A., Zienert S. Out-of-season spawning of pike perch (*Sander lucioperca* L.) without need for hormonal treatments// Aquaculture Research. – 2008. – p.1279 – 1285.
- 11 Клишин А.Ю. Морфологические изменения ламелл и филламентов жабр щуки (*Esox lucius*). Научно-исследовательские публикации. – 2014. – С. 25-29.
- 12 Mezenova O.Ya., Morovvati N., Keshtkar S., Romiani E. Exposure of *Sparidentex hasta* to salinity challenge: a study of gill chloride cells and plasma glucose level// Известия ТИПРО. – 2019. – С. 63-71.
- 13 Минеев А.К. Морфофункциональные изменения у *Abramis brama* Саратовского водохранилища// Вопросы рыболовства. – 2015. – С. 334.
- 14 Костицына Н.В., Кузьменко О.П. Характеристика морфологических параметров респираторной поверхности жабр обыкновенного пескаря *Gobio gobio* (L.) из разнотипных водоемов Пермского края// Вестник Пермского университета. – 2014. – С. 68-72.
- 15 Лопарёва Т.Я., Шарипова О.А., Петрушенко Л.В. Уровень накопления токсикантов в мышечной ткани рыб в водных бассейнах Республики Казахстан// Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2016. – С. 115-122.
- 16 Крамар К.В. Содержание ртути в органах и тканях рыб// Символ науки: Международный научный журнал. – 2017. – С. 18-21.
- 17 Попов П.А., Андросова Н.В., Попов В.А. Характер накопления ртути в рыбах реки Оби// Российский журнал прикладной экологии. – 2019. – С. 51-56.
- 18 Минеев А.К. Морфофункциональные изменения у *Abramis brama* Саратовского водохранилища// Вопросы рыболовства. – 2015. – С. 345.
- 19 Грушко М.П., Фёдорова Н.Н., Насиханова М.Н. Состояние жизненно важных органов судака Волго-Каспийского бассейна// Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2013. – С. 108-112.
- 20 Romeis V. Microscopic technique // Publishing house of foreign literature. – 1954. – 718 p.
- 21 Роскин Г.И., Левинсон Л.Б. Микроскопическая техника// Советская наука. – 1957. – с. 234
- 22 Martoja R., Martoja-Pierson U. Unition auz techniques de l'histologie animal// Paris: Masson. – 1967. – 345 p.
- 23 Саркисов Д.С., Перов Ю.Л. Микроскопическая техника. Руководство для врачей и лаборантов//РАМН. – М. : Медицина. – 1996. – 544 с.
- 24 Нуртазин С.Т., Кобегенова С.С., Жаркова И.М., Решетова О.А. Морфологическое исследование внутренних органов отдельных видов рыб, обитающих в реке Иле в районе плотины// Вестник КазНУ. Серия экологическая. №3 (32). – 2011. – С.202-208.
- 25 Салмурзаулы Р., Нуртазин С.Т., Икласов М.К., Жаркова И.М. Экосистемы дельты реки Иле. Современное состояние и тенденции изменений: монография – Алматы: КазНУ – 2018. – С. 156-157

References

- 1 A.B. Suyunova, M.V. Zabolotnyh. (2016) Ekologicheskij monitoring zagryazneniya ihtiofauny nefteproduktami i tyazhelymi metallami Kazahstanskogo sektora Kaspijskogo morya [Environmental monitoring of fish fauna pollution by oil products and heavy metals in the Kazakhstan sector of the Caspian Sea]. Vestnik KRASGAU, pp. 83-90.
- 2 A. K. Mineev. (2015) Morfofunkcional'nye izmeneniya u leshcha *Abramis brama* Saratovskogo vodohranilishcha [Morphological and functional changes in the bream *Abramis brama* of the Saratov reservoir]. Voprosy rybolovstva, p. 334.
- 3 A. K. Mineev. (2015) Morfofunkcional'nye izmeneniya u leshcha *Abramis brama* Saratovskogo vodohranilishcha [Morphological and functional changes in the bream *Abramis brama* of the Saratov reservoir]. Voprosy rybolovstva, p. 345.
- 4 Débora M. S. Santos, Mércia Regina S. Melo, Denise Carla S. Mendes, Iolanda Karoline B. S. Rocha, Jakeline Priscila L. Silva, Sildiane M. Cantanhêde, Paulo C. Meletti. (2014) Histological Changes in Gills of Two Fish Species as Indicators of Water Quality in Jansen Lagoon (São Luís, Maranhão State, Brazil). International Journal of Environmental Research and Public Health, pp. 12928-12934
- 5 K.V. Kramar. (2017) Soderzhanie rtuti v organah i tkanyah ryb [The content of mercury in the organs and tissues of fish]. Simvol nauki: Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal, pp. 18-21.

- 6 Klishin A.YU. (2014) Morfunktional'nye izmeneniya lamell i filamentov zhabr shchuki (*Esox lucius*) [Morfunktional changes in gill lamellae and filaments of pike (*Esox lucius*)]. Nauchno-issledovatel'skie publikacii, pp. 25-29.
- 7 Müller-Belecke A., Zienert S. (2008) Out-of-season spawning of pike perch (*Sander lucioperca* L.) without need for hormonal treatments. *Aquaculture Research*, pp.1279 – 1285.
- 8 M. P. Grushko, N. N. Fyodorova, M. N. Nasihanova. (2013) Sostoyanie zhiznenno vazhnyh organov sudaka Volgo-Kaspijskogo bassejna [The state of the vital organs of the pike perch in the Volga-Caspian basin]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe hozyajstvo*, pp. 108-112.
- 9 Martoja R., Martoja-Pierson U. (1967) Unition aux techniques de l'histologie animal [Unition with techniques of animal histology]. Paris: Masson, p. 345
- 10 Márcio Moreira, Denise Schrama, Ana Paula Farinha, Marco Cerqueira, Cláudia Raposo de Magalhães, Raquel Carrilho, Pedro Rodrigues. (2021) Fish Pathology Research and Diagnosis; a Proteomics Perspective. *Animals (Basel)*, p. 125.
- 11 N. N. Fedorova, M. P. Grushko, N. A. Kanieva. (2019) Patomorfologicheskie izmeneniya zhiznenno vazhnyh organov volzhskih ryb [Pathomorphological changes in the vital organs of the Volga fish]. *Vestnik AGTU. Ser.: Rybnoe hozyajstvo*, no 4, pp.104-109.
- 12 N. V. Kosticyna, O. P. Kuz'menko. (2014) Harakteristika morfologicheskikh parametrov respiratornoj poverhnosti zhabr obyknovennogo peskarya *Gobio gobio* (L.) iz raznotipnyh vodoemov Permskogo kraja [Characteristics of the morphological parameters of the respiratory surface of the gills of the common gudgeon *Gobio gobio* (L.) from different water bodies of the Perm Territory]. *Vestnik Permskogo universiteta*, pp. 68-72.
- 13 Nurtazin S.T., Kobegenova S.S., ZHarkova I.M., Reshetova O.A. (2011) Morfologicheskoe issledovanie vnutrennih organov ot del'nyh vidov ryb, obitayushchih v reke Ile v rajone plotiny [Morphological study of the internal organs of certain fish species living in the Ile River in the area of the dam] *Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya*, no 3 (32), – pp. 202-208.
- 14 O.Ya. Mezenova, H. Morovvati, S. Keshtkar, E. Romiani. (2019) Exposure of Sparidentex hasta to salinity challenge: a study of gill chloride cells and plasma glucose level. *Izvestiya TINRO*, pp. 63-71.
- 15 P.A. Popov, N.V. Androsova, V.A. Popov. (2019) Harakter nakopleniya rtuti v rybah reki Obi [The nature of the accumulation of mercury in the fish of the Ob River]. *Rossijskij zhurnal prikladnoj ekologii*, pp. 51-56.
- 16 Romeis B. (1954) Microscopic technique. Publishing house of foreign literature, p. 718
- 17 Roskin G.I., Levinson L.B. (1957) Mikroskopicheskaya tekhnika [Microscopic technique]. *Sovetskaya nauka*, p. 234
- 18 Sarkisov D.S., Perov YU.L. (1996) Mikroskopicheskaya tekhnika. Rukovodstvo dlya vrachej i laborantov [Microscopic technique. Guide for doctors and laboratory technicians]. M. : Medicina. p. 544
- 19 Santos T., Gomes V., Passos J. et al. (2011) Histopathological alterations in gills of juvenile Florida pompano *Trachinotus carolinus* (Perciformes, Carangidae) following sublethal acute and chronic exposure to naphthalene. *Pan- American J. of Aquatic Sciences*, vol. 6(2), pp. 109–120.
- 20 Steblevskaya M., S.V. CHusovitina, N.V. Polyakova, E.A. ZHad'ko. (2016) Izuchenie elementnogo sostava tkanej i organov nekotoryh vidov promyslovyh ryb buhty Severnaya zaliva Petra velikogo (Yaponskoe more) [Study of the elemental composition of tissues and organs of some species of commercial fish in the Northern Bay of Peter the Great Bay (Sea of Japan)]. *Rybohozyajstvennaya toksikologiya*, pp. 96-102.
- 21 T. YA. Loparëva, O. A. SHaripova, L. V. Petrushenko. (2016) Uroven' nakopleniya toksikantov v myshechnoj tkani ryb v vodnyh bassejnah Respubliki Kazahstan [The level of accumulation of toxicants in the muscle tissue of fish in the water basins of the Republic of Kazakhstan] *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe hozyajstvo*, pp. 115-122.
- 22 T. A. Gileva, e. A. Zinov'ev, n. V. Kosticyna. (2014) Soderzhanie tyazhelyh metallov v organah i tkanyah ryb, obitayushchih v raznotipnyh vodoemah permskogo kraja [The content of heavy metals in the organs and tissues of fish inhabiting the different types of water bodies of the Perm Territory]. *Agrarnyj vestnik Urala*, no 8 (126), pp. 73-77.
- 23 V. A. Kolobov. (2014) Ul'trastruktura hloridnyh kletok zhabernogo epiteliya molodi simy *Oncorhynchus masou* (SALMONIDAE) pri izmenenii solyonosti vody [The ultrastructure of chloride cells of the branchial epithelium of juvenile *Sima Oncorhynchus masou* (SALMONIDAE) upon changes in water salinity]. *Voprosy ihtiologii*, pp. 620-623.
- 24 ZHaparova S.B., Hamidullina ZH.K. (2017) Ocenka ekologicheskogo sostoyaniya malyh vodoemov Akmolinskoj oblasti [Assessment of the ecological state of small reservoirs of the Akmola region]. *Vestnik Omskogo regional'nogo instituta*, pp. 129-134.
- 25 R. Salmurzauly, S.T. Nurtazin, M.K. Iklasov, I.M. ZHarkova. (2018) Ekosistemy del'ty rekindle Ile. Sovremennoe sostoyanie i tendencii izmenenij: monografiya [Ecosystems of the Ile River Delta. Current state and trends: monograph]. Almaty: KazNU, pp. 156-157