

© Л.С. ПАШИНА, И.С. НЕКРАСОВ, А.Г. СЕЛЮКОВ

Тюменский государственный университет
rikkaurtica@yandex.ru, innok373@mail.ru, ags-bios@yandex.ru

УДК 597.5:591.8:574.24

**ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЖАБЕРНОГО АППАРАТА
СИГОВЫХ РЫБ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОЙ СОСЬВЫ**

**PATHOMORPHOLOGICAL ALTERATIONS
OF THE GILL APPARATUS OF WHITEFISH (COREGONIDAE)
IN THE CONDITIONS OF THE NORTHERN SOS'VA**

Сиговые рыбы являются наименее резистентными к антропогенным изменениям среды видами в структуре ихтиофауны Обь-Иртышского бассейна. Жаберный аппарат относится к индикаторным органам, состояние которых позволяет дать оценку общему морфофункциональному статусу вида. С использованием метода гистологического анализа оценивали состояние жаберного аппарата у сиговых рыб реки Северная Сосьва в период летнего нагула. У всех исследуемых видов рыб были обнаружены патоморфологические изменения данного органа, степень выраженности которых снижается в ряду пелядь — сиг-пыжьян — тугун. Доминирующим типом патологий является гиперплазия респираторного эпителия. Наименьшее количество отклонений жаберного аппарата у тугуна обусловлено тем, что данный вид редко покидает границы бассейна Северной Сосьвы, условия которой более благоприятны в сравнении с Обью и Обской губой. Значительное количество регистрируемых патологий жаберного аппарата у сиговых рыб Северной Сосьвы свидетельствует об умеренно напряженном характере водной среды и может быть связано с неблагоприятным гидрохимическим режимом реки в летний период 2012 года.

Coregonids are the species in the structure of the fish fauna of the Ob-Irtysh basin that remains the least resistant to the anthropogenic change of environment. The gill apparatus is one of the indicator organs as its state allows us to make conclusions as for the general morphofunctional state of the species. The state of the gills in whitefish in the Northern Sos'va River during the summer feeding period was evaluated using the histological method of analysis. All the observed fish species had some pathological alterations in their gills. The manifestation rate of such alterations decreases in the following range: peled, Siberian Coregonid fish, tugun. Hyperplasia of the gill epithelium is the dominating pathology type. Tugun rarely leaves the basin of the Northern Sos'va so it has the least rate of gills deviations, because conditions of that river are more favorable in comparison with the Ob River or with the Gulf of Ob. A significant number of pathological alterations of the gills of whitefish confirms that the character of the aquatic environment was moderately stressful and seems to be caused by the unfavorable hydrochemical regime of the river in the summer of 2012.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Жабры, патологии жаберного аппарата, пелядь, сиг-пыжьян, тугун, Северная Сосьва.

KEY WORDS. Gills, pathological alterations of gills, peled, Siberian whitefish, tugun, the Northern Sos'va River.

Река Северная Сосьва и ее основные притоки играют в Обь-Иртышском бассейне главную роль в воспроизводстве таких ценных видов сиговых рыб как тугун, пелядь и чир [1]. В то же время для данного региона именно эти виды являются наименее резистентными к антропогенным изменениям среды [2]. Интоксикации в первую очередь сказываются на структуре таких органов-мишеней как жабры, печень и почки. Морфологические показатели данных органов характеризуют функциональное состояние особей в исследуемых водоемах [3-4].

Жаберный аппарат, наряду с газообменом и водно-солевым обменом, выполняет в организме рыб барьерную функцию и обладает наивысшей реактивностью в сравнении с другими органами, так как наиболее быстро отвечает на изменения гидрохимического режима [5-6]. Анализ состояния жаберного аппарата часто используется для оценки морфофункционального статуса рыб [7-9] как высшего трофического звена пресноводных экосистем.

Цель работы заключалась в количественной оценке состояния жаберного аппарата сиговых рыб бассейна реки Северная Сосьва в период летнего нагула.

Материалы и методы. Сбор ихтиологического материала производили в среднем течении реки Северная Сосьва вблизи пос. Алтатума Березовского района ХМАО с 14 по 21 июля 2012 года. Состояние внешних покровов и внутренних органов отловленных особей оценивали визуально, возраст определяли по чешуе. Всего исследовано 43 экземпляра сиговых рыб, включая пелядь *Coregonus peled* (22), сига-пыжьяна *C. lavaretus pidschian* (8) и тугуна *C. tugin* (13). Участки жаберного аппарата фиксировали в смеси Буэна для гистологического анализа, который проводили в лаборатории реконструкции биосистем Института биологии ТюмГУ по стандартным методикам [10-11]. Серийные парафиновые срезы толщиной 5 мкм готовили на автоматизированном ротационном микротоме НМ 335S («MICROM»), препараты окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну, заключали в среду Bio Mount («Bio Optica») и анализировали на микроскопе AxioImager A1 («Zeiss») при увеличениях 40×, 100×, 200×, 400× и 1000× с использованием программного обеспечения AxioVision 4.7.1. («Zeiss»). Препараты фотографировали камерой AxioCam MRc5 («Zeiss»).

Для каждой особи на подготовленных препаратах случайным образом выбирали 15 исследуемых участков респираторного эпителия (по 3 участка на срезе) с 5-6 ламеллами. Измеряли общую площадь участка, ширину респираторной ламеллы и толщину афферентной зоны, учитывали количество слоев вставочного эпителия и число слизистых клеток, находили относительные площади участков с патологиями различных типов. Для статистического анализа использовали программный пакет STATISTICA Statsoft, Inc. (v.6) и MS Excel (2007). Сравнения между выборками проводили с использованием критериев Колмогорова-Смирнова и Манна-Уитни, различия определяли с достоверностью 0,95.

Результаты и их обсуждение. В жаберном аппарате пеляди были обнаружены патологии шести регистрируемых типов (рис. 1). Наиболее часто отмечали гиперплазию респираторного эпителия, выраженную в различной

степени (рис. 2а). Вторым по распространенности типом патологий жаберного аппарата оказалось разрушение ламелл (рис. 2б) — крайняя степень проявления их деструктивных изменений. Реже наблюдали такие нарушения как десквамация респираторного эпителия (рис. 2в), утолщение ламелл и их слияние (рис. 2г). У отдельных экземпляров отмечали аневризмы (рис. 2д) — образование заполненных кровью полостей внутри респираторных ламелл.

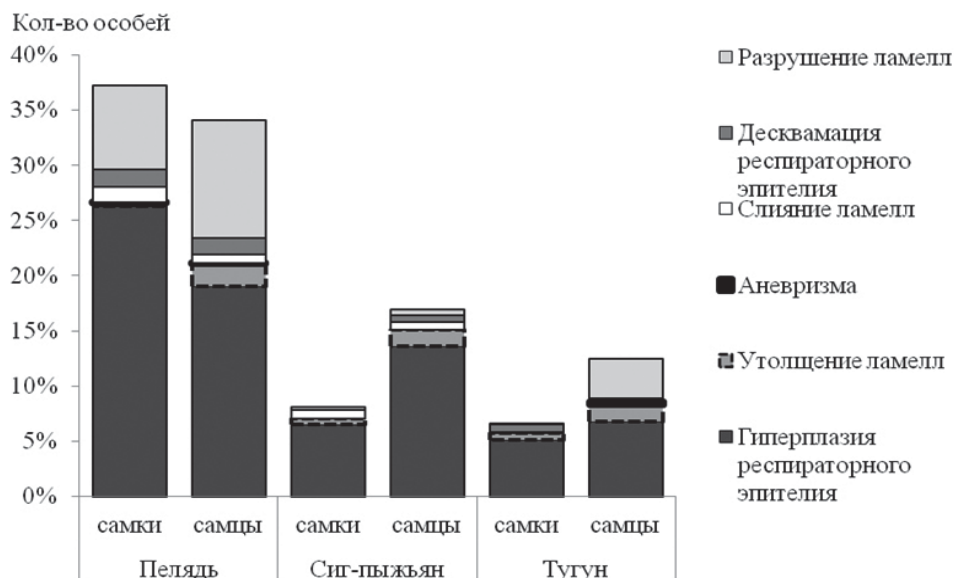


Рис. 1. Соотношение различных типов патологий жаберного аппарата у самцов и самок исследуемых видов сиговых рыб

Сопоставление состояния жаберного аппарата и репродуктивной системы показало, что наибольшее количество деструктивных изменений респираторного эпителия регистрируется у рыб с максимальным значением гонадосоматического индекса (%). По-видимому, энергетические ресурсы организма у них направлены на созревание половых продуктов, отчего сопротивляемость неблагоприятным факторам среды снижается. У особей, которые пропускают очередную нерест, выраженность патологий жаберного аппарата меньше.

Ширина респираторных ламелл и толщина вставочного эпителия для данного вида достаточно стабильны (табл 1). Более вариабельным показателем является относительное количество слизистых клеток: CV этого признака достигает 105,3 у самок пеляди. Можно предположить, что усиление продукции слизи у ряда особей (рис. 2е) происходило в ответ на токсическое или иное неблагоприятное воздействие среды, поскольку оно является одним из способов увеличения дистанции «кровь-среда» [12]. При этом общее количество патологий респираторного эпителия у таких особей снижается, но возрастает степень поражения отдельных участков.

В жаберном аппарате *сига-пыжьяна* средние значения ширины респираторных ламелл, числа слоев клеток афферентной зоны и ее толщины, а также относительного количества слизистых клеток незначительно выше у самцов

(табл. 1). На основе критерия Манна-Уитни установили достоверную разницу между полами по общей доле патологий жаберного аппарата: она выше у самцов, составляя 16,9% (у самок — 8,1 %). Так же, как и у пеляди, у сига-пыжьяна среди жаберных патологий наиболее распространена гиперплазия респираторного эпителия (рис. 1). Нарушения других типов не превышают одного процента, за исключением утолщений ламелл у самцов (1,6 %).

Таблица 1

Морфометрические и патогистологические показатели жаберного аппарата сиговых рыб р. Северная Сосьва

Показатели	Вид								
	Пелядь			Сиг-пыжьян			Тугун		
	Самки (9 экз.)	Самцы (13 экз.)	p<0,05	Самки (2 экз.)	Самцы (6 экз.)	p<0,05	Самки (8 экз.)	Самцы (5 экз.)	p<0,05
Средняя ширина респираторной ламеллы, мкм	23,71±1,01	23,10±0,49	-	22,01±2,43	23,51±1,12	-	19,87±0,59	19,22±0,61	-
	19,42-27,69 (12,77)	19,72-26,40 (7,58)	-	19,58-24,44 (15,60)	19,44-27,85 (11,66)	-	17,12-22,66 (8,42)	17,75-21,47 (7,15)	-
Количество слоев вставочного эпителия	4,06±0,21	3,94±0,12	-	3,47±0,33	3,70±0,19	-	3,25±0,12	2,87±0,19	-
	3,27-5,00 (15,42)	3,20-4,67 (11,00)	-	3,13-3,80 (13,60)	3,27-4,53 (12,68)	-	2,60-3,67 (10,33)	2,27-3,40 (14,62)	-
Толщина вставочного эпителия, мкм	29,48±2,10	28,48±1,08	-	23,54±2,84	28,84±4,59	-	21,52±0,51	18,92±0,94	*
	24,42-41,35 (21,38)	23,29-37,00 (13,73)	-	20,70-26,39 (17,08)	21,47-51,35 (38,94)	-	18,65-23,22 (6,70)	17,19-21,84 (11,12)	*
Количество слизистых клеток на 10000 мкм ²	1,15±0,40	0,78±0,10	-	0,73±0,26	1,62±0,45	-	1,38 ± 0,26	1,15±0,18	-
	0,12-4,12 (105,35)	0,32-1,65 (45,25)	-	0,48-0,99 (49,68)	0,68-3,31 (68,63)	-	0,27-2,17 (53,29)	0,81-1,79 (35,09)	-
Относительная площадь патологий, %	37,22±6,47	34,08±4,19	-	8,13±2,88	16,92±3,30	*	6,64 ± 1,46	12,41±3,75	-
	6,05-63,30 (52,12)	15,88-66,39 (44,37)	-	5,25-11,01 (50,04)	11,16-29,53 (47,80)	*	2,35-12,99 (62,22)	3,03-25,91 (67,48)	-

Примечание: над чертой приведены средняя арифметическая и стандартная ошибка, под чертой — пределы варьирования; в скобках указан коэффициент вариации (CV), %.

Сравнение исследуемых показателей жабр тугуна показало, что у этого вида значения ширины респираторных ламелл, параметров афферентной зоны и относительного числа слизистых клеток несколько больше у самок, однако различия между полами достоверны только для толщины вставочного эпителия. Относительная площадь патологий респираторного эпителия у тугуна была наименьшей по сравнению с ранее исследованными видами. Доля большинства типов регистрируемых нарушений не превышала одного процента, за исключением гиперплазии (рис. 3а), а также утолщения и деструкции ламелл у отдельных самцов (рис. 3б). В жаберном аппарате некоторых особей регистрировали патологии филаментов (рис. 3в). При вскрытии рыб и фиксации органов лишь

у отдельных экземпляров отмечали редкие цисты паразитов в почках, однако в ходе гистологического анализа препаратов жабр были выявлены жаберные паразиты у 15,4% тугуна (рис. 3г).

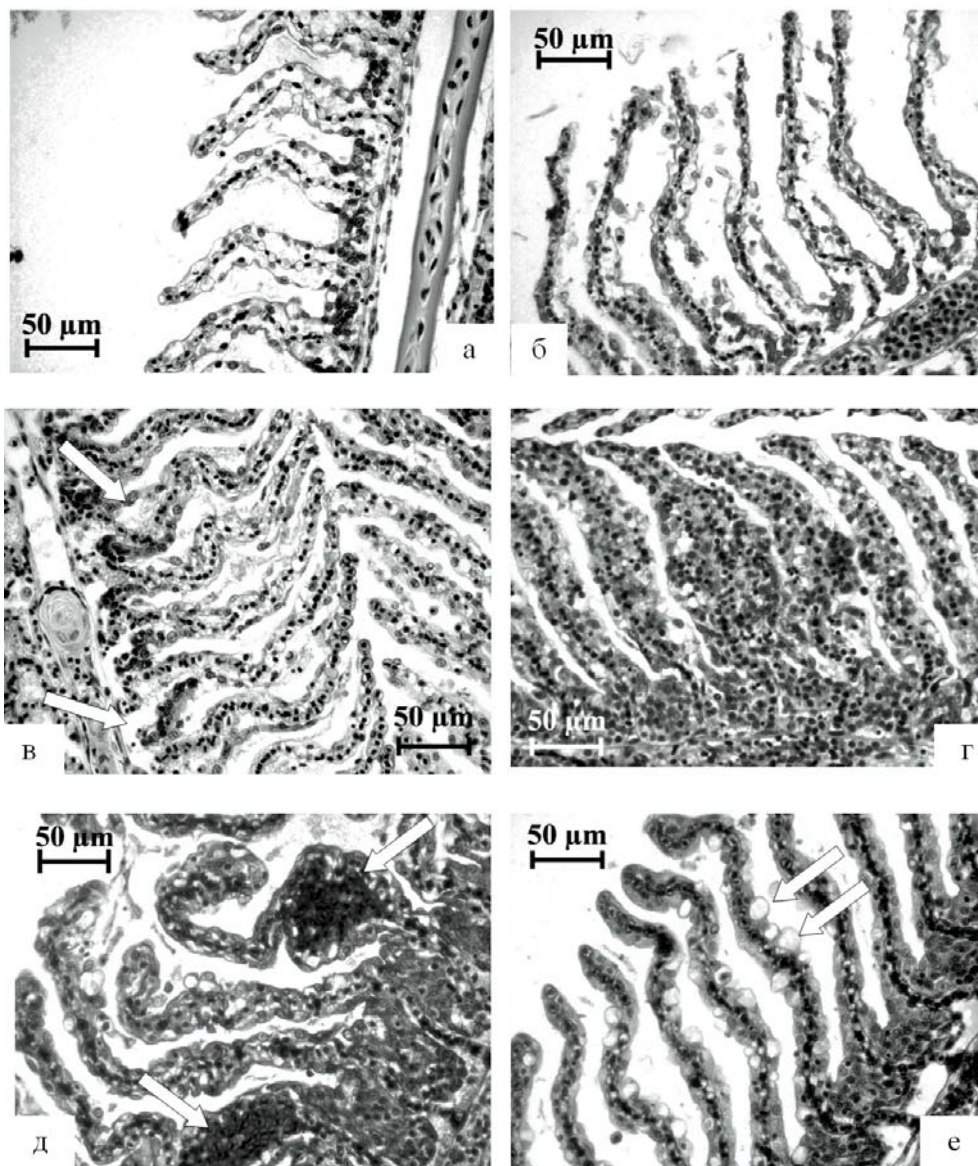


Рис. 2. Патоморфологические изменения жаберного аппарата пеляди:
а — выраженная гиперплазия респираторного эпителия; б — разрушение ламелл;
в — десквамация первичного и вторичного эпителия (стрелки);
г — утолщение и слияние ламелл; д — аневризмы (стрелки);
е — увеличение количества слизистых клеток (стрелки).

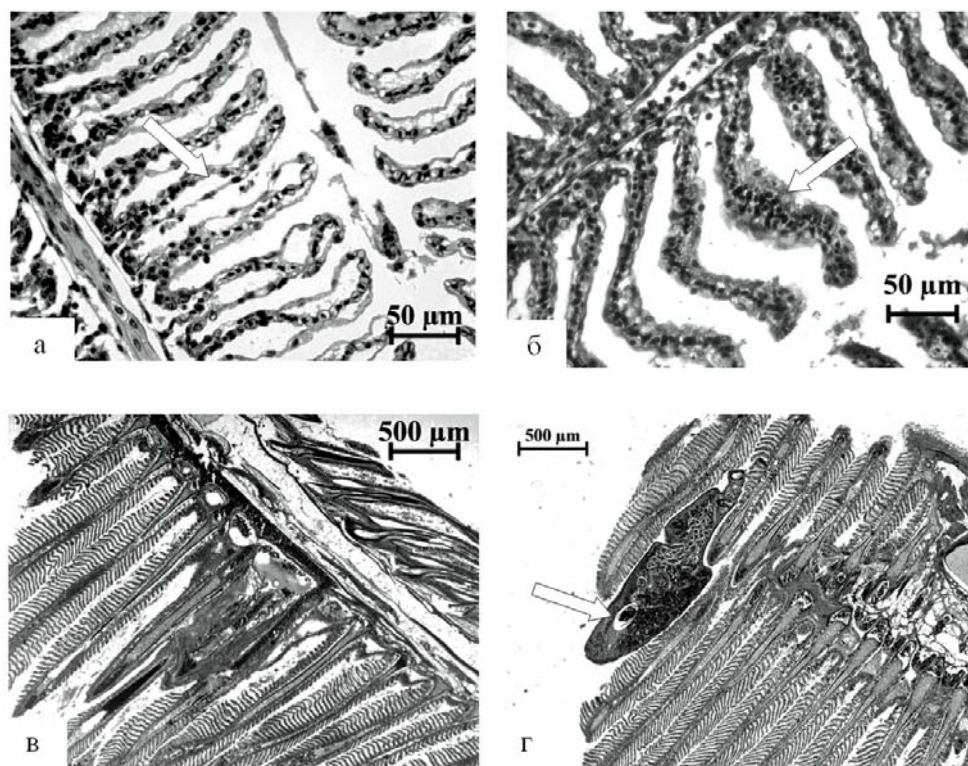


Рис. 3. Состояние жаберного аппарата у исследуемых особей тугуна:
 а — выраженная гиперплазия респираторного эпителия (стрелка);
 б — утолщение ламеллы (стрелка); в — срастание филламентов и разрушение респираторного эпителия; г — гельминт между филламентами (стрелка)

Таким образом, у всех исследуемых видов рыб в Северной Сосьве в той или иной степени были выражены патологии жаберного аппарата, доминирующим типом среди которых является гиперплазия респираторного эпителия. Максимальное количество нарушений жаберного аппарата было показано для пеляди, минимальное — для тугуна, что может быть связано как с меньшей продолжительностью жизненного цикла данного вида, так и с небольшой протяженностью его нерестовых и нагульных миграций в относительно чистой среде. Редко выходя за пределы бассейна реки Северная Сосьва, данный вид является своеобразным индикатором ее экологического статуса. Наименьшее количество отклонений в структуре внутренних органов тугуна позволяет говорить о том, что условия данной реки более благоприятны, чем в других водоемах Обского бассейна, где проходит значительная часть жизненного цикла пеляди и сига-пыжьяна. Миграции сига-пыжьяна менее протяженны и ограничены более чистыми водами Нижней Оби и Обской губы, в сравнении с миграциями обской пеляди, пролегающими через загрязненную Среднюю Обь.

В целом сиговые рыбы различных экологических групп в Северной Сосьве обладают рядом патоморфологических изменений жаберного аппарата, что свидетельствует об умеренно напряженном характере водной среды и может

быть связано с неблагоприятным гидрохимическим режимом реки в летний период 2012 г. Низкий и кратковременный весенний паводок, значительное падение уровня при устойчивом поступлении болотных вод с водосбора, высокие температуры воды — все это не могло не ухудшить условий обитания рыб и не отразиться на состоянии их внутренних органов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Характеристика экосистемы реки Северной Сосьвы / Под ред. Л.Н. Добринского. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 256 с.
2. Селюков А.Г. Морфофункциональный статус рыб Обь-Иртышского бассейна в современных условиях. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2007. 184 с.
3. Исаков П.В., Селюков А.Г. Сиговые рыбы в экосистеме Обской губы. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2010. 184 с.
4. Лукьяненко В.И. Общая ихтиотоксикология. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 318 с.
5. Гаврюсева Т.В. Влияние абиотических и биотических факторов на состояние здоровья молоди тихоокеанских лососей в ранний пресноводный период // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 14. 2009. С. 84-99.
6. Грищенко Л.И., Акбаев М.Ш., Васильков Г.В. Болезни рыб и основы рыбоводства. М.: Колос, 1999. 456 с.
7. Матей В.Е. Функциональная морфология жаберного эпителия пресноводных костистых рыб // Физиология, биохимия и токсикология пресноводных животных. Л.: Наука, 1990. С. 104-141.
8. Сафиханова Х.М., Оруджева А.М., Рустамов Э.К. Гистопатологические изменения в жаберной ткани у сазана в результате воздействия сырой нефти высоких концентраций // Вестник МГОУ. 2012. № 4. С. 62-67.
9. Амплеева А.В., Ложниченко О.В. Патологические изменения почек и жабр белорыбицы Волго-Каспийского бассейна // Вестник АГТУ. 2010. № 2. С. 116-118.
10. Микодина Е.В. и др. Гистология для ихтиологов: Опыт и советы. М.: ВНИРО, 2009. 112 с.
11. Комплексные гидрохимические и биологические исследования качества вод и состояния водных и околоводных экосистем / Под ред. Т.И. Мойсеенко. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2012. 304 с.
12. Матей В.Е., Жабрева С.Б. Изменение ультраструктуры клеток жаберного эпителия карпа при экспериментальном закислении среды // Цитология. 1989. Т. 31. № 4. С. 398-403.

REFERENCES

1. *Kharakteristika ekosistemy reki Severnoi Sos'vy* [Characteristics of the North Sosva River Ecosystem] / Ed. L.N. Dobrinski. Sverdlovsk, 1990. 256 p. (in Russian).
2. Seliukov, A.G. *Morfofunktsional'nyi status ryb Ob'-Irtyskogo basseina v sovremennykh usloviakh* [Morphofunctional State of Fish in the Ob-Irtysh Basin in Modern Conditions]. Tyumen, 2007. 184 p. (in Russian).
3. Isakov, P.V., Seliukov, A.G. *Sigovye ryby v ekosisteme Obskoi guby* [Coregonids in the Gulf of Ob Ecosystem]. Tyumen, 2010, 184 p. (in Russian).
4. Luk'ianenko, V.I. *Obshchaia ikhtiotoksikologiya* [Fundamentals of Fish Toxicology], Moscow, 1983. 318 p. (in Russian).

5. Gavriuseva, T.V. The influence of the abiotical and biotical factors on the health of pacific salmon juveniles at the early fresh water period // *Issledovaniia vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoi chasti Tikhogo okeana* [Studies of the Aquatic Biological Resources of Kamchatka and of the North-West Part of the Pacific Ocean]. Vol. 14. 2009. Pp. 84-99. (in Russian).
6. Grishchenko, L.I., Akbaev, M.Sh., Vasil'kov, G.V. *Bolezni ryb i osnovy rybovodstva* [Diseases of Fish and Basics of Fish Farming]. Moscow, 1999. 456 p. (in Russian).
7. Matei, V.E. Functional Morphology of the Gill Epithelium of Freshwater Teleosts // *Fiziologiya, biokhimiia i toksikologiya presnovodnykh zhivotnykh* [Physiology, Biochemistry and Toxicology of Freshwater Animals]. Leningrad: Nauka, 1990. Pp. 104-141. (in Russian).
8. Safikhanova, Kh.M., Orudzheva, A.M., Rustamov, E.K. Histopathological changes in the gill tissue of carp exposed to high concentrations of crude oil. *Vestnik MGOU — Bulletin of Moscow Region State University*. № 4. 2012. Pp. 62-67. (in Russian).
9. Ampleeva, A.V., Lozhnichenko, O.V. Pathological changes in the kidney and gill of inconnus in Volga-Caspian basin. *Vestnik AGTU — Bulletin of the Astrakhan State Technical University*. 2010. № 2. Pp. 116-118. (in Russian).
10. Mikodina, E.V. et al. *Gistologiya dlia ikhtiologov: Opyt i sovery* [Histology for Ichthyologists: Experience and Advice]. Moscow, 2009. 112 p. (in Russian).
11. *Kompleksnye gidrokhimicheskie i biologicheskie issledovaniia kachestva vod i sostoianiia vodnykh i okolovodnykh ekosistem* [Integrated Hydrochemical and Biological Studies of Water Quality and the State of Water and Water Related Ecosystems] / Ed. T.I. Moiseenko. Tyumen, 2012. 304 p. (in Russian).
12. Matei, V.E., Zhabreva, S.B. Changes in cell ultrastructure of the carp's gill epithelium during experimental acidification. *Tsitologiya — Cytology*. Vol. 31. № 4. 1989. Pp. 398-403. (in Russian).

Авторы публикации

Пашина Людмила Сергеевна — аспирант кафедры зоологии и эволюционной экологии животных Института биологии Тюменского государственного университета

Некрасов Иннокентий Сергеевич — ассистент кафедры зоологии и эволюционной экологии животных Института биологии Тюменского государственного университета

Селюков Александр Германович — профессор кафедры зоологии и эволюционной экологии животных Института биологии Тюменского государственного университета, доктор биологических наук

Authors of the publication

Lyudmila S. Pashina — Post-graduate Student, Department of Zoology and Evolution Ecology of Animals, Institute of Biology, Tyumen State University

Innokentii S. Nekrasov — Assistant, Department of Zoology and Evolution Ecology of Animals, Institute of Biology, Tyumen State University

Alexander G. Selyukov — Dr. Sci. (Biol.), Professor, Department of Zoology and Evolution Ecology of Animals, Institute of Biology, Tyumen State University