

Оригинальная статья / Original article
УДК 597-12(282.247.41)
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-48-60

Морфологическая характеристика и экологическое значение опухолей рыб Волго-Каспийского бассейна

Виктория В. Володина¹ , Мария П. Грушко², Надежда Н. Федорова²,
Елена А. Воронина¹, Надежда Ю. Терпугова¹, Марина А. Гуляева^{3,4}

¹Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), Астрахань, Россия,

²Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

³Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, Новосибирск, Россия

⁴Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Контактное лицо

Виктория В. Володина, кандидат биологических наук, лаборатория ихтиопатологии, Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»); 414056 Россия, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1.
Тел. +79086233405
Email volodinavict@yandex.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2743-1615>

Формат цитирования

Володина В.В., Грушко М.П., Федорова Н.Н., Воронина Е.А., Терпугова Н.Ю., Гуляева М.А. Морфологическая характеристика и экологическое значение опухолей рыб Волго-Каспийского бассейна // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 2. С. 48-60. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-48-60

Получена 12 сентября 2019 г.
Прошла рецензирование 20 ноября 2019 г.
Принята 15 января 2020 г.

Резюме

Цель. Исследовать гистологическую структуру опухолей у рыб в дельте Волги и северной части Каспийского моря для оценки качества среды обитания гидробионтов.

Материал и методы. Проанализированы новообразования, зарегистрированные у следующих представителей ихтиофауны: сельдь-черноспинки, воблы, жереха, окуня, сазана, щуки, судака, сома и леща. Биологический материал отбирали во время специализированных научно-исследовательских экспедиций в дельту Волги в апреле-октябре 2015-2018 гг. Обработку проб осуществляли в соответствии с общепринятыми в гистологии методиками.

Результаты. Выявлено, что опухоли локализовались как на поверхности тела, так и во внутренних органах рыб. За период исследования у обследованных особей диагностированы следующие онкологические заболевания: аденокистома, базалиома, гепатоцеллюлярный рак, полипозный рак, рабдомиома, фибросаркома, фолликулома, эпидермальная папиллома. Самой распространенной патологией в популяции полупроходных, проходных и речных рыб являлась опухоль злокачественного характера – фибросаркома, зарегистрированная у шести из десяти обследованных видов ихтиофауны. Наиболее часто встречалась эпителиальная папиллома у сома. У красноперки проявления онкологических болезней не обнаружено.

Заключение. Гистологический анализ новообразований, зарегистрированных у волжской ихтиофауны, показал, что ряд выявленных нарушений носят необратимый характер, что неминуемо приведет к снижению рыбных ресурсов и в целом указывает на экологическое неблагополучие среды обитания гидробионтов.

Ключевые слова

Новообразования, гистологическая структура, патологии, загрязняющие вещества, негативное влияние.

Morphological characteristics and ecological significance of Volga-Caspian Basin fish tumors

Viktoriya V. Volodina¹ , Mariya P. Grushko², Nadezhda N. Fedorova²,
Elena A. Voronina¹, Nadezhda Yu. Terpugova¹ and Marina A. Gulyaeva^{3,4}

¹Volga-Caspian Branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Astrakhan, Russia

²Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

³Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia

⁴Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Principal contact

Viktoriya V. Volodina, Candidate of Biological Sciences, Volga-Caspian Branch, All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; 1 Savushkina St, Astrakhan, Russia 414056. Tel. +79086233405
Email volodinavict@yandex.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2743-1615>

How to cite this article

Volodina V.V., Grushko M.P., Fedorova N.N., Voronina E.A., Terpugova N.Yu., Gulyaeva M.A. Morphological characteristics and ecological significance of Volga-Caspian Basin fish tumors. *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 2, pp. 48-60. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-48-60

Received 12 September 2019

Revised 20 November 2019

Accepted 15 January 2020

Abstract

Aim. To investigate the histological structure of fish tumors in the Volga Delta and the northern part of the Caspian Sea to assess the habitat quality of aquatic organisms.

Material and Methods. Neoplasms identified in the following representatives of ichthyofauna were analyzed: black-backed herring, roach, asp, perch, carp, pike, zander, catfish and bream. Biological material was collected during specialized scientific research expeditions to the Volga Delta in April-October 2015-2018. Sample analysis were carried out in accordance with standard histological techniques.

Results. The research shows that tumors were localized both on the surface of the body and in the internal organs of fish. During the period of investigation individuals examined were diagnosed with the following cancers: adenomectomy, basal cell carcinoma, hepatocellular carcinoma, polypous cancer, rhabdomyoma, fibrosarcoma and follicular, epidermal papilloma. The most common pathology in the populations of semi-migratory, migratory and river fish was a malignant tumor, fibrosarcoma, registered in six of the ten examined ichthyofauna species. Epithelial papilloma was most often observed in catfish. There were no oncological diseases were detected in rudd.

Conclusions. Histological analysis of tumors recorded in the Volga ichthyofauna has shown that a number of identified disorders are irreversible and will inevitably lead to the reduction of fish resources as well as generally indicating the environmental problems of the habitat of aquatic organisms.

Key Words

Neoplasms, histological structure, pathology, pollutants, negative impact.

ВВЕДЕНИЕ

Опухоли характеризуются атипичным строением составляющих их клеток, неограниченным и относительно автономным безграничным ростом, отличаются способностью к инфильтративному росту, разрушению окружающих тканей и метастазированию. Онкологические заболевания, как правило, приводят к нарушению нейроэндокринного, иммунного и метаболического статуса организма. Неоплазма потребляет питательные вещества, энергетические субстраты и пластические компоненты, необходимые для нормальной жизнедеятельности организма, вызывает его интоксикацию продуктами своего метаболизма и распада. Опухолевый рост может быть следствием воздействия на организм комплекса абиотических и биотических факторов, поэтому оценка состояния ихтиофауны по онкологическим заболеваниям может являться одним из критериев экологического благополучия водоема [1-3].

Целью данной работы явилась оценка среды обитания гидробионтов на основе материалов онкологического мониторинга промысловых видов рыб.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследований являлись половозрелые полупроходные, проходные и речные представители ихтиофауны, отловленные с апреля по октябрь 2015-2018 гг. в дельте Волги и северной части Каспийского моря: сельдь-черноспинка (*Alosa kessleri volgensis*) (175 экз.), красноперка (*Scardinius erythrophthalmus*) (313), вобла (*Rutilus caspicus*) (401), жерех (*Aspius aspius*) (891),

окунь (*Perca fluviatilis*) (980), сазан (*Cyprinus carpio*) (1280), щука (*Esox lucius*) (1931), судак (*Sander lucioperca*) (6488), сом (*Silurus glanis*) (9844) и лещ (*Abramis brama*) (11849). Внешний вид рыб и обнаруженные изменения морфологических характеристик подробно описывали и фотографировали.

Образцы патологически измененных тканей отбирали для гистологического исследования. Фрагменты этих тканей фиксировали в 10%-ом растворе нейтрального формалина, проводили в спиртах возрастающей крепости и заливали в парафин, получали с помощью микротомы срезы толщиной 5-7 мкм, которые окрашивали гематоксилином и эозином по общепринятым методикам [4]. Микроскопирование фиксированных и окрашенных препаратов осуществлялось с помощью световых микроскопов «Olympus BH-2», «Микромед-2» при увеличениях $\times 40$, $\times 100$, $\times 400$, $\times 1000$ с применением иммерсии. С помощью цифровой камеры SONY DSC-W7 были получены микрофотографии препаратов.

Статистическую обработку материала проводили с помощью пакета прикладной программы Statistica 10.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении онкологического мониторинга выявлено, что практически у всех обследованных видов рыб Волго-Каспийского региона выявлены новообразования, имеющие разную локализацию, исключение составила красноперка (табл. 1).

Таблица 1. Видовое разнообразие представителей ихтиофауны, подверженных онкологическим заболеваниям, типы опухолей

Table 1. Species diversity of representatives of ichthyofauna prone to cancer and types of tumors

| Диагноз Diagnosis | Вид рыбы Kind of fish | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|--------------|--------------|----------------|---------------|--|----------------|-----------------|--------------|--|
| | Вобла Caspian roach | Жерех Asp | Лещ Bream | Окунь Perch | Сазан Carp | Сельдь- черноспинка Blackbacked herring | Сом Cattish | Судак Zander | Щука Pike | |
| Аденокистома Adenocarcinoma | + | | + | | | | | | | |
| Базалиома Basal cell carcinoma | + | | + | | + | | | | | |
| Гепатоцеллюлярный рак Hepatocellular carcinoma | | | | + | | | | | | |
| Полипозный рак Polypous cancer | | | | + | | | | | | |
| Рабдомиома Rhabdomyoma | | | | | + | | | | | |
| Фибросаркома Fibrosarcoma | | + | + | | + | + | | + | + | |
| Фолликулома Follicle | | | + | | | | | | | |
| Эпидермальная папиллома Epidermal papilloma | | | | | | | + | | | |

Аденокистома (доброкачественная опухоль яичника) выявлена у 1,00% обследованной воблы в 2015 г. Новообразования локализовались на гонадах рыб (рис. 1а). Размеры опухолей варьировали от 0,5×1,0 см до 1,5×2,0 см. Опухоли характеризовались неоднород-

ностью (мозаичностью) окраски: от бледно-розового цвета до темно-вишневого. Аденокистомы имели упругую консистенцию. При исследовании гистологической структуры патологического разрастания выявлено, что поверхность опухоли была

выстлана цилиндрическим эпителием. Неоплазму представлял узел с бугристой поверхностью, на разрезе серо-желтого цвета, имели место множественные очаги некроза и кровоизлияний. Источником опухолевого роста являлась гранулеза. Мелкие округлые клетки,

составляющие основной элемент опухоли, имели тонкий ободок цитоплазмы и базофильное ядро. На срезе отмечены безъядерные клетки. Внутри опухоли содержались капилляры (рис. 16).

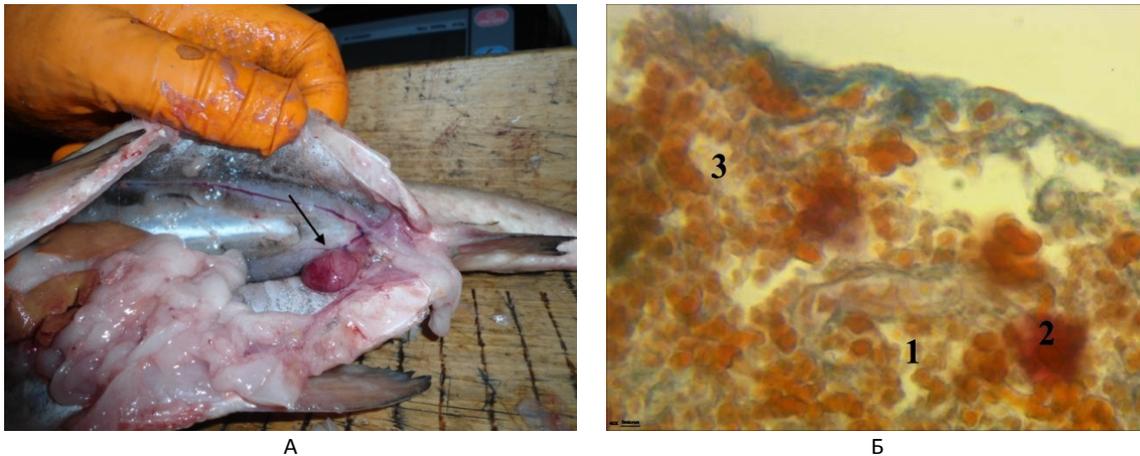


Рисунок 1. Аденома у воблы: а) внешний вид; б) фрагмент ткани: клетки опухоли (1); участки кровоизлияний (2); некроз (3)

Figure 1. Adenomectomy in roach: a) appearance; б) tissue fragment: tumor cells (1); hemorrhage sites (2); necrosis (3)

Статистический анализ показал, что размеры опухолевых клеток в среднем соответствовали $2,9 \pm 0,03$ мкм, изменяясь в диапазоне от 2,4 мкм до 3,3 мкм. Ядра были овальной формы, их диаметр варьировал от 1,15 мкм до 2,11 мкм, в среднем составляя $1,96 \pm 0,01$ мкм.

В ходе исследования установлено, что в результате нарушения гистологической структуры яичника вследствие роста опухоли, репродуктивная функция у пораженных рыб была частично или полностью утрачена. Ранее установлено, что воздействие комплекса абиотических факторов среды

обитания рыб (температура, соленость, концентрация в воде кислорода, смена среды обитания в течение онтогенеза) могут приводить к появлению нарушений в строении гонад рыб [5].

Базалиома диагностирована спорадически (в 2015 г.) у 1,00% обследованной воблы. Опухоль локализовалась на жаберном аппарате рыб (рис. 2а), деформируя эпителий и нарушая функцию газообмена онкобольных рыб. Новообразования были заключены в прозрачную капсулу, объединяющую от одной до трех неоплазм. Размеры опухолей варьировали от 0,5×0,5 см до 1,5×2,5 см.

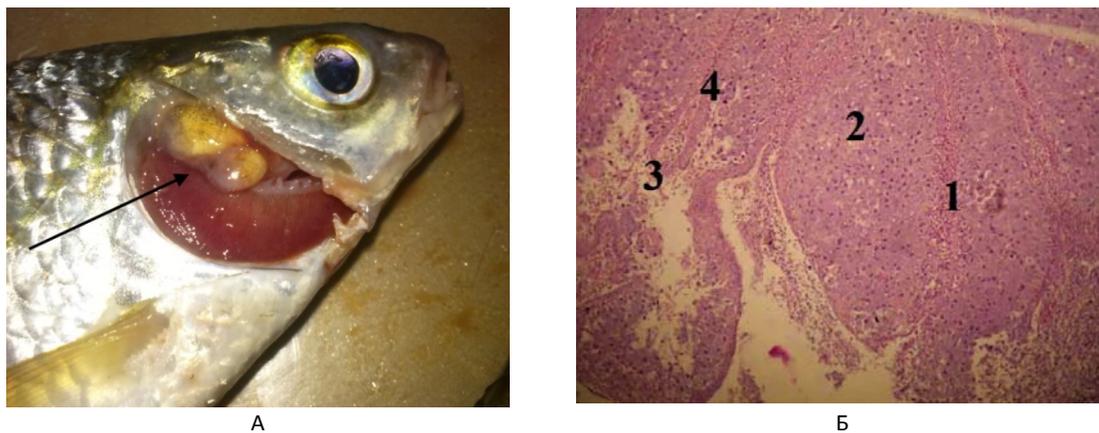


Рисунок 2. Базалиома у воблы: а) внешний вид; б) фрагмент ткани; соединительнотканые перегородки (1, 4); опухолевые клетки (2); некроз соединительной ткани дермы (3)

Figure 2. Basal cell carcinoma in roach: a) appearance; б) fragment of tissue; connective tissue partitions (1, 4); tumor cells (2); necrosis of connective tissue of dermis (3)

В 2017 году опухоли этого типа регистрировались у 0,03% особей обследованного леща, случаи поражения сазана отмечены чаще – 0,80% в 2017 г. и 0,38% в 2018 г. Выявленные патологии обнаружены на поверхности

тела: чешуе, кожных покровах, плавниках и жаберных крышках. Площадь поражения имела широкий диапазон вариаций: от единичных опухолевых узлов до обширных конгломератов размером 0,2×0,5 и 3,5×6,5

см. Неоплазмы имели студенистую консистенцию, легко отделялись от кожи, в структуре разрастаний хорошо просматривалась сосудистая сетка. Цвет опухолевидных новообразований варьировал от бледно-розового до красного.

Гистологическое исследование патологических разрастаний с поверхности тела карповых рыб показало, что новообразования представляли собой разрастание эпителиальных структур эпидермиса, разделенных тонкими прослойками соединительной ткани. Базалиома обладала местным деструктурирующим ростом, имела вид глубоких язв или бляшек, как правило, она не образовывала метастазы. Опухоль состояла из мелких округлых или овальных клеток. Клетки располагались тяжами или гнездами, внедряясь в нижележащие ткани (дерму) (рис. 2б). Отмечались участки веретенообразных клеток. Число клеточных слоев колебалось от 30 до 50.

Гистологическая картина была мозаична: от участков с выраженной дифференцировкой, аналогичных аденокарциноме до анаплазированных структур, которые могли встречаться во многих случаях обнаружения данной опухоли. Базалиома в виде язвы обычно распространялась до мышечной ткани, в которую проникали клетки опухоли, или до разрушенной дермы. Отмечен отек опухолевой ткани и деструкция подлежащей соединительной ткани дермы и мышечной ткани.

По краям язв наблюдали клетки эпидермиса, которые локализовались поверх опухолевых клеток, но уже утратили обычное расположение слоями, ядра их находились в состоянии пикноза, тогда как ядра опухолевых клеток интенсивно делились. Базальная мембрана отсутствовала.

В опухоли находились относительно крупные кровеносные сосуды, плотно заполненные форменными элементами крови. Внутри опухолевых эпителиальных тяжей наблюдались многочисленные мелкие кровоизлияния и некрозы. Наружная зона новообразований была гиперемирована за счет многочисленных сосудистых разрастаний типа капиллярных ангиом.

Максимальный размер клеток опухоли составлял 13,72 мкм, минимальный – 7,84 мкм, в среднем составляя $10,78 \pm 0,12$ мкм. Размеры ядер клеток варьировал от 3,9 мкм до 7,84 мкм, в среднем составляя $5,88 \pm 0,03$ мкм.

Гепатоцеллюлярный рак выявлен в 2015 г. у 2,36% обследованного окуня. Новообразования локализовались в печени. При патологоанатомическом обследовании у больных особей отмечалось увеличение размера органа, очаговое уплотнение и изменение его контура. Печень характеризовалась неравномерным кровенаполнением, венозной гиперемией. Селезенка и почки были уплотнены, имели повышенное кровенаполнение. Стенки кишечника были уплотнены, для слизистой оболочки была характерна точечная и мелкоочаговая гиперемия. Ткани, прилегающие к новообразованиям были отечны и гнойно воспалены (рис. 3а). У рыб также отмечалось повышенное слезоотделение, скопление экссудата в полости тела, гипертрофия селезенки, очаговое воспаление гонад. Размеры неоплазм изменялись в диапазоне 0,2×0,3 см до 0,5×0,5 см. Следует отметить, что выявленная патология сопровождалась паразитированием круглых червей *Eustrongylides excisus* (Nematoda: Dioctophymidae).

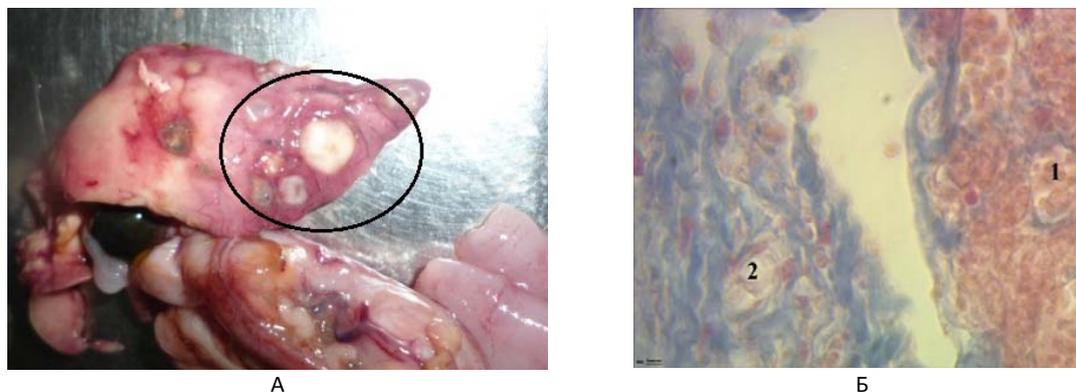


Рисунок 3. Поражение внутренних органов рыб при паразитировании *E. excisus*: а) инкапсулированные нематоды в печени окуня; б) фрагмент печеночной ткани: клетки опухоли (1, 2)
Figure 3. Lesions of internal organs of fish from parasitism *E. excisus*: а) encapsulated nematodes in perch liver; б) fragment of hepatic tissue: tumor cells (1, 2)

Гистологический анализ показал, что опухоль была представлена многочисленными узлами разной величины. Характерно, что узлы были изолированы друг от друга обширно разросшейся фиброзной тканью с большим количеством грубых коллагеновых волокон. Структура слоя ткани – циркулярная. Узлы состояли из полиморфичных клеток и их ядер, имевших овальную форму. Как на периферии, так и в центре узлов, прослеживались вставания как крупных, так и многочисленных мелких сосудов, наполненных форменными элементами крови. В некоторых узлах

отмечены некротические участки. Зарегистрированы также клетки с гигантскими ядрами, цитоплазма таких клеток, в основном, была прозрачной (светлой) (рис. 3б).

Математический анализ показал, что размеры опухолевых клеток в среднем соответствовали $0,98 \pm 0,02$ мкм, изменяясь в диапазоне от 0,78 мкм до 1,2 мкм. Размеры ядер клеток варьировали от 0,60 мкм до 0,99 мкм, в среднем составляя $0,78 \pm 0,01$ мкм.

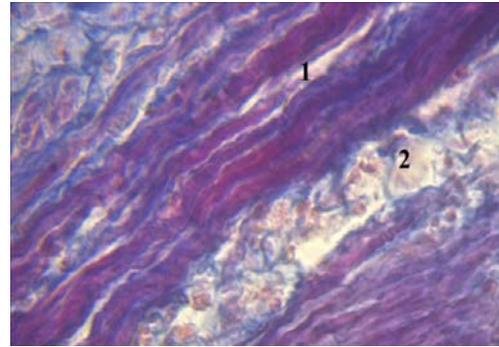
Известно, что поражение печени светлоклеточным гепатоцеллюлярным раком носит стадийный

характер, на поздних стадиях болезни наблюдается гибель организма [6].

Полипозный рак диагностирован у 2,36% окуня в 2015 г. Этот вид опухоли зарегистрирован в желудке рыб. Нарушение функциональности органа инициировало прободение стенок органа нематодами



А



Б

Рисунок 4. Поражение внутренних органов рыб при паразитировании *E. excisus*: а) круглые черви в желудке окуня; б) фрагмент ткани желудка окуня: отек мышечной оболочки желудка (1); некроз мышечных волокон мышечной оболочки желудка (2)

Figure 4. Lesions of the internal organs of fish from parasitism *E. excisus*: а) roundworms in the stomach of a perch; б) a fragment of tissue of the stomach of a perch: swelling of the muscular layer of the stomach (1); necrosis of muscle fibers of the muscular layer of the stomach (2)

При проведении гистологического анализа выявлено, что опухоль имела продолговатую или шаровидную форму, структура её поверхности была бугристой или ворсинчатой, резко отграниченной от слизистой оболочки. Ткань опухоли имела серо-розовый цвет: была обильно снабжена кровеносными сосудами. Характерно то, что опухоль, выступая в просвет желудка была связана с его стенкой крупной ножкой. На вершине полипа в некоторых случаях имелись эрозии, покрытые фибринозными наложениями.

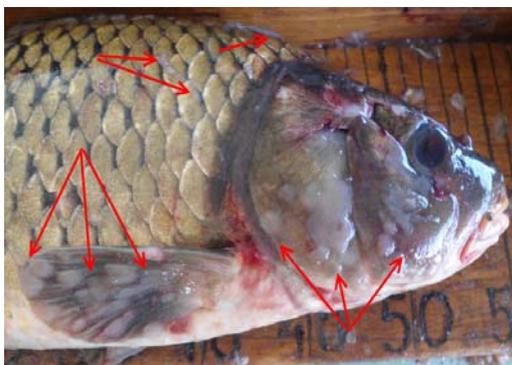
Выявлено, что максимальные размер клеток опухоли соответствовал 2,94 мкм, минимальный – 1,96 мкм, в среднем составляя 2,55±0,03 мм. Размеры ядер клеток варьировал от 0,98 мкм до 1,96 мкм, в среднем составляя 1,47±0,01 мм.

Полипозный рак способствовал резкому снижению веса рыбы, обусловленному необратимыми

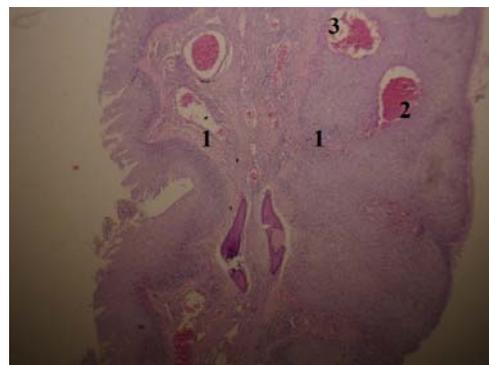
изменениями в жизненно важных органах, приводящем к летальному исходу больных рыб.

Рабдомиома (доброкачественная опухоль из поперечно-полосатых мышц) диагностирована у 0,09% обследованного сазана в 2018 г. Новообразования имели бледно-розовую окраску, локализация была разнообразной: на плавниках (преимущественно грудных) – 60,88%; чешуе – 21,74%; брюшной поверхности – 6,55%; мягких тканях головы – 2,17%, в мышечной ткани – 2,17% (рис. 5а). Размеры разрастаний варьировали от 0,5 до 3,0 см.

Гистоструктура ткани была представлена скелетными мышцами; мышечные волокна характеризовались отечностью, выявлены участки с фрагментацией волокон и их некрозом (рис. 5б). Поверхность наростов характеризовалась хорошо выраженной сосудистой сеткой.



А



Б

Рисунок 5. Базалиома у сазана: а) внешний вид; б) фрагмент ткани неоплазмы: 1 – соединительнотканнные прослойки (1); кровеносный сосуд (2, 3)

Figure 5. Basal cell carcinoma in carp: а) appearance; б) fragment of neoplastic tissue: 1 – connective tissue layer (1); blood vessel (2, 3)

Расчетные данные показали, что диаметр патологически измененных волокон изменялся в диапазоне от 15,68 мкм до 37,24 мкм, в среднем составляя $25,93 \pm 0,54$ мкм. Максимальный размер ядер клетки соответствовал 2,9 мкм, минимальный – 1,96 мкм, в среднем составив $2,75 \pm 0,44$ мкм.

При визуальной оценке у рыб с новообразованиями отсутствовали признаки истощения, особи

имели вид, соответствующий физиологической норме. При вскрытии брюшной полости внутренние органы были без видимых патологий.

Фибросаркома (злокачественная опухоль с волокнистой (фиброзной) соединительной тканью) была диагностирована у шести из десяти видов обследованных представителей ихтиофауны (табл. 2).

Таблица 2. Частота встречаемости рыб, пораженных фибросаркомой
Table 2. Frequency of occurrence of fish affected by fibrosarcoma

| Вид рыбы Kind of fish | Период исследования Study period | | | |
|--|-------------------------------------|---------|---------|---------|
| | 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. | 2018 г. |
| Жерех / Asp | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 |
| Лещ / Bream | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,09 |
| Сазан / Carp | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 0,47 |
| Сельдь-черноспинка / Blackbacked herring | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 |
| Судак / Zander | 0,18 | 0,00 | 0,11 | 0,03 |
| Щука / Pike | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 |

У жереха на поверхности тела неоплазма имела студенистую консистенцию. Цвет новообразований варьировал от молочного до красного, контур опухоли был нечетким (рис. 6а). В опухоли прослеживались

наполненные кровью капилляры (рис. 6б). На месте локализации опухолевых образований отмечены гиперемированные участки кожи.



А



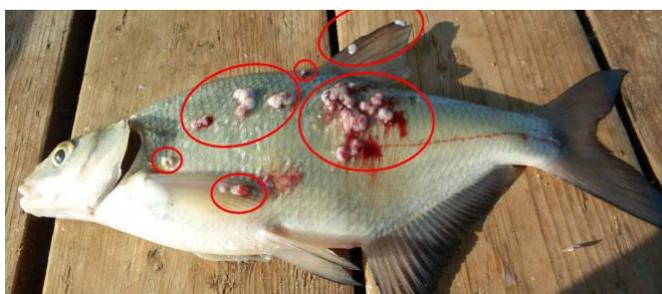
Б

Рисунок 6. Новообразования на кожных покровах жереха: общий вид (а); просвечивающиеся капилляры в опухоли (б)

Figure 6. Tumors on skin of an asp: general view (a); translucent capillaries in the tumor (b)

Основная локализация неоплазм у леща – боковая поверхность тела, грудные плавники, реже-жаберные крышки и мягкие ткани головы; площадь поражения

имела широкий диапазон вариаций: от единичных до крупных опухолевых узлов (рис. 7а).



А



Б

Рисунок 7. Новообразования на поверхности тела леща (а), сельди-черноспинки (б)

Figure 7. Neoplasms on surface of the body of bream (a), blackbacked herring (b)

Разрастания у сазана, локализовавшиеся на кожных покровах, плавниках, чешуе, мягких тканей головы легко отделялись с покровов тела с помощью медицинских инструментов; на поверхности самих наростов была хорошо выражена сетка кровеносных сосудов. Если образования появлялись на чешуе, то они могли находиться как на одной чешуйке, так и на нескольких рядом лежащих, что в целом формировало пласт (рис. 7б). Площадь поражения варьировала от 1,0 см² до 15,0 см².

Множественные одиночно расположенные разрастания у сельди-черноспинки локализовались преимущественно на боковой поверхности тела (рис.

7в). Опухоли имели четкий контур, характеризовались плотной консистенцией, их цвет варьировал от темно-красного до коричневого. Размеры опухолевых узлов изменялись в диапазоне от 0,3 до 1,0 см.

У судака клинически заболевание проявлялось в виде характерного розовато-белого гиперемизированного нароста неравномерной формы, выступающего над поверхностью кожи. Опухолевые разрастания размерами 2×4 и 3×4 см локализовались на боковой поверхности тела рыб (рис. 8). Ранее проведенные исследования показали, что у судака опухоли провоцируют вирусы четырех видов, из них два относятся к ретро-вирусам [7].



Рисунок 8. Фибросаркома: у судака (а); у щуки (б)
Figure 8. Fibrosarcoma: zander (a); pike (б)

У щуки опухолевидные разрастания локализовались в области спинного плавника (рис. 8б). Окраска опухоли была мозаичной, варьируя от участков ткани бледно-молочного до темно-вишневого цвета. Эти образования были заключены в прозрачную тонкую капсулу, в отдельных случаях новообразования состояли из трех отдельных узлов плотной консистенции. В капсулах содержались соединительнотканые тяжи, экссудат отсутствовал. Провоцирующую роль в образовании опухолей отводят вирусным инфекциям и канцерогенным химическим веществам [8].

Гистологический анализ показал, что фибросаркома имела вид как единичного, так и нескольких узлов. Границы её были стерты, опухоль глубоко инфильтрировала в нижележащие мягкие ткани. Соединительнотканное разрастание состояло из незрелых фибробластоподобных клеток и коллагеновых волокон. В зависимости от степени зрелости и взаимоотношении клеточных и волокнистых элементов опухоли принято различать дифференцированную и низкодифференцированную фибросаркомы [9].

Дифференцированная фибросаркома имела клеточно-волокнистое строение, причем волокнистый компонент преобладал над клеточным. Низкодифференцированная фибросаркома состояла, в основном, из незрелых полиморфных клеток с обилием митозов, с меньшим количеством коллагеновых волокон.

Микроскопически поверхностные соединительнотканые разрастания представлены фиброб-

ластоподобными клетками, нерегулярно расположенными, окруженными дезориентированными коллагеновыми волокнами, одиночными или собранными в пучки (рис. 9) с незначительным количеством основного аморфного вещества. Если опухоли состояли из волнообразных или лентовидных пучков соединительнотканых волокон, образовывавших местами «вихревые» или концентрические структуры и мономерных фибробластоподобных клеток, то эти опухоли относились к дифференцированным фибросаркомам. Между клетками нередко встречались разного калибра сосуды. В этих опухолях наблюдались нередко очаги некрозов ткани, сопровождаемые воспалительной реакцией с инфильтрацией окружающих тканей лимфоидными клетками. В отличие от этого низкодифференцированная фибросаркома состояла из вытянутых, полиморфных клеток, с высокой степенью анаплазии. В этой ткани встречались атипичные фигуры митозов, и очень малое количество соединительнотканых волокон.

Статистический анализ показал, что размеры опухолевых клеток и их ядер варьировали в широких пределах (табл. 3).

Учитывая клиническую картину и результаты патогистологического исследования онкопораженных органов и тканей рыб, можно утверждать, что дальнейшее развитие заболевания привело бы к их неминуемой гибели.

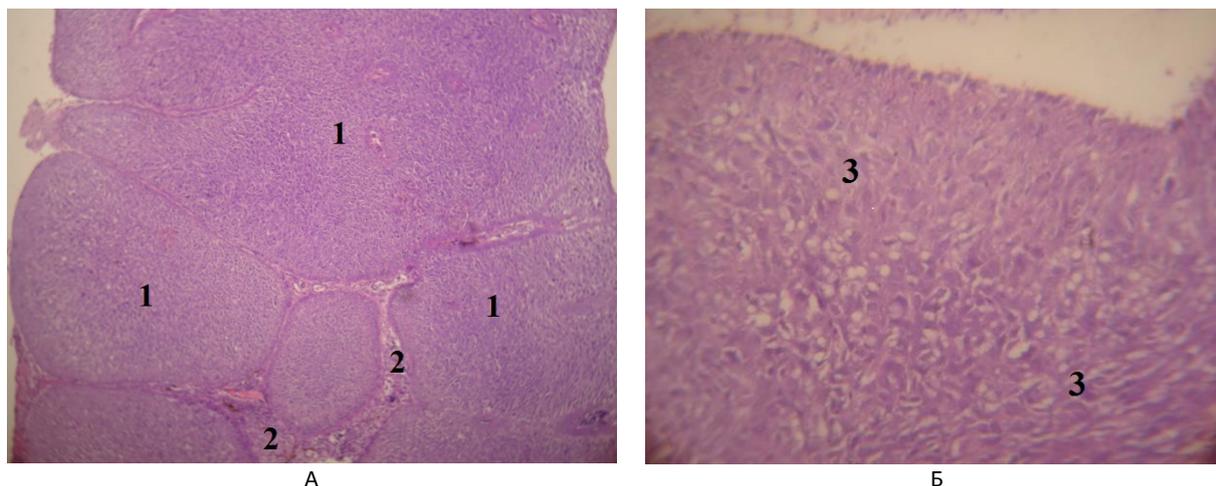


Рисунок 9. Фибросаркома у леща: а) узлы (1); соединительнотканые прослойки (2); б) незрелые полиморфные клетки (3)

Figure 9. Fibrosarcoma of bream: a) parts (1); a connective tissue layer (2); б) immature pleomorphic cells (3)

Таблица 3. Размерные характеристики клеток опухоли

Table 3. Size characteristics of tumor cells

| Вид рыбы Kind of fish | Размер клетки, мм Cell size, mm | | | Размер ядра клетки, мм Size of cell nucleus, mm | | |
|--|------------------------------------|------|-----------|--|------|-----------|
| | max | min | med | max | min | med |
| Жерех / Asp | 3,90 | 2,94 | 3,33±0,03 | 0,98 | 0,78 | 0,81±0,01 |
| Лещ / Bream | 13,72 | 9,80 | 11,7±0,3 | 5,88 | 3,92 | 4,91±0,31 |
| Сазан / Carp | 7,84 | 3,90 | 5,88±0,00 | 3,92 | 2,8 | 3,33±0,11 |
| Сельдь-черноспинка / Blackbacked herring | 3,90 | 2,94 | 3,32±0,02 | 1,96 | 0,98 | 3,57±0,02 |
| Судак / Zander | 4,10 | 3,21 | 3,54±0,02 | 1,12 | 0,87 | 0,91±0,02 |
| Щука / Pike | 3,93 | 2,00 | 3,11±0,01 | 0,99 | 0,89 | 0,81±0,02 |

Фолликулома (опухолевидное образование доброкачественной этиологии) выявлена у леща в 0,01% случаев. Единичное новообразование на гонадах у леща имело плотную консистенцию белого цвета,

размер опухоли не превышал 10 мм (рис. 10а). Контуры неоплазмы были неровными. Гистологический анализ показал, что заболевание было диагностировано как фолликуломатоз.

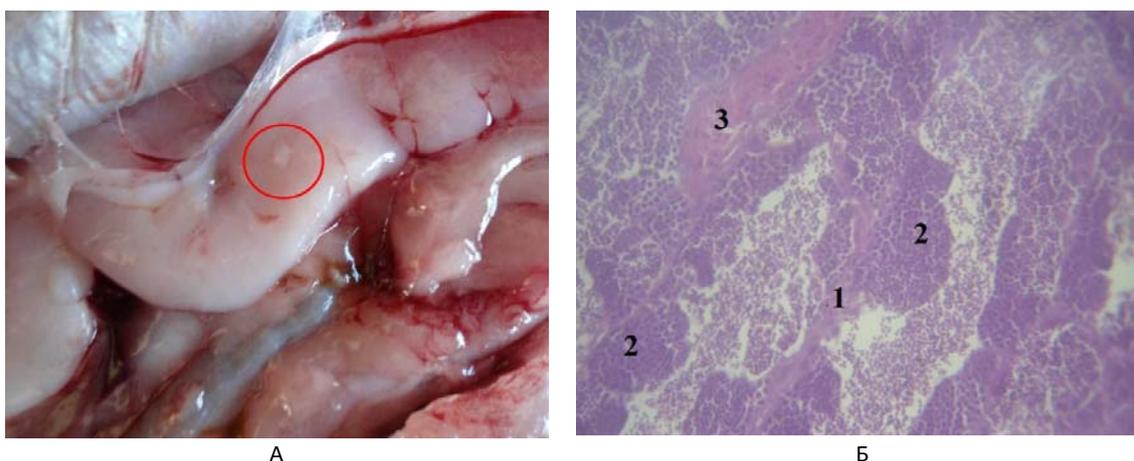


Рисунок 10. Фолликулома у леща: а) внешний вид опухоли; б) фрагмент ткани: соединительнотканые тяжи (1); «гнезда» (2); гранулеза (3)

Figure 10. Folliculoma in bream: a) appearance of a tumor; б) fragment of tissue: connective tissue bands (1); «socket» (2); granulate (3)

Фолликулома или гранулокистозная опухоль является доброкачественной, представляет собой узел на яичнике с бугристой поверхностью, с очагами многочисленных кровоизлияний и мелких некрозов.

Основным элементом опухоли являлись мелкие округлые клетки, имевшие базофильное ядро и очень тонкий ободок светлой цитоплазмы (рис. 10б). Источник опухолевого роста – гранулеза.

Размеры опухолевых клеток изменялись в пределах от 1,96 мкм до 2,46 мкм, в среднем составляя $2,31 \pm 0,04$ мкм. Максимальный размер ядра клетки соответствовал 1,96 мкм, минимальный – 0,96 мкм, в среднем составил $1,26 \pm 0,03$ мкм.

Эпидермальная папиллома (доброкачественная опухоль кожи) выявляется у сома регулярно. Уровень заболеваемости папилломатозом у сомовых рыб составил: 5,40% – в 2015 г., 3,70% – в 2016 г., 5,10% – в 2017 г. и 4,10% в – 2018 г.

Единичные или множественные новообразования локализовались преимущественно на

вентральной и латеральной поверхностях тела, а также в области грудных плавников (рис. 11а-е). Гораздо реже разрастания были зарегистрированы на дорзальной части туловища и в районе жаберных крышек. Папилломы имели вид мелких розовых, красных, бордовых или черных узелков, которые при дальнейшем росте опухоли сливались в сплошной гиперемизированный пласт или кожных наростов серо-черного цвета. Размеры папиллом варьировали от 3-5 мм, площадь поражения достигала 70 см².



А



Б



В



Г

Рисунок 11. Папилломатозное поражение кожи и плавников сома: а) сплошной гиперемизированный пласт на боковой и вентральной поверхности тела; б) изъязвления на боковой части тела; в) новообразование на вентральной поверхности тела; г) поражение хвостового плавника

Figure 11. Papillomatous lesions of the skin and fins of catfish: а) continuous hyperemic layer on the lateral and ventral surface of the body; б) ulceration on lateral part of body; в) neoplasm on the ventral surface of body; г) lesion of caudal fin

Клинические проявления эпидермальной папилломы у рыб дифференцированы на несколько стадий. Так, на 1-й стадии папилломатоза соединительная ткань в виде сосочков вдаётся в эпидермис, иногда достигая самых поверхностных слоев эпителия. Морфологически 2-я стадия характеризуется появлением ангиоэпителиальных узелков. Растущие клетки, усиленно размножаясь, вытесняют нормальные эпителиальные клетки на поверхность, сам узелок сильно инфильтруется лимфоцитами. Ангиоэпителиальные узелки бедны стромой, иногда в центре узелка она представлена в незначительном количестве.

Морфологические изменения 3-й стадии характеризуются уплотнением опухолевых клеток в узелки, которые превращались в сосочки. На периферии сосочки плотно прилегали друг к другу, в них имелось множество кровеносных сосудов, отмечалась инфильтрация лимфоцитами. От здоровых участков кожи патологический процесс был ограничен прослойками соединительной ткани, на которой располагался базальный слой нормального эпителия.

При вскрытии больных рыб отмечено «слипчивое» воспаление органов брюшной полости, гиперемия или анемия печени, увеличение селезенки.

При гистологическом исследовании было установлено, что структура почек, селезенки и печени не изменялась, но в почках и селезенке увеличивалось число плазматических клеток.

Размер клеток опухоли варьировал в диапазоне от 13,76 мкм до 8,23 мкм, в среднем составляя $11,21 \pm 0,11$ мкм. Максимальный размер ядра клетки соответствовал 8,12 мкм, минимальный – 3,46 мкм, в среднем составив $4,96 \pm 0,06$ мкм.

Экологическое значение опухолей рыб определяется не только их прямым влиянием на численность и структуру их популяций, но и возможностью использовать частоту различных типов неоплазий в качестве индикатора качества среды обитания гидробионтов [1-3].

Показано, что ряд токсикантов могут провоцировать снижение естественного иммунитета и развитие злокачественных новообразований [10]. Например, результаты исследований, проводимых на загрязненном шельфе, четко указывают на корреляцию между концентрацией токсикантов и частотой злокачественных новообразований у рыб [2; 3]. Другой пример: в связи эколого-биологическими особенностями жизненного цикла сома, который в отличие от пелагических рыб, имеет непосредственный контакт поверхности тела с донными отложениями (в том числе хронически обогащенными разнообразными токсикантами), неоплазии у этого вида определяются химическим составом придонного осадка [11].

Результаты многочисленных исследований, выполненных в загрязненных водоемах и прибрежной зоне морей, указывают на то, что в процессы опухолеобразования включаются различные компоненты – этиологический вирус, снижение иммунитетной резистентности организма, факторы окружающей среды, антропогенный прессинг, но основную этиологическую роль в возникновении неоплазий у рыб имеют химические вещества [12]. В низовьях Волги на протяжении многих лет наблюдений концентрации ряда токсикантов стабильно превышали рыбохозяйственные предельно-допустимые значения. В современный период происходит усиление органического загрязнения, состоящего, главным образом, из нефтепродуктов и пестицидов [13].

Ранее показано, что опухоли являются адаптационной мерой организма к изменяющимся условиям среды обитания. Опухолевый рост ткани, являясь патологической формой регенерации, обусловлен пролиферацией клеток. Невозможно исключать и случаи полной регенерации. Особи с патологическими изменениями могут как существовать продолжительное время и активно участвовать в процессе генерации новых поколений, так и погибнуть при экстремальных условиях. Различают избирательную, сплошную и промысловую смертность особей, составляющих популяцию [14]. В зависимости от силы воздействия негативных внешних факторов среды в природе наблюдается тот или иной вид смертности. Если массовая гибель внезапна и очевидна, то избирательная происходит постепенно и, очевидно, что при токсикозах численность погибших особей не превышает естественную смертность. В этом случае создается ложное представление о благополучном существовании популяции.

Исследования на клеточном уровне патологических изменений у волжских рыб показали, что ряд выявленных нарушений носят необратимый характер, что неминуемо приведет к гибели рыбы, что, в целом, указывает на экологическое неблагополучие среды обитания гидробионтов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты ихтиопатологического мониторинга показали, что онкологические заболевания выявлены у девяти из десяти обследованных видов рыб. Опухоли локализовались как на поверхности тела, так и во внутренних органах рыб. Гистологический анализ позволил дифференцировать структуру новообразований. У половозрелых промысловых рыб диагностированы следующие онкопатологии: аденокистома, базалиома, гепатоцеллюлярный рак, полипозный рак, рабдомиома, фибросаркома, фолликулома, эпидермальная папиллома.

Общеизвестно, что по типу роста опухолевых клеток, их влияния на органы и ткани носителя, способности рецидивировать, опухоли разделяются на доброкачественные и злокачественные.

Самой распространенной патологией в популяции полупроходных, проходных и речных рыб являлась опухоль злокачественной этиологии – фибросаркома, зарегистрированная у шести из десяти обследованных видов ихтиофауны. Наиболее часто встречалась эпителиальная папиллома у сома: ежегодно выявляли от 3,7 до 5,4% больных особей. У краснопёрки онкологические болезни не обнаружены.

Рыбы с новообразованиями формируют своеобразную «группу риска», так как их количество напрямую связано с эпизоотологической обстановкой в водоеме. Характеризуя эпизоотическую ситуацию Волго-Каспийского рыбохозяйственного подрайона, стоит отметить, что к 2018 г. выявлено расширение спектра представителей ихтиофауны, пораженных новообразованиями, что указывает на то, что в экосистеме водоема происходят негативные изменения, которые, вероятно, и являются причинами развития онкологических заболеваний у рыб.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают огромную признательность к.б.н. Коньковой Анне Владимировне за оказанную помощь в сборе фото- и биоматериала, подготовку статистических данных для данной статьи.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors express their gratitude to Anna V. Konkova for her assistance in the collection of photo and bio-material and for preparation of statistical data for this article.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронина Е.А. Мониторинг инфекций и инвазий каспийских килек // Труды ВНИРО. 2016. Т. 162. С. 28-35.
2. Stentiford G.D., Longshaw M., Lyons B.P., Jones G., Green M., Feist S.W. Histopathological biomarkers in estuarine fish species for the assessment of biological effects of contaminants // Marine Environmental Research. 2003. V. 55. Iss. 2. P. 137-159. DOI: 10.1016/S0141-1136(02)00212-X

3. Sindermann C.J. Pollution-associated diseases and abnormalities of fish and shellfish: A review // *Fish Bull.* U.S. 1979. V. 76. Iss. 4. P. 717-748.
 4. Волкова О.В., Елецкий Ю.К. Основы гистологической техники. Москва: Медицина, 1982. 304 с.
 5. Углова Т.Ю., Кловач Н.В., Микодина Е.В. Аномалии гонад у горбуши острова Итуруп. Сезонная и межгодовая динамика. Возможные причины появления // *Труды ВНИРО.* 2017. Т. 166. С. 43-54.
 6. Базин И.С. Гепатоцеллюлярный рак – современное состояние проблемы // *Практическая онкология.* 2008. Т. 9. N 4. С. 216-228.
 7. Заботкина Е.А., Герасимов Ю.В. Первое обнаружение дерматофибросаркомы у судака *Stizostedion stizostedion* L. Рыбинского водохранилища // *Биология внутренних вод.* 2015. N 3. С. 67-72. DOI: 10.7868/S0320965215030171
 8. Есипова Н.Б., Федоненко Е.В., Турчин И.П. Лимфома у щук бассейна нижнего Днепра // *Труды ВНИРО.* 2017. Т. 167. С. 66-71.
 9. Шелехова К. В. Изменения в классификации ВОЗ опухолей мягкой ткани // *Архив патологии.* 2015. Т. 77. N 1. С. 48-54.
 10. Котельникова С.В., Котельников А.В., Зайцев В.Ф. Влияние токсического стресса на морфофункциональное состояние аркуатного ядра гипоталамуса в условиях измененного режима освещенности // *Юг России: экология, развитие.* 2016. Т. 11. N 2. С. 185-191. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-2-185-191
 11. Zou J., Secombes C.J., Long S., Miller N., Clem L.W., Chinchar V.G. Molecular identification and expression analysis of tumor necrosis factor in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) // *Developmental and Comparative Immunology.* 2003. V. 27. N 10. P. 845-858. DOI: 10.1016/s0145-305x(03)00085-5
 12. Сокольский А.Ф., Колмыков Е.В., Евсеева С.С. Анализ накопления углеводов в органах и тканях осетровых видов рыб (на примере русского осетра) // *Юг России: экология, развитие.* 2014. Т. 9. N 4. С.40-45. DOI: 10.18470/1992-1098-2014-4-40-45
 13. Бедрицкая И.Н., Карыгина Н.В., Попова О.В., Галушкина Н.В., Львова О.А., Галлей Е.В., Яцун Е.В., Тарасова О.Г. Особенности гидрохимической и токсикологической обстановки в водотоках низовьев Волги в современный период // *Материалы II международной научно-практической Интернет-конференции «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования», с. Солоное Займище, 28 февраля, 2017.* С. 154-158.
 14. Абдусаматов А.С., Гусейнова С.А., Дудурханова Л.А. Анализ состояния запасов и промысла биологических ресурсов западной части Среднего Каспия и перспективы использования их ресурсного потенциала // *Юг России: экология, развитие.* 2016. Т. 11. N 2. С. 70-83. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-2-70-83
- REFERENCES**
1. Voronina E.A. Monitoring of infections and infestations of the Caspian kilka. *Trudy VNIRO [Trudy VNIRO].* 2016, vol. 162, pp. 28-35. (In Russian)
 2. Stentiford G.D., Longshaw M., Lyons B.P., Jones G., Green M., Feist S.W. Histopathological biomarkers in estuarine fish species for the assessment of biological effects of contaminants. *Marine Environmental Research,* 2003, vol. 55, iss. 2, pp. 137-159. DOI: 10.1016/S0141-1136(02)00212-X
 3. Sindermann C.J. Pollution-associated diseases and abnormalities of fish and shellfish: A review. *Fish Bull. U.S.* 1979, vol. 76, iss. 4, pp. 717-748.
 4. Volkova O.V., Eletsii Yu.K. *Osnovy gistologicheskoi tekhniki* [Fundamentals of histological techniques]. Moscow, Meditsina Publ., 1982, 283 p. (In Russian)
 5. Uglova T.Yu., Klovach N.V., Mikodina E.V. Gonads anomalies of the Iturup pink salmon. Seasonal and interannual dynamics. Possible causes of appearance. *Trudy VNIRO [Trudy VNIRO].* 2017, vol. 166, pp. 43-54. (In Russian)
 6. Bazin I.S. Hepatocellular cancer – the current state of the problem. *Prakticheskaya onkologiya [Practical Oncology].* 2008, vol. 9, no. 4, pp. 216-228. (In Russian)
 7. Zabotkina E.A., Gerasimov Y.V. The first detection of dermatofibrosarcoma in zander *Sander lucioperca* L. from the Rybinsk Reservoir. *Inland Water Biology,* 2015, vol. 8, no. 3, pp. 296-300. (In Russian) DOI: 10.7868/S0320965215030171
 8. Esipova N.B., Fedonenko E.V., Turchin I.P. Lymphoma in the lower Dnieper Northern pikes. *Trudy VNIRO [Trudy VNIRO].* 2017, vol. 167, pp. 66-71. (In Russian)
 9. Shelekhova K.V. Changes in the WHO classification of soft-tissue tumors. *Arkhiv patologii [Archive of pathology].* 2015, vol. 77, no. 1, pp. 48-54. (In Russian)
 10. Kotelnikova S.V., Kotelnikov A.V., Zaitsev V.F. The impact of toxic stress on the morphofunctional state of the hypothalamic arcuate nucleus in the conditions of the changed mode of light exposure. *South of Russia: ecology, development,* 2016, vol. 11, no. 2, pp. 185-191. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2016-2-185-191
 11. Zou J., Secombes C.J., Long S., Miller N., Clem L.W., Chinchar V.G. Molecular identification and expression analysis of tumor necrosis factor in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Developmental and Comparative Immunology,* 2003, vol. 27, no. 10, pp. 845-858. DOI: 10.1016/s0145-305x(03)00085-5
 12. Sokolsky A.F., Kolmykov E.V., Evseyeva S.S. Analysis of accumulation of hydrocarbon in organs and tissues of sturgeon species (on the example of Russian sturgeon). *South of Russia: ecology, development,* 2014, vol. 9, no. 4, pp. 40-45. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2014-4-40-45
 13. Bedritskaya I.N., Karygina N.V., Popova O.V., Galushkina N.V., L'vova O.A., Galley E.V., Yatsun E.V., Tarasova O.G. Osobennosti gidrokhimicheskoi i toksikologicheskoi obstanovki v vodotokakh nizov'ev Volgi v sovremennyi period [The features of hydrochemical and Toxicological conditions in the watercourses of the lower reaches of the Volga in the modern period]. *Materialy II mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi Internet-konferentsii «Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie prirodnoi sredy i nauchno-prakticheskie aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya», Solonoe Zaimishche, 28 fevralya, 2017* [Materials of the II international scientific and practical Internet conference "Modern ecological state of the environment and scientific and practical aspects of rational nature management", Saloe zaimishche, 28 February, 2017]. Solonoe Zaimishche, 2017, pp. 154-158. (In Russian)
 14. Abdusamadov A.S., Guseynova S.A., Dudurkhanova L.A.

Current state of fisheries and assessment of fish stocks in the western middle of the Caspian Sea. Prospects for the use of the fish resources. *South of Russia: ecology,*

development, 2016, vol. 11, no. 2, pp. 70-83 (In Russian)
DOI: 10.18470/1992-1098-2016-2-70-83

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Виктория В. Володина проанализировала и обобщила полученные данные; Мария П. Грушко занималась описательной частью опухолей рыб; Надежда Н. Федорова провела ранжировку патологий; Елена А. Воронина собирала биологический материал от половозрелых промысловых видов рыб дельты Волги; Надежда Ю. Терпугова отбирала образцы патологически измененных тканей для гистологического исследования; проводила сбор фотоматериала; Марина А. Гуляева вносила консультативно-экспертные коррективы. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Viktoriya V. Volodina analyzed and summarized the data. Mariya P. Grushko engaged in the narrative of fish tumors. Nadezhda N. Fedorova ranked pathologies; Elena A. Voronina collected biological material from mature commercial fish species of the Volga Delta. Nadezhda Yu. Terpugova sampled pathologically altered tissues for histological examination and collected photographic materials. Marina A. Gulyaeva made advisory expert adjustments. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Виктория В. Володина / Viktoriya V. Volodina <https://orcid.org/0000-0002-2743-1615>
Мария П. Грушко / Mariya P. Grushko <https://orcid.org/0000-0001-7529-5382>
Надежда Н. Федорова / Nadezhda N. Fedorova <https://orcid.org/0000-0001-9411-6642>
Елена А. Воронина / Elena A. Voronina <https://orcid.org/0000-0002-1188-2358>
Надежда Ю. Терпугова / Nadezhda Yu. Terpugova <https://orcid.org/0000-0003-3403-0075>
Марина А. Гуляева / Marina A. Gulyaeva <https://orcid.org/0000-0003-3945-5339>