

Оригинальная статья / Original article
УДК 597.2/5:639.2.09(262.5)
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-118-129

Исследование визуальных патологий у рыб Юго-Западного побережья Черного моря

Татьяна В. Гаврюсева 

Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей» имени А.О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Россия

Контактное лицо

Татьяна В. Гаврюсева, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела ихтиологии, Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»; 299011 Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2.
Тел. +7(8692)544110
Email gavrt2004@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9102-0861>

Формат цитирования

Гаврюсева Т.В. Исследование визуальных патологий у рыб Юго-Западного побережья Черного моря // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 1. С. 118-129. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-118-129

Получена 18 июля 2019 г.

Прошла рецензирование 16 сентября 2019 г.

Принята 21 ноября 2019 г.

Резюме

Цель. Изучить возможность использования визуальных признаков патологии у рыб для выявления наиболее чувствительных мониторинговых видов, которые можно использовать для оценки экологического состояния прибрежных акваторий Севастополя.

Материал и методы. Внешнему осмотру и патологоанатомическому вскрытию подвергли 461 экз. одиннадцати массовых видов рыб, отловленных из акватории Севастополя в 2018 г. Для оценки состояния организма рыб на основе клинического и патологоанатомического обследования проведена полуколичественная градация выявленных патологий с использованием индекса оценки здоровья (HAI).

Результаты. Отмечали повреждения кожных покровов, жабр, альтерации плавников, скелетные деформации, патологии печени, селезенки, гонад, паразитарные инвазии. Всего зафиксировано 23 визуально определяемых патологических изменений. Анализ обнаруженных аномалий с использованием индекса оценки здоровья (HAI) показал, что наиболее показательными биомониторными видами были придонные и донные рыбы: бычок-мартовик *Mesogobius batrachocephalus* Pallas, 1814, бычок-кругляк *Neogobius melanostomus* Pallas, 1814 и зеленушка рулена *Symphodus tinca* Linnaeus, 1758. У этих трех видов рыб были выявлены альтерации печени, что может свидетельствовать о хроническом воздействии ксенобиотиков, и эктопаразиты, что указывает на ослабление иммунного статуса исследуемых особей.

Выводы. Патоморфологические исследования рыб в прибрежной зоне Севастополя показали, что состояние органов и тканей связано с особенностями экологии и чувствительностью исследуемых рыб к загрязнению среды обитания. Результаты исследования представляют интерес при разработке мониторинговых программ биотестирования и биоиндикации гидробионтов с помощью биомаркеров состояния здоровья рыб.

Ключевые слова

Визуальные патологии, *Mesogobius batrachocephalus*, *Neogobius melanostomus*, *Symphodus tinca*, мониторинг, биоиндикаторы, индекс здоровья рыб, загрязнение, бухты Севастополя.

The Study of External Pathologies in Fish of the South-Western Coast of the Black Sea

Tatiana V. Gavrusheva 

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Crimea

Principal Contact

Tatiana V. Gavrusheva, Cand. Biol. Sci., Senior Researcher, Department of Ichthyology, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences; 2 Nakhimov Ave, Sevastopol, Crimea, 299011 Russia. Tel. +7(8692)544110
Email gavrt2004@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9102-0861>

How to cite this article

Gavrusheva T.V. The study of external pathologies in fish of the south-western coast of the Black Sea. *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 1, pp. 118-129. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-118-129

Received 18 July 2019

Revised 16 September 2019

Accepted 21 November 2019

Abstract

Aim. The aim of our investigation was to study the possibility of using the visual pathologies of fish as biomarkers of pollution to identify those fish species most sensitive in this way as biological monitors in assessing the ecological state of Sevastopol waters.

Material and Methods. 461 specimens of eleven common species of fish from the waters of Sevastopol were subjected to external examination and dissection in 2018. A semi-quantitative gradation of the identified pathologies was conducted using the Health Assessment Index (HAI).

Results. Twenty three types of visual pathology were recorded. Abnormalities in the skin and gills, fin alterations, skeletal deformities, pathologies of liver, spleen and gonads and parasitic invasions were noted. Analysis of external anomalies using the Health Assessment Index (HAI) revealed that the most potentially indicative species for visual biomonitoring were the following demersal fishes: knout goby *Mesogobius batrachocephalus* Pallas, 1814, round goby *Neogobius melanostomus* Pallas, 1814 and East Atlantic peacock wrasse *Symphodus tinca* Linnaeus, 1758. Liver changes detected in these three fish species may indicate chronic exposure and reaction to xenobiotics and the presence of ectoparasites would indicate a weakening of the immune status of the individual specimens studied.

Conclusions. Pathological studies of fish in Sevastopol's coastal zone indicated that the condition of their organs and tissues is related to environmental factors and that there are sensitivities to habitat pollution. The results of the study are of interest in the future development of monitoring programs for bioassays and bioindication of hydrobionts using fish as biomarkers.

Key Words

External pathology, *Mesogobius batrachocephalus*, *Neogobius melanostomus*, *Symphodus tinca*, monitoring, bioindicators, Health Assessment Index (HAI), pollution, Sevastopol bays.

ВВЕДЕНИЕ

Прибрежная зона Севастопольского региона относится к акваториям активного хозяйственного пользования. Хозяйственно-бытовые, промышленные, ливневые стоки и стоки морского флота поступают в акваторию Севастопольской бухты практически без очистки [1]. Основными загрязнителями в бухтах Севастополя являются нефтепродукты, тяжелые металлы [1], хлорорганические ксенобиотики [2], биогенная органика и СПАВ [3]. Интенсивная антропогенная нагрузка привела к значительному ухудшению экологической обстановки в регионе, а также оказывает негативное воздействие на гидробионтов [4-6].

Комплексные мониторинговые исследования водной среды дают возможность своевременно выявить основные последствия, связанные с нарушением экологического баланса. Наряду с оценкой качества водной среды путем непосредственного определения концентрации загрязнителей и их токсичности, показателем экологического благополучия водоема является само состояние обитающих в нем гидробионтов, их популяций и сообществ. Рыбы, представляющие верхний уровень в трофической системе водоемов, успешно используются в качестве индикаторов загрязнения воды. Применяются методы оценки, основанные на экологических, физиологических, патоморфологических показателях гидробионтов [7; 8].

Использование визуально определяемых патологий рыб в качестве биомаркеров загрязнения является легкодоступным методом для его применения в полевых условиях. В различных мониторинговых программах наиболее часто учитываются: скелетные деформации, эрозия плавников, эпидермальная гиперплазия, патологические изменения внутренних органов (кровоизлияния, опухоли и т.д.) [7; 9; 10]. В качестве индикаторов загрязнения окружающей среды также используются и многие паразиты разного систематического положения ввиду их чувствительности к различным ксенобиотикам [11; 12].

Визуальные аномалии гидробионтов являются качественными признаками, поэтому судить о тяжести тех или иных изменений и проводить сравнительный анализ полученных данных затруднительно. Метод визуальных оценок патологических аномалий у рыб широко используется в отечественной литературе, особенно на пресноводных рыбах [8; 13; 14]. Для выявления различий в состоянии рыб часто используют индекс оценки здоровья в количественном выражении на основе внешнего осмотра и клинического исследования (НАИ), предложенный Адамсом с соавторами [15; 16].

В акватории Севастополя в течение ряда лет проводятся экотоксикологические исследования разных видов рыб [5; 6; 17]. Периодически проводился гистологический анализ жабр и гонад [18; 19]. Широко освещено влияние паразитофауны на рыб [20-22]. Проведен анализ визуальных альтераций кожного покрова, плавников, скелетных деформаций и макроскопических паразитов у черноморского калкана *Scophthalmus maeoticus* Pallas, 1814 [4]. Стоит отметить, что в настоящее время запасы *S. maeoticus* подорваны [23], поэтому использование этого вида в качестве биомониторного

не представляется возможным. Патологии внешнего и внутреннего строения у других рыб в качестве биомаркеров загрязнения в акватории Севастополя не применяли.

Цель работы – изучить возможность использования визуальных признаков патологии у рыб для выявления наиболее чувствительных мониторинговых видов, которые можно использовать для оценки экологического состояния прибрежных акваторий Севастополя.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рыб отлавливали ряжковыми (трехстенными сетями) в трех бухтах Севастополя: Матюшенко, Александровской, Карантинной и живыми доставляли в лабораторию. Всего патоморфологическому анализу подвергли 461 экз. рыб: морского ерша *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758 (n=163), бычка-мартовика *Mesogobius batrachocephalus* Pallas, 1814 (n=21), бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* Pallas, 1814 (n=28), бычка черного *Gobius niger* Linnaeus, 1758 (n=3), кефали сингиля *Chelon auratus* Risso, 1810 (n=87), зеленушки рулены *Symphodus tinca* Linnaeus, 1758 (n=18), темного горбыля *Sciaena umbra* Linnaeus, 1758 (n=30), ставриды *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev, 1956 (n=19), спикары *Spicara flexuosa* Rafinesque, 1810 (n=23), ласкиря *Diplodus annularis* Linnaeus, 1758 (n=21), султанки *Mullus barbatus ponticus* Essipov, 1927 (n=14).

При исследовании рыб на внешние или внутренние альтерации отмечали изменение пигментации, деформацию костей черепа и скелета, гиперемии, точечные или обширные геморрагии, абсцессы, опухоли, некрозы, состояние жабр, плавников, глаз, наличие асцита, воспаление ануса и т.д. При патологоанатомическом вскрытии обращали внимание на содержимое брюшной полости (наличие жидкости или газа). Внутренние органы осматривали, регистрировали изменение цвета, размера, консистенции, наличие кровоизлияний, опухолей и т.п. Обнаруженные у рыб альтерации подробно описывали и фотографировали.

Визуальный паразитологический анализ осуществляли путем подсчета численности паразитарных агентов у рыб [24]. По интенсивности заражения выделяли три категории: незначительную (1–10 паразитарных агентов на одну особь), умеренное заражение (11–20) и многочисленные паразиты (>20) [15].

В наших исследованиях для оценки состояния организма рыб на основе клинического и патологоанатомического обследования мы унифицировали градацию Адамса [15], дополнив ее градацией для гонад по Ю.С. Решетникову с соавторами [13]; состоянию позвоночника и кожного покрова по О.А. Госьковой и др. [14] и нашими данными. В зависимости от степени тяжести повреждения переменным НАИ были присвоены значения 0, 10, 20 или 30. Органам в норме присваивалось значение 0, легкой степени повреждений – 10; умеренным альтерациям – 20, а тяжелые патологии получали ранжирование 30 (табл. 1). Анализ обнаруженных визуальных аномалий с использованием индекса оценки здоровья (НАИ) проводили у шести видов рыб: морского ерша, бычка-мартовика, бычка-кругляка, кефали сингиля, зеленушки рулены и темного горбыля, выборки которых были репрезентативны.

Таблица 1. Описание переменных, используемых в индексе оценки состояния «здоровья» (HAI) рыб из бухт Севастополя. Значения присваиваются каждой из этих переменных в зависимости от типа и тяжести наблюдаемой аномалии [13-15, наши предложения]

Table 1. Description of the variables used in the index of the state of health (HAI) assessment of fishes from the bays of Sevastopol. Values are assigned to each of these variables depending on the type and severity of the observed anomaly [13-15, our proposals]

Переменные (органы и ткани) Variable (organs and tissues)	Переменное состояние (визуальные патологии) Variable condition (visible pathology)	Значение для HAI HAI value
Позвоночник Vertebra	Искривление позвоночника Spinal deformity	20
Челюсти Jaws	Деформация челюстей Deformity of jaws	20
Плавники Fins	Утолщение плавников Thickening of fins	10
	Скручивание плавников Deformity (warping) of fins	20
Почки (мочевой пузырь) Kidney (bladder)	Мочекаменная болезнь или минеральный материал белого или сливочного цвета в почечных канальцах Urolithiasis or nephrocalcinosis: white or cream-colored mineral material in kidney tubules	30
Кожа Skin	Незначительные аберрации кожи Mild skin aberrations	10
	Умеренные повреждения кожи Moderate skin aberrations	20
	Тяжелые аберрации кожи Severe skin aberrations	30
Селезенка Spleen	Увеличенная; заметно увеличенная Enlarged; noticeably enlarged	30
Печень Liver	Расширение кровеносных сосудов Dilation of blood vessels	10
	Узелки в печени; кисты или узлы Nodules in liver; cysts or nodules	30
	Новообразование в печени Neoplasm in liver	30
	Уменьшение размера Liver size reduction	30
	Очаговое обесцвечивание; отдельные локализованные очаги изменения цвета Focal discolouration; distinct localised colour changes	30
	Общее обесцвечивание; изменение цвета всей печени General discolouration; colour change in whole liver	30
Глаза Eyes	Непрозрачные глаза (один или оба) Opaque eyes (one or both)	30
	Отекший, выступающий глаз (один или оба) (экзофтальмия) Swollen, protruding eye (one or both) (exophthalmia)	30
Жабры Gills	Потертые; эрозия кончиков жаберных ламелл, образование «рваных» жабр Frayed; erosion of tips of gill lamellae, formation of 'tattered' gills	30
	Маргинированные; жабры с легким, обесцвеченным краем вдоль кончиков ламелл Marginated; gills with light, discoloured edge along tips of lamellae	30
	Бледные; очень светлого цвета/Pale; very light colour	30
Гонады Gonads	Изменение цвета гонад и половых клеток; гонады самцов с участками желтого или коричневого цвета; гонады красного цвета (кровоизлияния под оболочкой гонад); ооциты белого цвета; некоторые ооциты в яичнике Change in the colour of gonads and germ cells; gonads of males with areas of yellow or brown colour; red gonads (hemorrhage under gonad membrane); white oocytes; some oocytes in ovary	10
	Изменение формы гонад: асимметрия, перетяжки, дольчатость; срастание гонад между собой или прирастание к кишечнику Change in shape of gonads: asymmetry, constriction, lobation; adhesion to intestines and between gonads or to intestines	30
Паразиты Parasites	Незначительная инвазия паразитами (1–10) Few observed parasites (1-10)	10
	Умеренное заражение паразитами (11–20) Mild parasitic infection (11-20)	20
	Многочисленные паразиты (>20) Numerous parasites (>20)	30

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе данных визуального осмотра и патологоанатомического вскрытия у рыб из бухт Севастополя выявили повреждения кожных покровов, жабр,

альтерации плавников, скелетные деформации, патологии печени, селезенки, гонад, паразитарные инвазии (рис. 1, 2; табл. 2).

Таблица 2. Органы и ткани рыб, в которых были выявлены визуальные и клинические признаки патологии

Table 2. Organs and tissues of fish in which visible and clinical signs of pathology were identified

Вид рыбы Fish species	Б. Александровская B. Aleksandrovskaya	Б. Карантинная B. Karantinnaya	Б. Матюшенко B. Matyushenko
<i>S. porcus</i>	88/1 – мочевой пузырь, 1 – глаза 88/1 – bladder, 1 – eyes	31/3 – мочевой пузырь, 1 – гонады 31/3 – bladder, 1 – gonads	44/0
<i>M. batrachophalus</i>	5/2 – паразиты в желчном пузыре, 1 – деформация плавников, 1 – печень 5/2 – parasites in gall bladder, 1 – fin deformity, 1 – liver	5/1 – печень, 2 – паразиты в желчном пузыре 5/1 – liver, 2 – parasites in gall bladder	11/3 – деформация плавников, 2 – печень, 3 – паразиты в желчном пузыре, 1 – искривление позвоночника 11/3 – fin deformity, 2 – liver, 3 – parasites in gall bladder, 1 – spine curvature
<i>N. melanostomus</i>	28/2 – печень, 3 – паразиты на коже, 1 – гонады; 1 – изменение формы и размера гонад 28/2 – liver, 3 – parasites on skin, 1 – gonads; 1 – change in shape and size of gonads	–	–
<i>G. niger</i>	3/1 – паразиты в полости тела 3/1 – parasites in body cavity	–	–
<i>T. mediterraneus</i>	14/2 – паразиты в полости тела 14/2 – parasites in body cavity	–	5/2 – печень 5/2 – liver
<i>S. flexuosa</i>	4/–	15/6 – паразиты в полости тела 15/6 – parasites in body cavity	4/1 – паразиты в полости тела 4/1 – parasites in body cavity
<i>S. umbra</i>	18/3 – печень, 1 – жабры 18/3 – liver, 1 – gills	10/1 – глаза (экзофтальмия), 1 – деформация черепа, искривление позвоночника; 1 – асимметрия гонад 10/1 – eyes (exophthalmia), 1 – skull deformity, spinal curva- ture; 1 – gonad asymmetry	2/1 – печень, 1 – паразиты в полости тела 2/1 – liver, 1 – parasites in body cavity
<i>S. tinca</i>	17/8 – печень, из них у 7 – паразиты; 1 – темные включения в гонадах 17/8 – a liver, 7 of them – para- sites; 1 – dark inclusions in gon- ads	–	1/1 – печень 1/1 – liver
<i>D. annularis</i>	6/1 – жабры, 2 – печень, 6/1 – gills, 2 – liver	9/0	6/0
<i>C. auratus</i>	11/0	–	78/1 – печень, 1 – селезенка, 1 – гонады, 12 – паразиты в полости тела, 3 – паразиты в желчном пузыре, 2 – паразиты на жабрах 78/1 – liver, 1 – spleen, 1 – gonads, 12 – parasites in body cavity, 3 – parasites in gall bladder, 2 – parasites on gills
<i>M. barbatus</i>	14/0	–	–

Примечание: n1/n2: n1 – общее количество исследованных рыб, n2 – число особей с патологиями

Note: n1 / n2: n1 – total number of fish studied, n2 – number of individuals with pathologies

Скелетную деформацию (сколиоз) в виде S-образного горизонтального искривления позвоночника за период исследования отмечали у бычка-мартовика из б. Матюшенко и у темного горбыля из б. Карантинная. Деформация черепа (рис. 1А) была обнаружена у последней группы рыб. По литературным данным значительная взаимосвязь выявлена между распространенностью сколиоза и воздействием различных

хлорорганических пестицидов [25; 26]. Нарушения структуры скелета также могут быть вызваны повышенной концентрацией тяжелых металлов [7; 26] в водной среде. Подобные альтерации могли быть обусловлены генетическими мутациями, различными заболеваниями [22; 27; 28], пищевыми факторами, патологиями развития и не связаны с загрязнением [26].

Плавники. Скручивание и утолщение брюшных и анальных плавников выявили у бычка-мартовика в бухтах Александровская и Матюшенко. Сведений о возможных причинах подобного повреждения плавников мы не нашли. Возможно, что эта патология является начальной стадией эрозии плавников, которая

выглядит как утолщение эпителия по краю плавников [7], при развитии заболевания приводит к некрозу мягких тканей и истиранию лучей, а в дальнейшем – к тотальному некрозу плавника [9]. Вероятной причиной выявленной аalterации могут быть и механические травмы в результате трения о грунт.

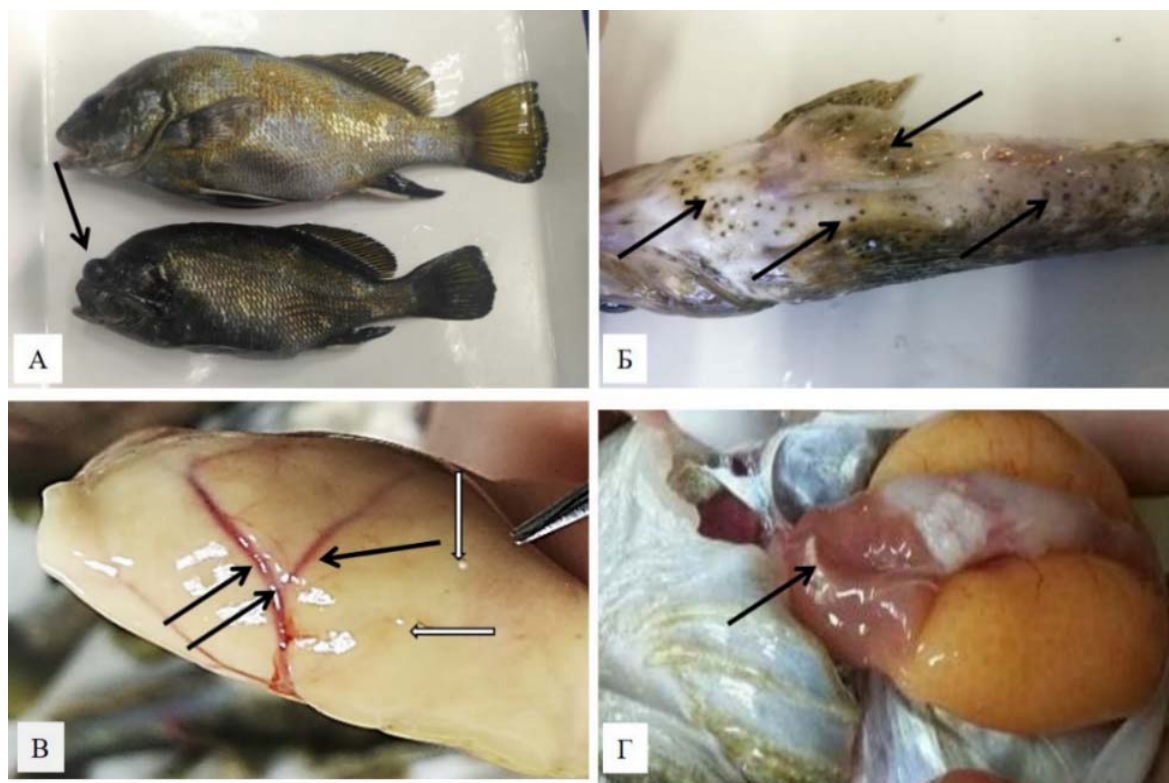


Рисунок 1. Визуальные признаки патологии, выявленные у рыб из бухт Севастополя: А – экзофтальмия (↑), деформация черепа у темного горбыля б. Карантинная (вверху для сравнения здоровая рыба); Б – поражение кожного покрова метацеркариями трематоды *Cryptocotyle* (↑) у бычка-кругляка, б. Александровская; В – расширение кровеносных сосудов (↑) и мелкие белые включения (↑↑) в паренхиме печени у бычка-мартовика, б. Карантинная; Г – изменение цвета и белые включения в печени у бычка-мартовика, б. Матюшенко

Figure 1. Visual signs of pathology detected in fish from bays of Sevastopol: А – exophthalmia (↑), skull deformity in a brown meagre from Karantinnaya Bay (at top healthy fish for comparison); Б – lesion of skin by trematodes *Cryptocotyle* (↑) in round goby from Alexandrovskaya Bay; В – dilatation of blood vessels (↑) and small white inclusions (↑↑) in liver parenchyma of knout goby from Karantinnaya Bay; Г – discolouration and white inclusions in liver of knout goby from Matyushenko Bay

Кожа. Многочисленных значительных внешних повреждений кожи у рыб не отмечали. Нарушение целостности кожного покрова регистрировали у бычка-кругляка из бухты Александровская в результате множественного поражения метацеркариями трематоды *Cryptocotyle* (рис. 1Б).

Визуальные патологические повреждения в жабрах наблюдали у ласкиря из б. Александровская и у кефали из б. Матюшенко. У рыб вышеуказанных видов были выявлены мелкие белые включения в жабрах и жаберной полости.

Печень. Наиболее часто встречающимися аalterациями были расширение кровеносных сосудов (рис. 1В) у бычка-мартовика из б. Карантинная; изменение цвета, консистенции и размера органа у бычка-кругляка (рис. 1Г) из б. Матюшенко (табл. 2). Мелкие белые включения отмечали в паренхиме

печени у бычка-мартовика из всех трех исследованных бухт и у бычка-кругляка из б. Александровская. Более тяжелыми визуальными повреждениями были новообразования на печени у бычка-кругляка и темного горбыля из б. Александровская (рис. 2А, Б).

Опухолевый рост может быть следствием негативного воздействия на организм широкого ряда факторов: химические канцерогены, радиация, и онкогенные вирусы [8; 9; 10]. Новообразования печени и их начальные стадии (очаги клеточных изменений) связаны со временем воздействия антропогенных канцерогенных загрязнителей, в частности полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и полихлорированных бифенилов (ПХБ) и их метаболитов. Наличие опухолей печени и связанных с ними поражений признаются показателями предыдущего воздействия загрязнителей [10; 27].



Рисунок 2. Визуальные признаки патологии, выявленные у рыб из бухт Севастополя: А – новообразование темно-красного цвета (↑) у бычка кругляка, б. Александровская; Б – новообразование в печени (↑) у темного горбыля, б. Александровская; В – камень в мочевом пузыре (↑) у морского ерша, б. Карантинная; Г – паразиты на печени у зеленушки рулены (↑), б. Александровская

Figure 2. Visual signs of pathology detected in fish from the bays of Sevastopol: А – a dark red colored tumor (↑) in a round goby from Alexandrovskaya Bay; Б – a neoplasm in the liver (↑) of a brown meagre from Alexandrovskaya bay; В – a stone in the bladder (↑) of a black scorpionfish from Karantinnaya Bay; Г – parasites on the liver of an East Atlantic peacock wrasse (↑) from Alexandrovskaya Bay

Аномалии желчного пузыря – увеличение размеров, изменение цвета желчи (красноватого или беловато-оранжевого) – выявили у бычка-мартовика из бухт Александровской и Карантинной. Подобные патологии могли быть вызваны личинками (цистицеркоидами) цестоды, обнаруженной у этих же рыб. Желчный пузырь при интенсивном заражении (десятки личинок) переполняется желчью в результате воспалительной реакции и нарушения ее оттока в кишечник рыб. Желчь изменяет цвет – из темно-зеленого цвета (норма) становится светлого или красноватого цвета [22; 25].

Почки и мочевой пузырь. В почках у рыб внешних признаков патологии не отмечали. Стоит отметить, что у морского ерша выявили увеличение и переполнение мочевого пузыря (б. Александровская) и твердые минерализованные отложения (камни) у этого же вида рыб из б. Карантинная (рис. 2В). Обнаруженные повреждения отмечали у особей обоего пола более старшей возрастной группы (6 лет). Подобная альтерация косвенно может свидетельствовать о нефрокальцинозе (отложении камней) и в почках у особей *S. porcus* с патологией.

Поражения в селезенке – темные включения – наблюдали только у кефали из бухты Александровская. Возможная причина выявленной патологии (увеличенная меланизация макрофагов и/или патогенные агенты) будет установлена при дальнейших гистологических исследованиях.

Гонады. В б. Александровская темные включения отмечали в гонадах у зеленушки рулены, а изменение формы и асимметрию гонад – у бычка-кругляка. В б. Матюшенко кровоизлияния в половых железах выявили у бычка-мартовика. В б. Карантинная регистрировали образование неправильной формы диаметром 3-4 мм у морского ерша и асимметрию гонад у темного горбыля. Известно, что большой спектр поллютантов, попадающих в водную среду, наряду с общетоксичным воздействием, оказывает влияние и на процессы гаметогенеза, приводит нарушению процесса размножения, и в конечном счете негативно сказывается на состоянии рыбных запасов [8]. Патологии репродуктивной функции у рыб могут вызывать ПАУ, в результате нарушения работы эндокринной системы, а также цитотоксического и мутагенного воздействия на половые клетки [8; 10]. Отмечено, что даже при отсутствии визуальных патологических нарушений в других органах «отклонения в системе воспроизводства рыб проявляются в виде асимметрии гонад при «культурном эвтрофировании» водоемов, в виде сбоев в развитии половых клеток при «тепловом загрязнении» [13].

Глаза. Помутнение поверхности глаза выявили у морского ерша из б. Александровская; экзофтальмию (пучеглазие) – у темного горбыля из б. Карантинная (рис. 1А). Помутнение поверхности глаза может предшествовать экзофтальмии, которая вызывается скоплением жидкости в глазу или позади него.

Причиной пучеглазия могут являться патогенные организмы: паразитарные агенты (трематоды), бактерии, вирусы, микозные инфекции или состояние окружающей среды [22; 25; 27].

Паразиты. Как было указано выше, нами были выявлены макроскопические паразитарные агенты в коже, жабрах и жаберной полости, желчном пузыре исследованных особей. В полости тела у кефали-сингиля и ласкиря из б. Матюшенко и на печени у зеленушки рулены из б. Александровская обнаружили личинок нематод (рис. 2Г).

Отмечено, что индикаторами повышения уровня биогенных элементов являются гельминты с дифференцированным циклом развития, использующие в качестве промежуточных хозяев зоопланктон и зообентос [12]. При различной степени эвтрофирования водоемов в фауне паразитов промысловых рыб сокращается количество видов с прямым жизненным циклом [11; 12]. Чувствительными к неблагоприятным факторам окружающей среды являются как паразитические простейшие – ихтиофтириус, триходины, хилодонелла, апиозомы, трихофрии, ихтиободо, обитающие на наружных покровах хозяина, так и гельминты – нематоды, скребни, цестоды, трематоды [11; 12; 29].

Бычок-кругляк является одним из массовых промежуточных хозяев трематоды рода *Cryptocotyle*, поражающей рыб на стадии метацеркарии. Трематоды рода *Cryptocotyle* обычно локализуются в коже, плавниках, мышцах и жабрах [22]. Высокая зараженность личинками трематод может привести к развитию тяжелых альтераций, значительно снижающих массу и упитанность рыб [20], и вызывать нарушения в печени рыб [30]. Трематодозы, как и другие паразитозы, могут усугубить патологические изменения, вызываемые кенобиотиками, поэтому изучение зараженности рыб представляет интерес для мониторинговых экотоксикологических исследований.

Таким образом, в экологических условиях прибрежной зоны Севастополя у одиннадцати видов рыб зафиксировано 23 вида визуальных патологий: 2 вида нарушений жабр, 8 – печени, 4 – гонад и 1 – селезенки, 2 – кожи, 1 – позвоночника, 2 – плавников, 2 – глаз, 1 – челюстей.

Предварительный анализ обнаруженных визуальных аномалий с использованием индекса оценки здоровья (HAI), показал, что более чувствительными биомониторными видами являются бычок-мартовик, бычок-кругляк и зеленушка рулена (рис. 3). У этих трех видов рыб были выявлены эктопаразиты и альтерации печени (рис. 1, 2; табл. 2).

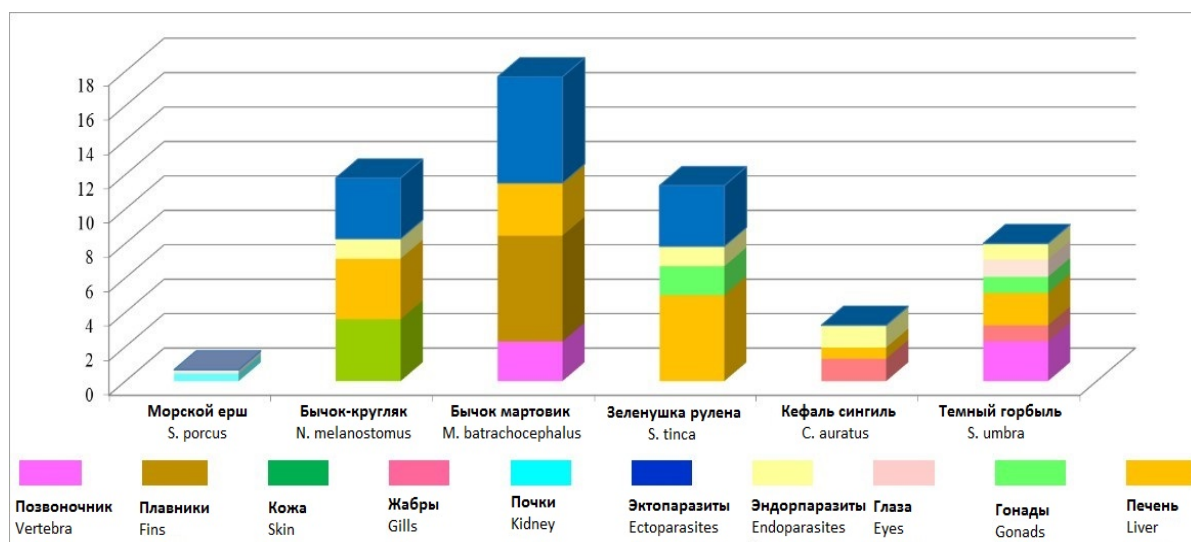


Рисунок 3. Данные индекса оценки здоровья (HAI) с использованием визуальных аномалий, обнаруженных у рыб в бухтах Севастополя в ноябре 2017 – ноябре 2018 гг.

Figure 3. Data of Health Assessment Index (HAI) compiled from observation of visible anomalies in fish from bays of Sevastopol in November 2017 – November 2018

Значения переменной печени у исследованных нами рыб «вносят наибольший вклад» в индекс оценки здоровья. Печень рыб чувствительна к различным токсикантам, поскольку в ней накапливаются многие загрязняющие вещества. В результате этого она подвергается воздействию гораздо более высоких уровней (на несколько порядков), чем в окружающей среде или в других органах [27]. Наблюдаемые в паренхиме печени альтерации зависят от типа, экспозиции и концентрации токсикантов [27], а также увеличиваются с возрастом и зависят от репродуктивного цикла [8].

Кроме того, у бычка-мартовика обнаружены скелетные деформации и повреждение плавников, а у зеленушки и бычка-кругляка – эндопаразиты в полости тела.

Вышеуказанные виды бычков, а также морской ерш широко используются в качестве биомониторов при проведении биохимических, гематологических, гистологических исследований [5; 6; 17]. Бычок-мартовик и бычок-кругляк ведут донный образ жизни, а зеленушка рулена – придонный. Постоянный контакт с загрязненными грунтами приводит к накоплению токсикантов в организме рыб и возникновению

патологических нарушений. Стоит отметить, что морской ерш также относится к донным видам, но значение индекса HAI у него самое низкое из проанализированных нами видов рыб (рис. 3). По-видимому, *S. porcus* является более устойчивым к различным ксенобиотикам видом. Уточненную характеристику выявленным альтерациям можно будет дать после проведения гистопатологических исследований.

Биомониторинг водной среды, основанный на анализе визуальных патологий у рыб, позволяет выявлять негативные влияния естественных и антропогенных факторов раньше, чем многие инструментальные методы [7; 8]. Применение критерия HAI дает возможность провести оценку состояния здоровья в популяции рыб. Если при расчете HAI выявляют общую проблему со здоровьем в популяции, то впоследствии могут быть использованы более конкретные подходы к оценке, такие как применение биологических показателей, биохимических и гистопатологических данных.

Недостатком метода учета внешних патологий является то, что он недооценивает «истинную» распространенность поражений, потому что не позволяет учитывать микроскопические повреждения, которые не видны при визуальном исследовании. Кроме того, используемая методика не дает возможность выявить другие типы патологий (в том числе, начальные пренеопластические и неопухолевые поражения) которые также могут использоваться в качестве маркеров воздействия загрязнителя. У исследованных нами рыб проведен отбор и гистологическая обработка полученных проб с целью дальнейшего исследования. Стоит отметить, что при проведении дальнейших мониторинговых исследований спектр выявленных изменений будет расширяться, а таблица по градации внешних признаков патологии – пополняться новыми данными.

Загрязнение среды обитания неоднозначно влияет на рыб разного пола и возраста. Известно, что наиболее уязвимыми являются особи младших возрастных групп [5; 7; 8]. В наших исследованиях пока отмечено только влияние возраста морского ерша на присутствие патологии в мочевом пузыре, которую наблюдали у особей более старшей возрастной группы, тогда как зависимости подобной альтерации от половой принадлежности не выявили. Вероятно, что обнаруженные нами у гидробионтов внешние альтерации и паразитарные агенты больше обусловлены биологией, видовыми особенностями исследуемых рыб, а также средой их обитания. Более полную картину зависимости различных визуальных повреждений от вида, половой принадлежности и возраста у исследуемых особей можно будет дать при проведении дальнейших мониторинговых исследований разновозрастных видов рыб обоего пола из бухт Севастополя.

Выводы

При внешнем осмотре и патологоанатомическом вскрытии у рыб из бухт Севастополя выявили повреждения кожных покровов, жабр, альтерации плавников, скелетные деформации, патологии печени, селезенки, гонад, паразитарные инвазии.

При проведении анализа обнаруженных внешних аномалий с использованием индекса оценки

здоровья (HAI) выявили, что более чувствительными биомониторными видами являются бычок-мартовик, бычок-кругляк и зеленушка рулена – придонные и донные рыбы. Более высокие значения HAI у этих видов рыб являлись результатом присутствия эктопаразитов и патологий печени.

Обнаруженные нами у гидробионтов внешние альтерации и паразитарные агенты обусловлены биологией, видовыми особенностями исследуемых рыб, а также средой их обитания.

Регистрируемые у исследуемых гидробионтов патологии могут быть использованы для контроля изменений экосистемы севастопольской акватории. Подобная методика широко применяется во многих международных исследованиях. Для более точного анализа определение визуальных нарушений у рыб необходимо проводить совместно с гистологическими исследованиями с целью выявления начальных патологических изменений, уточнения диагноза и определения тяжести, а в случае паразитарных, микозных и некоторых инфекционных заболеваний – возможных этиологических агентов.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена по теме государственного задания Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» «Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом», номер гос. регистрации AAAA-A18-118021490093-4; «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана», номер гос. регистрации AAAA-A18-118020890074-2.

ACKNOWLEDGEMENT

The work was carried out according to the state assignment tasks of the Federal Research Centre, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the South Seas, Russian Academy of Sciences: “Functional, metabolic and toxicological aspects of the existence of hydrobionts and their populations in biotopes with differing physico-chemical regimes”, state registration number AAAA-A18-118021490093-4; and “Patterns of formation and anthropogenic transformation of biodiversity and biological resources of the Azov-Black Sea basins and other regions of the world ocean”, state registration number AAAA-A18-118020890074-2.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Копытов Ю.П., Минкина Н.И., Самышев Э.З. Уровень загрязненности воды и донных отложений Севастопольской бухты (Черное море) // Системы контроля окружающей среды. Средства, модели и мониторинг: Сб. науч. тр. НАН Украины. МГИ: Севастополь, 2010. С. 199-208. URL: <http://www.nbu.gov.ua/Portal/natural/Skns/2010/articles> (дата обращения: 16.01.2019)
2. Малахова Л.В. Полихлорированные бифенилы и органический углерод в донных отложениях Севастопольской и Балаклавской бухт (Чёрное море) // Морской экологический журнал. 2013. Т. XII. N 1. С. 52-58.
3. Мезенцева И.В., Мальченко Ю.А. Комплексный подход в организации мониторинга загрязнения

- морских вод в прибрежных акваториях Севастополя // Труды Государственного Океанографического института. 2015. Вып. 216. С. 326-339.
4. Khanaychenko A.N., Giragosov V.E., Gaevskaya A.V. Epizootological state of the wild Black sea turbot (kalkan). Grossly visible pathology: preliminary data // Marine Ecological Journal. 2012. V. 11. N 4. P. 85-94.
5. Экотоксикологические исследования прибрежной черноморской ихтиофауны в районе Севастополя / отв. ред. И.И. Руднева; Ин-т морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН; Российский фонд фундаментальных исследований. Москва: ГЕОС, 2016. 360 с.
6. Kovyrshina T.B., Rudneva I.I. The Response of Blood Biomarkers of the Round Goby *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) (Perciformes: Gobiidae) to Chronic Coastal Pollution in the Sea of Azov // Russian Journal of Marine Biology. 2018. V. 44. P. 328-333. DOI: 10.1134/S1063074018040065
7. Au D.W.T. The application of histo-cytopathological biomarkers in marine pollution monitoring: a review // Marine Pollution Bulletin. 2004. V. 48. Iss. 9-10. P. 817-834. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2004.02.032
8. Моисеенко Т.И. Водная токсикология. Теоретические и прикладные аспекты. Москва: Наука, 2009. 400 с.
9. Bucke D., Vethaak A.D., Lang T., Møllergaard S. Common Diseases and Parasites of Fish in the North Atlantic: Training Guide for Identification // ICES Techniques in Marine Environmental Sciences. 1996. N 19. 27 p. DOI: 10.25607/OBP-255
10. Feist S.W., Lang T. Liver tumours in flatfish // ICES Identification Leaflets for Diseases and Parasites of Fish and Shellfish. 2014. Iss. 61. 5 p. DOI: 10.17895/ices.pub.5242
11. Новак А.И. Инвазии рыб в водоемах с различными экологическими условиями // Российский паразитологический журнал. 2010. N 2. С. 6-10.
12. Sures B., Nachev M., Selbach C., Marcogliese D.J. Parasite responses to pollution: what we know and where we go in 'Environmental Parasitology' // Parasites and Vectors. 2017. V. 10(65). P. 1-19. DOI 10.1186/s13071-017-2001-3
13. Решетников Ю.С., Акимова Н.В., Попова О.А. Аномалии в системе воспроизводства рыб при антропогенном воздействии // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2000. Т. 2. N 2. С. 274-282.
14. Госькова О.А., Мельниченко И.П., Богданов В.Д. Морфологические аномалии и травмы у пеляди в период нерестовой миграции в уральских притоках Оби // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. 2014. N 4. С. 7-15.
15. Adams S.M., Brown A.M., Goede R.W. A Quantitative Health Assessment Index for Rapid Evaluation of Fish Condition in the Field // Transactions of the American Fisheries Society. 1993. V. 122. Iss. 1. P. 63-73. DOI: 10.1577/1548-8659(1993)122<0063:AQHAIF>2.3.CO;2
16. Kumar D.M. Application of the health assessment index (HAI) for rapid evaluation of fish health // Journal of the Inland Fisheries Society of India. 2005. V. 37. Iss. 2. P. 87-92.
17. Чеснокова И.И. Активность аминотрансфераз и щелочной фосфатазы в гонадах черноморских бычка-кругляка и бычка-мартовика // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2017. Т. 3. N3. С. 114-128. DOI: 10.21684/2411-7927-2017-3-3-114-128
18. Овен Л.С. Специфика развития половых клеток морских рыб в период размножения как показатель типа нереста и реакции на условия среды обитания. М.: Изд-во ВНИРО, 2004. 188 с.
19. Селюков А.Г., Чернов В.С., Жуков Г.В., Шуман Л.А. Гистопатологические изменения жаберного аппарата черноморской скорпены *Scorpaena porcus* // Сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 125-летию профессора В. А. Водяницкого «Загрязнение морской среды: экологический мониторинг, биоиндикация, нормирование», Севастополь, 28 мая-1 июня, 2018. С. 228-233.
20. Корнийчук Ю.М., Мартыненко И.М. Особенности распределения метацеркарий трематод рода *Cryptocotyle* (Heterophyidae) по поверхности тела бычка-кругляка *Apollonia* (*Neogobius melanostomus*) // Экология моря. 2009. Вып. 79. С. 11-14.
21. Юрахно В.М., Горчанок Н.В. Миксоспоридия *Kudoa nova* (Myxosporea: Kudoidae) – паразит рыб Чёрного и Азовского морей // Морской экологический журнал. 2011. Т. X. N 2. С. 68-77.
22. Гаевская А.В. Паразиты и болезни рыб Черного и Азовского морей: I – морские, солоноватоводные и проходные рыбы. Севастополь: ЭКОСИГидрофизика, 2012. 380 с.
23. Болтачёв А.Р., Карпова Е.П. Ихтиофауна прибрежной зоны Севастополя (Чёрное море) // Морской экологический журнал. 2012. Т. 11. N 2. С. 10-27.
24. Чернышева Н.Б., Кузнецова Е.В., Воронин В.Н., Стрелков Ю.А. Паразитологическое исследование рыб. Методическое пособие. СПб.: ГОСНИОРХ. 20 с.
25. Noga E.J. Fish Disease: Diagnosis and Treatment. Wiley-Blackwell; 2nd ed., 2010. 536 p.
26. Berillis P. Factors that can lead to the development of skeletal deformities in fishes: a review // Journal of Fisheries Sciences.com. 2015. V. 9. Iss. 3. P. 17-23.
27. Myers M.S., Anulacion B.F., French B.L., Reichert W.L., Laetz C.A., Buzitis J., Olson O.P., Sol S., Collier T.K. Improved flatfish health following remediation of a PAH-contaminated site in Eagle Harbor, Washington // Aquatic Toxicology. 2008. V. 88. Iss. 4. P. 277-288. DOI: 10.1016/j.aquatox.2008.05.005
28. Гаврюсева Т.В., Сергеев Н.В., Устименко Е.А., Рязанова Т.В. и др. Патогены гидробионтов Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2012. Вып. 25. С. 190-207.
29. Vidal Martinez V.M. Helminths and protozoans of aquatic organisms as bioindicators of chemical pollution // Parassitologia. 2007. V. 49. Iss. 3. P. 177-184.
30. Skuratovskaya E.N., Kovyrshina T.B., Chesnokova I.I. Influence of *Cryptocotyle* spp. metacercariae (Creplin, 1825) on some biochemical parameters of the round goby *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) // Bulletin of the European Association of Fish Pathologists. 2019. V. 39. Iss. 1. P. 24-30.

REFERENCES

1. Kopytov Yu.P., Minkina N.I., Samyshev E.Z. [Level of water and sediments pollution in the Sevastopol Bay (Black Sea)]. In: *Sistemy kontrolya okruzhayushchei sredy. Sredstva, modeli i monitoring* [Environmental Control Systems. Means, Models and Monitoring]. Sevastopol', MSI Publ., 2010, pp. 199-208. (In Russian) Available at:

- <http://www.nbuu.gov.ua/Portal/natural/Skns/2010/articles> (accessed 16.01.2019)
2. Malakhova L.V. Polychlorinated biphenyls and organic carbon in bottom sediments of Sevastopol and Balaklava Bays (the Black Sea). *Morskoi ekologicheskii zhurnal [Marine Ecological Journal]*. 2013, vol. XII, no. 1, pp. 52-58. (In Russian)
 3. Mezenceva I.V., Malchenko Y.A. [Integrated approach in the organization of marine pollution monitoring in coastal water areas of Sevastopol]. In: *Trudy Gosudarstvennogo Okeanograficheskogo instituta [Proceedings of State Oceanographic Institute]*. 2015, iss. 216, pp. 326-339. (In Russian)
 4. Khanaychenko A.N., Giragsov V.E., Gaevskaya A.V. Epizootological state of the wild Black sea turbot (kalkan). Grossly visible pathology: preliminary data. *Marine Ecological Journal*, 2012, vol. 11, no. 4, pp. 85-94.
 5. Rudneva I.I., ed. *Ekotoksikologicheskie issledovaniya pribrezhnoi chernomorskoj ikhtiofauny v raione Sevastopolya [Ecotoxicological Studies of Coastal Black Sea Ichthyofauna in the Region of Sevastopol]*. Moscow, GEOS Publ., 2016, 360 p. (In Russian)
 6. Kovyrshina T.B., Rudneva I.I. The Response of Blood Biomarkers of the Round Goby *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) (Perciformes: Gobiidae) to Chronic Coastal Pollution in the Sea of Azov. *Russian Journal of Marine Biology*, 2018, vol. 44, pp. 328-333. DOI: 10.1134/S1063074018040065
 7. Au D.W.T. The application of histo-cytopathological biomarkers in marine pollution monitoring: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 2004, vol. 48, iss. 9-10, pp. 817-834. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2004.02.032
 8. Moiseenko T.I. *Vodnaya toksikologiya. Teoreticheskie i prikladnye aspekty [Aquatic Toxicology. Theoretical and Applied Aspects]*. Moscow, Nauka Publ., 2009, 400 p. (In Russian)
 9. Bucke D., Vethaak A.D., Lang T., Møllergaard S. Common Diseases and Parasites of Fish in the North Atlantic: Training Guide for Identification. *ICES Techniques in Marine Environmental Sciences*, 1996, no. 19, 27 p. DOI: 10.25607/OBP-255
 10. Feist S.W., Lang T. Liver tumours in flatfish. *ICES Identification Leaflets for Diseases and Parasites of Fish and Shellfish*, 2014, iss. 61, 5 p. DOI: 10.17895/ices.pub.5242
 11. Novak A.I. Invasions of fishes in pools with different ecological conditions. *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal [Russian Parasitological Journal]*. 2010, no. 2, pp. 6-10. (In Russian)
 12. Sures B., Nachev M., Selbach C., Marcogliese D.J. Parasite responses to pollution: what we know and where we go in 'Environmental Parasitology'. *Parasites and Vectors*, 2017, vol. 10(65), pp. 1-19. DOI 10.1186/s13071-017-2001-3
 13. Reshetnikov Y.S., Akimova N.V., Popova O.A. Morphological anomalies in the reproduction system of fish under pollution. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk [Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]*. 2000, vol. 2, no. 2, pp. 274-282. (In Russian)
 14. Gorskova O.A., Melnichenko I.P., Bogdanov V.D. Morphological anomalies and traumas of peled during spawning migration in the Ural Ob tributaries. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoye khozyaystvo [Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry]*. 2014, no. 4, pp. 7-15. (In Russian)
 15. Adams S.M., Brown A.M., Goede R.W. A Quantitative Health Assessment Index for Rapid Evaluation of Fish Condition in the Field. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1993, vol. 122, iss. 1, pp. 63-73. DOI: 10.1577/1548-8659(1993)122<0063:AQHAIF>2.3.CO;2
 16. Kumar D.M. Application of the health assessment index (HAI) for rapid evaluation of fish health. *Journal of the Inland Fisheries Society of India*, 2005, vol. 37, iss. 2, pp. 87-92.
 17. Chesnokova I.I. Activity of aminotransferases and alkaline phosphatase in the gonads of round goby and knout goby. *Tyumen State University Bulletin. Natural Resource Use and Ecology*, 2017, vol. 3, no. 3, pp. 114-128. DOI: 10.21684/2411-7927-2017-3-3-114-128 (In Russian)
 18. Oven L.S. *Spetsifika razvitiya polovykh kletok morskikh ryb v period razmnozheniya kak pokazatel' tipa neresta i reaktivnosti na usloviya sredy obitaniya [The specifics of the development of gametes of marine fish during the breeding season as an indicator of the type of spawning and response to environmental conditions]*. Moscow, VNIRO Publ., 2004, 188 p. (In Russian)
 19. Selyukov A.G., Chernov V.S., Zhukov G.V., Shuman L.A. Gistopatologicheskie izmeneniya zhabernogo apparata chernomorskoj skorpeny *Scorpaena porcus* [Histopathological changes of the gill apparatus of the Black Sea scorpion fish *Scorpaena porcus*]. *Sbornik statei Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoi 125-letiyu professora V. A. Vodyanitskogo «Zagryaznenie morskoi sredy: ekologicheskii monitoring, bioindikatsiya, normirovanie», Sevastopol', 28 maya-1 iyunya, 2018 [Proceedures of the All-Russian Scientific Conference with international participation dedicated to the 125th anniversary of Professor V. A. Vodyanitsky "Pollution of the marine environment: environmental monitoring, bioindication and rationing", Sevastopol, May 28-June 1 2018]*. Sevastopol, 2018, pp. 228-233. (In Russian)
 20. Korniychuk Yu.M., Martinenko I.M. Some peculiarities of *Cryptocotyle metacercariae* (Heterophyidae) distribution on the body surface of the round goby, *Apollonia (Neogobius) melanostomus*. *Ekologiya morya [Marine Ecological Journal]*. 2009, vol. 79, pp. 11-14. (In Russian)
 21. Yurakhno V.M., Gorchanok N.V. Myxosporea *Kudoa nova* (Myxosporea: Kudoidae) – parasite of Black Sea and Sea of Azov fish. *Morskoi ekologicheskii zhurnal [Marine Ecological Journal]*. 2011, vol. X, no. 2, pp. 68-77. (In Russian)
 22. Gaevskaya A.V. *Parazity i bolezni ryb Chernogo i Azovskogo morei: I - morskije, solonovatovodnye i prokhodnye ryby [Parasites and Fish Diseases of the Black and Azov Seas: I - Marine, Brackish and Migratory Fish]*. Sevastopol, EKOSIGidrofizika Publ., 2012, 380 p. (In Russian)
 23. Boltachev A.R., Karpova E.P. The ichthyofauna of the Sevastopol coastal zone (the Black Sea) Sea. *Morskoi ekologicheskii zhurnal [Marine Ecological Journal]*. 2012, vol. 11, no. 2, pp. 10-27. (In Russian)
 24. Chernysheva N.B., Kuznetsova E.V., Voronin V.N., Strelkov Yu.A. *Parazitologicheskoe issledovanie ryb [Parasitological study of fish]*. St. Petersburg, GOSNIORH Publ., 2009, 20 p. (In Russian)
 25. Noga E.J. *Fish Disease: Diagnosis and Treatment*. Wiley-Blackwell; 2nd ed., 2010, 536 p.
 26. Berillis P. Factors that can lead to the development of skeletal deformities in fishes: a review. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 2015, vol. 9, iss. 3, pp. 17-23.
 27. Myers M.S., Anulacion B.F., French B.L., Reichert W.L., Laetz C.A., Buzitis J., Olson O.P., Sol S., Collier T.K. Improved

flatfish health following remediation of a PAH-contaminated site in Eagle Harbor, Washington. *Aquatic Toxicology*, 2008, vol. 88, iss. 4, pp. 277-288. DOI:

10.1016/j.aquatox.2008.05.005

28. Gavryuseva T.V., Sergeenko N.V., Ustimenko E.A., Ryzanova T.V. et al. Pathogens of Kamchatka's hydrobionts. In: *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoy chasti Tikhogo okeana* [Researches into the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean]. 2014, vol. 25, pp. 190-207. (In Russian)

29. Vidal Martinez V.M. Helminths and protozoans of aquatic organisms as bioindicators of chemical pollution. *Parassitologia*, 2007, vol. 49, iss. 3, pp. 177-184.

30. Skuratovskaya E.N., Kovyrshina T.B., Chesnokova I.I.

Influence of *Cryptocotyle spp.* metacercariae (Creplin, 1825) on some biochemical parameters of the round goby *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814). *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 2019, vol. 39, iss. 1, pp. 24-30.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Татьяна В. Гаврюсева проводила визуальные и патоморфологические исследования рыб, проанализировала данные и написала рукопись. Автор несет ответственность за плагиат и самоплагиат.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Tatiana V. Gavryuseva investigated the visible and pathological changes in fish, analyzed data and wrote the manuscript. The author is responsible for plagiarism and self-plagiarism.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The author states that there is no conflict of interest.

ORCID

Татьяна В. Гаврюсева / Tatiana V. Gavryuseva <https://orcid.org/0000-0002-9102-0861>