



УДК [597.556.333.7:591.05](265.5)

**ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
КЕФАЛИ СИНГИЛЯ *CHELON AURATUS* (RISSO, 1810)
В АКВАТОРИИ ЮГО-ЗАПАДНОГО КРЫМА (ЧЁРНОЕ МОРЕ)**

© 2022 г. Т. В. Гаврюсева, Т. Б. Сигачева, И. И. Чеснокова

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,

Севастополь, Российская Федерация

E-mail: gavri2004@mail.ru

Поступила в редакцию 13.02.2020; после доработки 15.05.2020;
принята к публикации 24.12.2021; опубликована онлайн 22.03.2022.

Кефаль сингиль *Chelon auratus* (Risso, 1810) (Mugilidae) является ценным промысловым видом, занимающим первое место по объёмам вылова среди аборигенных черноморских кефалевых рыб в коммерческом и любительском рыболовстве. Высокая значимость сингиля в региональном промысле демерсальных рыб требует разработки системы оценки состояния здоровья этого вида. Проведение подобного рода исследований включает комплексное применение биохимических и патоморфологических методов, что позволяет изучить изменения, происходящие в организме рыб, до появления видимых проявлений, нарушения процессов роста и размножения, снижения промысловых размеров и сокращения численности популяции. Целью работы было исследовать патоморфологические изменения в сочетании с некоторыми биохимическими показателями тканей кефали сингиля для оценки состояния здоровья рыб. Были проведены визуальный осмотр и патологоанатомическое вскрытие рыб. Для гистологического анализа пробы жабр, печени, почек, желудочно-кишечного тракта, селезёнки и поджелудочной железы были зафиксированы в растворе Дэвидсона и обработаны с использованием стандартных методов. Состояние организма *C. auratus* на основе гистологических исследований определяли с применением модифицированного полуколичественного анализа альтераций по методике Берне с соавторами и оценки распространённости повреждений в органах согласно балльной системе. Выяснили факторы значимости выявленных повреждений, значения индексов альтерации органов и общий индекс патологии кефалей. При проведении биохимических исследований определяли содержание продуктов окислительной модификации белков, перекисного окисления липидов и мочевины, активность аминотрансфераз и щелочной фосфатазы в печени, концентрацию альбумина и глюкозы в сыворотке крови. В органах кефали сингиля обнаружены гистопатологические изменения четырёх типов (нарушение кровообращения, регрессивные и прогрессивные изменения, воспалительные процессы), а также паразиты. Паразитарные агенты, выявленные у молоди кефали, представлены несколькими видами разных систематических групп (простейшие, моногенеи, трематоды, нематоды). Наиболее тяжёлые гистопатологические изменения были вызваны паразитарным простейшим, предположительно *Ichthyophonus* sp. При полуколичественной оценке обнаруженных альтераций рыб условно разделили на две группы — условно здоровых и заражённых особей; между ними провели сравнительный анализ патоморфологических данных и некоторых биохимических показателей. Выявлены достоверные различия в значениях индексов альтераций органов между двумя группами *C. auratus* в почках, печени, желудочно-кишечном тракте и поджелудочной железе. Значения общего индекса патологии рыб также достоверно отличались. При биохимических исследованиях определено достоверное увеличение содержания мочевины в печени рыб из 2-й группы, которое может свидетельствовать о нарушении экскреторной функции почек и жабр (подтверждено гистологически).

Значимых отличий содержания продуктов перекисного окисления липидов и окислительной модификации белков, а также активности аминотрансфераз в печени условно здоровых и заражённых рыб не выявлено. Результаты работы подтверждают высокую информативность исследованных показателей для оценки состояния здоровья кефали сингиля.

Ключевые слова: кефаль сингиль, гистопатологические изменения, биохимические показатели, полуколичественный анализ, Чёрное море

Кефаль сингиль *Chelon auratus* (Risso, 1810) (Mugilidae) — ценный промысловый вид, занимающий первое место среди аборигенных черноморских кефалевых рыб в коммерческом и любительском рыболовстве; он характеризуется широким географическим распространением и высокой продуктивностью (Болтачѳв и Карпова, 2012 ; Кожурин и др., 2018). В промысловых уловах кефали у крымских берегов сингиль составляет около 95 %, на долю лобана *Mugil cephalus* приходится не более 5 %, а на долю остроноса *Chelon saliens* — не более 1 %. В период с 2000 по 2017 г., согласно литературным данным, межгодовая динамика вылова кефали в Чёрном море характеризовалась положительным трендом в 2000–2007 гг., спадом годовых уловов в 2008–2010 гг. и стремительным ростом в 2011–2017 гг., обусловленным увеличением запаса крымского стада этих рыб. Так, годовой вылов кефалевых в 2000 г. составил 18,8 т, а в 2017 г. — 275,4 т, что почти в 15 раз больше (Кожурин и др., 2018).

Высокая значимость кефали сингиля в региональном промысле демерсальных рыб требует разработки системы оценки состояния здоровья этого вида. Мировой опыт проведения подобного рода исследований основан на комплексном подходе и включает применение биохимических и патоморфологических методов (Корниенко и др., 2018 ; Лукина, 2014 ; Kundu et al., 2016 ; Osman et al., 2009), которые позволяют изучить изменения, происходящие в организме рыб (в результате паразитарных инвазий и негативного влияния среды), до появления видимых проявлений, нарушения процессов роста и размножения, снижения промысловых размеров и сокращения численности популяции.

Учитывая ключевую роль свободнорадикальных процессов в механизмах формирования патологических изменений в организме рыб, для оценки состояния здоровья гидробионтов рекомендовано изучение биохимических показателей тканевого повреждения при окислительном стрессе [содержание продуктов перекисного окисления липидов и окислительной модификации белков (далее — ПОЛ и ОМБ соответственно)] (Лукина, 2014 ; Kurhalyuk & Tkachenko, 2011 ; Marcogliese et al., 2005), а также биомаркеров физиологического состояния рыб в целом (активность аминотрансфераз и щелочной фосфатазы (далее — ЩФ), концентрация мочевины, глюкозы и альбумина) (Feist et al., 2015 ; Nnabuchi et al., 2015 ; Noor et al., 2010 ; Osman et al., 2009). Также для оценки состояния организма рыб используют методы клинического и патологоанатомического обследования (Моисеенко и др., 2010 ; Frasca et al., 2018 ; ICES, 2015). Наиболее часто учитывают скелетные деформации, эрозию плавников, эпидермальную гиперплазию, патологические изменения внутренних органов (кровоизлияния, опухоли и т. д.) (Моисеенко и др., 2010 ; Au, 2004 ; Frasca et al., 2018 ; Stentiford et al., 2009).

Обнаружить начальные стадии патологических нарушений органов и тканей, которые невозможно выявить при визуальном осмотре, позволяют гистологические исследования. Использование разнообразных методов современной гистохимии даёт возможность судить об особенностях функционирования различных тканевых и клеточных структур, определять характер и темп обменных процессов, выявлять патогенных агентов в органах рыб (Bruno et al., 2006 ; Frasca et al., 2018 ; Noga, 2010). Рядом авторов были предприняты попытки разработать систему полуколичественной оценки гистопатологических признаков (Bernet et al., 1999 ; Costa et al., 2009 ; Saraiva et al., 2015). Наиболее часто используют полуколичественную систему оценки Берне и др. (1999), основанную на предпосылке, что гистопатологические изменения оказывают различное воздействие на органы рыб (имеют относительную тяжесть или значимость).

Приписывая числовое значение относительной значимости изменения и степени его распространения, получают индекс гистопатологического состояния каждой особи (Bernet et al., 1999 ; Costa et al., 2009 ; Saleh & Marie, 2016).

Гельминтофауна сингиля в Чёрном море описана достаточно полно, локализация паразитов определена (Дмитриева и Гаевская, 2001 ; Дмитриева и Герасев, 1996 ; Пронькина и Белофастова, 2005 ; Юрахно, 2009 ; Yurakhno & Ovcharenko, 2014). Между тем описаний влияния паразитарных агентов на биохимические процессы и состояние тканей и органов у данного вида рыб практически нет (Öztürk, 2013).

Цель работы — изучить патоморфологические изменения в сочетании с некоторыми биохимическими показателями печени и крови кефали сингиля для оценки состояния здоровья этого вида. Были поставлены следующие задачи: исследовать гистопатологические изменения у молодежи сингиля; провести градацию обнаруженных повреждений и полуколичественный анализ выявленных у рыб альтераций; изучить некоторые биохимические показатели в печени и сыворотке крови исследуемых особей; определить информативность применения полуколичественного анализа гистопатологических альтераций и комплекса биохимических показателей для оценки здоровья кефали сингиля.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования послужила черноморская кефаль сингиль *Chelon auratus* (Risso, 1810) (Pisces: Mugilidae), отобранная в феврале 2018 г. в бухте Матюшенко (44°37'576"N, 33°31'515"E, г. Севастополь). Рыб подвергали стандартному биологическому анализу, определяя основные линейные и весовые характеристики. Гистологические и биохимические исследования проводили на унифицированной выборке ювенильных особей (TL 12,6–19,7 см, TL_{ср} (16,8 ± 3,99) см; 2 года), отбирая ткани в течение первого часа после отлова рыб (от живых кефалей). При исследовании особей на внешние или внутренние альтерации отмечали наличие клинических признаков патологии (Моисеенко и др., 2010 ; Frasca et al., 2018). Расчёт встречаемости нарушений при визуальном исследовании и патологоанатомическом вскрытии проводили на всей выборке (78 экз.); гистологическому и биохимическому анализу подвергали только особей, доставленных в лабораторию живыми (33 экз.). Предварительно осуществляли «усыпление» рыб путём добавления в аквариум бензокаина (0,4 г на 10 л) (Завьялова и др., 2012); рыбу оставляли в растворе препарата минимум на 10 минут после прекращения движения.

Для гистологических и гистохимических исследований рыб фиксировали в растворе Дэвидсона. Последующую обработку гистологических проб и окрашивание препаратов гематоксилин-эозином по Мейеру, Романовскому — Гимзе, Цию — Нильсену и Граму проводили по общепринятым методикам (Bancroft et al., 1990). Выявленных в тканях и органах кефали паразитарных агентов определяли в гистологических срезах по результатам гистохимического исследования и на основании индивидуальных особенностей различных классов паразитов (Гаевская, 2004 ; Bruno et al., 2006 ; Floyd-Rump et al., 2017 ; Noga, 2010). Поскольку симптомы ихтиофноза очень похожи на патологические изменения у рыб при туберкулёзе, вызываемом кислотоустойчивыми бактериями и микроспоридиями, срезы окрашивали по Граму и Цию — Нильсену для выявления бактерий и спор микроспоридий (Bruno et al., 2006 ; Noga, 2010).

Гистопатологические изменения оценивали путём выявления структурных нарушений по четырём типам реакций: нарушения кровообращения, регрессивные и прогрессивные изменения, воспалительные процессы; также учитывали паразитарных агентов (Bernet et al., 1999 ; Costa et al., 2009 ; Santos et al., 2014 ; Saraiva et al., 2015). Каждый тип альтераций включал несколько изменений, которые затрагивали либо функциональные единицы органа, либо весь орган. Были выделены три степени значимости (тяжести) гистопатологических изменений (факторы значимости): 1 — минимальное патологическое значение, поражение легко обратимо;

2 — умеренное патологическое значение, поражение обратимо в большинстве случаев, если стресс-фактор нейтрализован; 3 — тяжёлое патологическое значение, поражение, как правило, необратимо, что приводит к частичной или полной потере функции органа (Bernet et al., 1999).

Для оценки распространённости альтераций в органах использовали балльную систему: 0 баллов — отсутствуют или норма; 1 — иногда ($\leq 20\%$); 2 — умеренно (21–40 %); 3 — часто (40–60 %); 4 — очень часто (61–80 %); 5 — диффузное распространение (81–100 %).

Используя фактор значимости и балльную оценку, определяли индекс органа (I_{org}) следующим образом (Bernet et al., 1999):

$$I_{org} = \sum_{rp} \sum_{alt} (a_{org} \times w_{orgrpalt}), \quad (1)$$

где org — орган;

гр — тип реакции;

alt — изменение;

a — значение балла;

w — фактор значимости.

Высокий индекс указывает на значительную степень повреждения.

Для сравнения общего состояния здоровья исследуемых особей на основе выявленных гистологических повреждений был также рассчитан общий индекс патологии рыб (IT) (Bernet et al., 1999):

$$IT = I_g + I_k + I_l + I_{gt} + I_p + I_s, \quad (2)$$

где I_g , I_k , I_l , I_{gt} , I_p и I_s — индексы жабр, почек, печени, желудочно-кишечного тракта, поджелудочной железы и селезёнки соответственно.

При оценке общих индексов патологии рыб условно разделили на две группы — условно здоровых особей и заражённых. Между ними провели сравнительный анализ патоморфологических данных и некоторых биохимических показателей.

Материалом для биохимических исследований служили печень и сыворотка крови кефалей. Для получения супернатанта печень несколько раз промывали холодным 0,85%-ным физиологическим раствором, гомогенизировали и центрифугировали (10 000 g) в течение 15 минут. Кровь у рыб отбирали из хвостовой вены. Сыворотку получали методом отстаивания на холоде. В полученных супернатантах печени определяли содержание окисленных форм белков (опт. ед.·мг⁻¹ белка) по реакции взаимодействия окисленных аминокислотных остатков белков с 2,4-динитрофенилгидразином. Образовавшиеся в результате реакции производные 2,4-динитрофенилгидразона регистрировали при следующих длинах волн (λ): при 356 и 370 нм — альдегидные (C_{356}) и кетонные (C_{370}) продукты нейтрального характера; при 430 и 530 нм — альдегидные (C_{430}) и кетонные (C_{530}) продукты основного характера (Дубинина и др., 1995).

Содержание ТБК-активных продуктов (далее — ТБК-АП; нмоль ТБК·мг⁻¹ белка) в печени рыб определяли по реакции с тиобарбитуровой кислотой (Стальная и Гаришвили, 1977). Активность аспаратаминотрансферазы (далее — АСТ; мкмоль·ч⁻¹·мг⁻¹ белка), аланинаминотрансферазы (далее — АЛТ; мкмоль·ч⁻¹·мг⁻¹ белка) и ЩФ (нмоль·сек⁻¹·мг⁻¹ белка) и концентрацию мочевины (ммоль·г⁻¹ сырой ткани) в супернатантах печени, а также концентрацию общего белка (мг·мл⁻¹), альбумина (мг·мл⁻¹) и глюкозы (ммоль·л⁻¹) в сыворотке крови рыб определяли с использованием стандартных наборов реактивов «Ольвекс Диагностикум» (Россия).

Все определения проводили на спектрофотометре СФ-2000 («ОКБ Спектр», г. Санкт-Петербург, Россия). Значения биохимических показателей супернатантов печени пересчитывали на мг белка сырой массы ткани, концентрацию которого определяли с использованием стандартного набора реагентов «Ольвекс Диагностикум».

Результаты обрабатывали статистически, вычисляли среднее арифметическое и стандартную ошибку среднего ($M \pm m$). Нормальность распределения выборки проверяли с применением W -критерия Шапиро — Уилка. Достоверность различий между выборками оценивали с использованием U -критерия Манна — Уитни. Различия считали достоверными при $p \leq 0,05$. Статистический анализ проводили с использованием компьютерных программ PAST 3 и Microsoft Excel 2016.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Визуальные исследования. Клинических признаков патологии не отмечали. При внешнем осмотре патологические повреждения — мелкие белые включения — наблюдали в жабрах и жаберной полости у 2,56 % кефали. При патологоанатомическом вскрытии в полости тела у 7,69 % рыб обнаружили личинок нематод; печень таких рыб была зеленоватого цвета (1,28 %), селезенка — с тёмными точками (1,28 %).

Гистологические исследования. Выявлены следующие разновидности альтераций. В жабрах отмечены локальный некроз, гиперплазия респираторного эпителия, слипание отдельных жаберных ламелл (рис. 1). На жаберных ламеллах выявлены единичные моногенеи (рис. 1А) и ресничные инфузории *Trichodina* sp. (рис. 1Б), в жаберных филаментах — цисты простейших.

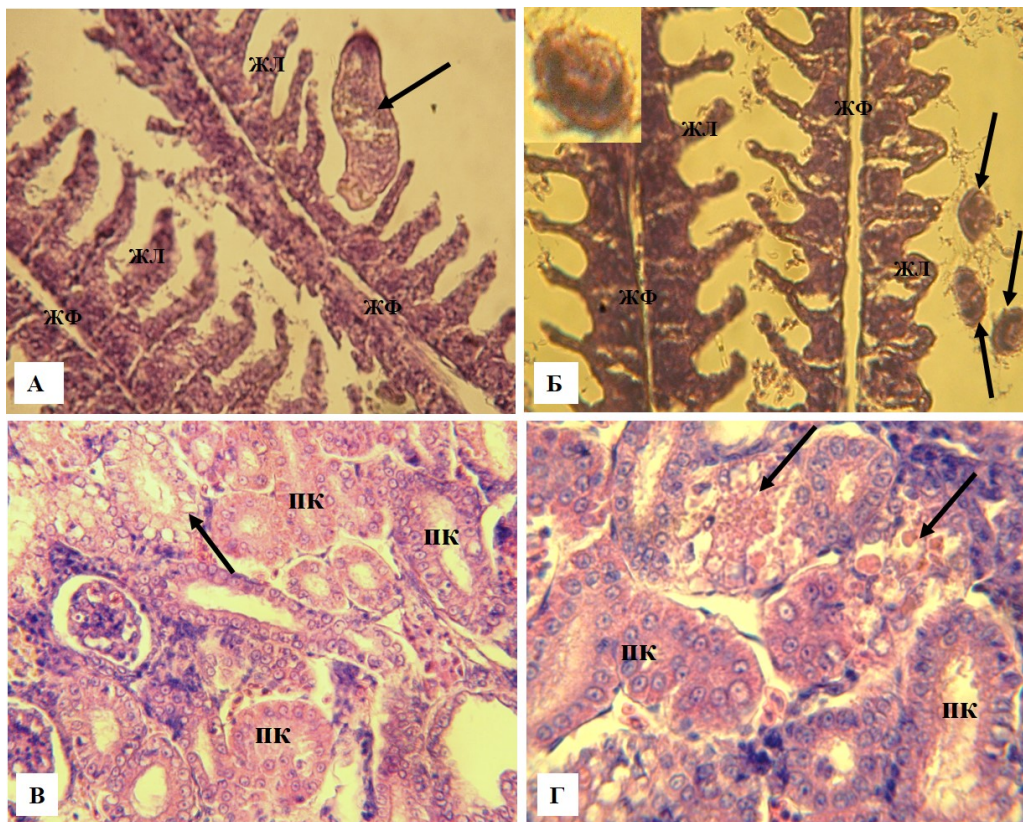


Рис. 1. Гистопатологические изменения в жабрах и почках кефали сингиля: А — некроз, гиперплазия респираторного эпителия жаберных ламелл, моногенея (↑); Б — слипание жаберных ламелл, триходины (↑); В — локальная вакуолизация эпителия почечных канальцев (↑); Г — гиалиново-капельная дегенерация и некроз нефроцитов (↑) (×400, гематоксилин-эозин). Жф — жаберные филаменты; жл — жаберные ламеллы; пк — почечные канальцы

Fig. 1. Histopathological alterations in the gills and kidneys of the golden grey mullet: A, necrosis, hyperplasia of the respiratory epithelium of gill lamellae, and monogenean parasite (↑); B, adhesion of gill lamellae and trichodines (↑); B, local vacuolization of the renal tubule epithelium (↑); Г, hyaline droplet degeneration and necrosis of nephrocytes (↑) (×400, hematoxylin-eosin). Жф denotes gill filaments; жл, gill lamellae; пк, renal tubules

В почке наблюдали локальную вакуолизацию (рис. 1В), гиалиново-капельную дегенерацию и некроз нефроцитов (рис. 1Г), начальный нефрокальциноз почечных канальцев. Скопление плазмодиев простейших паразитов (микроспоридий/миксоспоридий) обнаружили в просвете почечных канальцев.

В паренхиме печени выявили незначительную воспалительную реакцию вокруг кровеносных сосудов и жёлчных протоков (рис. 2А), вакуолизацию, жировую дистрофию (рис. 2Б), ядерный плеоморфизм и некроз отдельных гепатоцитов (рис. 2В). Кроме того, в печени, селезёнке и гемопозитической ткани почек, а также в поджелудочной железе рыб регистрировали отложение цероида / меланомакрофагальные центры (далее — ММЦ) (рис. 2Г).

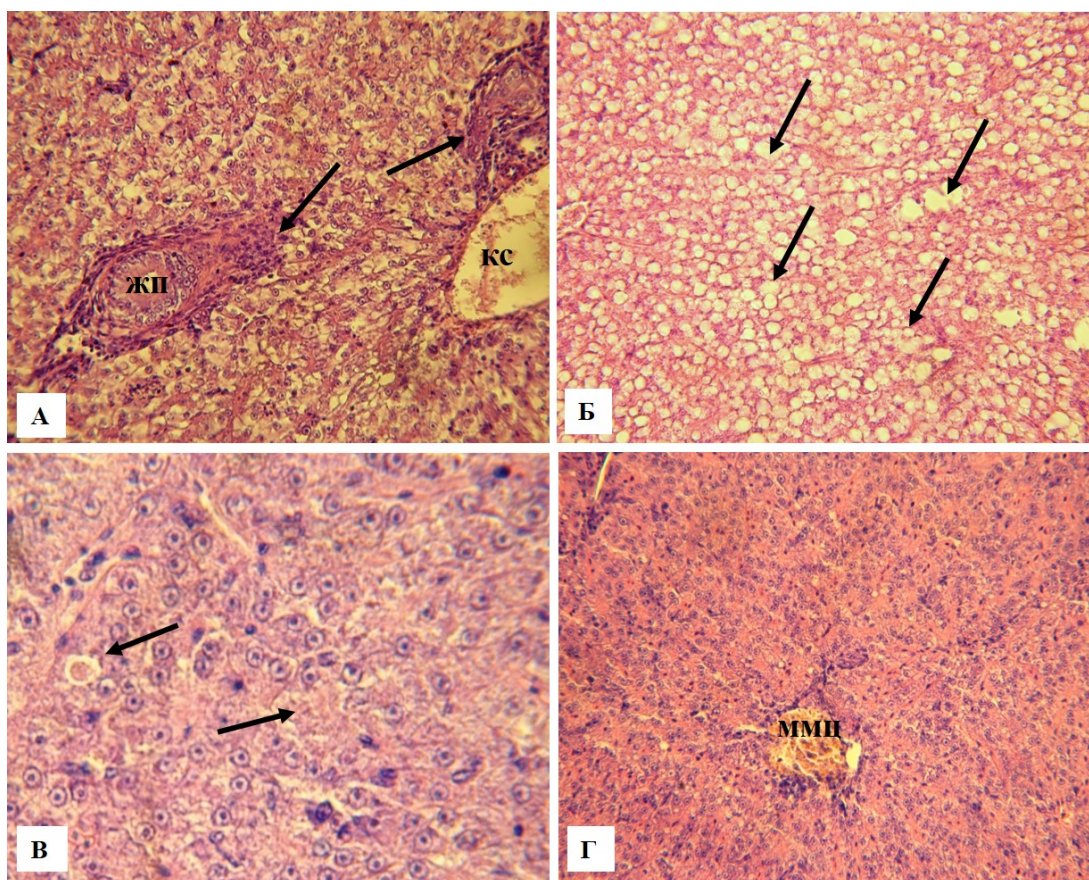


Рис. 2. Гистопатологические изменения в печени кефали сингиля: А — воспалительная реакция вокруг жёлчных протоков и кровеносных сосудов (↑); Б — жировая дистрофия гепатоцитов (↑); В — фокальный некроз гепатоцитов (↑); Г — меланомакрофагальный центр (×400, гематоксилин-эозин). Жп — жёлчный проток; кс — кровеносный сосуд; ммц — меланомакрофагальный центр

Fig. 2. Histopathological alterations in the liver of the golden grey mullet: А, inflammatory reaction around the bile ducts and blood vessels (↑); Б, fatty degeneration of hepatocytes (↑); В, focal necrosis of hepatocytes (↑); Г, melanomacrophage center (×400, hematoxylin-eosin). Жп denotes bile duct; кс, blood vessel; ммц, melanomacrophage center

В пилорическом отделе желудка и пилорических придатках выявили локальный некроз клеток слизистого слоя, отёк, гиперемию (рис. 3А), воспалительную реакцию и цисты простейших (миксоспоридии) в подслизистом слое (рис. 3Б). В просвете кишечника регистрировали нематод и трематод (рис. 3В). В поджелудочной железе отмечали стеатоз (жировую дистрофию клеток), локальную гиперемию (рис. 3Г), очаговый некроз клеток и отложение гемосидерина вокруг нематод у заражённых особей.

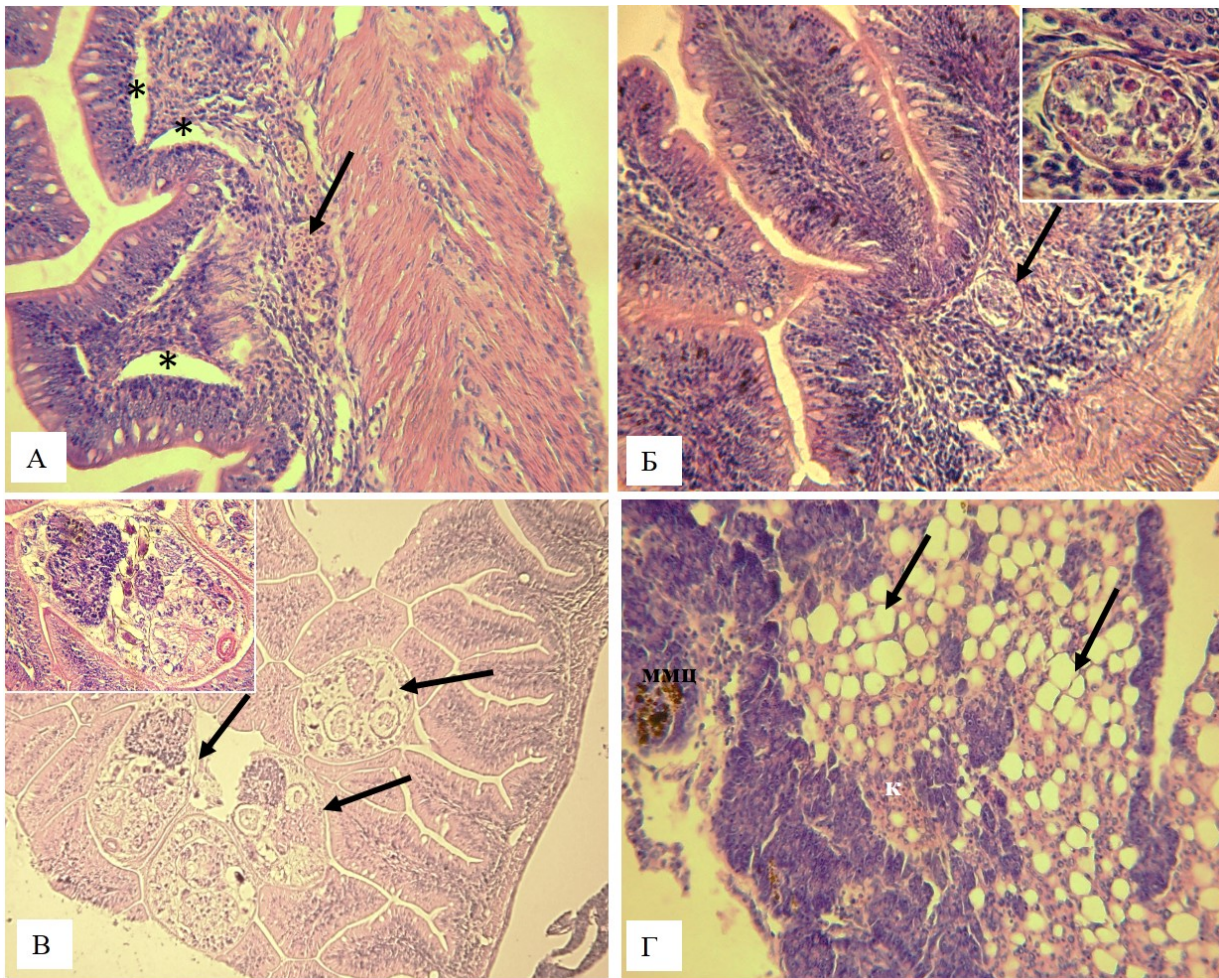


Рис. 3. Гистопатологические изменения, выявленные в желудочно-кишечном тракте и поджелудочной железе кефали сингиля: А — локальный отёк (*) и гиперемия (↑) подслизистого слоя пилорического отдела желудка (×400); Б — воспалительная реакция (инфильтрация) и цисты простейших (↑) в подслизистом слое пилорического отдела желудка (×400); В — трематоды (↑) в просвете пилорического придатка (×100); Г — стеатоз (жировая дистрофия клеток), гиперемия (↑) и меланомacroфагальный центр в экзокринной части поджелудочной железы (×400, гематоксилин-эозин). Ммц — меланомacroфагальный центр; к — кровоизлияние

Fig. 3. Histopathological alterations in the gastrointestinal tract and pancreas of the golden grey mullet: А, local edema (*) and hyperemia (↑) of the submucosal layer of the pyloric stomach (×400); Б, inflammatory reaction (infiltration) and protozoan cysts (↑) in the submucosal layer of the pyloric stomach (×400); В, trematodes (↑) in the lumen of the pyloric caeca (×100); Г, steatosis (cell fatty degeneration), hyperemia (↑), and melanomacrophage center in the exocrine portion of the pancreas (×400, hematoxylin-eosin). Ммц denotes melanomacrophage center; к, haemorrhagia

Заражение паразитарным простейшим, предположительно *Ichthyophonus* sp., обнаружили в наиболее васкуляризованных органах кефали сингиля — почках, печени и селезёнке — и в поджелудочной железе. Отмечали некротические изменения, а также гранулёмы, или фиброзные капсулы, характерные для ихтиофоноза (рис. 4А). «Покоящиеся споры» ихтиофонуса были окружены вытянутыми радиально расположенными эпителиоидными клетками (рис. 4Б), или вокруг паразита наблюдали скопление лейкоцитов, некротических клеток; также были выявлены ММЦ (рис. 4В). Регистрировали споры *Ichthyophonus* sp. с признаками дегенерации (рис. 4Г). При использовании гистохимических методов окрашивания по Граму, Романовскому — Гимзе и Цилю — Нильсену других патогенных агентов в гранулёмах не выявили.

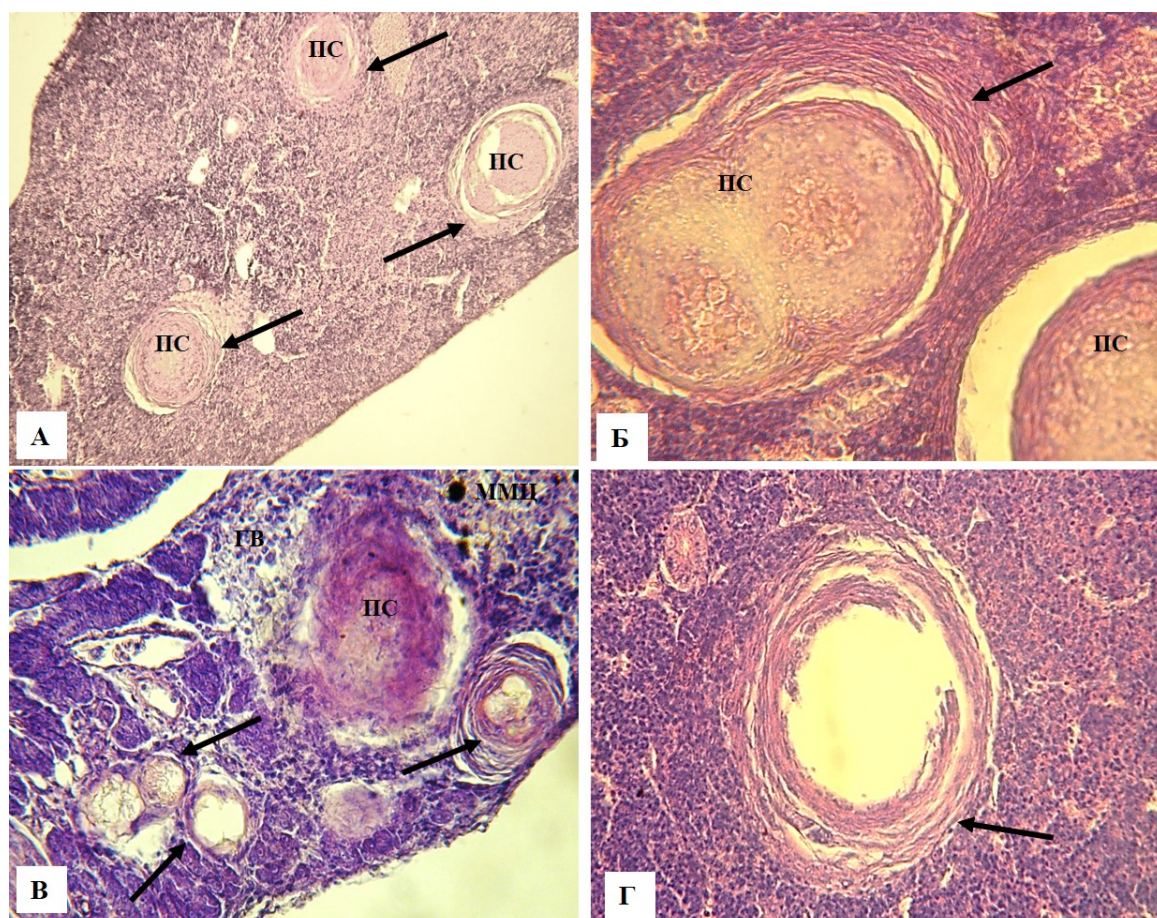


Рис. 4. Гистопатологические изменения у кефали сингиля при ихтиофозе: А — гранулёмы (↑) вокруг «покоящихся спор»; предположительно, *Ichthyophonus* sp. в гемопоэтической ткани почки (×100); Б — эпителиоидные клетки вокруг паразита (↑) (×1000, гематоксилин-эозин); В — меланомакрофагальный центр и гранулёматозное воспаление вокруг паразита, видны споры с признаками дегенерации (↑) (×400, по Романовскому — Гимзе); Г — пустая «покоящаяся спора» в почке (↑) (×400, гематоксилин-эозин). Пс — «покоящаяся спора»; гв — гранулёматозное воспаление; ммц — меланомакрофагальный центр

Fig. 4. Histopathological alterations in the golden grey mullet with ichthyophonosis: А, granulomas (↑) around “resting spores”; presumably, *Ichthyophonus* sp. in the hematopoietic tissue of the kidney (×100); Б, epithelioid cells around the parasite (↑) (×1000, hematoxylin-eosin); В, melanomacrophage center and granulomatous inflammation around the parasite; spores with signs of degeneration are visible (↑) (×400, Romanowsky–Giemsa staining); Г, empty “resting spore” in the kidney (↑) (×400, hematoxylin-eosin). Пс denotes “resting spore”; гв, granulomatous inflammation; ммц, melanomacrophage center

В результате суммирования факторов значимости альтераций органов у исследуемых кефалей условно выделили две группы рыб. К 1-й (условно здоровые) были отнесены особи, сумма гистопатологических изменений которых составляла 0–8 условных единиц ($n = 22$ экз.), ко 2-й — 9–16 усл. ед. ($n = 11$ экз.). Факторы значимости (тяжести) каждого изменения и встречаемость гистопатологических изменений в органах и тканях у рыб каждой группы представлены в табл. 1.

Показатели гистологической реакции значительно различались во всех проанализированных органах. Наиболее часто встречены регрессивные изменения и паразитарные агенты (см. табл. 1). Воспалительные реакции отмечены во всех органах, кроме жабр, в которых были выявлены прогрессивные изменения (гиперплазия респираторного эпителия и слипание жаберных ламелл). Нарушения кровообращения зарегистрированы только в печени и поджелудочной железе, хотя их встречаемость была незначительна (зафиксированы у 5,3–9,1 % рыб).

Таблица 1. Встречаемость (%) гистопатологических изменений, выявленных в органах и тканях у кефали сингиля (в каждом органе у одной рыбы могло быть выявлено несколько различных повреждений). Фактор значимости (тяжести) для каждого изменения указан в скобках

Table 1. Incidence (%) of histopathological alterations in organs and tissues of the golden grey mullet (in each organ of one specimen, several different lesions could be detected). The importance (severity) factor for each alteration is indicated in brackets

Тип реакции	Орган	Патология	Встречаемость, %	
			1-я группа	2-я группа
Регрессивные изменения	Жабры	Локальный некроз клеток респираторного эпителия жаберных ламелл (3)	5,3	18,2
Прогрессивные изменения		Гиперплазия респираторного эпителия жаберных ламелл (2)	52,6	63,6
		Слипание жаберных ламелл (2)	5,3	9,1
Паразиты		Единичные экз. моногении на жаберных ламеллах (2)	15,8	18,2
		Единичные триходины на жаберных ламеллах (2)	21,1	18,2
		Цисты простейших в жаберных филаментах (2)	5,3	9,1
Регрессивные изменения	Почки	Меланизация макрофагов вокруг кровеносных сосудов (1)	5,3	9,1
		Меланомакрофагальные центры в гемопоэтической ткани почки (1)	5,3	36,4
		Локальная вакуолизация клеток почечных канальцев (1)	0	18,2
		Гиалиново-капельная дегенерация нефроцитов (1)	0	45,5
		Некроз клеток почечных канальцев (2)	0	27,3
		Некроз отдельных почечных канальцев (3)	0	9,1
		Нефрокальциноз (1)	10,6	45,5
Воспаление	Гранулёмы в гемопоэтической ткани почки (2)	0	27,3	
Паразиты	Микроорганизмы (плазмодии микро- или миксоспоридий) в просвете почечных канальцев (1)	5,3	18,2	
	<i>Ichthyophonus</i> sp. (2)	0	27,3	
Нарушения кровообращения	Печень	Расширение кровеносных сосудов (1)	5,3	9,1
Регрессивные изменения		Локальная вакуолизация гепатоцитов (1)	57,9	27,3
		Меланомакрофагальные центры (1)	21,1	27,3
		Жировая дегенерация гепатоцитов (1)	10,6	36,4
		Локальное отложение цероида в гепатоцитах (1)	15,8	18,2
		Ядерный плеоморфизм гепатоцитов (2)	0	36,4
		Фокальный некроз гепатоцитов (2)	5,3	27,3
Воспаление		Локальная воспалительная реакция вокруг кровеносных сосудов / жёлчных протоков (2)	57,9 / 36,8	81,8 / 18,2
		Гранулёмы (2)	5,3	27,3
Паразиты		<i>Ichthyophonus</i> sp. (2)	5,3	27,3
Регрессивные изменения	Желудочно-кишечный тракт	Локальный некроз клеток слизистого слоя (2)	5,3	9,1
Воспаление		Воспалительная реакция в подслизистом слое пилорического отдела желудка и пилорических придатков (2)	31,6	63,6
		Нематоды в просвете ЖКТ (1)	5,3	9,1
Паразиты		Трематоды в просвете пилорического отдела желудка и пилорических придатков (1)	15,8	36,4
		Микроорганизмы в подслизистом слое желудка (2)	15,8	45,5

Продолжение на следующей странице...

Тип реакции	Орган	Патология	Встречаемость, %	
			1-я группа	2-я группа
Нарушения кровообращения	Поджелудочная железа	Гиперемия экзокринной ткани (1)	0	9,1
Регрессивные изменения		Меланомакрофагальные центры (1)	31,6	36,4
Воспаление		Стеатоз (2)	0	27,3
Паразиты		Гранулёмы в экзокринной части (2)	5,3	54,5
		<i>Ichthyophonus</i> sp. (2)	5,3	54,5
Регрессивные изменения	Селезёнка	Меланомакрофагальные центры (1)	31,6	45,5
Воспаление		Локальные гранулёмы (2)	5,3	27,3
Паразиты		<i>Ichthyophonus</i> sp. (2)	5,3	27,3

При оценке распространённости гистопатологических альтераций у кефали с использованием ранжированной (балльной) системы не регистрировали тяжёлых повреждений (4-й и 5-й степени). У рыб 1-й группы в основном выявляли нарушения, относящиеся к 1-му фактору значимости, их встречаемость варьировала от 5,3 до 81,8 % (табл. 1), тогда как распространённость повреждений в органах не превышала 20 % (распространённость поражений в органе — 1 балл) (табл. 2). Нарушения, причисленные ко 2-му фактору значимости (распространённость поражений — 1–2 балла), отмечали в жабрах, печени, желудочно-кишечном тракте и поджелудочной железе (табл. 2).

У кефали 2-й группы выявлены альтерации 1–3-го факторов значимости, их встречаемость в органах составляла 9,1–63,6 %, а распространённость поражений в органе — 1–3 балла. Как и у особей 1-й группы, у этих рыб наиболее часто отмечали нарушения, относящиеся к 1-му фактору значимости; распространённость поражений в органе — 1 балл. Повреждения, характерные для 2-го фактора тяжести, преимущественно были очаговыми (1–2 балла). Гистопатологические нарушения 3-й степени регистрировали только в жабрах и почках, встречаемость — 18,2 и 9,1 % соответственно; распространённость поражений в органе — 1 балл (см. табл. 2).

Таблица 2. Встречаемость гистопатологических изменений (%) в органах и тканях у кефали сингиля с использованием ранжированной (балльной) системы анализа распространённости повреждений. Фактор значимости (тяжести) для каждого изменения указан в скобках

Table 2. Incidence (%) of histopathological alterations in organs and tissues of the golden grey mullet using the scoring system for the distribution of lesion. The importance (severity) factor for each alteration is indicated in brackets

Орган	Патология	Встречаемость, %			
		1-я группа / 2-я группа			
		0*	1	2	3
Жабры	Локальный некроз клеток респираторного эпителия жаберных ламелл (3)	94,7 / 81,8	5,3 / 18,2	0 / 0	0 / 0
	Гиперплазия респираторного эпителия жаберных ламелл (2)	42,1 / 36,4	31,6 / 18,2	26,3 / 45,4	0 / 0
	Слипание жаберных ламелл (2)	94,7 / 90,9	5,3 / 9,1	0 / 0	0 / 0
	Единичные экз. моногении на жаберных ламеллах (2)	84,2 / 81,8	15,8 / 18,2	0 / 0	0 / 0
	Единичные трихоидины на жаберных ламеллах (2)	78,9 / 81,8	21,1 / 18,2	0 / 0	0 / 0
	Цисты простейших в жаберных филаментах (2)	94,7 / 90,9	5,3 / 9,1	0 / 0	0 / 0

Продолжение на следующей странице...

Орган	Патология	Встречаемость, % 1-я группа / 2-я группа			
		0*	1	2	3
Почки	Меланизация макрофагов вокруг кровеносных сосудов (1)	94,7 / 90,9	5,3 / 9,1	0 / 0	0 / 0
	Меланомакрофагальные центры в гемопозитической ткани почки (1)	94,7 / 63,6	5,3 / 36,4	0 / 0	0 / 0
	Локальная вакуолизация клеток почечных канальцев (1)	100 / 81,8	0 / 18,2	0 / 0	0 / 0
	Гиалиново-капельная дегенерация нефроцитов (1)	100 / 54,5	0 / 45,5	0 / 0	0 / 0
	Некроз клеток почечных канальцев (2)	100 / 81,7	0 / 18,2	0 / 9,1	0 / 0
	Некроз отдельных почечных канальцев (3)	100 / 90,9	0 / 9,1	0 / 0	0 / 0
	Нефрокальциноз (1)	89,4 / 54,5	10,6 / 45,5	0 / 0	0 / 0
	Гранулёмы в гемопозитической ткани почки (2)	100 / 72,7	0 / 9,1	0 / 9,1	0 / 9,1
	Микроорганизмы (плазмодии микро- или микроспоридий) в просвете почечных канальцев (1)	94,7 / 81,8	5,3 / 18,2	0 / 0	0 / 0
	<i>Ichthyophonus</i> sp. (2)	100 / 72,7	0 / 9,1	0 / 18,2	0 / 0
Печень	Расширение кровеносных сосудов (1)	94,7 / 90,9	5,3 / 9,1	0 / 0	0 / 0
	Локальная вакуолизация гепатоцитов (1)	42,1 / 72,7	57,9 / 18,2	0 / 9,1	0 / 0
	Меланомакрофагальные центры (1)	78,9 / 72,7	21,1 / 27,3	0 / 0	0 / 0
	Жировая дегенерация гепатоцитов (1)	89,4 / 63,6	10,6 / 27,3	0 / 9,1	0 / 0
	Локальное отложение цероида в гепатоцитах (1)	84,2 / 81,8	10,5 / 9,1	5,3 / 9,1	0 / 0
	Ядерный плеоморфизм гепатоцитов (2)	100 / 63,6	0 / 36,4	0 / 0	0 / 0
	Фокальный некроз гепатоцитов (2)	94,7 / 72,7	5,3 / 27,3	0 / 0	0 / 0
	Локальная воспалительная реакция вокруг кровеносных сосудов (2)	42,1 / 18,2	52,6 / 63,6	5,3 / 18,2	0 / 0
	Локальная воспалительная реакция вокруг жёлчных протоков (2)	63,2 / 81,8	36,8 / 18,2	0 / 0	0 / 0
	Гранулёмы (2)	94,7 / 72,7	0 / 9,1	0 / 9,1	5,3 / 9,1
	<i>Ichthyophonus</i> sp. (2)	97,4 / 72,7	0 / 18,2	0 / 0	5,3 / 9,1
Желудочно-кишечный тракт	Локальный некроз клеток слизистого слоя (2)	94,7 / 90,9	5,3 / 9,1	0 / 0	0 / 0
	Воспалительная реакция в подслизистом слое пилорического отдела желудка и пилорических придатков (2)	68,4 / 36,4	31,6 / 63,6	0 / 0	0 / 0
	Нематоды в просвете ЖКТ (1)	94,7 / 90,9	5,3 / 9,1	0 / 0	0 / 0
	Трематоды в просвете пилорического отдела желудка и пилорических придатков (1)	84,2 / 63,6	15,8 / 36,4	0 / 0	0 / 0
	Микроорганизмы в подслизистом слое желудка (2)	84,2 / 54,5	15,8 / 45,5	0 / 0	0 / 0
Поджелудочная железа	Гиперемия экзокринной ткани (1)	100 / 90,9	0 / 0	0 / 9,1	0 / 0
	Меланомакрофагальные центры (1)	68,4 / 63,6	26,3 / 27,3	5,3 / 9,1	0 / 0
	Стеатоз (2)	100 / 72,7	0 / 9,1	0 / 18,2	0 / 0
	Гранулёмы в экзокринной части (2)	94,7 / 45,5	5,3 / 36,3	0 / 9,1	0 / 9,1
	<i>Ichthyophonus</i> sp. (2)	94,7 / 45,5	5,3 / 36,3	0 / 9,1	0 / 9,1
Селезёнка	Меланомакрофагальные центры (1)	68,4 / 54,5	31,6 / 36,4	0 / 9,1	0 / 0
	Локальные гранулёмы (2)	94,7 / 72,7	5,3 / 9,1	0 / 9,1	0 / 9,1
	<i>Ichthyophonus</i> sp. (2)	94,7 / 72,7	5,3 / 9,1	0 / 9,1	0 / 9,1

Примечание: * — распространённость поражений [0 — отсутствуют или норма; 1 — иногда ($\leq 20\%$); 2 — умеренно (21–40%); 3 — часто (41–60%)].

Note: * denotes the distribution of lesion [0, absent or normal; 1, low ($\leq 20\%$); 2, moderate (21–40%); 3, often (41–60%)].

При проведении статистического анализа между двумя группами кефалей достоверные различия в значениях индексов альтераций органов отмечены в почках, печени, желудочно-кишечном тракте и поджелудочной железе (табл. 3). Достоверно отличались также значения общего индекса патологии рыб (см. табл. 3).

Таблица 3. Значения индексов альтераций органов ($M \pm m$) кефали сингиля

Table 3. Values of organ alteration indices ($M \pm m$) for the golden grey mullet

Группа	Орган						Общий индекс патологии рыб, IT
	Жабры, I_g	Почки, I_k	Печень, I_l	ЖКТ, I_{gt}	Поджелудочная железа, I_p	Селезёнка, I_s	
1-я	2,84 ± 3,00	0,84 ± 1,50	2,27 ± 2,21	1,16 ± 1,30	0,89 ± 1,24	0,47 ± 0,51	8,21 ± 5,63
2-я	4,36 ± 3,20	4,63 ± 1,91**	4,54 ± 2,69*	3,00 ± 1,78**	3,18 ± 2,08**	1,36 ± 1,80	21,09 ± 6,09**

Примечание: индексы выражены в усл. ед. Жирным шрифтом выделены значения для рыб 1-й и 2-й групп, имеющие достоверные отличия при $p \leq 0,05$ (*) и $p \leq 0,01$ (**).

Note: indices are expressed in conventional units. In bold, the values for fish of the groups 1 and 2 are highlighted, with significant difference at $p \leq 0.05$ (*) and $p \leq 0.01$ (**).

Биохимические исследования. Установлено отсутствие достоверных отличий между содержанием окисленных форм белков и ТБК-АП в печени кефалей из сравниваемых групп (табл. 4).

Не выявлено достоверных отличий активности аминотрансфераз между 1-й и 2-й группами, однако она проявляла тенденцию к увеличению в печени рыб с более выраженными гистопатологическими изменениями. Активность ЩФ была достоверно выше, а содержание мочевины было ниже в печени условно здоровых кефалей (см. табл. 4).

Таблица 4. Некоторые биохимические параметры ($M \pm m$) в печени и сыворотке крови кефали сингиля

Table 4. Several biochemical parameters ($M \pm m$) in the liver and blood serum of the golden grey mullet

Параметр	1-я группа ($n = 22$)	2-я группа ($n = 11$)
Печень		
ТБК-АП, нмоль ТБК·мг ⁻¹ белка	19,94 ± 2,77	18,02 ± 3,37
C_{356} , опт. ед.·мг ⁻¹ белка	0,020 ± 0,002	0,024 ± 0,006
C_{370} , опт. ед.·мг ⁻¹ белка	0,026 ± 0,004	0,027 ± 0,006
C_{430} , опт. ед.·мг ⁻¹ белка	0,016 ± 0,003	0,019 ± 0,004
C_{530} , опт. ед.·мг ⁻¹ белка	0,008 ± 0,001	0,008 ± 0,001
АЛТ, мкмоль·ч ⁻¹ ·мг ⁻¹ белка	0,091 ± 0,02	0,13 ± 0,02
АСТ, мкмоль·ч ⁻¹ ·мг ⁻¹ белка	0,21 ± 0,03	0,35 ± 0,07
ЩФ, нмоль·сек ⁻¹ ·мг ⁻¹ белка	677 ± 114	324 ± 60*
Мочевина, ммоль·г ⁻¹ сырой ткани	0,42 ± 0,036	1,07 ± 0,25*
Сыворотка крови		
Общий белок, мг·мл ⁻¹	14,59 ± 1,49	14,05 ± 0,71
Альбумин, мг·мл ⁻¹	8,35 ± 1,55	8,91 ± 0,59
Глюкоза, ммоль·л ⁻¹	3,8 ± 0,76	2,69 ± 0,24

Примечание: * — различия достоверны между значениями показателей рыб 1-й и 2-й групп, $p < 0,05$.

Note: * indicates significant differences between the values for fish of the groups 1 and 2, $p < 0.05$.

В то же время содержание общего белка, альбумина и глюкозы в тканях заражённых и условно здоровых кефалей не имело достоверных отличий (табл. 4).

Таким образом, результаты биохимических исследований в тканях условно здоровых кефалей и особей с более выраженными гистопатологическими изменениями позволили установить определённые особенности, обусловленные уровнем паразитарной инвазии, а также тяжестью и характером гистопатологических изменений в органах рыб.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ визуально определяемых патологий рыб является доступным методом оценки их состояния здоровья. Визуальные признаки патологии, выявленные нами у молоди кефали сингиля, были незначительными. Паразитарные агенты, отмеченные у исследованных рыб, были представлены несколькими видами разных систематических групп (простейшие, моногенеи, трематоды, нематоды).

Сравнительный статистический анализ гистологических изменений органов у исследуемых групп *S. auratus* показал достоверные различия в значениях индексов, рассчитанных для изменений в почках (табл. 3). В основном они были обусловлены регрессивными изменениями, из которых наибольший вклад вносили ММЦ в гемопоэтической ткани, гиалиново-капельная дегенерация нефроцитов и нефрокальциноз почечных канальцев, относящиеся к 1-й группе тяжести. Деструктивные изменения в клетках почечных канальцев (некроз), причисленные ко 2-й и 3-й степени значимости, выявлены только у 2-й группы кефалей (см. табл. 1).

В печени гистопатологическая картина не такая однозначная. Так, регрессивные изменения — жировую дистрофию гепатоцитов, ядерный плеоморфизм и некроз гепатоцитов — отмечали значительно чаще у заражённых рыб, а воспалительную реакцию — инфильтрацию — вокруг кровеносных сосудов и жёлчных протоков встречали у рыб из обеих групп (табл. 1).

В подслизистом слое пилорического отдела желудка и пилорических придатков воспалительную реакцию регистрировали в 2 раза чаще, а цисты паразитов — в 3 раза чаще у заражённых рыб. Встречаемость трематод в просвете желудочно-кишечного тракта также была вдвое выше у 2-й группы кефалей (см. табл. 1). Отличительной особенностью гистопатологических изменений в поджелудочной железе у заражённой группы рыб был стеатоз.

Стоит также отметить, что у рыб 2-й группы в почках, печени, селезёнке и поджелудочной железе патологическое воздействие оказывал *Ichthyophonus* sp. Встречаемость патогена в поджелудочной железе была самой высокой (54,5 %) (табл. 1). У условно здоровых особей ихтиофонус зарегистрирован в поджелудочной железе и селезёнке, но встречаемость этого патогена была значительно ниже (5,3 %).

Таким образом, наиболее тяжёлые гистопатологические изменения, выявленные нами у кефали сингиля, были вызваны паразитарным простейшим, предположительно ихтиофонусом. К настоящему времени *Ichthyophonus* sp. зарегистрирован более чем у 100 видов культивируемых и диких рыб из морских и пресных вод умеренных и тропических широт, и список его хозяев продолжает расширяться (Гаврюсева, 2007 ; Гаевская, 2004 ; Floyd-Rump et al., 2017 ; Noga, 2010 ; Osman et al., 2015). У кефалевых рыб заболевание отмечено в водах Португалии, ЮАР, Японии, а также в Северной Атлантике (Гаевская, 2004 ; Ovcharenko, 2015). Выявленные в тканях нарушения характерны для хронической формы ихтиофоноза (Noga, 2010). При прогрессировании заболевания обширная гранулематозная реакция приводит к циррозу и атрофии поражённых органов, в результате чего большая часть нормальной ткани замещается ретикуло-эндотелиальной грануляционной тканью (Noga, 2010). Высказано предположение, что ихтиофоноз может являться существенной причиной хронической смертности в некоторых популяциях

диких морских рыб (Ovcharenko, 2015). Известно, что на тяжесть течения ихтиофоноза оказывают влияние температура воды, а также вид, пол и возраст рыб (Floyd-Rump et al., 2017 ; Osman et al., 2015).

Другие паразитарные агенты не вызывали тяжёлых, необратимых гистопатологических изменений. Причиной воспалительной реакции в подслизистом слое желудочно-кишечного тракта рыб, по-видимому, явилась инвазия простейшими, предположительно миксоспоридиями. Для уточнения этиологического агента воспалительного процесса в желудочно-кишечном тракте требуются дальнейшие комплексные паразитологические и гистологические исследования. По литературным данным, у *C. auratus* в Чёрном море выявлено 13 видов миксоспоридий (Yurakhno & Ovcharenko, 2014), из которых три вида — *Muxobolus adeli* n. sp. (syn.: *M. improvisus* Isjumova, 1964), *M. exiguus* и *M. muelleri* — инвазировали желудочно-кишечный тракт рыб. Серьёзных нарушений, обусловленных паразитическими червями, у кефалей мы не обнаружили. Незначительные нарушения, выявленные в слизистом слое, являются обратимыми. Нематоды были единичными, их встречаемость — незначительной (у 5,3–9,1 % рыб). В естественных условиях трематоды в просвете желудочно-кишечного тракта не вызывают существенных повреждений (Гаевская, 2004 ; Дмитриева и Гаевская, 2001).

Достоверно значимых гистопатологических изменений в жабрах у сингиля не выявили, так как паразитарные агенты (триходины и моногенеи) присутствовали в обеих группах рыб. Триходины являются широко распространёнными эктокомменсалами жабр и кожи морских и пресноводных гидробионтов. Значительное патогенное воздействие (избыточное слизиотделение, разрушение жабр, анорексия и нарушение дыхания) эти паразиты оказывают на мальков и молодь рыб в условиях марикультуры (Гаевская, 2004 ; Noga, 2010). В своих исследованиях мы отметили единичных триходин в жабрах у кефали, при этом выявили умеренную гиперплазию респираторного эпителия жаберных ламелл. Моногенеи вызывали более тяжёлую патологию — локальный некроз и гиперплазию эпителиальных клеток жаберных ламелл в месте прикрепления паразита. У некоторых особей зарегистрировано сочетание триходин и моногеней. Вероятно, синергетическое действие вышеуказанных эктопаразитов может усугубить патологические процессы в жабрах.

Выявленные у рыб гистопатологические нарушения 1-й степени значимости были обратимыми, альтерации 2-й степени тяжести — очаговыми, а нарушения 3-й степени — фокальными (см. табл. 2), то есть повреждены были отдельные клетки. По результатам гистологических исследований можно заключить, что состояние здоровья основной части обследованных особей является удовлетворительным.

Для оценки негативного влияния паразитарных инвазий на состояние здоровья рыб рекомендовано использовать показатели ПОЛ и ОМБ, отражающие уровень тканевого повреждения при окислительном стрессе. Так, увеличение содержания продуктов ПОЛ и ОМБ было показано в печени кумжи *Salmo trutta* при язвенном некрозе кожи, вызванном бактериями *Aeromonas hydrophila* (Kurhalyuk & Tkachenko, 2011). В исследованиях на условно здоровом (10 или меньше экз.) и поражённом метацеркариями *Apophallus brevis* жёлтом окуне *Perca flavescens* (более 10 экз.) из референтного и загрязнённого районов было установлено, что содержание ТБК-АП выше в печени заражённых рыб из обеих локаций. Выявленные особенности авторы объясняли развитием очагов хронического воспаления в месте внедрения этих паразитов в мышцах и на коже рыб (Marcogliese et al., 2005). В настоящей работе содержание продуктов ПОЛ и ОМБ (табл. 4) в печени сравниваемых групп рыб не показало достоверных отличий, что свидетельствует об отсутствии биохимических признаков цитолиза в печени кефалей и согласуется с данными патоморфологического анализа (см. табл. 1). Хотя индекс гистопатологических изменений в печени был достоверно выше у рыб из 2-й группы, основная

масса зарегистрированных гистопатологических изменений в печени кефалей из обеих групп относилась к 1-му фактору значимости (без некротических изменений, связанных с нарушением целостности клеток) и носила обратимый характер.

Другими важнейшими биомаркерами, рекомендованными для оценки функционального состояния печени, являются ферменты аминотрансферазы. В результате реакций переаминирования, катализируемых аминотрансферазами, образуются продукты (пируват, оксалоацетат, α -кетоглутарат), необходимые для синтеза аминокислот и субстратного обеспечения глюконеогенеза. Компенсаторное увеличение активности аминотрансфераз в печени рыб было показано при действии различных стресс-факторов (Banaee et al., 2012, 2014). В то же время хронические и/или достаточно сильные воздействия могут приводить к нарушению целостности клеточных мембран, «выбросу» аминотрансфераз в кровь и снижению их активности в печени рыб (Kavitha et al., 2010 ; Kole et al., 2014). Увеличение активности обеих аминотрансфераз было показано в сыворотке крови клариевого сома *Clarias gariepinus*, заражённого трипаносомой *Trypanosoma mukasai* (Osman et al., 2009). В исследованиях на здоровой и заражённой ихтиофозом чавыче *Oncorhynchus tshawytscha* достоверных отличий между активностью АЛТ в сыворотке крови сравниваемых групп установлено не было, тогда как активность АСТ была достоверно выше в сыворотке здоровых рыб (Feist et al., 2015). Другими авторами выявлено увеличение активности АЛТ и АСТ в сыворотке крови рыб при комплексной инвазии по сравнению с активностью у незаражённых особей (Nnabuchi et al., 2015 ; Noor et al., 2010). В нашей работе активность АСТ и АЛТ в печени кефалей (табл. 4), так же как и содержание продуктов ПОЛ и ОМБ (см. табл. 4), достоверно не отличалась у сравниваемых групп, что свидетельствует об отсутствии окислительного повреждения гепатоцитов и согласуется с данными патоморфологического анализа (табл. 1).

Содержание мочевины — конечного продукта белкового обмена — было выше в печени рыб 2-й группы (табл. 4), что может свидетельствовать о нарушении экскреторной функции почек и жабр (табл. 3). Увеличение индекса гистопатологических изменений было установлено в почках и жабрах кефалей из 2-й группы; в первом случае различия достоверны. Локальная вакуолизация и некроз клеток почечных канальцев, а также некроз отдельных почечных канальцев были зарегистрированы у 18,2; 27,3; 9,1 % рыб из 2-й группы соответственно, тогда как у кефалей из 1-й группы эти гистопатологические изменения не были обнаружены (табл. 1). Процент встречаемости особей с гистопатологическими нарушениями в жабрах (слипание жаберных ламелл, локальный некроз клеток и гиперплазия респираторного эпителия жаберных ламелл) был также выше у кефалей 2-й группы, чем у рыб из 1-й группы (табл. 1). Увеличение уровня мочевины в сыворотке крови нильской тилапии *Oreochromis niloticus* было также показано у рыб, заражённых простейшими *Trichodina* sp. и моногенеями *Cichlidogyrus* sp. (Noor et al., 2010). В исследованиях на здоровых и заражённых паразитами двух видах клариевых рыб (*Clarias gariepinus* и *C. anguilaris*) отмечено увеличение концентрации мочевины в сыворотке крови инвазированных особей, что авторы объясняли поражением жабр простейшими *Trichodina acuta* (Nnabuchi et al., 2015).

Активность ЩФ была достоверно ниже в печени кефалей из 2-й группы (табл. 4), что при отсутствии изменений уровня продуктов ПОЛ и ОМБ, а также некротических изменений в печени сравниваемых групп рыб исключает цитолиз гепатоцитов у особей из 2-й группы. В то же время процент встречаемости всех выявленных гистологических нарушений был выше в печени кефалей из 2-й группы, за исключением признаков локальной воспалительной реакции вокруг жёлчных протоков, встречаемость которых была выше в печени рыб из 1-й группы (табл. 1). Выявленная особенность, вероятнее всего, является причиной увеличения активности ЩФ — маркера холестаза — в печени рыб из 1-й группы и требует дальнейшего изучения гистопатологических альтераций жёлчного пузыря и его протоков при паразитарных инвазиях. В жёлчном пузыре у кефалевых рыб в акватории г. Севастополя и в Чёрном море отмечены миксоспоридии

17 видов (Юрахно, 2009 ; Yurakhno & Ovcharenko, 2014). Увеличение активности ЩФ в сыворотке крови клариевых рыб было показано при комплексной инвазии, что авторы объясняли закупоркой жёлчных протоков паразитами (Nnabuchi et al., 2015). Другими исследователями не установлено достоверных отличий между активностью ЩФ в сыворотке крови здоровой и заражённой ихтиофнозом чавычи *O. tshawytscha* (Feist et al., 2015).

Сравнительный анализ показателей белкового (содержание общего белка и альбумина) и углеводного (концентрация глюкозы) обменов в сыворотке крови кефалей двух групп не показал достоверных отличий (см. табл. 4), что также свидетельствует об удовлетворительном состоянии здоровья рыб в целом и об обратимости большинства из выявленных гистологических изменений.

Заключение. В органах кефали сингиля обнаружены гистопатологические изменения, относящиеся к четырём типам (нарушение кровообращения, регрессивные и прогрессивные изменения, воспалительные процессы), а также паразиты. Большинство выявленных альтераций относилось к 1-й степени значимости (они были обратимыми). Подобные патологии характерны для слабо токсического процесса, который мог быть инициирован как биотическими факторами (паразитарные агенты), так и абиотическими (в частности, антропогенное воздействие).

Модифицированная система градации гистопатологических изменений и полуколичественный анализ выявленных у молоди кефали сингиля альтераций позволили преобразовать качественные тканевые повреждения в количественные показатели и получить информативные данные о состоянии здоровья исследуемых рыб.

Паразитарные агенты, выявленные у молоди кефали, были представлены несколькими видами, которые относятся к разным систематическим группам (простейшие, моногенеи, трематоды, нематоды). Наиболее тяжёлые гистопатологические изменения были вызваны паразитарным простейшим, предположительно ихтиофонусом. У других исследованных особей сингиля обнаруженные в органах и тканях структурные нарушения являлись обратимыми, а паразитарные агенты не вызывали тяжёлых гистопатологических изменений.

Достоверные отличия значений индексов альтераций органов отмечены в почках, печени, желудочно-кишечном тракте и поджелудочной железе исследуемых рыб. Изменения носят обратимый характер (в большинстве случаев ядра и клеточные оболочки не разрушены), что подтверждается данными биохимических исследований.

Содержание продуктов перекисного окисления липидов и окислительной модификации белков, а также активность аминотрансфераз в печени кефалей из двух групп — условно здоровых и заражённых особей — достоверно не отличались, что тоже указывает на отсутствие окислительного повреждения гепатоцитов. Увеличение содержания мочевины в печени рыб из 2-й группы может свидетельствовать о нарушении экскреторной функции почек и жабр (подтверждено гистологически). Концентрация общего белка, альбумина и глюкозы в сыворотке крови кефалей из сравниваемых групп достоверно не отличалась, что также указывает на удовлетворительное состояние организма рыб в целом и на обратимость большинства из выявленных гистологических изменений.

Полученные результаты подтверждают высокую информативность предложенного в настоящей работе применения полуколичественного анализа гистопатологических альтераций и комплекса биохимических показателей для оценки состояния здоровья кефали сингиля.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по темам «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана» (№ гос. регистрации 121030100028-0) и «Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом» (№ гос. регистрации 121041400077-1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Болтачев А. Р., Карпова Е. П. Ихтиофауна прибрежной зоны Севастополя (Чёрное море) // *Морской экологический журнал*. 2012. Т. 11, № 2. С. 10–27. [Boltachev A. R., Karпова E. P. The ichthyofauna of the Sevastopol coastal zone (the Black Sea). *Morskoy ekologicheskij zhurnal*, 2012, vol. 11, no. 2, pp. 10–27. (in Russ.)]
2. Гаврюсева Т. В. Первый случай ихтиофоза у молоди кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) в условиях аквакультуры на Камчатке // *Биология моря*. 2007. Т. 33, № 1. С. 49–53. [Gavryuseva T. V. The first report of *Ichthyophonus hoferi* infection in coco salmon *Oncorhynchus kisutch* juveniles at a fish hatchery in Kamchatka. *Russian Journal of Marine Biology*, 2007, vol. 33, no. 1, pp. 49–53. (in Russ.)]
3. Гаевская А. В. *Паразиты и болезни морских и океанических рыб в природных и искусственных условиях*. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2004. 237 с. [Gaevskaya A. V. *Parasites and Diseases of Marine and Oceanic Fishes in Natural and Culture Conditions*. Sevastopol : EKOSI-Gidrofizika, 2004, 237 p. (in Russ.)]
4. Дмитриева Е. В., Гаевская А. В. Паразитологические аспекты марикультуры и интродукции кефалевых рыб в Азово-Черноморском бассейне // *Экология моря*. 2001. Вып. 55. С. 73–78. [Dmitrieva E. V., Gaevskaya A. V. Parasitological aspects of mugilids mariculture and of their introduction into the Sea of Azov and the Black Sea. *Ekologiya morya*, 2001, iss. 55, pp. 73–78. (in Russ.)]
5. Дмитриева Е. В., Герасев П. И. Моногенеи рода *Ligophorus* (Ancyrocephalidae) – паразиты черноморских кефалей (Mugilidae) // *Паразитология*. 1996. Т. 30, № 5. С. 440–449. [Dmitrieva E. V., Gerasev P. I. Monogeneans of the genus *Ligophorus* (Ancyrocephalidae) – parasites of the Black Sea mullets (Mugilidae). *Parazitologiya*, 1996, vol. 30, no. 5, pp. 440–449. (in Russ.)]
6. Дубинина Е. Е., Бурмистов С. О., Ходов Д. А., Поротов И. Г. Окислительная модификация белков сыворотки крови человека, метод её определения // *Вопросы медицинской химии*. 1995. Т. 41, вып. 1. С. 24–26. [Dubinina E. E., Burmistrov S. O., Khodov D. A., Porotov I. G. Okislitel'naya modifikatsiya belkov syvorotki krovi cheloveka, metod ee opredeleniya. *Voprosy meditsinskoi khimii*, 1995, vol. 41, iss. 1, pp. 24–26. (in Russ.)]
7. Завьялова Е. А., Дрошнев А. Е., Гулюкин М. И., Калинина Н. Р. Анестезия радужной форели // *Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные*. 2012. № 4. С. 22–24. [Zav'yalova E. A., Droshnev A. E., Gulyukin M. I., Kalinina N. R. Anesthesia of the rainbow trout. *Rossiiskii veterinarnyi zhurnal. Sel'skokhozyaistvennye zhivotnye*, 2012, no. 4, pp. 22–24. (in Russ.)]
8. Кожурин Е. А., Шляхов В. А., Губанов Е. П. Динамика уловов промысловых рыб Крыма в Чёрном море // *Труды ВНИРО*. 2018. Т. 171. С. 157–169. [Kozhurin E. A., Shlyakhov V. A., Gubanov E. P. Crimea commercial fish dynamics in the Black Sea. *Trudy VNIRO*, 2018, vol. 171, pp. 157–169. (in Russ.)]
9. Корниенко Г. Г., Дудкин С. И., Сергеева С. Г., Ружинская Л. П., Цема Н. И., Бугаев Л. А., Войкина А. В. Физиолого-биохимическая характеристика рыб Азово-Черноморского бассейна в условиях современной антропогенной нагрузки // *Вестник Камчатского государственного технического университета*. 2017. № 40. С. 58–66. [Kornienko G. G., Dudkin S. I., Sergeeva S. G., Ruzhinskaya L. P., Tsema N. I., Bugaev L. A., Voykina A. V. Physiological and biochemical characteristics of the Azov and Black Sea fishes undergoing anthropogenic pressure. *Bulletin of Kamchatka State Technical University*, 2018, no. 40, pp. 58–66. (in Russ.)]
10. Лукина Ю. Н. *Проблемы здоровья рыб в водных экосистемах Европейско-Сибирской области Палеарктики* : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.02.08, 03.02.06. Петрозаводск, 2014. 37 с. [Lukina Yu. N. *Problemy zdorov'ya ryb v vodnykh ekosistemakh Evropeisko-Sibirskoi oblasti Palearktiki* : avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk : 03.02.08, 03.02.06. Petrozavodsk, 2014, 37 p. (in Russ.)]
11. Моисеенко Т. И., Гашев С. Н., Селоков А. Г., Жигилева О. Н., Алешина О. А. Биологические методы оценки качества вод: часть 1. Биоиндикация // *Вестник Тюменского государственного университета*. 2010. № 7. С. 20–40.

- [Moiseenko T. I., Gashev S. N., Selyukov A. G., Zhigileva O. N., Aleshina O. A. Biologicheskie metody otsenki kachestva vod: chast' 1. Bioindikatsiya. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2010, no. 7, pp. 20–40. (in Russ.)]
12. Пронькина Н. В., Белофастова И. П. Новые данные о нематодах черноморского сингиля *Liza aurata* (Pisces: Mugilidae) // *Экология моря*. 2005. Вып. 68. С. 77–82. [Pronkina N. V., Belofastova I. P. New date about nematodes of the Black Sea golden grey mullet *Liza aurata* (Pisces: Mugilidae). *Ekologiya morya*, 2005, iss. 68, pp. 77–82. (in Russ.)]
 13. Стальная И. Д., Гаришвили Т. Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты // *Современные методы в биохимии*. Москва : Медицина, 1977. С. 66–68. [Stal'naya I. D., Garishvili T. G. Metod opredeleniya malonovogo dial'degida s pomoshch'yu tiobarbiturovoi kisloty. In: *Sovremennye metody v biokhimii*. Moscow : Meditsina, 1977, pp. 66–68. (in Russ.)]
 14. Юрахно В. М. Болезни черноморских и азовских рыб, вызываемые микроспоридиями (Мухозоа: Мухоспорея) // *Экология моря*. 2009. Вып. 77. С. 33–37. [Yurakhno V. M. The Black Sea and the Sea of Azov fish diseases induced by myxosporeans (Myxozoa: Myxosporaea). *Ekologiya morya*, 2009, iss. 77, pp. 33–37. (in Russ.)]
 15. Au D. W. T. The application of histocytopathological biomarkers in marine pollution monitoring: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 2004, vol. 48, iss. 9–10, pp. 817–834. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.02.032>
 16. Banaee M., Sureda A., Mirvaghefi A. R., Ahmadi K. Effects of diazinon on biochemical parameters of blood in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2012, vol. 99, iss. 1, pp. 1–6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pestbp.2010.09.001>
 17. Banaee M., Sureda A., Zohiery F., Nematdoust Hagi B., Garanzini D. S. Alterations in biochemical parameters of the freshwater fish, *Alburnus mossulensis*, exposed to sub-lethal concentrations of fenpropathrin. *International Journal of Aquatic Biology*, 2014, vol. 2, no. 2, pp. 58–68. <https://doi.org/10.22034/IJAB.V2I2.32>
 18. Bancroft D., Stevens A., Turner D. R. *Theory and Practice of Histological Techniques*. Edinburgh ; London ; Melbourne ; New York : Churchill Livingstone Inc., 1990, 725 p.
 19. Bernet D., Schmidt H., Meier W., Burkhardt-Holm P., Wahli T. Histopathology in fish: Proposal for protocol to assess aquatic pollution. *Journal of Fish Diseases*, 1999, vol. 22, iss. 1, pp. 25–34. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2761.1999.00134.x>
 20. Bruno D. W., Novak B., Elliott D. G. Guide to the identification of fish protozoan and metazoan parasites in stained tissue sections. *Diseases of Aquatic Organisms*, 2006, vol. 70, no. 1–2, pp. 1–36. <https://doi.org/10.3354/dao070001>
 21. Costa P. M., Diniz M. S., Caeiro S., Lobo J., Martins M., Ferreira A. M., Caetano M., Vale C., Del-Valls T. Á., Costa M. H. Histological biomarkers in liver and gills of juvenile *Solea senegalensis* exposed to contaminated estuarine sediments: A weighted indices approach. *Aquatic Toxicology*, 2009, vol. 92, iss. 3, pp. 202–212. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2008.12.009>
 22. Frasca S. Jr., Wolf J. C., Kinsel M. J., Camus A. C., Lombardini E. D. 39. Osteichthyes (freshwater & marine). In: *Pathology of Wildlife and Zoo Animals* / K. A. Terio, D. McAloose, J. St. Leger (Eds). London ; San Diego ; Cambridge ; Oxford : Academic Press : Elsevier Inc., 2018, pp. 953–1001. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-01586-6>
 23. Feist S. W., Stentiford G. D., Kent M. L., Santos A. R., Lorange P. Histopathological assessment of liver and gonad pathology in continental slope fish from the northeast Atlantic Ocean. *Marine Environmental Research*, 2015, vol. 106, pp. 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.02.004>
 24. Floyd-Rump T. P., Horstmann-Dehn L. A., Atkinson S., Skaugstad C. Effect of *Ichthyophonus* on blood plasma chemistry spawning Chinook salmon and their resulting offspring in a Yukon River tributary. *Diseases of Aquatic Organisms*, 2017, vol. 122, no. 3, pp. 223–236. <https://doi.org/10.3354/dao03077>
 25. ICES. *Report of the Working Group on Pathology and Diseases of Marine Organisms (WGPDMO)*, 24–28 February, 2015, Helsinki, Finland, 2015. Copenhagen : ICES, 2015, 124 p. (ICES CM 2015/SSGEPI:01). <https://doi.org/10.17895/ices.pub.8495>
 26. Kavitha C., Malarvizhi A., Senthil Kumaran S., Ramesh M. Toxicological effects of arsenate exposure on hematological, biochemical

- and liver transaminases activity in an Indian major carp, *Catla catla*. *Food and Chemical Toxicology*, 2010, vol. 48, iss. 10, pp. 2848–2854. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2010.07.017>
27. Kole D., Pal S., Mukherjee A. K., Samanta P., Ghosh A. R. Effects of chromium on tissue-specific biochemical parameters in freshwater catfish, *Anabas testudineus* (Bloch). In: *HydroMedit 2014 : 1st International Congress of Applied Ichthyology & Aquatic Environment*, 13–15 Nov., Volos, Greece : [proceedings]. [Nea-Ionia], 2014, pp. 168–174.
 28. Kundu I., Bandyopadhyay P. K., Mandal D. R., Güreli G. Study of pathophysiological effects of the nematode parasite *Eustrongylides* sp. on freshwater fish *Channa punctatus* by hematology, serum biochemical, and histological studies. *Türkiye Parazitoloji Derneği*, 2016, vol. 40, iss. 1, pp. 42–47. <https://doi.org/10.5152/tpd.2016.4551>
 29. Kurhalyuk N., Tkachenko H. Induction of oxidative stress and antioxidant defenses in the livers of sea trout, *Salmo trutta* L., with ulcerative dermal necrosis. *Archives of Polish Fisheries*, 2011, vol. 19, fasc. 4, pp. 229–240.
 30. Marcogliese D. J., Brambilla L. G., Gagne F., Gendron A. D. Joint effects of parasitism and pollution on oxidative stress biomarkers in yellow perch *Perca flavescens*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 2005, vol. 63, pp. 77–84. <https://doi.org/10.3354/dao063077>
 31. Nnabuchi U. O., Ejikeme O. G., Didiugwu N. C., Ncha O. S., Onahs S. P., Amarachi A. C. Effect of parasites on the biochemical and haematological indices of some clariid (Siluriformes) catfishes from Anambra River, Nigeria. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2015, vol. 3, iss. 2, pt. E, pp. 331–336.
 32. Noga E. J. *Fish Disease: Diagnosis and Treatment*. 2nd edition. Ames, Iowa : Wiley-Blackwell, 2010, 519 p.
 33. Noor El-Deen A. E., Mona M. Ismaiel, Mohamed A. E., Omima A. A. El-Ghany. Comparative studies on the impact of humic acid and formalin on ectoparasitic infestation in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Nature and Science*, 2010, vol. 8, no. 2, pp. 121–125. <https://doi.org/10.7537/marsnsj080210.16>
 34. Osman H. A. M., Fadel N. G., Ali A. T. Biochemical and histopathological alterations in catfish, *Clarias gariepinus*, infected with trypanosomiasis with special reference to immunization. *Egyptian Journal of Comparative Pathology and Clinical Pathology*, 2009, vol. 22, no. 3, pp. 164–181.
 35. Osman H. A. M., El-Refaey A. M. E., Rahman A., Al-Zahrani Q., Hazzaa M. S. Field studies on ichthyophoniasis (ichthyosporidiosis) infecting Red Sea cultured grouper, taradi, *Plectropomus areolatus* in Jeddah, Saudi Arabia with a special trial for treatment using *Moringa oleifera*. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2015, vol. 6, no. 4, pp. 2207–2217.
 36. Ovcharenko M. O. Microparasites of worldwide mullets. *Annals of Parasitology*, 2015, vol. 61, no. 4, pp. 229–239. <https://doi.org/10.17420/ap6104.12>
 37. Saleh Y. S., Marie M.-A. S. Use of *Arius thalassinus* fish in a pollution biomonitoring study, applying combined oxidative stress, hematology, biochemical and histopathological biomarkers: A baseline field study. *Marine Pollution Bulletin*, 2016, vol. 106, iss. 1–2, pp. 308–322. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.03.030>
 38. Santos D. M. S., Melo M. R. S., Mendes D. C. S., Rocha I. K. B. S., Silva J. P. L., Cantanhêde S. M., Meletti P. C. Histological changes in gills of two fish species as indicators of water quality in Jansen Lagoon (São Luís, Maranhão State, Brazil). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2014, vol. 11, no. 12, pp. 12927–12937. <https://doi.org/10.3390/ijerph111212927>
 39. Saraiva A., Costa J., Serrão J., Cruz C., Eiras J. C. A histology-based fish health assessment of farmed seabass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture*, 2015, vol. 448, pp. 375–381. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.06.028>
 40. Stentiford G. D., Bignell J. P., Lyons B. P., Feist S. W. Site-specific disease profiles in fish and their use in environmental monitoring. *Marine Ecology Progress Series*, 2009, vol. 381, pp. 1–15. <https://doi.org/10.3354/meps07947>
 41. Öztürk T. Parasites of juvenile golden grey mullet *Liza aurata* Risso, 1810 in Sarikum Lagoon Lake at Sinop, Turkey. *Acta Parasitologica*, 2013, vol. 58, iss. 4, pp. 531–540. <https://doi.org/10.2478/s11686-013-0173-3>
 42. Yurakhno V. M., Ovcharenko M. O. Study of Myxosporea (Myxozoa), infecting worldwide mullets with description of a new species. *Parasitological Research*, 2014, vol. 113, pp. 3661–3674. <https://doi.org/10.1007/s00436-014-4031-5>

**PATHOMORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL STUDY
OF THE GOLDEN GREY MULLET *CHELON AURATUS* (RISSO, 1810)
IN THE WATERS OF THE SOUTHWESTERN CRIMEA (THE BLACK SEA)**

T. V. Gavrusheva, T. B. Sigacheva, and I. I. Chesnokova

A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: gavri2004@mail.ru

The golden grey mullet *Chelon auratus* (Risso, 1810) (Mugilidae) is a valuable commercial and recreational species ranking first in terms of catch volume of the Black Sea indigenous mullets. The importance of this species in the regional fishery among demersal fish requires the development of a system for assessing its health status. Such research is based on an integrated approach involving biochemical and pathomorphological methods: these allow to investigate the alterations in fish *prior* the occurrence of visible manifestations, disruption of the processes of growth and reproduction, reduction of commercial size, and decrease in abundance. The aim of our work was to study both pathomorphological alterations and several biochemical parameters of golden grey mullet tissues for assessing its health status. Fish visual examination and pathological autopsy were carried out. For histological analysis, samples of the gills, liver, kidneys, gastrointestinal tract, spleen, and pancreas were fixed in Davidson's solution and processed by standard methods. Based on the histological studies, the fish health status was investigated by a modified semi-quantitative analysis of alterations according to the Bernet *et al.* protocol and by assessing the distribution of lesion in organs using a scoring system. We determined the importance factors of alterations for *C. auratus*, the values of organ alteration indices, and the total index of fish pathology. The biochemical studies permitted to reveal the level of protein oxidation, lipid and urea peroxidation, and the activity of aminotransferases and alkaline phosphatase in the liver; moreover, we quantified albumin and glucose concentration in the blood serum. In the organs of the golden grey mullet, the histopathological alterations referring to four types of the reaction patterns were detected (circulatory disorders, regressive and progressive alterations, and inflammatory processes). Furthermore, parasites representing several species of different systematic groups (Protozoa, Monogenea, Trematoda, and Nematoda) were identified. It was established that the most severe histopathological alterations were caused by a parasitic protozoan, presumably *Ichthyophonus* sp. When carrying out a semi-quantitative analysis of alterations, the mullets were conventionally divided into conditionally healthy individuals and infected ones. Pathomorphological data were obtained, and the set of biochemical parameters was compared in these two groups. Significant differences were revealed in the values of organ alteration indices in *C. auratus* in the kidneys, liver, gastrointestinal tract, and pancreas. The values of the total index of fish pathology also differed significantly. The biochemical studies revealed a significant increase in urea content in the liver of fish from the group 2, that may indicate the kidney and gill excretory dysfunction (it was confirmed histologically). No significant differences were found in the level of lipid peroxidation, protein oxidation, and activity of aminotransferases in the liver of conditionally healthy and infected fish. The results of our investigation confirm high informativeness of the studied parameters for assessing the health status of the golden grey mullet.

Keywords: golden grey mullet, histopathological alterations, biochemical parameters, semi-quantitative analysis, Black Sea