



Научная статья / Original article

УДК 639.3.09:597.552.511

doi:10.15853/2072-8212.2025.77.61-72

EDN: CAWKLV



## О КОМПЛЕКСНОМ ПОДХОДЕ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ МОЛОДИ НА ЛОСОСЕВЫХ РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДАХ

Сергеенко Наталия Валентиновна<sup>✉</sup>, Рязанова Татьяна Вячеславовна,  
Устименко Елена Александровна, Бочкова Елена Валентиновна

Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), Петропавловск-Камчатский, Россия, n.sergeenko@kamniro.vniro.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** В период с 2022 по 2024 гг. с использованием гистологических, бактериологических, вирусологических, паразитологических и гематологических методов у молоди тихоокеанских лососей на камчатских рыболовных заводах диагностировали заболевания различной этиологии. Системный микоз у кеты вызвали митоспоровые грибы *Phoma* sp. Тяжелая вспышка триходиниоза была связана с токсическим воздействием поверхностно-активных веществ, снижающих защитные функции кожи рыб. У чавычи повышенная смертность оказалась следствием алиментарной патологии. Результаты исследований показали, что комплексный подход имеет решающее значение для идентификации патогена и в целом для диагностики, лечения и профилактики заболеваний у молоди на ЛРЗ.

**Ключевые слова:** диагностика, системный микоз, триходиниоз, тихоокеанские лососи, аквакультура, алиментарные нарушения

**Благодарности:** авторы благодарят рыболовов ЛРЗ Северо-Восточного филиала ФГБУ «Главрыбвод» за сотрудничество.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Сергеенко Н.В., Рязанова Т.В., Устименко Е.А., Бочкова Е.В. О комплексном подходе при диагностике заболеваний молоди на лососевых рыболовных заводах // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2025. Вып. 77. С. 61–72. EDN: CAWKLV. doi:10.15853/2072-8212.2025.77.61-72

## ON AN INTEGRATED APPROACH TO DIAGNOSTIC OF DISEASES OF JUVENILE FISH IN SALMON HATCHERIES

Natalia V. Sergeenko<sup>✉</sup>, Tatiana V. Ryazanova, Elena A. Ustimenko, Elena V. Bochkova

Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, n.sergeenko@kamniro.vniro.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** An integrated approach based on histological, bacteriological, virological, parasitological, and hematological methods was employed between 2022 and 2024 to diagnostic of etymologically different diseases in juvenile Pacific salmon in salmon hatcheries of Kamchatka. Systemic mycosis of chum salmon was caused by the mitosporic fungi *Phoma* sp. A severe outbreak of trichodiniosis was linked to the toxic effect of surfactants, that reduced protective function of the fish skin. Increased mortality of Chinook salmon was a consequence of alimentary pathology. Results of the research demonstrate that integrated approach is crucial for identification of pathogen and, overall, for making diagnosis, treatment, and effective prevention of diseases in hatchery juveniles.

**Keywords:** diagnostic, systemic mycosis, trichodiniosis, Pacific salmon, aquaculture, alimentary disorders

**Acknowledgements:** The authors express their gratitude to the team of salmon hatcheries of the North-Eastern Branch of the Federal State Budgetary Institution “Glavrybvod” for their cooperation.

**Funding.** The study was not sponsored.

**For citation:** Sergeenko N.V., Ryazanova T.V., Ustimenko E.A., Bochkova E.V. On an integrated approach to diagnostic of diseases of juvenile fish in salmon hatcheries // The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean. 2025. Vol. 77. P. 61–72. (In Russ.) EDN: CAWKLV. doi:10.15853/2072-8212.2025.77.61-72

Искусственное воспроизводство — одно из приоритетных направлений сохранения тихоокеанских лососей Камчатки. На пяти лососевых

рыболовных заводах (далее ЛРЗ) выращивают четыре вида лососей — кету (*Oncorhynchus keta*), нерку (*O. nerka*), чавычу (*O. tshawytscha*) и кижуч-

ча (*O. kisutch*) — и сеголетками выпускают в естественные, базовые для ЛРЗ водоемы. Ихтиопатологическое благополучие ЛРЗ зависит от многих факторов: качества воды, состояния инфраструктуры и оборудования, соответствия комбикормов виду и возрасту лососей, соблюдения персоналом ветеринарно-санитарных норм, своевременного проведения противоэпизоотических мероприятий, исключения бесконтрольного применения антибиотиков в профилактических целях.

Создание системы охраны здоровья объектов аквакультуры на основе разработки и испытания средств диагностики заболеваний, их профилактики и лечения — одна из основных задач научного сопровождения рыбоводной деятельности. Гибель рыб вследствие заболеваний различной этиологии может свести к нулю результаты труда ихтиологов-рыбоводов. Действующие на настоящий момент стандартные инструкции по борьбе с болезнями рыб (Сборник инструкций..., 1998) не всегда эффективны, особенно при заболеваниях смешанной этиологии. В таких случаях требуется комплексный подход с применением различных методов исследования, что позволяет определить как наличие и источник инфекционных и инвазионных патогенов (вирусных, бактериальных, паразитарных, микозных), так и выявить незаразные заболевания, связанные с качеством поступающей в выростные бассейны воды и/или применяемых на ЛРЗ кормов. Поэтому для успешной диагностики важно не только отобрать больных рыб одновременно на все возможные виды исследований, но и обязательно взять пробы воды и корма.

Оценить степень и характер патологических изменений, происходящих в организме рыб, помогают гематологические и гистологические исследования. Кровь одна из первых реагирует на неблагоприятные условия среды, токсиканты, патологических агентов. Несмотря на то, что дифференцировать заболевание по картине крови невозможно из-за неспецифического характера изменений, она имеет информативную значимость для оценки клинического состояния рыб. Микроскопическое исследование состояния органов и тканей (гистология) позволяет выявить нарушения их структуры, проследить развитие патологического процесса, определить степень тяжести изменений и их обратимость в организме молоди рыб до и после выпуска в естественную среду, подтвердить или поставить правильный диагноз.

В данной работе преимущества комплексного подхода продемонстрированы на примере диагностики трех заболеваний различной этиологии в период 2022–2024 гг. у молоди лососей при искусственном разведении на рыбодных заводах Камчатки.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

При появлении признаков заболевания и/или сверхнормативном отходе молоди лососей на ЛРЗ отбирали рыб с выраженными признаками патологии одновременно на вирусологические (30 экз.), бактериологические (не менее 5 экз.), паразитологические (не менее 25 экз.), гематологические и гистологические (по 15 экз.) исследования. Также отбирали пробы воды в стерильную посуду по 500 мл в точках втока в бассейны и вытока из них и не менее 100 г комбикорма для рыб. Работы проводили в лаборатории здоровья гидробионтов Камчатского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» (далее — Лаборатория).

**Бактериологические исследования рыб.** Проводили посевы из заднего отдела почек молоди лососей на питательный агар для определения широкого спектра бактерий; с жабр — на селективную среду TYES для выявления флавобактерий (миксобактерий) (AFS-FHS FHS blue book..., 2010). Для выявления грибов образцы от рыб высевали на среду Сабуро с хлорамфениколом и картофельно-декстрозный агар, посевы инкубировали при 25 °С до появления роста гриба. Микробиологические показатели качества воды и корма — ОМЧ (КОЕ/см<sup>3</sup>) — определяли методом глубинного посева (Правила бактериологического..., 1975; МУ 13-4-2/1742..., 1999), кроме того, корма исследовали на наличие патогенных микроорганизмов (сальмонелл, энтеропатогенных типов кишечной палочки, анаэробов).

**Вирусологические исследования.** Молодь объединяли по 5 рыб в одну пробу и гомогенизировали. Затем пробы центрифугировали 15 мин при 2000 g и отбирали верхнюю фракцию, которой заражали две постоянные клеточные линии рыб: ЕРС (из эпидермальных новообразований больного оспой карпа) и CHSE-214 (эмбриона чавычи). Культивирование и инокуляцию линий клеток проводили по общепринятым методикам (Сборник инструкций..., 1998; Fish pathology..., 2009).

**Паразитологические исследования.** Молодь вскрывали, осматривали на наличие паразитов, видимых невооруженным глазом. Изготав-

ливали препараты соскобов кожных покровов, жабр, органов желудочно-кишечного тракта, почек. Для фиксации, окрашивания и изготовления препаратов использовали отечественные методики (Лабораторный практикум..., 1983). Полученные препараты изучали под световым микроскопом Olympus BX43, имеющим цифровую фотографическую камеру. Идентификацию обнаруженных паразитов проводили с помощью отечественных и зарубежных источников (Определитель паразитов..., 1984; Fish health protection..., 1984; AFS-FHS FHS blue book..., 2010).

**Гистологические исследования.** Для гистологических исследований молодь, аккуратно вскрыв брюшную полость, фиксировали целиком (длина тела рыб не превышала 4 см) в жидкости Дэвидсона и через 24–36 ч переносили в 70%-й спирт. При дальнейшей обработке материала использовали общепринятые методики (Bancroft et al., 1990). Препараты окрашивали гематоксилин-эозином по Мейеру, по Романовскому–Гимзе, железным гематоксилином по Гейденгайну, Цилю–Нильсену (для выявления паразитов), ШИК-световым зеленым (микозной инфекции) и по Граму (бактерий). Материал анализировали с использованием светового микроскопа Olympus BX43, снабженного цифровой фотографической камерой. Степень гистопатологических изменений при алиментарном токсикозе у молоди лососей определяли в соответствии с градацией, принятой в литературных источниках (Факторович, 1984; Гаврюсева, 2007).

**Гематологические исследования.** Кровь для гематологических исследований брали из хвостовой артерии рыб. Мазки фиксировали в метаноле, окрашивали в растворе Гимза и исследовали с помощью светового микроскопа Olympus BX43. Количество незрелых эритроцитов, лейкоцитарную формулу крови определяли при помощи общепринятых методик (Лабораторный практикум..., 1983). Особое внимание обращали на патологические изменения общей картины крови: анизо- и пойкилоцитоз (изменение размеров и формы эритроцитов), амитоз, вакуолизацию эритроцитов и лейкоцитов, гемолиз и т. д. (Житенева и др., 1989).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В период с 2022 г. по 2024 г. были случаи обращения в лабораторию ихтиологов-рыбоводов для выяснения причин сверхнормативной гибели подращиваемой молоди лососей.

Весной 2022 г. на одном из ЛРЗ резко увеличился отход кеты. У мальков наблюдали ло-

кальное разрушение кожных покров и подлежащей мускулатуры с образованием одиночной язвы в области грудных плавников, отечность брюшка, гиперемия вокруг анального отверстия и экзофтальмию (рис. 1А). При вскрытии рыб отмечали рыхлую консистенцию печени, селезенки, почек и наличие в желудке жидкости желтого цвета.

По результатам проведенных исследований вирусных и паразитарных патогенов у мальков не обнаружили. На среде Сабуро роста грибов не наблюдали. В бактериологических посевах из почек 10% рыб выделили псевдомонад вида *Pseudomonas fluorescens*, а с жабр всех обследованных сеголетков — тех же микроорганизмов в сочетании с флавобактериями *Flavobacterium* sp. Эти условно-патогенные бактерии — обычные представители микробиоценоза воды, которые способны вызывать септические бактериозы у рыб в стрессовых условиях. Однако в данном случае их этиологическая значимость была сомнительной. Во-первых, края кожных поражений были «чистыми» и ровными, что не характерно для бактериальной инфекции. При бактериальных инфекциях появляются белые, серые или желтоватые участки некротизированной ткани с язвой по центру и красным или серым дном. Во-вторых, бактерий выделили из почек только у десятой части рыб с признаками заболевания.

Количество микроорганизмов в воде из бассейнов с пораженной молодью не превышало предельно-допустимых значений (1000 КОЕ/см<sup>3</sup>) (МУ 13-4-2/1742..., 1999). При этом их было почти вдвое больше, чем в «благополучных» бассейнах, что, вероятно, связано с накоплением в воде органических веществ и сапрофитной микрофлоры из-за погибших рыб. Микробиологические показатели корма соответствовали нормативным.

При гистологических исследованиях рыб с признаками патологии в плавательном пузыре обнаружили ветвящиеся гифы гриба (рис. 1Б). Процесс тотального прорастания начинался именно с этого органа, где степень заселения микроорганизмом была наиболее высокой. Из плавательного пузыря гифы проникали в другие органы и ткани: почки, желудочно-кишечный тракт, скелетную мускулатуру. По морфологии и характеру распространения гриба в организме предположили его принадлежность к митоспорным грибам рода *Phoma* (Саттон и др., 2002).

Для подтверждения диагноза и получения культуры микроорганизма провели посе- вы из



внутренних органов больных рыб на картофельно-декстрозный агар, с наиболее оптимальным составом для грибов рода *Phoma*. Через 14 дней на поверхности агара появились бархатистые колонии коричневого цвета (рис. 1В). При микроскопии обнаружили септированные конидии овальной или цилиндрической формы, с зернистым содержимым в цитоплазме (рис. 1Г). Других стадий развития патогенного организма не получили. На агаре Сабуро не удалось вырастить культуру гриба, вероятно, из-за его особой требовательности к составу питательной среды. Поэтому без выявления микроорганизма в гистологических срезах диагностировать это заболевание было бы затруднительно.

Конидии гриба обнаружили также в мазках крови рыб с признаками заболевания. Чем выше была степень разрастания микроорганизма, тем больше регистрировали вакуолизированных макрофагов на разной степени разрушения с включениями фагоцитированных клеток гриба (рис. 1Г). При этом отмечали большое количество разрушенных клеток крови, практически полное отсутствие тромбоцитов, ней-

трофилов и лимфоцитов. Эритроциты были представлены преимущественно незрелыми формами, кроме того, у них регистрировали смещение, пикноз и лизис ядер, анизо-/пойкилоцитоз.

Представитель рода *Phoma*, *Ph. herbarum*, известен как возбудитель микозов у рыб, которые характеризуются мицелиальной инвазией плавательного пузыря и/или желудочно-кишечного тракта с проникновением в соседние органы, что может приводить к непроходимости кишечника и гибели. В научных отчетах ПИНРО (им. Н.М. Книповича) есть данные о жаберном микозе у радужной форели в рыбоводных хозяйствах Мурманской области. В 2017 г. грибы с доминирующим видом *Ph. herbarum* были выявлены при поражении жабр, глаз и печени рыб (неопубл. данные). Этот же вид гриба ранее был описан как причина заболеваний рыб в аквакультуре на Аляске и северо-западном тихоокеанском побережье (Hershberger et al., 2016). Его выделяли от кижуча, чавычи, нерки, озерной и радужной форели, атлантического лосося и арктического хариуса. Микозные инфекции низкоконтаци-

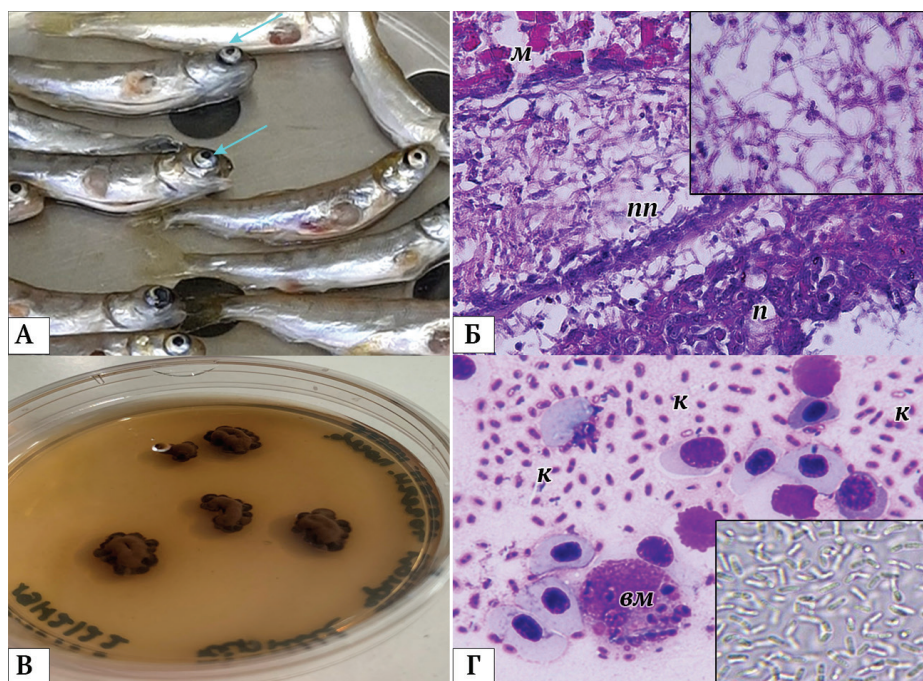


Рис. 1. Микозная инфекция у молоди кеты: А — экзофтальмия (1) и язвы в области грудных плавников; Б — проросшие в плавательный пузырь (nn), почку (n) и мускулатуру (m) гифы (на выделенном фрагменте гифы при большом увеличении) на гистологическом препарате; В — рост бархатистых коричневых колоний гриба на картофельно-декстрозном агаре; Г — конидии гриба (к), вакуолизированный макрофаг (vm) с включениями фагоцитированных конидий в окрашенном мазке крови и неокрашенные конидии в водном препарате (выделенный фрагмент). Увеличение: Б —  $\times 400$  (выделенный фрагмент —  $\times 1000$ ), Г —  $\times 1000$ . Окрашивание: Б — гематоксилин-эозин, Г — по Гимза

Fig. 1. Mycotic infection in juvenile chum salmon: A — exophthalmia (1) and ulcers in the pectoral fin area; Б — hyphae that have grown into the swim bladder (nn), kidney (n) and muscles (m) (at the isolated fragment of the hypha at high magnification) on a histological preparation; В — growth of velvety brown colonies of the fungus on potato dextrose agar; Г — fungal conidia (k) and vacuolated macrophage (vm) with phagocytized conidia in a stained blood smear and unstained conidia in an aqueous preparation (highlighted fragment). Magnification: Б  $\times 400$  (highlighted fragment —  $\times 1000$ ), Г —  $\times 1000$ . Staining: Б — hematoxylin and eosin, Г — Giemsa

озные и обычно не вызывают массовой гибели рыб, но в аквакультуре они могут стать серьезной проблемой (Ajello et al., 1977; Faisal et al., 2007). Антибиотики в данном случае не эффективны и, даже наоборот, могут еще больше ослабить организм рыб, способствуя развитию вторичных бактериозов и повышению патогенности основного заболевания.

Таким образом, благодаря комплексному подходу, удалось диагностировать системный микоз у молоди кеты на ЛРЗ. Сначала на гистологических препаратах обнаружили поражение органов и тканей, начинающееся с прорастания гриба в плавательном пузыре. Только после этого, после подбора подходящей для предполагаемого микроорганизма питательной среды, получили культуру и подтвердили диагноз. При гематологических исследованиях выявили характерные изменения в картине крови рыб. Так как другие возможные инфекции и инвазии были исключены, приняли меры для купирования заболевания в неблагополучных бассейнах и спустя две недели гибель рыб прекратилась.

Весной 2023 г. повышенный отход кеты случился на другом ЛРЗ. При визуальном осмотре рыб отмечали необычную «сухость» кожных покровов, т. е. слизистые выделения на коже практически отсутствовали. Рыбы были истощены, желудочно-кишечный тракт — почти пустой.

При микроскопии неокрашенных препаратов соскобов с поверхности кожи и жабр у 100% рыб обнаружили кругоресничных инфузорий рода *Trichodina*. Количество паразитов достигало 30 экз. в одном поле зрения микроскопа (рис. 2А). При этом для постановки диагноза «триходиниоз» достаточно пяти экз. паразита (Сборник инструкций..., 1998). Множество триходин визуализировалось на кожных покровах даже на гистологических препаратах, хотя при соответствующей химической обработке образцов тканей поверхностные микропаразиты обычно не сохраняются. Это еще одно подтверждение того, что степень зараженности была экстремально высокой. В местах прикрепления паразитов отмечали истончение и слущивание эпидермального слоя кожи, разрушение слизистых клеток, фокальные подкожные отеки и разрывы наружных покровов (рис. 2Б, В). В мускулатуре регистрировали межклеточные отеки, а в жабрах — дистрофию дыхательного эпителия и слизистых клеток. Патологические изменения, указывающие на токсическое воздействие, выявили в картине крови рыб. Обычно

овальные эритроциты приобрели веретеновидную или угловатую форму (пойкилоцитоз). Отмечали значительное снижение количества лимфоцитов и нейтрофилов (лейкопению), а также изменение структуры ядер (пикноз) и разрушение (гемолиз) клеток красной крови. Вакуолизированные макрофаги содержали остатки эритроцитов (рис. 2Г). Вирусных и бактериальных патогенов у кеты не выявили.

У молоди тихоокеанских лососей на Камчатке кругоресничные инфузории встречаются довольно часто, но почти всегда в единичных экземплярах. При невысокой степени инвазии они не опасны для рыб. Естественной преградой для массового заселения этими простейшими является выделяемая кожей слизь. Триходины не питаются тканями хозяина, но, прикрепляясь и передвигаясь по поверхности кожных покровов и жабрам, наносят микротравмы. Это беспокоит рыб, они плохо потребляют корм, что приводит к истощению и, в случаях тяжелой инвазии, к гибели.

Для определения возможного источника токсического воздействия, вызвавшего повышенную сухость кожного покрова мальков, проанализировали химический состав поступающей на завод воды. Оказалось, что в период вспышки триходиниоза содержание в воде анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) составляло 0,23 мг/дм<sup>3</sup> (данные КамчатНИРО). Этот показатель более чем в два раза выше предельно допустимой для рыбохозяйственных водоемов концентрации — 0,1 мг/дм<sup>3</sup> (Приказ Минсельхоза РФ № 552). Распространение токсичных химических веществ, в том числе АПАВ, в окружающей среде является следствием увеличения антропогенного прессинга на водоемы (Schmitt et al., 1999). Развитие туристического кластера в Камчатском крае в последнее десятилетие наряду с экономическим ростом несет определенные риски в сфере сохранения биоразнообразия региона, в частности локальной ихтиофауны. Вероятно, АПАВ попали в водозабор завода со сточными водами и, обладая моющими свойствами, разрушили (смыли) слизистый слой на кожных покровах и жабрах молоди кеты, что и спровоцировало массовое заражение кругоресничными инфузориями. Содержание АПАВ в воде впоследствии снизилось до 0,17 мг/дм<sup>3</sup> (данные КамчатНИРО), и после противопаразитарной обработки гибель рыб прекратилась.

Таким образом, методом паразитологического анализа в соскобах с кожи рыб обнаружи-



ли большое количество кругоресничных инфузорий рода *Trichodina*, а в результате гистологических и гематологических исследований определили, что их воздействие стало причиной повышенного отхода. Массовое размножение паразита произошло вследствие нарушения защитных функций кожных покровов рыб, которое, в свою очередь, было вызвано превышением в воде АПАВ. Химический анализ воды выявил превышение именно тех веществ, которые могли оказать такое воздействие (Лукин и др., 2004).

В феврале 2024 г., на фоне применения нового корма, начался повышенный отход подращиваемых сеголетков чавычи. С февраля по апрель рыб для комплексных исследований отбирали трижды. По результатам исследований возбудителей инфекционных и инвазионных заболеваний не обнаружили. В феврале и марте отмечали ярко выраженную разноразмерность молоди (рис. 3А). При вскрытии рыб регистрировали скопление газа в желудочно-

кишечном тракте и твердые фрагменты непереваренного корма в его дистальной части. Внутренние органы рыб имели бледную окраску розоватого оттенка. В печени некоторых экземпляров встречались петехиальные кровоизлияния (рис. 3Б). При исследовании водных препаратов желчного пузыря отмечали коагуляцию желчи, которая была желто-оранжевого цвета (норма — бесцветный или зеленоватый цвет), она была сформирована в капли разного размера и содержала твердые коричневые конкременты (рис. 3В).

В апреле 2024 г. значительной разницы в размерно-весовых показателях молоди не регистрировали. По информации от рыбоводов, мелкие особи к этому времени погибли. При визуальном осмотре выживших рыб у 58% обнаружили помутнение хрусталика одного или обоих глаз (рис. 3Г).

При просмотре мазков крови молоди чавычи у 40% рыб обнаружили дегенеративные изменения клеток разной степени тяжести: ами-

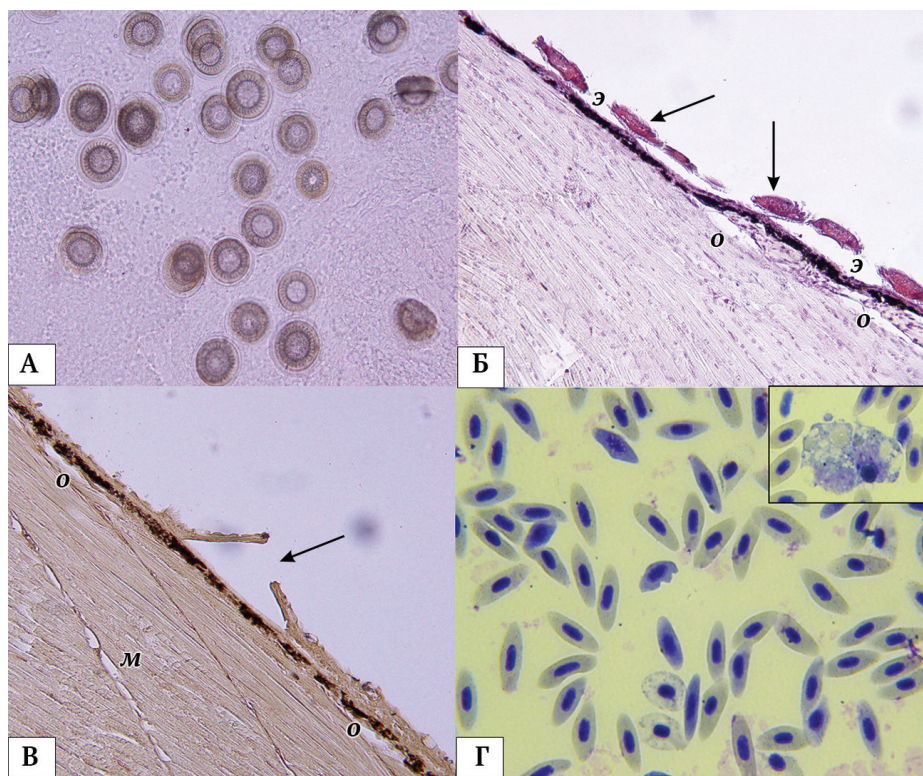


Рис. 2. Триходиниоз у молоди кеты: А — кругоресничные инфузории *Trichodina* sp. на препарате соскоба кожных покровов; Б — гистологический препарат наружных покровов: подкожные отеки (о), лишенный слизистых клеток истонченный эпидермис (э) и прикрепленные к нему триходины (†); В — гистологический препарат наружных покровов: разрыв (†) кожных покровов, подкожные отеки (о) и межклеточные отеки в скелетной мускулатуре (м); Г — мазок крови: эритроциты веретеновидной формы (пойкилоцитоз) и вакуолизированный макрофаг с остатками эритроцита (выделенный фрагмент) в мазке крови. Увеличение: А, Б, В —  $\times 200$ ; Г —  $\times 1000$ . Окрашивание: Б, В — гематоксилин-эозин; Г — по Гимза

Fig. 2. Trichodiniasis in juvenile chum salmon: A — *Trichodina* sp. on a skin scraping preparation; Б — histological preparation of the outer integuments: subcutaneous edema (o), thinned epidermis devoid of mucous cells (э) and trichodiniasis attached to it (†); В — histological preparation of the outer integuments: rupture (†) of the skin, subcutaneous edema (o) and intercellular edema in the skeletal muscles (м); Г — blood smear: spindle-shaped erythrocytes (poikilocytosis) and vacuolated macrophage with erythrocyte remnants (highlighted fragment) in a blood smear. Magnification: А, Б, В —  $\times 200$ ; Д —  $\times 1000$ . Staining: Б, В — hematoxylin and eosin; Г — Giemsa

тоз (патологическое деление), анизоцитоз, пойкилоцитоз, агглютинацию (склеивание), разрушение эритроцитов, гиперсегментацию ядер нейтрофилов или их отсутствие — нейтропению (рис. 4). Агглютинация эритроцитов наблюдается при изменении физических свойств поверхности эритроцитов, снижении электрического заряда. Она обратима до тех пор, пока не повреждены сами эритроциты. Такие нарушения обычно возникают при воздействии

вредных факторов (химических веществ, инфекционных агентов) непосредственно на орган кроветворения и/или при накоплении токсических продуктов в сосудах.

При гистологических исследованиях отмечали патологические изменения в печени, почках, желудочно-кишечном тракте, скелетной мускулатуре. У всех мальков чавычи регистрировали липоидную дистрофию печени (рис. 5А).

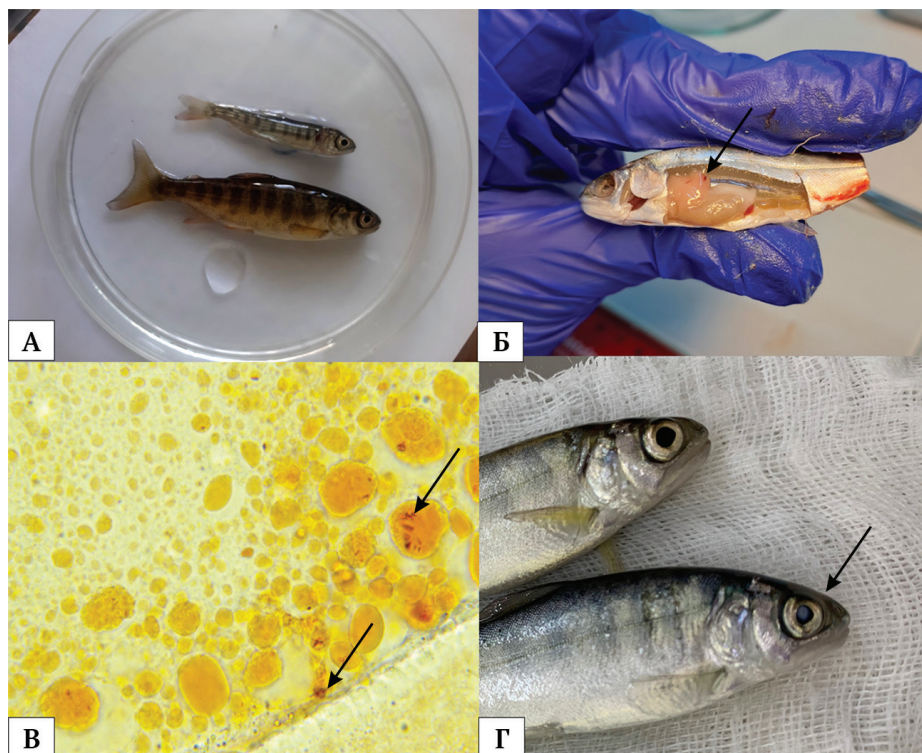


Рис. 3. Признаки патологии у молоди чавычи: А — разноразмерность рыб одного возраста; Б — бледные внутренние органы чавычи с кровоизлиянием (↑) в печени; В — водный препарат желчного пузыря с коагулировавшей в капли желчью и коричневыми конкрементами (↑); Г — помутнение хрусталика (↑) у одной из рыб

Fig. 3. Signs of pathology in juvenile chinook salmon: А — different sizes of fish of the same age; Б — pale internal organs of chinook salmon with hemorrhage (↑) in the liver; В — water preparation of the gall bladder with bile coagulated into drops and brown stones (↑); Г — clouding of the lens (↑) in one of the fish

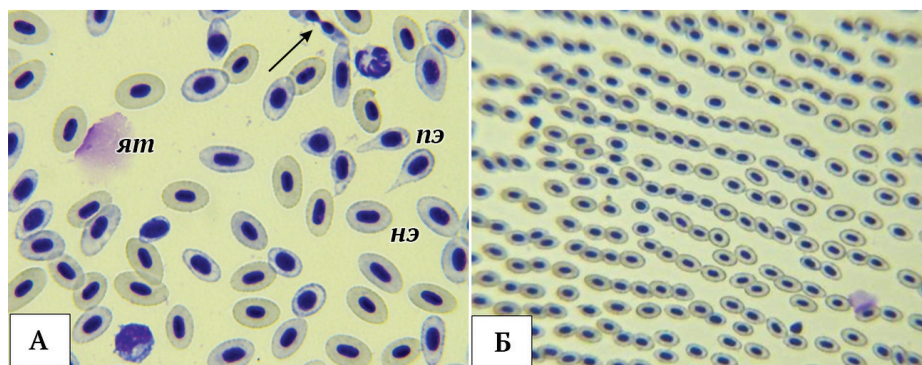


Рис. 4. Изменения в картине крови у молоди чавычи: А — пойкилоцитоз молодых эритроцитов (пэ), нормальный эритроцит (нэ), амитоз (↑), разрушенная клетка крови, «ядерная тень» (ят); Б — агглютинация (склеивание) эритроцитов. Увеличение: А —  $\times 1000$ , Б —  $\times 400$ . Окрашивание: по Гимза

Fig. 4. Changes in the blood picture in juvenile chinook salmon: А — poikilocytosis of young erythrocytes (пэ), normal erythrocytes (нэ), amitosis (↑), destroyed blood cell, "nuclear shadow" (ят); Б — agglutination (sticking together) of erythrocytes. Magnification: А —  $\times 1000$ , Б —  $\times 400$ . Staining: Giemsa



Тяжесть изменений в печени рыб соответствовала второй и третьей степени, а у 20% рыб — с переходом в четвертую, необратимую форму, характеризующуюся образованием включений церида в гепатоцитах. Отмечали расширение кровеносных сосудов и желчных протоков, а также инфильтрацию воспалительных клеток в области портальных трактов. В полости пилорических придатков желудочно-кишечного тракта отмечали включения (рис. 5Б), сходные с конкрементами, обнаруженными в желчном пузыре, т. е. признаки, характерные для желчекаменной болезни. Мелкодисперсный коричневый пигмент присутствовал в кровеносных сосудах печени, поджелудочной железы, почки, а также в цитоплазме эпителия почечных канальцев. Кроме того, у 20% рыб обнаружили кальцинаты в полости канальцев почек (рис. 5В). У 50% исследованных рыб отмечали дистрофические изменения скелетной мускулатуры. У рыб с визуальными признаками катаракты (помутнение хрусталика) наблюдалось разрушение хрусталика глаза — инфильтрация воспали-

тельных клеток, образование полостей и гранул (рис. 5Г).

Микробиологические показатели воды и корма были в пределах нормы. Общее микробное число (ОМЧ) проб корма варьировало от  $0,9 \times 10^5$  до  $2,0 \times 10^5$  КОЕ/см<sup>3</sup>, энтеропатогенные формы кишечной палочки и сальмонелл не обнаружили. Однако консистенция корма была неоднородной, среди крупки попадались твердые частицы. Для проверки усвояемости корма провели эксперимент *in vitro* с желудочным соком, который показал, что для переваривания требуется больше времени, чем для применяемого в предыдущие годы корма. Некоторые твердые частицы не растворялись совсем.

Так как инфекционные и инвазионные патогены в ходе исследований были исключены, осталось предположить, что деструктивные изменения в организме молоди чавычи на ЛРЗ имеют алиментарное происхождение. Липоидная дистрофия печени часто встречается у культивируемых рыб, включая лососей, получающих некачественный или не подходящий для вида корм. Причем, чаще это связано не с

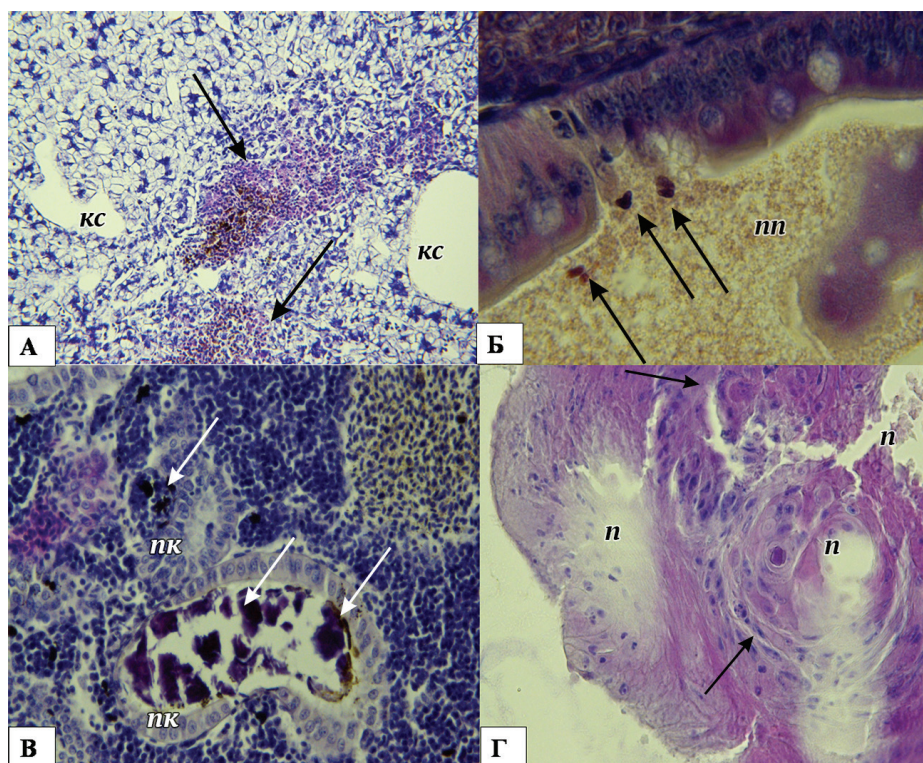


Рис. 5. Гистопатологические изменения у молоди чавычи: А — воспаление (↑) в области портального тракта, расширенные кровеносные сосуды (кс) и дистрофия клеток печени; Б — включения (↑) и мелкодисперсный коричневый пигмент в полости пилорического придатка (nn); В — кальцинаты (↑) в почечных канальцах (нк); Г — гранулемы (↑) и полости (n) в хрусталике глаза. Увеличение: А, Б —  $\times 200$ ; В, Г —  $\times 400$ . Окрашивание: гематоксилин-эозин

Fig. 5. Histopathological changes in juvenile chinook salmon: A — inflammation (↑) in the portal tract, dilated blood vessels (кс) and liver cell dystrophy; Б — inclusions (↑) and finely dispersed brown pigment in the cavity of the pyloric appendage (nn); В — calcifications (↑) in the renal tubules (нк); Г — granulomas (↑) and cavities (n) in the lens of the eye. Magnification: А, Б —  $\times 200$ ; В, Д —  $\times 400$ . Staining: hematoxylin and eosin



высоким содержанием в корме жиров, а с его несбалансированным составом (Факторович, 1984; Гаврюсева, 2007). Нарушение работы печени и желчного пузыря влекут за собой повреждение почек и других систем организма рыб. Обнаруженные в кровяном русле и эпителии канальцев почек гранулы пигмента являются признаком высокого уровня билирубина в сыворотке крови вследствие повышенного гемолиза эритроцитов и неэффективной работы печени. Признаком токсикозов различного происхождения и нарушения обмена является нефрокальциноз почечных канальцев и дистрофия скелетной мускулатуры. Последняя, как одна из адаптивных способностей рыб к неблагоприятным условиям, часто встречается при недостаточном поступлении в организм питательных веществ или повышенной нагрузке. Необратимым изменением у молоди чавычи было помутнение хрусталика. Подобные нарушения (так называемую первичную катаракту) наблюдали при искусственном выращивании атлантического лосося (*Salmo salar*) (Ersdal et al., 2001). Причиной может быть: дисбаланс питания, быстрый рост, перепады температуры воды, воздействие ультрафиолета, перенасыщение газом, изменение солености воды, генетическая предрасположенность, токсины из окружающей среды, побочные влияния медикаментозного лечения и паразитарные инвазии. После проведенных исследований наиболее вероятной причиной из всех выше перечисленных у молоди чавычи следует считать несбалансированное питание.

Параллельно с чавычей провели исследования молоди кеты и нерки, при подращивании которых применяли такой же комбикорм. У обоих видов рыб зарегистрировали липоидную дистрофию печени первой и второй степени тяжести, которые являются обратимыми при переходе на экзогенное питание. Других патологических изменений не выявили. Таким образом, наиболее негативные последствия применения нового корма были у чавычи, которая начинает питаться раньше, чем другие виды и, соответственно, потребляет корм промышленного производства более длительный период. Очевидно, что продолжительность кормления молоди несбалансированным кормом непосредственно влияет на спектр и тяжесть патологических изменений в организме. Гистопатологические изменения пищеварительной и выделительной систем, обнаруженные у молоди чавычи, свидетельствуют о том,

что корм не подходит для выращивания этого вида лососей и/или стадии развития рыб.

В настоящее время для подбора оптимальных кормов на одном из камчатских ЛРЗ начали рыболовно-биологические испытания, целью которых является оценка эффективности их применения с учетом видовой, возрастной специфики и технологии выращивания тихоокеанских лососей. Лаборатория проводит ихтиопатологическое сопровождение этого эксперимента, используя комплексный подход для всестороннего анализа влияния кормов разных рецептур на здоровье рыб. Результаты этих исследований необходимо получить перед началом широкого применения нового корма в аквакультуре тихоокеанских лососей на Камчатке.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования наглядно демонстрируют критическую важность и высокую эффективность комплексного подхода к диагностике заболеваний молоди тихоокеанских лососей на лососевых рыболовных заводах (ЛРЗ). На примере трех случаев различной этиологии показано, что только всесторонний анализ позволяет не только идентифицировать патоген или причину патологии, но и понять механизмы развития заболевания и факторы, способствующие его возникновению.

Диагностика системного микоза у молоди кеты подчеркнула ключевую роль гистологического метода, который позволил обнаружить возбудителя в тканях и определить первичный очаг инфекции (плавательный пузырь). Это помогло целенаправленно подобрать оптимальную питательную среду для культивирования требовательного гриба рода *Phoma* и окончательно подтвердить диагноз, что было бы невозможно при использовании только стандартных микологических методик.

Случай массового триходиниоза у молоди кеты продемонстрировал, что обнаружение паразита является лишь частью решения проблемы. Комплексный анализ, включавший гистологию, гематологию и исследование качества воды, позволил установить, что истинной причиной вспышки инвазии стало токсическое воздействие поверхностно-активных веществ (АПАВ). Эти вещества, попавшие в водозабор со сточными водами, разрушили защитный слизистый слой на коже рыб, создав условия для экстремального размножения условно-патогенных простейших.

Исследование повышенного отхода молоди чавычи исключило инфекционные и инвазионные причины, направив диагностический поиск в сторону алиментарного фактора. Комплексное применение гистологического и гематологического методов выявило спектр тяжелых и частично необратимых патологических изменений у рыб (липоидная дистрофия печени, нефрокальциноз, катаракта), вызванных длительным потреблением несбалансированного комбикорма.

Таким образом, комплексный подход, объединяющий усилия специалистов различных направлений (вирусологов, бактериологов, паразитологов, гистологов, гематологов) и методов исследования, является не просто предпочтительным, а необходимым условием для успешной диагностики заболеваний в аквакультуре. Он позволяет не только поставить точный диагноз, но и выявить причину эпизоотического неблагополучия, будь то патоген, токсикант в воде или несбалансированный корм. Такой подход обеспечивает научную основу для разработки наиболее эффективных мер по купированию заболеваний молоди рыб и предотвращению экономических потерь при искусственном воспроизводстве.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Гаврюсева Т.В. 2007. Патоморфологические изменения при алиментарном токсикозе у молоди тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* на Камчатке // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 9. С. 170–184. EDN: KNNYBD.

Житенева Л.Д., Полтавцева Т.Г., Рудницкая О.А. 1989. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб. Ростов-на-Дону. 109 с.

Лабораторный практикум по болезням рыб. 1983. Под ред. В.А. Мусселиус. М.: Лег. и пищ. пром-сть. 296 с.

Лукин А.А., Держинская И.С., Курашов Е.А. 2004. Влияние синтетических поверхностно-активных веществ на водные организмы и экосистемы // Биология внутренних вод. № 3. С. 3–12. МУ 13-4-2/1742. Методические указания по санитарно-бактериологической оценке рыбохозяйственных водоемов. 1999. Минсельхозпрод РФ. 20 с.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. 1984. Т. 1: Паразитические простейшие. Под ред. О.Н. Бауера. Л.: Наука. 431 с.

Правила бактериологического исследования кормов. 1975. ГУВ МСХ СССР. 9 с.

Приказ Министерства сельского хозяйства РФ № 552 от 13.12.2016 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» [Электрон. ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201612200038> (дата обращения: 25.05.2024).

Самтон Д., Фотергилл А., Ринальди М. 2002. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. Пер. с англ. М.: Мир. 486 с.

Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. 1998. М.: Отдел маркетинга АМБагро. Ч. 1. 310 с.

Факторович К.А. 1984. Алиментарные заболевания рыб / Биологические основы рыбоводства: паразиты и болезни рыб. М.: Наука. С. 144–159.

AFS-FHS FHS blue book: suggested procedures for the detection and identification of certain finfish and shellfish pathogens. 2010. American Fisheries Society-Fish Health Section, Bethesda, Maryland. 352 p.

Ajello L., McGinnis M.R., Camper J. 1977. An outbreak of phaeohyphomycosis in rainbow trout caused by *Scolecobasidium humicola* // Mycopathologia. Vol. 62. P. 15–22.

Bancroft D., Stevens A., Turner D.R. 1990. Theory and practice of histological techniques. Edinburgh: Churchill Livingstone Inc. 725 p.

Ersdal C., Midtlyng P.J., Jarpe J. 2001. An epidemiological study of cataracts in seawater farmed Atlantic salmon *Salmo salar* // Diseases of Aquatic organisms. Vol. 45, № 3. P. 229–236.

Faisal M., Elsayed E., Fitzgerald S.D., Silva V., Mendoza L. 2007. Outbreaks of phaeohyphomycosis in the chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) caused by *Phoma herbarum* // Mycopathologia. Vol. 163. P. 41–48. EDN: LELIRP. doi:10.1007/s11046-006-0084-z

Fish health protection regulations manual of compliance. 1984. Ottawa: Dept. of Fisheries and Oceans. 57 p.

Fish pathology Section Laboratory Manual. 2009. Ed. by T.R. Meyers // Alaska Dep. Fish and Game. spec. publ. № 12. P. 1–19.

Hershberger P.K., Hart L.M., Gregg J.L., Grady C.A., Collins R., Winton J.R. 2016. Mycosis in yearling Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) associated with ingestion of a *Phoma* species // J. of Fish Diseases. Vol. 39 (6). P. 779–785. <https://doi.org/10.1111/jfd.12413>

Schmitt C.J., Zajicek J.L., May T.W.E., Cowman D.F. 1999. Organochlorine residues and elemental



contaminants in U.S. freshwater fish, 1976–1986: National Contaminant Biomonitoring Program // *Rev. Environ. Contamin. Toxicol.* Vol. 162. P. 43–104.

## REFERENCES

- Gavryuseva T.V. Pathomorphological changes from alimentary toxicosis in juveniles of Pacific salmon in Kamchatka. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean*, 2007, vol. 9, pp. 170–184. (In Russ.) EDN: KNNYBD.
- Zhiteneva L.D., Poltavtseva T.G., Rudnitskaya O.A. *Atlas of normal and pathologically altered blood cells in fish. Rostov-on-Don*, Rostov Book Publishing House, 1989, 109 p. (In Russ.)
- Musselius V.A. *Laboratory course on fish diseases*. Moscow: Light and food industries, 1983, 296 p. (In Russ.)
- Lukin A.A., Dzerzhinskaya I.S., Kurashov E.A. The impact of synthetic surfactants on aquatic organisms and ecosystems. *Inland Water Biology*, 2004, № 3, pp. 3–12. (In Russ.)
- Metodicheskie ukazaniya po sanitarno-bakteriologicheskoy otsenke rybohozyaistvennykh vodoemov* [Guidelines for the sanitary and bacteriological assessment of fishery reservoirs]. Minselkhozprod RF, 1999, 20 p.
- The Key to Parasites of Freshwater Fish of Fish of the USSR Fauna, ed. by Bauer. Vol. 1: Parasitic Protozoa. Leningrad: Nauka, 1984, 431 p. (In Russ.)
- Pravila bakteriologicheskogo issledovaniya kormov* [Rules of bacteriological examination of feedstuffs]. Main Veterinary Directorate of the USSR Ministry of Agriculture, 1975, 9 p.
- Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation No. 552 of 13.12.2016 “On approval of water quality standards for water bodies of fishery importance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery importance” [Electronic resource]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201612200038> (date accessed: 25.05.2024).
- Satoon D., Fotergill A., Rinaldi M. Identifier of pathogenic and opportunistic fungi. Translated from English. Moscow: Mir, 2002, 486 p.
- Sbornik instruktsij po borbe s boleznyami ryb* [A collection of instructions to cope fish diseases]. Moscow: Marketing Department of AMBagro, 1998, part 1, 310 p.
- Faktorovich K.A. *Alimentarnye zabolevaniya ryb. Biologicheskie osnovy rybovodstva: parazit i bolezni ryb* [Alimentary diseases of fish. Biological principles of fish farming: parasites and fish diseases]. Moscow: Nauka, 1984, pp. 144–159.
- AFS-FHS FHS blue book: suggested procedures for the detection and identification of certain finfish and shellfish pathogens. American Fisheries Society-Fish Health Section, Bethesda, Maryland, 2010, 352 p.
- Ajello L., McGinnis M.R., Camper J. An outbreak of phaeohyphomycosis in rainbow trout caused by *Scolecobasidium humicola*. *Mycopathologia*, 1977, vol. 62, pp. 15–22.
- Bancroft D., Stevens A., Turner D.R. Theory and practice of histological techniques. Edinburgh: Churchill Livingstone Inc., 1990, 725 p.
- Ersdal C., Midtlyng P.J., Jarp J. An epidemiological study of cataracts in seawater farmed Atlantic salmon *Salmo salar*. *Diseases of Aquatic organisms*, 2001, vol. 45, № 3, pp. 229–236.
- Faisal M., Elsayed E., Fitzgerald S.D., Silva V., Mendoza L. Outbreaks of phaeohyphomycosis in the chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) caused by *Phomaherbarum*. *Mycopathologia*, 2007, vol. 163, pp. 41–48. EDN: LELIRP. doi:10.1007/s11046-006-0084-z
- Fish health protection regulations manual of compliance. Ottawa: Dept. of Fisheries and Oceans, 1984, 57 p.
- Fish pathology Section Laboratory Manual. Ed. by T.R. Meyers. Alaska Dep. Fish and Game, 2009, spec. publ. № 12, pp. 1–19.
- Hershberger P.K., Hart L.M., Gregg J.L., Grady C.A., Collins R., Winton J.R. Mycosis in yearling Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) associated with ingestion of a *Phoma* species. *J. of Fish Diseases*, 2016, vol. 39 (6), pp. 779–785. <https://doi.org/10.1111/jfd.12413>
- Schmitt C.J., Zajicek J.L., May T.W.E., Cowman D.F. Organochlorine residues and elemental contaminants in U.S. freshwater fish, 1976–1986: National Contaminant Biomonitoring Program. *Rev. Environ. Contamin. Toxicol.* 1999, vol. 162, pp. 43–10.

## СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ / COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

Авторы заявляют, что данный обзор не содержит собственных экспериментальных данных, полученных с использованием животных или с участием людей. Библиографические ссылки на все использованные в обзоре данные оформлены в соответствии с ГОСТом. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов. The authors declare that this review does not contain their own experimental data obtained using

animals or humans. Bibliographic references for all data used in the review are formatted in accordance with GOST standards. The authors declare that they have no conflict of interest.

#### ИНФОРМАЦИЯ О ВКЛАДЕ АВТОРОВ AUTHORS CONTRIBUTION INFORMATION

Е.В. Бочкова проводила вирусологические и гематологические исследования, Е.А. Устименко — микробиологические, Т.В. Рязанова — гистологические и паразитологические исследования. Н.В. Сергеевко формировала структуру статьи, разделы «Введение» и «Заключение». В обсуждении полученных результатов авторы участвовали в равной мере.

Elena V. Bochkova conducted virological and haematological studies. Elena A. Ustimenko – the microbiological studies, Tatiana V. Ryazanova – the histological and parasitological studies. Natalya V. Sergeenko formed the structure of the article, the sections “Introduction” and “Conclusion”, while the authors participated equally in the discussion of the obtained results.

#### **Информация об авторах**

Н.В. Сергеевко — канд. биол. наук,  
зав. лабораторией здоровья гидробионтов,  
Камчатский филиал ВНИРО (КамчатНИРО).  
ORCID: 0000-0002-6520-2039

Т.В. Рязанова — канд. биол. наук,  
вед. науч. сотрудник,  
Камчатский филиал ВНИРО (КамчатНИРО).  
ORCID: 0000-0001-7695-1927

Е.А. Устименко — канд. биол. наук,  
вед. науч. сотрудник,  
Камчатский филиал ВНИРО (КамчатНИРО).  
ORCID: 0000-0003-2248-6788

Е.В. Бочкова — главный специалист,  
Камчатский филиал ВНИРО (КамчатНИРО).  
ORCID: 0000-0001-7462-3591

#### **Information about the authors**

Natalia V. Sergeenko – Ph. D. (Biology), Head  
of Lab. of Health of hydrobionts (KamchatNIRO).  
ORCID: 0000-0002-6520-2039

Tatiana V. Ryazanova – Ph. D. (Biology),  
Leading Researcher (KamchatNIRO).  
ORCID: 0000-0001-7695-1927

Elena A. Ustimenko – Ph. D. (Biology),  
Leading Researcher (KamchatNIRO).  
ORCID: 0000-0003-2248-6788

Elena V. Bochkova – Principal Specialist  
(KamchatNIRO).  
ORCID: 0000-0001-7462-3591

*Статья поступила в редакцию / Received:*  
10.09.2025

*Одобрена после рецензирования / Revised:*  
06.10.2025

*Статья принята к публикации / Accepted:*  
10.10.2025