



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-140-147>  
УДК 619:617.7:639.3

# Факторы, способствующие развитию патологических изменений в глазах у рыб

Л. И. Бычкова<sup>1</sup>, Т. А. Карасева<sup>2</sup>, В. А. Пыльнов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, г. Москва, 105187, Россия

<sup>2</sup> Полярный филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича), ул. Академика Книповича, 6, г. Мурманск, 183038, Россия

## РЕЗЮМЕ

**Введение.** При сокращении промышленных уловов лососевых огромное значение принадлежит рыболовным заводам по воспроизводству запасов этих видов промысловых рыб. В условиях искусственного выращивания лососевых часто отмечают поражения глаз, которые приводят к снижению уровня адаптации рыб в естественных условиях. Диагностика патологий позволяет классифицировать их по воздействию фактору и разработать лечебные и профилактические мероприятия.

**Цель исследования.** Поиск и обобщение научных публикаций по проблеме патологии глаз у лососевых на предприятиях, занимающихся промышленным разведением и их товарным выращиванием или воспроизводством, в странах Азии, Америки, Европы и в Российской Федерации.

**Материалы и методы.** Проведен поиск русско- и англоязычных статей в наукометрических базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, eLIBRARY.RU. Для подготовки обзора была использована информация из 44 научно-исследовательских работ, опубликованных в период с 1975 по 2024 г.

**Результаты.** Показано, что поражение глаз у атлантического лосося, кумжи, радужной форели в виде непаразитарной катаракты (помутнение хрусталика), кератопатии (помутнение роговицы), одно- или двухстороннего выпадения глазного яблока регистрируется на заводах по воспроизводству водных биологических ресурсов и на объектах аквакультуры в Северо-Западном регионе Российской Федерации, а также в ряде зарубежных стран. Отмечено, что поражение глаз влечет за собой снижение иммунофизиологического статуса и темпов роста в условиях аквакультуры, уменьшение количества полноценной рыбы, увеличение кормовых затрат и выпуск неполноценной рыбы в естественные водоемы с рыболовных заводов, а иногда ее гибель. Представлена основная информация о факторах, способствующих развитию глазных патологий у лососевых. Проведен анализ лечебно-профилактических мероприятий, применяемых при поражении глаз, показана значимость дифференцированного подхода к данной проблеме в зависимости от действующего фактора.

**Заключение.** В мировой ветеринарной и ихтиопатологической практике проблема выпадения глаз у рыбы недостаточно изучена, количество исследований на эту тему ограничено. В данном обзоре проанализированы и дифференцированно представлены основные факторы, способствующие развитию глазных патологий у лососевых, выявление которых позволит осуществить раннюю диагностику, определить и разработать меры профилактики или эффективные схемы лечения, что, в свою очередь, приведет к сохранению здоровья рыб, повышению продуктивности рыболовных предприятий и снижению экономических потерь.

**Ключевые слова:** обзор, патология глаз, экзофтальмия, катаракта, кератопатия

**Для цитирования:** Бычкова Л. И., Карасева Т. А., Пыльнов В. А. Факторы, способствующие развитию патологических изменений в глазах у рыб. *Ветеринария сегодня*. 2025; 14 (2): 140–147. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-140-147>

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для корреспонденции:** Бычкова Лариса Ивановна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник отдела технологий и регулирования аквакультуры ФГБНУ «ВНИРО», Окружной проезд, 19, г. Москва, 105187, Россия, [larabychkova@mail.ru](mailto:larabychkova@mail.ru)

## Factors contributing to ocular pathologies in fish

Larisa I. Bychkova<sup>1</sup>, Tatyana A. Karaseva<sup>2</sup>, Vladimir A. Pylnov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, 19 Okruzhnoy proezd, Moscow 105187, Russia

<sup>2</sup> Polar Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, 6 Akademika Knipovicha str., Murmansk 183038, Russia

## ABSTRACT

**Introduction.** With the decline in industrial salmon catches, fish hatcheries play a crucial role in replenishing stocks of these commercially valuable fish species. In aquaculture conditions, salmonids often demonstrate eye lesions, which reduce their adaptability in natural environments. Diagnosing these pathologies enables their classification by causative factors and development of therapeutic and preventive measures.

**Objective.** To search for and summarize scientific publications on ocular pathologies in salmonids at facilities engaged in industrial breeding, commercial farming or reproduction in Asia, America, Europe, and the Russian Federation.

**Materials and methods.** A search for Russian- and English-language articles in PubMed, Scopus, Web of Science, and eLIBRARY.RU databases was conducted. To prepare the review, 44 research papers published between 1975 and 2024 were used.

**Results.** The study demonstrates that eye lesions in Atlantic salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*), and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), such as non-parasitic cataracts (lens opacity), keratopathy (corneal opacity), and unilateral or bilateral exophthalmia (eye protrusion), are reported at fish hatcheries and aquaculture facilities in the Northwestern region of the Russian Federation, as well as in several foreign countries. Eye lesions lead to decline in immunophysiological state and growth rates in aquaculture, reduction in the number of healthy fish, increased feed costs, and release of substandard fish from hatcheries into natural water bodies, sometimes resulting in their mortality. Basic information on factors contributing to the development of ocular pathologies in salmonids is presented.

© Бычкова Л. И., Карасева Т. А., Пыльнов В. А., 2025

An analysis of therapeutic and preventive measures for eye lesions is provided, highlighting the importance of a differentiated and causative factor-dependent approach.

**Conclusion.** In global veterinary practice and fish pathology, the problem of eye protrusion in fish remains understudied, with limited research on the topic. This review analyzes and differentiates the key factors contributing to the development of ocular pathologies in salmonids. Identifying these factors will enable early diagnosis, determination, and development of preventive measures or effective treatment regimens, ultimately preserving fish health, improving the productive capacities of aquaculture establishments, and reducing economic losses.

**Keywords:** review, ocular pathology, exophthalmia, cataract, keratopathy

**For citation:** Bychkova L. I., Karaseva T. A., Pylnov V. A. Factors contributing to ocular pathologies in fish. *Veterinary Science Today*. 2025; 14 (2): 140–147. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-140-147>

**Conflict of interests:** The authors declare no conflict of interests.

**For correspondence:** Larisa I. Bychkova, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Department of Technology and Regulation of Aquaculture, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, 19 Okružnoy proezd, Moscow 105187, Russia, [larabychkova@mail.ru](mailto:larabychkova@mail.ru)

## ВВЕДЕНИЕ

Рост и выживаемость диких и культивируемых рыб во многом зависит от зрения и способности обнаружить и захватить добычу. Глаз является чрезвычайно важным органом чувств для большинства видов рыб и одним из наиболее уязвимых при негативном воздействии окружающей среды. В аквакультуре существует много факторов, способных вызвать временные или постоянные изменения роговицы, хрусталика, глазного яблока или конъюнктивы. В связи с этим состояние глаз имеет диагностическое значение и зачастую используется как индикатор здоровья рыб [1, 2].

Среди клинических признаков болезней глаз у рыбы отмечают катаракту, кератопатию, экзофтальмию. Катаракта – это помутнение хрусталика, происходящее из-за патологического изменения ограничивающего его эпителия или состава и структуры волокон хрусталика [3]. Кератопатия – комплекс дегенеративных изменений, при которых ухудшается защитная функция роговицы и возникает ее помутнение. Экзофтальмия – это пучеглазие у рыб вследствие инфекционного грибкового заражения или воздействия токсической среды.

Впервые на непаразитарную катаракту и другие поражения глаз у лососевых рыб в нашей стране в 80-х гг. XX столетия обратил внимание А. М. Марченко. Заболевание было выявлено на Майском лососевом рыбноводном заводе Кабардино-Балкарской АССР: у молоди терского лосося наблюдали помутнение хрусталика, кровоизлияние в заглазничную область, единичное или двухстороннее выпадение глаз. В дальнейшем такое же заболевание было выявлено у молоди каспийского лосося Чайкендского рыбноводного завода Азербайджанской ССР. Причины развития патологических изменений в глазах тщательно изучались и анализировались [4].

В последующие годы по мере увеличения уровня интенсификации биотехнических процессов и объемов выращиваемой рыбы в России и мире специалистами был изучен широкий ряд патологий глаз культивируемых видов. Однако работ, описывающих случаи патологических изменений в глазах у рыб, опубликовано относительно мало по сравнению с количеством научной литературы, посвященной изучению здоровья других органов. Диагноз при заболевании глаз устанавливают на основании эпизоотологических данных, отклонений в поведении больных рыб, клинических признаков

и результатов лабораторных исследований. Проводимые гистопатологические исследования позволяют классифицировать состояние глаз от острого воспаления до катаракты, кератита, ретинопатии и других изменений.

Задачей настоящего исследования являлось обобщение и обзор научных работ о болезнях паразитарной и непаразитарной природы, ассоциированных с патологией глаз у культивируемых рыб, и факторов, вызывающих глазную патологию.

## СИТУАЦИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И МИРЕ

В 90-е гг. XX столетия поражения глаз отмечали у молоди атлантического лосося (семги) и кумжи на лососевых рыбноводных заводах Мурманской области (Тайбольском, Умбском, Кандакашском, Князегубском), Карелии (Петрозаводском, Кемском, Выгском) и Архангельской области (Онежском и Солзненском). Регистрировали такие патологии, как выпадение глаз и непаразитарная катаракта. Специфическим признаком выпадения глаз являлось поражение роговицы и окологлазничной кожной складки с образованием плотных белых папулоподобных структур размером 1–2 мм, с широким основанием и заостренной вершиной. В результате распада этих структур разрушается роговица и окологлазничная кожная складка, что влечет за собой истечение содержимого глазного яблока и его выпадение из глазницы у рыб всех возрастов. У отловленных из реки Кола Мурманской области производителей атлантического лосося (семги) наблюдали деформацию глазного яблока, помутнение и утолщение роговицы с отверстиями в местах локализации папулоподобных структур. Несмотря на инфекционную картину заболевания, этиологический агент, вызывающий патологию глаз, не был выявлен. На рыбноводных заводах Мурманской области поражения глаз чаще наблюдали у лососевых рыб всех возрастных групп: мальков, сеголеток и двухлеток. Случаи непаразитарной катаракты регистрировали на лососевых рыбноводных заводах Карелии [5].

Различные виды патологии глаз под воздействием инфекционного и неинфекционного агентов и, как исключение, паразитарного агента привели к необходимости анализа всей доступной литературы по патологии глаз у рыб. Количество публикаций в мире по этой

проблеме ограниченно, но из проведенного анализа литературы можно сделать вывод, что заболевание распространено на территории Скандинавских стран, США, Канады, Японии и наносит большой экономический ущерб, который выражается в снижении темпа роста и повышении кормовых затрат, падении иммунитета и повышении восприимчивости организма рыб к бактериальным возбудителям в условиях аквакультуры [6, 7, 8]. В 60–70-е гг. XX столетия в Японии и США впервые были описаны специфические поражения глаз в виде светлых узелков и гранул различного строения у выращенных в аквакультуре радужной форели, желтохоста (*Seriola quinqueradiata*), а также у лососевых рыб рода *Salmo* и *Oncorhynchus* при бактериальной почечной болезни, туберкулезе и стрептококкозе [9, 10, 11].

Поражения глаз, приводящие к потере зрения у рыб, стали серьезной проблемой на рыбоводных заводах и фермах во всем мире [12, 13].

### ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ГЛАЗАХ У РЫБ

Более 100 лет литература о патологических состояниях глаз относилась главным образом к катаракте паразитарной этиологии, связанной с заражением личинками трематоды *Diplostomum* spp. Паразитарная катаракта, или диплостоматоз, встречается как у диких, так и у культивируемых рыб. В аквакультуре этому заболеванию подвержены рыбы, выращиваемые в озерах, прудах и сетчатых садках. У зараженных рыб может наблюдаться экзофтальмия, геморрагии, катаракта, отслоение сетчатки, снижение темпа роста и истощение [7, 10, 14].

Среди многочисленных факторов, приводящих к видимым повреждениям глаз у рыб, можно выделить три основных:

- воздействие бактерий и вирусов;
- несбалансированный рацион (алиментарные болезни);
- неблагополучие водоисточника, наличие токсических и химических веществ в воде.



Рис. 1. Экзофтальмия и геморрагическое поражение глаз инфекционной природы у культивируемой радужной форели (фото Т. А. Карасевой)

Fig. 1. Infectious exophthalmia and ocular hemorrhagic lesions in farmed rainbow trout (photo by T. A. Karaseva)

**Инфекционные болезни.** Бактерии и вирусы часто индуцируют патологические изменения в глазах у рыб [15]. Наряду с другими признаками инфекций экссудативное или экссудативно-геморрагическое воспаление в организме рыб проявляется в том числе в виде односторонней или двухсторонней экзофтальмии. Глаз у рыбы при этой патологии аномально выступает из глазницы под давлением воспалительного экссудата, который скапливается за глазным яблоком (рис. 1).

На экзофтальмию и кровоизлияния в глазах у культивируемой радужной форели указывали D. W. Bruno et al. при острой форме заболевания вирусной геморрагической септициемией (ВГС, viral hemorrhagic septicemia, VHS). ВГС широко распространена в Европе, Северной Америке, Японии и на Тайване [10]. Аналогичная патология наблюдается при плазмацитоидной лейкемии чавычи (*Oncorhynchus tshawytscha*) у западных берегов Америки и Канады. Возбудителем такой формы заболевания у лососевых является ретровирус (salmon leukemia virus, SLV). Экзофтальмия и последующая слепота характерна для рыб, пораженных вирусной энцефалопатией и ретинопатией (viral encephalopathy and retinopathy, VER, или viral nervous necrosis, VNN) [14, 16].

В 1980-х гг. была зарегистрирована вспышка нового заболевания у молоди каспийской кумжи (*Salmo trutta caspius*) на Чайкендском рыбноводном заводе Азербайджанской ССР, при котором наблюдалось специфическое поражение глаз. Клинический осмотр показал, что на роговице и окологлазничной кожной складке имелись плотные белые папулоподобные тканевые структуры высотой 1–2 мм, с широким основанием и заостренной вершиной. В результате их распада роговица и окологлазничная кожная складка разрушались, что приводило к истечению содержимого глаза и выпадению глазного яблока. Гистологическим методом было установлено, что папулоподобные структуры состоят из эпителия, боуменовы мембраны и собственного вещества роговицы. В цитоплазме эпителиальных клеток наблюдали эозинофильные и небольшие базофильные включения. С помощью электронной микроскопии были обнаружены скопления вирусоподобных частиц размером 30–40 нм. Специалистами было сделано предположение, что эти частицы являются вирусом семейства *Picornaviridae* [4, 17].

В начале 90-х гг. прошлого века ихтиопатологи А. М. Марченко и Т. Е. Родина описали смешанную инфекцию у сеголеток и производителей каспийской кумжи, вызываемую бактерией *Renibacterium salmoninarum* (возбудитель бактериальной почечной болезни) и неизвестным фильтрующим агентом, предположительно вирусом. У больных сеголеток наблюдали папулоподобные образования в глазах, аналогичные тем, что были выявлены у рыб на Чайкендском рыбноводном заводе, бледные жабры, песочного цвета печень, отечные почки серого цвета. Наибольший процент гибели (25%) отмечали среди рыб с указанными клиническими признаками. Тщательная дезинфекция рыбноводных емкостей, оборудования, подбор клинически здоровых производителей, кормление лечебным кормом с эритромицином способствовали прекращению гибели рыбы. Однако еще длительное время патологию глаз регистрировали у единичных особей [4].

Важно, что в последующие годы сообщений об этих заболеваниях каспийской кумжи не было, а предполагаемые возбудители вирусной природы не получили

распространения на территории Российской Федерации и не регистрировались у лососевых рыб в других регионах. Возможно, их распространение ограничено бассейном Каспийского моря. Известно, что вирусы не обладают эпизоотическим потенциалом в экосистеме из-за редкого контакта особей одного вида, но в аквакультуре при высокой плотности рыб могут приобрести выраженные патогенные свойства и спровоцировать вспышку заболевания [18].

Экзофтальмия глаз, кровоизлияния в глазное яблоко и широкий ряд признаков хронической патологии отмечаются в симптоматике бактериальных болезней [8, 19, 20, 21]. Так, в 1986 г. на Тайбольском рыбободном заводе в Мурманской области впервые была обнаружена специфическая патология глаз у молоди атлантического лосося (*Salmo salar*). При неконтролируемых перевозках рыбы болезнь быстро получила широкое распространение на лососевых рыбободных заводах Мурманской и Архангельской областей, Карелии [22, 23]. В рыбободной практике эта патология отмечалась как болезнь выпадения глаз, непаразитарная катаракта или механическая травма. Заболевание наблюдали у лососевых рыб всех возрастных групп, выращиваемых на рыбободных заводах: мальков, сеголеток и двухлеток [5, 22, 23]. Характерные симптомы заболевания также обнаружили у радужной форели (*Parasalmo mykiss*) при выращивании в морских сетчатых садках, у речного окуня (*Perca fluviatilis*), обыкновенного голяна (*Phoxinus phoxinus*) и девятиглай колюшки (*Pungitius pungitius*), обитающих в пресноводных озерах – водоисточниках лососевых рыбободных заводов [22, 23].

С помощью биологической пробы было доказано, что болезнь выпадения глаз на рыбободных заводах Северо-Запада вызывают бактерии – грамположительные кокки, которые первоначально были идентифицированы как *Streptococcus* sp. По биохимическим свойствам 93 полученных серотипа были однородными и по антигенным свойствам близки к возбудителю стрептококкоза у желтохвоста [22]. Соответственно, заболевание получило название стрептококкоза лососевых рыб. Позднее, в 9-м издании «Определителя бактерий Берджи» (1997), эти патогенные для лососевых рыб и желтохвоста бактерии были отнесены к виду *Enterococcus seriolicida* [24]. Таким образом, было установлено, что патологические процессы в глазах у рыб развиваются при стрептококкозе. Как правило, данное заболевание протекает по типу септицемии в течение года, поэтому патология глаз, которая является только одним из симптомов энтерококковой инфекции, развивается постепенно. В начале болезни клинические признаки проявляются преимущественно односторонней экзофтальмией и кровоизлияниями в глазном яблоке. В дальнейшем на разных этапах развития патологического процесса отмечают воспаление глазного нерва, разрушение роговицы, вытекание стекловидного тела и выпадение хрусталика через отверстие, образовавшееся на месте зрачка, или же у рыб развивается бельмо. Завершающаяся стадия болезни характеризуется тем, что глаз выпадает с разрывом конъюнктивы [25]. При этом сеголетки лососевых рыб не выживают, а у рыб более старшего возраста глазница может вырасти пигментированной соединительной тканью. При помощи гистологического метода у больных рыб установлены гиперемия глазного дна и ириса, керати-



Рис. 2. Экзофтальмия, некроз роговицы, изъязвление глазного яблока у радужной форели при вибриозе, вызванном *Listonella (Vibrio) anguillarum* (фото Т. А. Карасевой)

Fig. 2. Exophthalmia, corneal necrosis, and eyeball ulceration in rainbow trout with vibriosis caused by *Listonella (Vibrio) anguillarum* (photo by T. A. Karaseva)

низация, расслоение, эрозия и некроз роговицы, гиперемия и кровоизлияния в сосудистой оболочке, деформация сетчатки [22]. Ряд авторов находят много общего в эпизоотологии стрептококкоза и таких болезней, как фурункулез и бактериальная почечная болезнь, этиологические агенты которых тесно связаны с хозяевами, а вне организма рыбы способны к выживанию в воде и донных осадках только в течение ограниченного времени [26].

В то же время в 80–90-е гг. XX столетия у молоди лососевых рыб встречалась катаракта, этиологию которой установить не удалось. Так, на Петрозаводском рыбободном заводе у молоди семги и озерного лосося (*Salmo salar morpha sebago*) отмечали единичные случаи поражения глаз; на Выгском рыбободном заводе катаракту наблюдали у 8% рыб, а на Кемском – у 9% рыб от общего количества выращиваемых на заводе. Гибель среди пораженной рыбы не регистрировали. В результате микробиологических исследований предполагаемая на фоне повсеместного распространения стрептококкоза инфекционная природа катаракты у рыб в карельских рыбободных хозяйствах не была подтверждена [5].

Другим бактериальным заболеванием, при котором зачастую у рыб бывают поражены глаза, является вибриоз. Это широко распространенная в морских и солоноватых водах болезнь диких и культивируемых рыб [27, 28, 29, 30]. Под вибриозом лососевых рыб обычно подразумевается септицемия, ассоциированная с бактерией *Listonella (Vibrio) anguillarum* (Bergman, 1909). Этот вид вибрионов является представителем водной сапротрофной микрофлоры, встречается в воде, грунте, моллюсках и других обитателях моря [9, 31, 32]. Основным путем передачи инфекции – через воду и контакт с больными рыбами. В морских хозяйствах бактерия *Listonella anguillarum* выделяется в морскую среду от больных и выздоравливающих рыб из кишечника, почек, язв и разрушенных глаз. Для вибриоза на всех стадиях болезни характерны серозно-геморрагическое

воспаление и некроз тканей. Из лососевых рыб, культивируемых в Европе, наиболее чувствительна к заболеванию радужная форель. В 70–80-е гг. прошлого столетия, в период интенсивного развития форелеводства, вибриоз был распространен в Финском и Рижском заливах Балтийского моря. Вспышки болезни среди выращиваемой форели происходили практически каждый год, смертность рыб в среднем составляла 30% [33]. На европейском севере России в рыбоводных хозяйствах Белого моря в июле 2004 г. впервые произошла вспышка вибриоза среди двухгодовиков радужной форели через две недели после посадки рыбы в морские садки. Болезнь протекала в острой форме, смертность составила более 40% [34].

Как правило, на начальных этапах развития вибриоза у инфицированных рыб наблюдают одностороннюю экзофтальмию. Последующие патологические изменения в глазах характеризуются дегенерацией всех структур и тканей глаза. Это проявляется в разрушении роговицы, выпадении хрусталика, эрозии и изъязвлении глазного яблока, кровотечении (рис. 2). Реже у рыб образуется бельмо. У выживших особей пораженный глаз, как правило, не выпадает, остатки тканей сохраняются в глазице [35].

**Алиментарные болезни.** С начала 90-х гг. XX века рост числа глазных патологий у рыб совпал с внедрением гранулированных кормов для лососевых рыб и попытками заменить высококачественные животные белки в этих кормах растительными или низкокачественными заменителями животных белков. Для роста рыб, особенно лососевых, очень важно использовать в рационе сбалансированный корм. Дефицит даже одного компонента в корме приводит к развитию изменений, зачастую необратимых, в организме рыб, в том числе и в глазах [36, 37]. При использовании несбалансированных кормов в организме возникает дефицит витаминов, аминокислот, минеральных элементов, что вызывает различные виды поражения глаз: катаракту, кератопатию и выпадение глазного яблока. В обзоре S. G. Hughes, посвященном болезням глаз, которые возникают вследствие несовершенства кормов для лососевых рыб, рассматриваются шесть видов патологии. К их числу относится дефицит рибофлавина (витамин B<sub>2</sub>), тиамина (витамин B<sub>1</sub>), витамина A, серосодержащих аминокислот (метионина и цистеина), триптофана и цинка. В случаях патологии глаз общими являются три основных признака: катаракта, кератопатия и экзофтальмия. При этом бывают поражены оба глаза [2].

Так, при недостатке в корме рибофлавина (витамина B<sub>2</sub>) у рыб отмечали помутнение хрусталика, а иногда и разрыв роговицы, сращение хрусталика с роговицей. Гистологическим методом выявляли утолщение роговицы, а также васкуляризацию, гиалинизацию и дегенерацию субэпителиальных слоев хрусталика. Все эти изменения приводили к потере его прозрачности. Последствиями дефицита тиамина (витамина B<sub>1</sub>) у лососевых рыб являются помутнение и воспаление роговицы, слепота. Патологические изменения в глазах отмечены в экспериментальных условиях при недостатке в рационе витамина A у гольца и радужной форели. У радужной форели выявляли помутнение роговицы, хрусталика и светобоязнь. Добавление в корм бета-каротина предупреждало поражение глаз только в теплой воде (выше 12,4 °C), однако при более низкой температуре воды такого лечебного эффекта не наблюдалось [36].

Экзофтальмия глаз возникала при недостатке аскорбиновой кислоты и токоферола (витамин E) [37, 38].

К глазным патологиям у рыб приводит дефицит серосодержащих аминокислот в корме: метионина, цистеина, триптофана. Их недостаток способствует помутнению хрусталика и вовлекает в дегенеративный процесс прилегающие ткани глаза рыбы. Японские ученые установили, что при кормлении дефицитным по цинку рационом у радужной форели развивается катаракта. Уже возникшая катаракта не исчезала даже в том случае, когда рыбы начинали получать корм с достаточным количеством цинка. Потребность в цинке у рыб составляет 15–30 мг/кг корма [36, 39].

Помутнение роговицы и хрусталика наблюдали при обнаружении в глазах молоди атлантического лосося плесневых грибов. Источником заражения являлись недоброкачественные гранулированные корма, а заболевание имело системный характер, в том числе плесневые грибы образовывали мицелий и в глазах рыб [40].

Уже с начала XXI века решение проблемы полноценного кормления при выращивании ценных видов рыб (лососевых, сиговых) в условиях аквакультуры значительно снизило количество рыб с поражением глаз и улучшило эпизоотическую ситуацию на лососевых рыбоводных заводах Мурманской области и Республики Карелии.

**Водные токсикозы.** Водная среда часто загрязняется продуктами переработки нефти, пестицидами, химическими красителями, нитратами, солями тяжелых металлов [41]. В аквакультуре для оценки токсичности химических и других соединений в качестве тест-органа используется хрусталик глаза рыбы [42, 43]. В этом направлении проведены экспериментальные исследования, которые показали, что хрусталик рыбы обладает высокой чувствительностью к антропогенным факторам. Исследовано воздействие на рыбу таких промышленных токсикантов, как трихлорбензол, нитробензол, 3-нафтол и соли тяжелых металлов (свинец, медь, цинк). Было обнаружено, что данные токсические соединения вызывают изменение пролиферативной активности в эпителии хрусталика [44]. Установлено влияние воздействия токсикантов на цитодифференцировку, а также на изменение биохимического состава и оптических свойств в ядре и коре хрусталика (уменьшение оптической плотности ядра хрусталика). Отмечены также особенности реагирования различных зон цитодифференцировки эпителия хрусталика рыб на ряд токсических соединений (бензолные, неорганические и соли тяжелых металлов), заключающиеся в том, что происходит ингибирование или стимулирование митотической активности в герминативной зоне эпителия хрусталика [41]. Образование и разрастание волокон ткани в дальнейшем приводит к катаракте.

Таким образом, токсическое воздействие водной среды также способствует развитию патологических процессов в глазах у рыб.

На Северо-Западе Российской Федерации наиболее неблагополучным по патологии глаз на протяжении нескольких лет (2017–2022 гг.) являлся Онежский рыбоводный завод. По результатам наших многолетних исследований основной причиной возникающих патологий у лососевых рыб на этом предприятии являлось качество поступающей воды. При клиническом исследовании выпадение глаз отмечалось у сеголеток

и двухлеток атлантического лосося (*Salmo salar*) и кумжи (*Salmo trutta*). Наиболее высокий уровень поражения глаз наблюдали среди двухлеток атлантического лосося (семги) – от 8 до 20%. В 2023 г. процент рыб с поражением глаз был минимальным (около 1%). При этом у рыб с выпадением одного или двух глаз отмечали осветление жабр, более светлую печень рыхлой консистенции, желчный пузырь с желтой желчью, почернение заднего отдела почек. При микроскопическом исследовании соскобов из заглазничной области выпавшего глазного яблока обнаруживали большое количество бактерий кокковидной и палочковидной формы. После бактериологических посевов на питательные среды содержащего глазного дна регистрировали рост колоний бактерий родов *Staphylococcus*, *Flavobacterium* (*Flexibacter*), *Pseudomonas*. Основным источником водоснабжения Онежского рыбного завода – Андозеро. Установлено, что метеорологические условия в летний период приводят к его обмелению, в результате чего вода, поступающая на завод, содержит большое количество неорганических взвесей. Температура воды в летний период повышается и уровень кислорода падает до 3,3–3,5 мг/л. Возможно, именно эти факторы способствовали возникновению и развитию патологических процессов в области глаза у лососевых рыб с дальнейшим выпадением глазного яблока, как правило, с левой стороны. Для стабилизации качества воды и температурного режима в бассейнах необходима реконструкция системы водоподдачи с установкой охлаждающего оборудования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выращивании различных видов рыб в условиях аквакультуры появляется риск возникновения различных патологических процессов. Среди факторов, способствующих развитию патологического процесса в глазах у рыб, важными являются болезнетворные микроорганизмы, несбалансированные корма, токсические вещества. Несмотря на то что количество российских и зарубежных публикаций в мире по проблеме патологии глаз лососевых рыб носит ограниченный характер, из проведенного обзора литературы можно сделать вывод, что болезни, приводящие к потере зрения у рыб, являются актуальной проблемой на рыбных заводах и фермах во всем мире.

Во многих описаниях инфекционных и алиментарных заболеваний используется термин «экзофтальмия» («пучеглазие»), поэтому очевидно, что экзофтальмия является всеобъемлющим термином для многих заболеваний и самым распространенным патологическим состоянием, которое может наблюдаться в глазах рыб.

Для предупреждения проблем, связанных с болезнями глаз, необходимо контролировать эпизоотическую ситуацию. Важен комплексный подход, который включает оценку водоисточника, контроль качества поступающей воды в период инкубации икры и выращивания личинки до взрослой особи, использование сбалансированных кормов для лососевых рыб, ихтиопатологический контроль за иммунофизиологическим статусом рыбы, проведение профилактических мероприятий по предупреждению инфекционных и инвазионных болезней рыб. Это позволит контролировать ситуацию и свести к минимуму риск возникновения различных болезней глаз у лососевых рыб в условиях аквакультуры.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Bruno D. W., Raynard R. S. The effect of water temperature on eye opacity in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1994; 14 (3): 86–88.
- Hughes S. G. Nutritional eye diseases in salmonids: a review. *Progressive Fish-Culturist*. 1985; 47 (2): 81–85. [https://doi.org/10.1577/1548-8640\(1985\)47%3C81:NEDIS%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8640(1985)47%3C81:NEDIS%3E2.0.CO;2)
- Ferguson H. Cataracts in fish – gross pathology and histopathology. *Fish Pathology*. 2022. <https://fishhistopathology.com/?p=2697>
- Марченко А. М., Родина Т. Е. Смешанная инфекция каспийской кумжи, вызванная *Renibacterium salmoninarum* и неизвестным фильтрующим агентом. *Паразиты и болезни рыб: тезисы докладов IX Всесоюзного совещания по паразитам и болезням рыб (Петрозаводск, март 1991 г.)*. Л.: Зоологический институт АН СССР; 1990; 82–83.
- Можарова А. И., Бычкова Л. И. Санитарно-эпизоотическое состояние лососевых рыбных заводов Северного бассейна. *Рыбное хозяйство. Серия: Аквакультура: Болезни рыб*. М.: ВНИЭРХ; 1996; (1): 1–7.
- Мирзоева Л. М. Эпизоотическое состояние лососевых ферм Норвегии. *Рыбное хозяйство. Серия: Болезни гидробионтов в аквакультуре*. М.: ВНИЭРХ; 2001; (1): 31–35.
- Hargis W. J. Disorders of the eye in finfish. *Annual Review of Fish Diseases*. 1991; 1: 95–117. <https://doi.org/10.1016/0959-8030%2891%2990025-F>
- Shahin K., Veek T., Heckman T. I., Littman E., Mukkatira K., Adkison M., et al. Isolation and characterization of *Lactococcus garvieae* from rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, from California, USA. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2022; 69 (4): 2326–2343. <https://doi.org/10.1111/tbed.14250>
- Egusa S. Infectious diseases of fish. New Delhi: Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd.; 1992. 696 p.
- Bruno D. W., Noguera P. A., Poppe T. T. A colour atlas of salmonid diseases. Springer Dordrecht; 2013. 211 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2010-7>
- Boerlage A. S., Elghafghuf A., Stryhn H., Sanchez J., Hammel K. L. Risk factors associated with time to first clinical case of Bacterial Kidney Disease (BKD) in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in New Brunswick, Canada. *Preventive Veterinary Medicine*. 2018; 149: 98–106. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.11.014>
- Ferguson H. W., Hawkins L., MacPhee D. D., Bouchard D. Choroiditis and cataracts in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) recovering from subzero water temperatures. *Veterinary Record*. 2004; 155 (11): 333–334. <https://doi.org/10.1136/vr.155.11.333>
- Bjerkås E., Waagbø R., Sveier H., Breck O., Bjerkås I., Bjørnstad E., Maage A. Cataract development in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in fresh water. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 1996; 37 (3): 351–360. <https://doi.org/10.1186/bf03548101>
- Рахонен Р., Веннерстрем П., Ринтамяки П., Каннел Р. Здоровая рыба: профилактика, диагностика и лечение болезней. 2-е изд., перераб. и доп. Хельсинки: НИИ охотничьего и рыбного хозяйства, 2013. 177 с.
- Мирзоева Л. М. Вирусное заболевание мозга и глаз молоди латуса. *Рыбное хозяйство. Серия: Аквакультура: Болезни рыб*. М.: ВНИЭРХ; 1997; (2): 24–26.
- Doan Q. K., Vandeputte M., Chatain B., Morin T., Allal F. Viral encephalopathy and retinopathy in aquaculture: a review. *Journal of Fish Diseases*. 2017; 40 (5): 717–742. <https://doi.org/10.1111/jfd.12541>
- Марченко А. М., Щелкунов И. С., Кадошников Ю. П. Обнаружение вирусоподобного агента в поражении роговицы каспийской кумжи. *Научно-технические проблемы мариккультуры в стране: тезисы докладов Всесоюзной конференции (Владивосток, 23–28 октября 1989 г.)*. Владивосток; ТИНРО; 1989; 177–178.
- Алексюк М. С., Алексюк П. Г., Богоявленский А. П., Аканова К. С., Молдаханов Е. С., Манакбаева А. Н. и др. Изучение разнообразия вирусных рыб в акватории центрального Каспийского моря методом метагеномного секвенирования. *Вестник КазНУ. Серия экологическая*. 2023; 75 (2): 65–77. <https://doi.org/10.26577/EJE.2023.v75.i2.06>
- Aguilar M., Isla A., Barrientos C. A., Flores-Martin S. N., Blanco J. A., Enríquez R., et al. Genomic and proteomic aspects of p57 protein from *Renibacterium salmoninarum*: Characteristics in virulence patterns. *Microbial Pathogenesis*. 2023; 174:105932. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105932>
- Kaur S., Kaur H., Kaur B., Naveen Kumar B. T., Tyagi A., Singh P., et al. Isolating pathogenic multidrug-resistant *Aeromonas hydrophila* from diseased fish and assessing the effectiveness of a novel lytic *Aeromonas veronii* bacteriophage (AVP3) for biocontrol. *Microbial Pathogenesis*. 2024; 196:106914. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2024.106914>
- Irshath A. A., Rajan A. P., Vimal S., Prabhakaran V. S., Ganesan R. Bacterial pathogenesis in various fish diseases: Recent advances and specific challenges in vaccine development. *Vaccines*. 2023; 11 (2):470. <https://doi.org/10.3390/vaccines11020470>
- Карасева Т. А., Сердюк А. В., Логинова Г. А. Стрептококковая инфекция на лососевых хозяйствах Европейского Севера. *Сборник научных трудов ГосНИОРХ*. 1992; 331: 120–124.
- Карасева Т. А. Стрептококкоз лососевых рыб. *Рыбное хозяйство. Серия: Болезни гидробионтов в аквакультуре*. М.: ВНИЭРХ; 2001; (1): 10–21.

24. Хоулт Дж., Криг Н., Снит П. Определитель бактерий Берджи. В 2-х т. Т. 1. М.: Мир; 1997. 432 с.
25. Luo X., Fu X., Liao G., Chang O., Huang Z., Li N. Isolation, pathogenicity and characterization of a novel bacterial pathogen *Streptococcus uberis* from diseased mandarin fish *Siniperca chuatsi*. *Microbial Pathogenesis*. 2017; 107: 380–389. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.03.049>
26. Sindermann C. J. Disease in marine aquaculture. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*. 1984; 37 (1–4): 505–532. <https://doi.org/10.1007/BF01989327>
27. Noga E. J. Fish disease: Diagnosis and treatment. 2<sup>nd</sup> ed. Wiley-Blackwell; 2010. 544 p. <https://doi.org/10.1002/9781118786758>
28. Austin B., Austin D. A. Bacterial fish pathogens. Diseases of farmed and wild fish. 4<sup>th</sup> ed. Chichester: Springer Praxis Publishing; 2007. 552 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6069-4>
29. Egidius E. Vibriosis: Pathogenicity and pathology. A review. *Aquaculture*. 1987; 67 (1–2): 15–28. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(87\)90004-4](https://doi.org/10.1016/0044-8486(87)90004-4)
30. Kent M. L., Poppe T. T. Infectious diseases of coldwater fish in marine and brackish water. In: *Diseases and Disorders of Finfish in Cage Culture*. Ed. by P. T. K. Woo, W. Bruno, L. H. S. Lim. 2<sup>nd</sup> ed. Oxfordshire: CAB International; 2002; 61–105. <https://doi.org/10.1079/9780851994437.0061>
31. Ларцева Л. В., Пивоваров Ю. П. Экологическая эпидемиология: монография. Астрахань: Астраханский государственный университет; 2007. 187 с.
32. Ларцева Л. В. Природная очаговость аэромоназов и вибриозов. *Экологические проблемы природных и урбанизированных территорий: материалы III Международной научно-практической конференции (Астрахань, 20–21 мая 2010 г.)*. Астрахань: Астраханский государственный университет; 2010; 123–126.
33. Висманис К. О., Лулла А. В., Йыгис В. А., Туровский А. М., блн А. И. Болезни лососевых в морских садках Прибалтики и их профилактика. В кн.: *Биологические основы рыбоводства: паразиты и болезни рыб*. М.: Наука; 1984; 56–63.
34. Карасева Т. А., Голикова Л. Н. Новые и редко встречающиеся болезни радужной форели (*Parasalmo mykiss* Walb.). *Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации: материалы IV Национальной научно-практической конференции (Калининград, 8–10 октября 2019 г.)*. Саратов: Амирит; 2019; 117–121. <https://elibrary.ru/bgarie>
35. Карасева Т. А. Патологии глаз у морских и пресноводных рыб Северного бассейна. *Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: сборник материалов IV (XXVII) международной конференции (Вологда, 5–10 декабря 2005 г.)*. Ч. 1. Вологда: Вологодский ГПУ; 2005; 170–172.
36. Родина Т. Е. Поражения глаз лососевых рыб, обусловленные недостатком некоторых компонентов корма. *Рыбное хозяйство. Серия: Рыбохозяйственное использование внутренних водоемов*. М.: ВНИЭРХ; 1989; (4): 6–13.
37. Halver J. E., Smith R. R., Tolbert B. M., Baker E. M. Utilization of ascorbic acid in fish. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1975; 258 (1): 81–102. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1975.tb29270.x>
38. Wang K., Wang E., Qin Z., Zhou Z., Geng Y., Chen D. Effects of dietary vitamin E deficiency on systematic pathological changes and oxidative stress in fish. *Oncotarget*. 2016; 7 (51): 83869–83879. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.13729>
39. Kubota S. S. Cataract in fishes: Pathological changes in the lens. *Fish Pathology*. 1976; 10 (2): 191–197. <https://doi.org/10.3147/jfsfp.10.191>
40. Карасева Т. А., Голикова Л. Н. Оценка зараженности гранулированных кормов грибами и их роль в возникновении патологии у культивируемых лососевых рыб. *Современная микология в России: материалы 4-го Съезда микологов России (Москва, 12–14 апреля 2017 г.)*. 2017; 7: 167–169.
41. Лесников Л. А. Разработка нормативов допустимого содержания вредных веществ в воде рыбохозяйственных водоемов. *Сборник научных трудов ГосНИОРХ*. 1979; 144: 3–41.
42. Симаков Ю. Г., Никифоров-Никишин А. Л., Стебельков В. А., Архипов С. Ю. Изменения содержания элементов в хрусталике данио и окуня под влиянием загрязнения водной среды. *Водные биоресурсы, воспроизводство и экология гидробионтов: сборник научных трудов*. М.: ВНИИПРХ; 1992; 66: 92–96.
43. Никифоров-Никишин А. Л., Кулаев С. Н. Воздействие токсикантов на динамику вещества у рыб. *Вторая Всесоюзная конференция по рыбохозяйственной токсикологии, посвященная 100-летию проблемы качества воды в России (Санкт-Петербург, ноябрь 1991 г.): тезисы докладов*. СПб.: ГосНИОРХ; 1991; 71–74.
44. Никифоров-Никишин А. Л. Морфологические и биохимические aberrации в хрусталике глаза рыб под воздействием антропогенных факторов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.; 2000. 23 с.
2. Hughes S. G. Nutritional eye diseases in salmonids: a review. *Progressive Fish-Culturist*. 1985; 47 (2): 81–85. [https://doi.org/10.1577/1548-8640\(1985\)47%3C81:NEDIS%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8640(1985)47%3C81:NEDIS%3E2.0.CO;2)
3. Ferguson H. Cataracts in fish – gross pathology and histopathology. *Fish Pathology*. 2022. <https://fishhistopathology.com/?p=2697>
4. Marchenko A. M., Rodina T. E. Smeshannaya infektsiya kaspiskoi kumzhi, vyzvannaya *Renibacterium salmoninarum* i neizvestnym fil'truyushchim agentom = Mixed infection in Caspian trout caused by *Renibacterium salmoninarum* and an unidentified filterable agent. *Parazity i bolezni ryb: tezisy dokladov IX Vsesoyuznogo soveshchaniya po parazitam i boleznyam ryb (Petrozavodsk, mart 1991 g.) = Parasites and diseases of fish: abstracts of the 9<sup>th</sup> All-Union Conference on Fish Parasitology and Pathology (Petrozavodsk, March 1991)*. Leningrad: Zoological Institute Academy of Sciences of the USSR; 1990; 82–83. (in Russ.)
5. Mozharova A. I., Bychkova L. I. Sanitarno-epizooticheskoe sostoyanie lososevykh rybovodnykh zavodov Severnogo basseina = Sanitary and epizootic status of salmonid fish hatcheries in the Northern Basin. *Rybnoe khozyaistvo. Seriya: Akvakul'tura: Bolezni ryb*. Moscow: VNIERKH; 1996; (1): 1–7. (in Russ.)
6. Mirzoeva L. A. Epizooticheskoe sostoyanie lososevykh ferm Norvegii = Epizootic status of salmon farms in Norway. *Rybnoe khozyaistvo. Seriya: Bolezni gidrobiontov v akvakul'ture*. Moscow: VNIERKH; 2001; (1): 31–35. (in Russ.)
7. Hargis W. J. Disorders of the eye in finfish. *Annual Review of Fish Diseases*. 1991; 1: 95–117. [https://doi.org/10.1016/0959-8030\(91\)90025-F](https://doi.org/10.1016/0959-8030(91)90025-F)
8. Shahin K., Veek T., Heckman T. I., Littman E., Mukkatira K., Adkison M., et al. Isolation and characterization of *Lactococcus garvieae* from rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*, from California, USA. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2022; 69 (4): 2326–2343. <https://doi.org/10.1111/tbed.14250>
9. Egusa S. Infectious diseases of fish. New Delhi: Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd.; 1992. 696 p.
10. Bruno D. W., Noguera P. A., Poppe T. T. A colour atlas of salmonid diseases. Springer Dordrecht; 2013. 211 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2010-7>
11. Boerlage A. S., Elghafghuf A., Stryhn H., Sanchez J., Hammell K. L. Risk factors associated with time to first clinical case of Bacterial Kidney Disease (BKD) in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in New Brunswick, Canada. *Preventive Veterinary Medicine*. 2018; 149: 98–106. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.11.014>
12. Ferguson H. W., Hawkins L., MacPhee D. D., Bouchard D. Choroiditis and cataracts in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) recovering from subzero water temperatures. *Veterinary Record*. 2004; 155 (11): 333–334. <https://doi.org/10.1136/vr.155.11.333>
13. Bjerkås E., Waagbø R., Sveier H., Breck O., Bjørnstad E., Maage A. Cataract development in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in fresh water. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 1996; 37 (3): 351–360. <https://doi.org/10.1186/bf03548101>
14. Rahkonen R., Vinnerström P., Rintamäki P., Kannel R. Terve kala, Tautien ennaltaehkäisy, tunnistus ja hoito. 2. uud. painos. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos; 2013. 140 s. (in Finnish)
15. Lituzoyeva L. M. Virusnoe zabolevanie mozga i glaz molodi paltusa = Viral disease of brain and eyes in juvenile halibut. *Rybnoe khozyaistvo. Seriya: Akvakul'tura: Bolezni ryb*. Moscow: VNIERKH; 1997; (2): 24–26. (in Russ.)
16. Doan Q. K., Vandeputte M., Chatain B., Morin T., Allal F. Viral encephalopathy and retinopathy in aquaculture: a review. *Journal of Fish Diseases*. 2017; 40 (5): 717–742. <https://doi.org/10.1111/jfd.12541>
17. Marchenko A. M., Shchelkunov I. S., Kadoshnikov Yu. P. Obnaruzhenie virusopodobnogo agenta v porazheniyakh rogovitykh kaspiskoi kumzhi = Detection of a virus-like agent in corneal lesions of Caspian trout. *Nauchno-tehnicheskie problemy marikul'tury v strane: tezisy dokladov Vsesoyuznoi konferentsii (Vladivostok, 23–28 oktyabrya 1989 g.) = Scientific and technical challenges in mariculture: abstracts of the All-Union Conference Proceedings (Vladivostok, 23–28 October 1989)*. Vladivostok: Pacific Research Institute for Fishery and Oceanography; 1989; 177–178. (in Russ.)
18. Alexyuk M., Alexyuk P., Bogoyavlenskiy A., Akanova K., Moldakhonov Y., Manakbayeva A., et al. Study of the diversity of fish viruses in the water area of the Central Caspian Sea by the method of metagenomic sequencing. *Eurasian Journal of Ecology*. 2023; 75 (2): 65–77. <https://doi.org/10.26577/EJE.2023.v75.i2.06> (in Russ.)
19. Aguilar M., Isla A., Barrientos C. A., Flores-Martin S. N., Blanco J. A., Enríquez R., et al. Genomic and proteomic aspects of p57 protein from *Renibacterium salmoninarum*: Characteristics in virulence patterns. *Microbial Pathogenesis*. 2023; 174:105932. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105932>
20. Kaur S., Kaur H., Kaur B., Naveen Kumar B. T., Tyagi A., Singh P., et al. Isolating pathogenic multidrug-resistant *Aeromonas hydrophila* from diseased fish and assessing the effectiveness of a novel lytic *Aeromonas veronii* bacteriophage (AVP3) for biocontrol. *Microbial Pathogenesis*. 2024; 196:106914. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2024.106914>
21. Irshath A. A., Rajan A. P., Vimal S., Prabhakaran V.-S., Ganesan R. Bacterial pathogenesis in various fish diseases: Recent advances and specific challenges in vaccine development. *Vaccines*. 2023; 11 (2):470. <https://doi.org/10.3390/vaccines11020470>

## REFERENCES

1. Bruno D. W., Raynard R. S. The effect of water temperature on eye opacity in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1994; 14 (3): 86–88.

22. Karaseva T. A., Serdyuk A. V., Loginova G. A. Streptokokkovaya infektsiya na lososevykh khozyaistvakh Evropeiskogo Severa = Streptococcosis in salmonid aquaculture facilities of the European North. *Sbornik nauchnykh trudov GosNIORKH*. 1992; 331: 120–124. (in Russ.)
23. Karaseva T. A. Streptokokkoz lososevykh ryb = Streptococcal infection in salmonids. *Rybnoe khozyaistvo. Seriya: Bolezni gidrobiontov v akvakulture*. Moscow: VNIERKH; 2001; (1): 10–21. (in Russ.)
24. Holt J. G., Krieg N. R., Sneath P. H. A., Staley J. T., Williams S. T. Bergey's manual of determinative bacteriology. 9th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1994. 787 p.
25. Luo X., Fu X., Liao G., Chang O., Huang Z., Li N. Isolation, pathogenicity and characterization of a novel bacterial pathogen *Streptococcus uberis* from diseased mandarin fish *Siniperca chuatsi*. *Microbial Pathogenesis*. 2017; 107: 380–389. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.03.049>
26. Sindermann C. J. Disease in marine aquaculture. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*. 1984; 37 (1–4): 505–532. <https://doi.org/10.1007/BF01989327>
27. Noga E. J. Fish disease: Diagnosis and treatment. 2nd ed. Wiley-Blackwell; 2010. 544 p. <https://doi.org/10.1002/9781118786758>
28. Austin B., Austin D. A. Bacterial fish pathogens. Diseases of farmed and wild fish. 4th ed. Chichester: Springer Praxis Publishing; 2007. 552 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6069-4>
29. Egidius E. Vibriosis: pathogenicity and pathology. A review. *Aquaculture*. 1987; 67 (1–2): 15–28. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(87\)90004-4](https://doi.org/10.1016/0044-8486(87)90004-4)
30. Kent M. L., Poppe T. Infectious diseases of coldwater fish in marine and brackish water. In: *Diseases and Disorders of Finfish in Cage Culture*. Ed. by P. T. K. Woo, W. Bruno, L. H. S. Lim. 2nd ed. Oxfordshire: CAB International; 2002; 61–105. <https://doi.org/10.1079/9780851994437.0061>
31. Lartseva L. V., Pivovarov Yu. P. Ecological epidemiology: a monograph. Astrakhan: Astrakhan State University; 2007. 187 p. (in Russ.)
32. Lartseva L. V. Prirodnyaya ochagovost' aeromonozov i vibriozov = Environmental persistence of aeromonosis and vibriosis. *Ekologicheskie problemy prirodnykh i urbanizirovannykh territorii: materialy III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Astrakhan, 20–21 maya 2010 g.) = Ecological challenges of natural and urbanized areas: proceedings of the 3rd International Science to Practice Conference (Astrakhan, May 20–21, 2010)*. Astrakhan: Astrakhan State University; 2010; 123–126. (in Russ.)
33. Vismanis K. O., Lullu F. V., Iygis V. A., Turovsky A. M., Yun A. I. Diseases of salmonids in Baltic Sea cages and their prevention. In: *Biological foundations of aquaculture: fish parasites and diseases*. Moscow: Nauka; 1984; 56–63. (in Russ.)
34. Karaseva T. A., Golikova L. N. Novye i redko vstrechayushchiesya bolezni raduzhnoi foreli (*Parasalmo mykiss* Walb.) = Emerging and rare diseases in rainbow trout (*Parasalmo mykiss* Walb.). *Sostoyanie i puti razvitiya akvakul'tury v Rossiiskoi Federatsii: materialy IV Natsionalnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Kaliningrad, 8–10 oktyabrya 2019 g.) = State and development prospects of aquaculture in the Russian Federation: proceedings of the 4th National Science to Practice Conference (Kaliningrad, 8–10 October 2019)*. Saratov: Amirit; 2019; 117–121. <https://elibrary.ru/bgarie> (in Russ.)
35. Karaseva T. A. Patologii glaz u morskikh i presnovodnykh ryb Severnogo basseina = Ocular pathologies in marine and freshwater fish of the Northern Basin. *Biological resources of the White Sea and inland waters of European North: Proceedings of the IV (XXVII) International conference (Vologda, December 5–10, 2005). Part 1*. Vologda: Vologda State Pedagogical University; 2005; 170–172. (in Russ.)
36. Rodina T. E. Porazheniya glaz lososevykh ryb, obuslovlennyye nedostatkom nekotorykh komponentov korma = Ocular lesions in salmonid fish associated with dietary component deficiencies. *Rybnoe khozyaistvo. Seriya: Rybokhozyaistvennoe ispol'zovanie vnutrennikh vodoemov*. Moscow: VNIERKH; 1989; (4): 6–13. (in Russ.)
37. Halver J. E., Smith R. R., Tolbert B. M., Baker E. M. Utilization of ascorbic acid in fish. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1975; 258 (1): 81–102. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1975.tb29270.x>
38. Wang K., Wang E., Qin Z., Zhou Z., Geng Y., Chen D. Effects of dietary vitamin E deficiency on systematic pathological changes and oxidative stress in fish. *Oncotarget*. 2016; 7 (51): 83869–83879. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.13729>
39. Kubota S. S. Cataract in fishes: Pathological changes in the lens. *Fish Pathology*. 1976; 10 (2): 191–197. <https://doi.org/10.3147/jsfp.10.191>
40. Karaseva T. A., Golikova L. N. Otsenka zarazhennosti granulirovannykh kormov gribami i ikh rol' v vozniknovenii patologii u kul'tiviruemyykh lososevykh ryb = Assessment of fungal contamination in pelleted feeds and its role in pathology development in farmed salmonids. *Current mycology in Russia: proceedings of the 4th Congress of Mycologists of Russia (Moscow, April 12–14, 2017)*. 2017; 7: 167–169. (in Russ.)
41. Lesnikov L. A. Razrabotka normativov dopustimogo soderzhaniya vrednykh veshchestv v vode rybokhozyaistvennykh vodoemov = Development of permissible limits for harmful substances in water of fishery reservoirs. *Sbornik nauchnykh trudov GosNIORKH*. 1979; 144: 3–41. (in Russ.)
42. Simakov Yu. G., Nikiforov-Nikishin A. L., Stebel'kov V. A., Arkhipov S. Yu. Izmeneniya soderzhaniya elementov v khrustalike danio i okunya pod vliyaniem zagryazneniya vodnoi sredy = Dynamics of elemental composition in zebrafish and perch lenses under aquatic pollution exposure. *Vodnye biosursy, vosproizvodstvo i ekologiya gidrobiontov: sbornik nauchnykh trudov = Aquatic biological resources, aquatic organism reproduction and ecology: collected scientific works*. Moscow: VNIIPRKH; 1992; 66: 92–96. (in Russ.)
43. Nikiforov-Nikishin A. L., Kulaev S. N. Vozdeistvie toksikantov na dinamiku veshchestva u ryb = Toxicant exposure impacts on substance dynamics in fish. *Vtoraya Vsesoyuznaya konferentsiya po rybokhozyaistvennoi toksikologii, posvyashchennaya 100-letiyu problemy kachestva vody v Rossii (Sankt-Peterburg, noyabr' 1991 g.): tezisy dokladov = Second All-Union Conference on Aquaculture Toxicology devoted to 100-year mark of water quality issue in Russia (Saint Petersburg, November 1991): proceedings*. Saint Petersburg: GosNIORKH; 1991; 71–74. (in Russ.)
44. Nikiforov-Nikishin D. L. Morphological and biochemical aberrations in fish eye lenses induced by anthropogenic factors: Author's abstract of thesis for degree of Cand. Sci. (Biology). Moscow; 2000. 23 p. (in Russ.)

Поступила в редакцию / Received 20.11.2024

Поступила после рецензирования / Revised 20.01.2025

Принята к публикации / Accepted 13.03.2025

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Бычкова Лариса Ивановна**, канд. биол. наук, старший научный сотрудник отдела технологий и регулирования аквакультуры ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0009-0001-4054-2408>, [larabychkova@mail.ru](mailto:larabychkova@mail.ru)

**Карасева Татьяна Альфредовна**, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории аквакультуры и болезней гидробионтов «ПИНРО» им. Н. М. Книповича, г. Мурманск, Россия; <https://orcid.org/0009-0003-2403-6040>, [karaseva@pinro.vniro.ru](mailto:karaseva@pinro.vniro.ru)

**Пыльнов Владимир Александрович**, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник отдела технологий и регулирования аквакультуры ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0009-0000-9776-8523>, [pylnov@vniro.ru](mailto:pylnov@vniro.ru)

**Larisa I. Bychkova**, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Department of Technology and Regulation of Aquaculture, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0009-0001-4054-2408>, [larabychkova@mail.ru](mailto:larabychkova@mail.ru)

**Tatyana A. Karaseva**, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Laboratory of Aquaculture and Diseases of Aquatic Organisms, Polar Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Murmansk, Russia; <https://orcid.org/0009-0003-2403-6040>, [karaseva@pinro.vniro.ru](mailto:karaseva@pinro.vniro.ru)

**Vladimir A. Pylnov**, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Department of Technology and Regulation of Aquaculture, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0009-0000-9776-8523>, [pylnov@vniro.ru](mailto:pylnov@vniro.ru)

**Вклад авторов:** Бычкова Л. И. – работа с литературой, подготовка текста, анализ и обобщение; Карасева Т. А. – редактирование текста, подбор литературных источников, подготовка текста, анализ и обобщение; Пыльнов В. А. – администрирование, редактирование, анализ текста.

**Contribution of the authors:** Bychkova L. I. – work with literature, text preparation, analysis and generalization; Karaseva T. A. – text editing, selection of published sources, text preparation, analysis and generalization; Pylnov V. A. – administration, editing, text analysis.