

Д.А. Алонцева ✉
А.Е. Дрошнев
Е.А. Завьялова

Федеральный научный центр
Всероссийский научно-
исследовательский институт
экспериментальной ветеринарии
им. К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко,
Москва, Россия

✉ livejustonce@yandex.ru

Поступила в редакцию:
26.09.2023

Одобрена после рецензирования:
15.11.2023

Принята к публикации:
01.12.2023

Review

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-46-52

Darya A. Alontseva ✉
Alexey E. Droshnev
Elena A. Zavyalova

Federal Scientific Centre VIEV, Moscow,
Russia

✉ livejustonce@yandex.ru

Received by the editorial office:
26.09.2023

Accepted in revised:
15.11.2023

Accepted for publication:
01.12.2023

Эпизоотическая ситуация по бактериальной почечной болезни (BKD)

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Бактериальная почечная болезнь (БПБ, BKD, коринеальная почечная инфекция, болезнь Ди), возбудителем которой является грамположительная неспоровая неподвижная бактерия *Renibacterium salmoninarum*, — это распространенное заболевание рыб семейства лососевых (*Salmonidae*), которое наносит существенный ущерб производству рыбы в аквакультуре и развитию отрасли, а также снижает численность диких популяций.

Цель данного обзора — являлся анализ эпизоотической ситуации по бактериальной почечной болезни (BKD) среди диких популяций лососевых и рыб в аквакультуре на территории Российской Федерации, а также в других странах.

В статье представлена информация по заболеваемости BKD в мире и на территории Российской Федерации за 1933–2023 гг., показаны данные по распространению болезни среди диких популяций и выращиваемых рыб в аквакультуре, описаны возможные пути передачи, нативные и предполагаемые векторы-переносчики инфекции.

Методы. Рассмотрены меры контроля роста заболеваемости BKD в мире и на территории Российской Федерации. В связи с отсутствием эффективной вакцины и способа лечения наиболее доступным методом контроля распространения болезни является своевременная диагностика. Указаны методы, разработанные для быстрой и эффективной диагностики сотрудниками лаборатории ихтиопатологии ФНЦ ВИЭВ РАН: реакция микроагглютинации (РМА) и полимеразно-цепная реакция в реальном времени (ПЦР-РВ).

Результаты. В отличие от классических бактериологических методов, данные реакции позволяют провести индикацию и идентификацию возбудителя BKD в течение 24 часов.

Ключевые слова: бактериальная почечная болезнь, BKD, *Renibacterium salmoninarum*, *Oncorhynchus*, *Salmo salar*, аквакультура, эпизоотология

Для цитирования: Алонцева Д.А., Дрошнев А.Е., Завьялова Е.А. Эпизоотическая ситуация по бактериальной почечной болезни (BKD). *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 46–52. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-46-52>

© Алонцева Д.А., Дрошнев А.Е., Завьялова Е.А.

Epizootic situation of bacterial kidney disease (BKD)

ABSTRACT

Relevance. Bacterial kidney disease (BKD, corineal renal infection, Di disease), the causative agent of which is the gram-positive non-spore motionless bacterium *Renibacterium salmoninarum*, is a common disease of salmon fish (*Salmonidae*), which causes significant damage to fish production in aquaculture and the development of the industry, as well as reduces the number of wild populations.

The purpose of this review was to analyze the epizootic situation of bacterial renal disease (BKD) among wild salmon and fish populations in aquaculture on the territory of the Russian Federation, as well as in other countries.

The article presents information on the incidence of BKD in the world and on the territory of the Russian Federation for the period 1933–2023, shows data on the spread of the disease among wild populations and farmed fish in aquaculture, describes possible transmission routes, native and suspected vectors of infection.

Methods. The authors consider measures to control the growth of the incidence of BKD in the world and on the territory of the Russian Federation. Due to the lack of an effective vaccine and a method of treatment, the most affordable method of controlling the spread of the disease is timely diagnosis. The article describes the methods developed for fast and effective diagnostics by the staff of the Laboratory of Ichthyopathology of the FSC VIEV: microagglutination reaction (PMA) and polymerase chain reaction in real time (real-time PCR).

Results. Unlike classical bacteriological methods, these reactions allow for the indication and identification of the causative agent of BKD within 24 hours.

Key words: bacterial kidney disease, BKD, *Renibacterium salmoninarum*, *Oncorhynchus*, *Salmo salar*, aquaculture, epizootology

For citation: Alontseva D.A., Droshnev A.E., Zavyalova E.A. Epizootic situation of bacterial kidney disease (BKD). *Agrarian science*. 2023; 377(12): 46–52 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-46-52>

© Alontseva D.A., Droshnev A.E., Zavyalova E.A.

Введение/Introduction

Одним из интенсивных направлений сельского хозяйства в мире является аквакультура. Российская Федерация благодаря обширной акватории озер, рек, морей и океанов обладает огромным потенциалом для активного развития данной отрасли.

Согласно актуальным данным мировой статистики, объем производства продукции в рамках данной отрасли в 2018 году составил рекордного уровня — 114,5 млн т в живом весе, при этом России находится в списке 10 стран с наиболее высокими показателями в мире по объему искусственно выращиваемой и дикой рыбы, а доля продукции аквакультуры в стране превысила 50% от общего объема производства рыб¹.

Однако получению высоких стабильных показателей в значительной мере препятствуют масштабные потери, связанные с поражением гидробионтов различными инфекционными заболеваниями, которые также могут быть общими и для диких популяций рыб. Значительный процент занимают бактериальные заболевания, и среди наиболее важных выделяют бактериальную почечную болезнь [1].

Бактериальная почечная болезнь (bacterial kidney disease, BKD), возбудителем которой является бактерия *Renibacterium salmoninarum* — это распространенное заболевание рыб семейства лососевых (*Salmonidae*), которое наносит существенный ущерб воспроизводству в аквакультуре, а также снижает численность диких популяций рыб [2].

Бактериальная почечная болезнь является хронической инфекцией, которая поражает рыб разного возраста. Болезнь развивается медленно, и ее типичными клиническими признаками являются снижение темпа роста и стабильно невысокая смертность. Наибольшие потери обычно наблюдаются у половозрелых особей. Симптомы могут быть различными, но чаще всего рыба анемична, кожный покров темный, отмечается асцит и пучеглазие. При вскрытии рыб в почках, печени и селезенке заметны светловатые очаги воспаления и гранулематозные поражения. При низкой температуре воды (около 8 °C) почки могут быть целиком покрыты светлой пленкой выделений. Почечная ткань в значительной степени некротизируется, что ослабляет выделительную и кроветворную функции органа. При острой форме болезни смертность может быть высокой, у рыб появляются кровоизлияния в мускулатуре, на коже и во внутренних органах [3].

Первый случай возникновения BKD был зарегистрирован в 1933 году в Шотландии, и патоген был выделен у атлантического лосося [4]. Инфекцию называли по месту ее обнаружения — болезнью Ди, а также применяли такие термины, как болезнь белого фурункула, сальмонеллезная болезнь почек или коринебактериальная почечная инфекция.

В 1935 году BKD впервые была обнаружена в США [5], однако американские ученые не смогли культивировать возбудителя. Лишь спустя 10 лет культивирование

микроорганизма на среде, обогащенной цистеином, сделало возможным завершение постулатов Коха и идентификацию этиологического возбудителя в виде медленно растущей грамположительной бактерии [6, 7].

Renibacterium salmoninarum может передаваться как вертикальным, так и горизонтальным путем [8], что делает её уникальным и схожим по своей природе с вирусами. Дикие и культивируемые лососевые могут поражаться *R. salmoninarum* на любой жизненной стадии [9, 10], и это оказывает серьезное влияние на численность популяций рыб².

Согласно статистическим данным, смертность при BKD достигает 80% у форели (*Oncorhynchus spp.*) и 40% у атлантического лосося (*Salmo salar*)². В некоторых экстремальных случаях ежедневные показатели смертности достигают 95% [11], что наблюдается в основном у молоди лососей в возрасте от 6 до 12 месяцев, а также у взрослых особей перед нерестом².

Несколько факторов риска могут влиять на размножение бактерии и развитие патологии, включая экологические особенности, географический регион, экосистему, размер и возраст рыбы [12]. Например, заболеваемость BKD значительно выше в летний сезон [11]. Тяжесть течения может варьироваться от субклинической до острой², субклиническое течение наиболее часто встречается у диких популяций [13].

Профилактика BKD является достаточно сложной задачей, поскольку ни одна вакцина не обладает достаточно надежной эффективностью [14]. Более того, в Российской Федерации пока отсутствуют какие-либо вакцины против бактериальной почечной болезни лососевых рыб. Также немаловажным фактором является малая эффективность химиотерапии в результате развития у микроорганизмов антибиотикорезистентности связанное с неконтролируемым применением антибиотиков в сельском хозяйстве ведет к формированию устойчивости к ним. Контроль распространения BKD может быть осуществлен лишь с помощью надлежащей практики ведения сельского хозяйства [15] и своевременной диагностики заболевания [16].

Цель работы — анализ эпизоотической ситуации бактериальной почечной болезни (BKD) среди диких популяций лососевых и рыб в аквакультуре на территории Российской Федерации и в других странах, а также формирование рекомендаций по контролю распространения заболевания.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Для составления обзора был использован 70 источников информации, затрагивающих 90-летний период изучения заболевания (1933–2023 гг.) как в мировой практике, так и на территории Российской Федерации.

Поиск и анализ литературы проводился с использованием интернет-ресурсов: РИНЦ³, ScienceDirect⁴, Pubmed⁵, Scopus⁶, Web of Science⁷, «Академия Google»⁸, «КиберЛенинка»⁹.

¹ ФАО. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. Рим: ФАО. 2020.

² Wiens G.D. Bacterial Kidney Disease (*Renibacterium salmoninarum*), Fish Diseases and Disorders: Viral, Bacterial and Fungal Infections, 2nd ed.; Woo P.T.K., Bruno D.W., Eds.; CAB International: Wallingford, UK, 2011; 338–374.

³ <https://www.elibrary.ru>

⁴ <https://www.sciencedirect.com>

⁵ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>

⁶ <https://www.scopus.com/home.uri>

⁷ <https://www.webofscience.com/wos/>

⁸ <https://scholar.google.com/>

⁹ <https://cyberleninka.ru/>

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Восприимчивые виды рыб и векторы-переносчики.

Согласно литературным данным [16] и скрининговым исследованиям лаборатории ихтиопатологии Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко», основными естественно восприимчивыми к BKD видами являются лососевые рыбы¹⁰ родов *Oncorhynchus*, *Salmo* и *Salvelinus* [17].

Бактериальная почечная болезнь регистрировалась также и у других видов рыб: у дунайского лосося (*Hucho taimen*) [18], хариуса (*Thymallus thymallus*) [19], аю (*Plecoglossus altivelis*) [20] и сига (*Coregonus lavaretus*) [21].

Экспериментальная инфекция была успешно произведена у видов, не относящихся к семейству Лососевых: у угольной рыбы (*Anoplopoma fimbria*) [22] и тихоокеанской сельди (*Culpea harengus pallasii*) [2]. Однако искусственное заражение карпа (*Cyprinus carpio*) [23] и миноги (*Lampetra tridentata*) [24] не выявило восприимчивости.

Некоторые виды моллюсков и других рыб могут выступать в качестве векторов передачи инфекции и способствовать распространению BKD среди диких популяций и лососевых рыб в аквакультуре. Японские ученые обнаружили антиген *R. salmoninarum* в патматериале, полученном от морских гребешков (*Patinopecten yessoensis*), индийского плоскоголова (*Platycephalus indicus*) и японской лисички (*Cottus japonicus*), отобранных вблизи садков с кижучем в соленой воде [24]. Однако важность этих видов как резервуаров инфекции до конца не ясна, поскольку жизнеспособного возбудителя бактериальной почечной болезни культивировать не удалось. Попытки выявить *R. salmoninarum* у мидий (*Mytilus edulis*) и рыб, не принадлежащих семейству Лососевых, обитающих в морских садках на северо-западе Тихого океана, не увенчались успехом [25]. Кроме того, у трех видов пресноводных двустворчатых моллюсков, экспериментально зараженных BKD, не было выявлено инфекции или передачи возбудителя радужной форели при совместном содержании [26].

Распространение BKD в мире. Первые официальные случаи возникновения бактериальной почечной болезни лососевых рыб относятся к 30-м годам XX века, тогда патоген был обнаружен на территории Шотландии [4] и США [5]. С тех пор болезнь регистрируется по всему миру, и особенно часто в странах с развитым лососеводством.

В США эпизоотическая ситуация остается сложной. На протяжении долгих лет BKD была причиной гибели диких популяций лососевых¹¹. В 1980–1990-х годах в штате Мичиган (Великие озера) регистрировалась массовая вспышка. *R. salmoninarum* обнаруживали у диких лососевых трех видов: чавычи (*O. tshawytscha*), кижуча (*O. kisutch*) и радужной форели (*O. mykiss*) [27]. С целью контроля распространения правительство США и Американское рыболовное общество разработали и внедрили усиленную программу биозащиты в государственных инкубаторах и на плотинах [27], которая продолжает действовать по настоящее время¹². Принятые меры способствовали снижению уровня заболеваемости на

территории страны, однако пока не привели к полной элиминации возбудителя⁴.

Бактериальная почечная болезнь рыб обнаруживалась также на территории Европы. В Великобритании, на территории Шотландии, болезнь обнаруживают как у диких лососевых, так и у рыб в аквакультуре. Так, в период 1990–2002 годов был официально зарегистрирован и подтвержден 41 случай BKD в пресной воде, но также возбудителя болезни обнаруживали и в морской среде в 1993–2000 годы [9]. В настоящее время в стране предприняты меры по контролю распространения болезни [28].

В Исландии вспышки BKD у диких популяций лососевых имеют спорадический характер и регистрируются у арктического гольца (*Salvelinus alpinus* (L.)), кумжи (*Salmo trutta* L.) и атлантического лосося (*S. salar* L.), а также у радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)). Однако, согласно данным исследователей, частота возникновения клинических случаев болезни значительно увеличивается при интенсивном выращивании лососевых вблизи естественного ареала диких популяций [12].

Впервые бактериальная почечная болезнь была зарегистрирована в Дании в 1998 году [29]. Несмотря на то, что представители датских рыбоводческих инкубаторов, поставляющих рыбопосадочный материал за границу, заявляют о том, что страна является исторически свободной от BKD, с тех пор на территории страны регистрируются спорадические вспышки заболевания, затрагивающие дикую и искусственно выращиваемую рыбу [30].

BKD регистрируют в Норвегии на протяжении всего периода интенсивного ведения аквакультуры [3], и эта болезнь является одной из наиболее важных проблем для отрасли в стране, а также для диких Лососевых [10]. Однако, более современные данные мониторинга заболеваемости диких популяций атлантического лосося (*S. salar* L.) говорят об отсутствии возбудителя у исследованных рыб¹³.

Многолетний скрининг заболеваемости диких популяций ручьевой (*Salmo trutta fario*) форели, проводимый на протяжении 2017–2019 годов в реках Австрии, показал, что *R. salmoninarum* встречается повсеместно у обоих видов и чаще отмечается хроническое и субклиническое течение болезни. Однако такие факторы, как гипоксия, стресс и повышение температуры воды приводят к более интенсивному развитию заболевания [31].

Начиная с 2016 года Чили возглавляет рейтинг стран с наиболее развитым лососеводством, и на территории страны присутствуют значительные популяции чавычи, кумжи и радужной форели. BKD является серьезной проблемой для аквакультуры региона [32], и согласно проведенному геномному анализу *R. salmoninarum* мог быть завезен в страну из США и европейских стран [33].

Япония, как и Чили, является страной с хорошо развитой аквакультурой, и упоминание о BKD часто можно встретить в работах японских ученых [34, 35]. В 2017 году Сузуки с соавторами обнаружил возбудителя BKD у диких популяций кеты (*Oncorhynchus keta*) в Хоккайдо [36], причем болезнь протекала субклинически у малька и молоди рыбы. Уже год спустя тот же коллектив

¹⁰ Buller N. B. Bacteria from Fish and Other Aquatic Animals: A Practical Identification Manual. Wallingford, United Kingdom: CABI, 2004.

¹¹ Alaa E.E. Bacterial Kidney Diseases (BKD) in Michigan Salmonids, PhD thesis. USA: Michigan State University College of Veterinary Medicine Department of Pathobiology and Diagnostic Investigation. 2005. 225 p.

¹² American Fisheries Society. Fish Health Section FHS Blue Book: Suggested Procedures for the Detection and Identification of Certain Finfish and Shellfish Pathogens, 2010.

¹³ Davidsen J.G. et al. Habitatbruk og vandringer til sjøørret i Hemnfjorden og Snillfjorden. Norway: NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport, 2014. 56 pp.

авторов сообщил о высокой смертности у кеты, выращиваемой в садках в открытой воде в том же регионе [37]. Японские исследователи также связывают рост заболеваемости BKD и ее широкое распространение с международными перевозками и торговлей рыбопосадочным материалом [38].

О случаях BKD среди диких или выращиваемых лососевых не сообщалось ни в Ирландии, ни в Австралии, ни в Новой Зеландии [9]. Эти территории на данный момент считаются свободными от заболеваемости бактериальной почечной болезнью лососевых рыб.

BKD в Российской Федерации. Бактериальная почечная болезнь является сравнительно новой нозологической единицей для России. Отечественные исследователи-ихтиопатологи в своих работах освещали распространение заболевания за рубежом¹⁴, но какие-либо данные о заболеваемости BKD на территории страны отсутствовали. Российская Федерация считалась свободной от патогена, и *R. salmoninarum* отмечалась как этиологически мало значимый патоген [39].

Впервые на территории Российской Федерации возбудитель BKD — *Renibacterium salmoninarum* — был выделен сотрудниками лаборатории ихтиопатологии Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко» в 2016 году от радужной форели [1]. С тех пор авторами проводится ежегодный скрининг заболеваемости, и согласно полученным данным наибольшее распространение болезни встречается на юге страны, а также в Северо-Западном регионе РФ [16, 40].

В период 2000-2010 годов на Дальнем Востоке проводился скрининг заболеваемости тихоокеанских лососей 5 видов: кета (*O. keta*), горбуша (*O. gorbuscha*), нерка (*O. nerka*), чавыча (*O. tshawytscha*), кижуч (*O. kisutch*), а также реже встречающийся вид — сима (*O. masou*), выращиваемых на рыбных заводах. В течение десяти лет исследований у молоди тихоокеанских лососей ни на одном рыболовном заводе Камчатки не было зафиксировано ни острого, ни субклинического течения BKD¹⁵. В 2018 году возбудитель BKD был изолирован у половозрелого кижуча, отловленного в озере Большой Вилюй (Камчатка) и имевшего признаки заболевания [41].

Методы контроля распространения BKD в мире. На протяжении последних 30 лет исследователями в США, Канаде и Европе ведутся исследования по созданию эффективной вакцины против бактериальной почечной болезни лососевых рыб¹⁶.

В Канаде была разработана и зарегистрирована живая вакцина «Renogen» на основе охарактеризованного штамма почечной бактерии *Arthrobacter davidanieli* [42]. Данная бактерия имеет 97% гомологичности по 16s rPHK с *Renibacterium salmoninarum*, что позволило использовать ее в качестве основы для формирования искусственного иммунитета у рыб. Однако сведения об эффективности вакцины противоречивы [43], и она не нашла широкого применения по всему миру¹⁶.

Классический способ диагностики представляет собой бактериологические исследования, включающие в себя посев на питательные среды KDM-2 [44] и SKDM [45]. Однако первичная изоляция *R. salmoninarum* достаточно сложна из-за контаминации среды гетеротропными микроорганизмами, а также времязатратна: рост возбудителя на данных питательных средах составляет от 2 до 19 недель².

За рубежом были разработаны более быстрые методы диагностики бактериальной почечной болезни лососевых рыб: ИФА (ELISA) [46], Вестерн-блот¹⁷, гнездовая ПЦР¹⁸ [47], ПЦР в реальном времени [48, 49], метод гибридизации нуклеиновых кислот [50].

В Российской Федерации сотрудниками лаборатории ихтиопатологии ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН были разработаны и внедрены быстрые и доступные методы, позволяющие провести идентификацию *Renibacterium salmoninarum* — возбудителя BKD: реакция микроагглютинации (PMA) [51] и полимеразно-цепная реакция в реальном времени [52].

Лабораторный анализ, проводимый при помощи данных реакций, позволяет получить результат в течение 24 часов, что позволяет своевременно обнаружить возбудителя и принять меры по контролю распространения болезни.

Ежегодный скрининг, проводимый при помощи новых разработанных, а также известных классических методов позволяет получить информацию по заболеваемости в различных регионах Российской Федерации.

Выводы/Conclusion

Бактериальная почечная болезнь является одной из наиболее серьезных проблем как для диких популяций рыб, так и для лососевых в аквакультуре. Отсутствие эффективной вакцины и широкое, бесконтрольное применение антибиотиков снижает эффективность принимаемых мер по контролю возбудителя и усугубляет смертность рыб.

Ежегодное увеличение объемов международной торговли рыбопосадочным материалом приводит к все более широкому распространению болезни между рыбохозяйственными предприятиями. В свою очередь, теснота взаимодействия предприятий с акваторией водоемов приводит к возрастанию риска заболевания диких популяций лососевых рыб, которые, в свою очередь, болея субклинически, способны выступать в качестве переносчиков заболевания.

Проведенные зарубежными учеными исследования говорят о том, что некоторые виды рыб, принадлежащие другим семействам (таймень, хариус, аю, сиг, угольный рыба, тихоокеанская сельдь, индийский плоскоголов, японская лисичка), а также моллюски (морские гребешки) могут быть векторами инфекции и способствовать распространению BKD в природе и аквакультуре.

Согласно проведенному анализу литературных источников, проблема BKD стала общемировой. Наиболее серьезная эпизоотическая ситуация присутствует

¹⁴ Головина Н.А., Стрелков Ю.А., Воронин В.Н., Головин П.П., Евдокимова Е.Б., Юхименко Л.Н. Ихтиопатология / Под ред. Н. А. Головиной, О. Н. Бауера. — М.: Мир, 2003 — 448 с.

¹⁵ Устименко Е.А. Бактериальные инфекции у тихоокеанских лососей при искусственном воспроизводстве на Камчатке. Автореф. дисс. на соискание уч. степени к.б.н. 2012. Петропавловск-Камчатский. 23 с.

¹⁶ Fish Vaccination, First Edition. Edited by Roar Gudding, Atle Lillehaug and Øystein Evensen.

© 2014 John Wiley & Sons, Ltd. Published 2014 by John Wiley & Sons, Ltd.

¹⁷ Wiens G.D., Turaga P.S.D. and Kaattari S.L. (1990) Western blot analysis of a fish pathogen. In: Stolen J.S., Fletcher T.C., Anderson D.P., Roberson B.S. and Van Muiswinkel W.B. (eds) Techniques in Fish Immunology. SOS Publications, Fair Haven, New Jersey, pp. 87–94.

¹⁸ Pascho R.J., Elliott D.G. and Chase D.M. (2002) Comparison of traditional and molecular methods for detection of *Renibacterium salmoninarum*. In: Cunningham C.O. (ed.) Molecular Diagnosis of Salmonid Diseases. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, pp. 157–209.

в США, Японии и странах Европы. Менее 10 лет назад бактериальная почечная болезнь стала регистрироваться и в других, ранее свободных от нее странах — например, в Чили, где также создала большие проблемы при больших объемах выращивания в аквакультуре и поставила под вопрос существование диких популяций Лососевых рыб.

В Российской Федерации ВКД впервые была зарегистрирована в 2016 году в Северо-Западном регионе сотрудниками лаборатории ихтиопатологии ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН. Ежегодный проводимый скрининг показывает растущую заболеваемость ВКД на юге и северо-западе страны. Также болезнь регистрируется на Дальнем Востоке с 2018 года. Однако конкретные эпизоотологические данные по заболеваемости среди

диких популяций лососевых на данный момент на территории России отсутствуют.

В связи с отсутствием эффективной вакцины, хроническим течением заболевания и широким мировым распространением ВКД необходимо усилить меры по контролю заболевания на территории Российской Федерации и в мире.

С помощью существующих лабораторных методов, разработанных в США, Канаде, Испании и России необходимо проводить скрининг заболеваемости как среди диких рыб, так и в рамках аквакультуры.

Также необходимо изучить вопрос о возможных векторах заболевания, которые могут способствовать распространению ВКД.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Droshnev A.E., Bulina K.Y., Alontseva D.A., Belimenko V.V., Zavyalova E.A. Microbiological monitoring of causative agents of infectious diseases of salmonids in the Northwest region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 315(7): 72007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/7/072007>
2. Evelyn T.P.T. Bacterial Kidney Disease — BKD. Inglis V., Roberts R.J., Bromage N.R. (eds.). *Bacterial Diseases of Fish*. Oxford, UK: *Blackwell Scientific Publications*. 1993; 177–195.
3. Рахконен Р., Веннерстрем П., Ринтамки П., Каннел Р. Здоровая рыба. Профилактика, диагностика и лечение болезней. 2-е изд. Хельсинки: *НИИ Охотничьего и рыбного хозяйства Финляндии*. 2013; 177. ISBN 978-951-776-935-8
4. Mackie T.J., Arkwright J.A., Pryce-Tannatt T.E., Mottram J.C., Johnston W.P., Menzies W.J.M. Second Interim Report of the Furunculosis Committee. Edinburgh: *HMSO*. 1933; 81.
5. Belding D.L., Merrill B. A Preliminary Report upon a Hatchery Disease of the Salmonidae. *Transactions of the American Fisheries Society*. 1935; 65(1): 76–84. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1935\)65\[76:APRUAH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1935)65[76:APRUAH]2.0.CO;2)
6. Rucker R.R., Earp B.J., Ordal E.J. Infectious Diseases of Pacific Salmon. *Transactions of the American Fisheries Society*. 1954; 83(1): 297–312. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1953\)83\[297:IDOPS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1953)83[297:IDOPS]2.0.CO;2)
7. Ordal E.J., Earp B.J. Cultivation and Transmission of Etiological Agent of Kidney Disease in Salmonid Fishes. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*. 1956; 92(1): 85–88. <https://doi.org/10.3181/00379727-92-2239>
8. Balfry S.K., Albright L.J., Evelyn T.P.T. Horizontal transfer of *Renibacterium salmoninarum* among farmed salmonids via the fecal-oral route. *Diseases of Aquatic Organisms*. 1996; 25(1–2): 63–69. <https://doi.org/10.3354/dao025063>
9. Bruno D.W. Prevalence and diagnosis of bacterial kidney disease (BKD) in Scotland between 1990 and 2002. *Diseases of Aquatic Organisms*. 2004; 59(2): 125–130. <https://doi.org/10.3354/dao059125>
10. Johansen L.-H., Jensen I., Mikkelsen H., Bjørn P.-A., Jansen P.A., Bergh Ø. Disease interaction and pathogens exchange between wild and farmed fish populations with special reference to Norway. *Aquaculture*. 2011; 315(3–4): 167–186. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.02.014>
11. Boerlage A.S., Stryhn H., Sanchez J., Hammell K.L. Case definition for clinical and subclinical bacterial kidney disease (BKD) in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in New Brunswick, Canada. *Journal of Fish Diseases*. 2017; 40(3): 395–409. <https://doi.org/10.1111/jfd.12521>
12. Jónsdóttir H., Malmquist H.J., Snorrason S.S., Gudbergsson G., Gudmundsdóttir S. Epidemiology of *Renibacterium salmoninarum* in wild Arctic charr and brown trout in Iceland. *Journal of Fish Biology*. 1998; 53(2): 322–339. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1998.tb00984.x>
13. Suzuki K., Misaka N., Mizuno S., Sasaki Y. Subclinical Infection of *Renibacterium salmoninarum* in Fry and Juveniles Chum Salmon *Oncorhynchus keta* in Hokkaido, Japan. *Fish Pathology*. 2017; 52(2): 89–95. <https://doi.org/10.3147/JSPF.52.89>
14. Du Y., Hu X., Miao L., Chen J. Current status and development prospects of aquatic vaccines. *Frontiers in Immunology*. 2022; 13: 1040336. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1040336>
15. Bruneau N.N., Thorburn M.A., Stevenson R.M.W. Occurrence of *Aeromonas salmonicida*, *Renibacterium salmoninarum*, and Infectious Pancreatic Necrosis Virus in Ontario Salmonid Populations. *Journal of Aquatic Animal Health*. 1999; 11(4): 350–357. [https://doi.org/10.1577/1548-8667\(1999\)011<0350:ooasrs>2.0.co;2](https://doi.org/10.1577/1548-8667(1999)011<0350:ooasrs>2.0.co;2)
16. Alontseva D.A., Zavyalova E.A., Droshnev A.E., Bulina K.Yu. Screening of bacterial kidney disease in the North-West region of the Russian Federation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677: 052092. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052092>

REFERENCES

1. Droshnev A.E., Bulina K.Y., Alontseva D.A., Belimenko V.V., Zavyalova E.A. Microbiological monitoring of causative agents of infectious diseases of salmonids in the Northwest region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 315(7): 72007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/7/072007>
2. Evelyn T.P.T. Bacterial Kidney Disease — BKD. Inglis V., Roberts R.J., Bromage N.R. (eds.). *Bacterial Diseases of Fish*. Oxford, UK: *Blackwell Scientific Publications*. 1993; 177–195.
3. Rahkonen R., Wennerstrom P., Rintamaki P., Kannel R. Healthy fish-pre-vention, diagnosis and treatment of the disease. 2nd ed. Helsinki: *Finnish Game and Fisheries Research Institute*. 2013; 177 (In Russian). ISBN 978-951-776-935-8
4. Mackie T.J., Arkwright J.A., Pryce-Tannatt T.E., Mottram J.C., Johnston W.P., Menzies W.J.M. Second Interim Report of the Furunculosis Committee. Edinburgh: *HMSO*. 1933; 81.
5. Belding D.L., Merrill B. A Preliminary Report upon a Hatchery Disease of the Salmonidae. *Transactions of the American Fisheries Society*. 1935; 65(1): 76–84. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1935\)65\[76:APRUAH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1935)65[76:APRUAH]2.0.CO;2)
6. Rucker R.R., Earp B.J., Ordal E.J. Infectious Diseases of Pacific Salmon. *Transactions of the American Fisheries Society*. 1954; 83(1): 297–312. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1953\)83\[297:IDOPS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1953)83[297:IDOPS]2.0.CO;2)
7. Ordal E.J., Earp B.J. Cultivation and Transmission of Etiological Agent of Kidney Disease in Salmonid Fishes. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*. 1956; 92(1): 85–88. <https://doi.org/10.3181/00379727-92-2239>
8. Balfry S.K., Albright L.J., Evelyn T.P.T. Horizontal transfer of *Renibacterium salmoninarum* among farmed salmonids via the fecal-oral route. *Diseases of Aquatic Organisms*. 1996; 25(1–2): 63–69. <https://doi.org/10.3354/dao025063>
9. Bruno D.W. Prevalence and diagnosis of bacterial kidney disease (BKD) in Scotland between 1990 and 2002. *Diseases of Aquatic Organisms*. 2004; 59(2): 125–130. <https://doi.org/10.3354/dao059125>
10. Johansen L.-H., Jensen I., Mikkelsen H., Bjørn P.-A., Jansen P.A., Bergh Ø. Disease interaction and pathogens exchange between wild and farmed fish populations with special reference to Norway. *Aquaculture*. 2011; 315(3–4): 167–186. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.02.014>
11. Boerlage A.S., Stryhn H., Sanchez J., Hammell K.L. Case definition for clinical and subclinical bacterial kidney disease (BKD) in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in New Brunswick, Canada. *Journal of Fish Diseases*. 2017; 40(3): 395–409. <https://doi.org/10.1111/jfd.12521>
12. Jónsdóttir H., Malmquist H.J., Snorrason S.S., Gudbergsson G., Gudmundsdóttir S. Epidemiology of *Renibacterium salmoninarum* in wild Arctic charr and brown trout in Iceland. *Journal of Fish Biology*. 1998; 53(2): 322–339. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1998.tb00984.x>
13. Suzuki K., Misaka N., Mizuno S., Sasaki Y. Subclinical Infection of *Renibacterium salmoninarum* in Fry and Juveniles Chum Salmon *Oncorhynchus keta* in Hokkaido, Japan. *Fish Pathology*. 2017; 52(2): 89–95. <https://doi.org/10.3147/JSPF.52.89>
14. Du Y., Hu X., Miao L., Chen J. Current status and development prospects of aquatic vaccines. *Frontiers in Immunology*. 2022; 13: 1040336. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1040336>
15. Bruneau N.N., Thorburn M.A., Stevenson R.M.W. Occurrence of *Aeromonas salmonicida*, *Renibacterium salmoninarum*, and Infectious Pancreatic Necrosis Virus in Ontario Salmonid Populations. *Journal of Aquatic Animal Health*. 1999; 11(4): 350–357. [https://doi.org/10.1577/1548-8667\(1999\)011<0350:ooasrs>2.0.co;2](https://doi.org/10.1577/1548-8667(1999)011<0350:ooasrs>2.0.co;2)
16. Alontseva D.A., Zavyalova E.A., Droshnev A.E., Bulina K.Yu. Screening of bacterial kidney disease in the North-West region of the Russian Federation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677: 052092. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052092>

17. Fryer J.L., Sanders J.E. Bacterial kidney disease of salmonid fish. *Annual Review of Microbiology*. 1995; 35: 273–298. <https://doi.org/10.1146/annurev.mi.35.100181.001421>
18. Pfeil-Putzien C., Hoffmann R., Popp W. Preliminary report on the occurrence of bacterial kidney disease in Germany. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1985; 5(2): 30–31.
19. Kettler S., Pfeil-Putzien C., Hoffmann R. Infection of grayling (*Thymallus thymallus*) with the agent of bacterial kidney disease (BKD). *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1986; 6(3): 69–71.
20. Nagai T., Iida Y. Occurrence of Bacterial Kidney Disease in Cultured Ayu. *Fish Pathology*. 2002; 37(2): 77–81. <https://doi.org/10.3147/jfsp.37.77>
21. Rimaila-Pärnänen E. First case of bacterial kidney disease (BKD) in whitefish (*Coregonus lavaretus*) in Finland. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 2002; 22(6): 403–404.
22. Bell G.R., Hoffmann R.W., Brown L.L. Pathology of experimental infections of the sablefish, *Anoplopoma fimbria* (Pallas), with *Renibacterium salmoninarum*, the agent of bacterial kidney disease in salmonids. *Journal of Fish Diseases*. 1990; 13(5): 355–367. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1990.tb00794.x>
23. Sakai M., Ogasawara K., Atsuta S., Kobayashi M. Comparative sensitivity of carp, *Cyprinus carpio* L. and rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, to *Renibacterium salmoninarum*. *Journal of Fish Diseases*. 1989; 12(4): 367–372. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1989.tb00325.x>
24. Bell G.R., Traxler G.S. Resistance of Pacific lamprey, *Lampetra tridentata* (Gairdner), to challenge by *Renibacterium salmoninarum*, the causative agent of kidney disease in salmonids. *Journal of Fish Diseases*. 1986; 9(3): 277–279. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1986.tb01014.x>
25. Paclibare J.O., Evelyn T.P.T., Albright L.J., Prosperi-Porta L. Clearing of the kidney disease bacterium *Renibacterium salmoninarum* from seawater by the blue mussel *Mytilus edulis*, and the status of the mussel as a reservoir of the bacterium. *Diseases of Aquatic Organisms*. 1994; 18(2): 129–133. <https://doi.org/10.3354/dao018129>
26. Starliper C.E., Morrison P. Bacterial pathogen contagion studies among freshwater bivalves and salmonid fishes. *Journal of Shellfish Research*. 2000; 19(1): 251–258.
27. Faisal M. et al. Epidemiological investigation of *Renibacterium salmoninarum* in three *Oncorhynchus* spp. in Michigan from 2001 to 2010. *Preventive Veterinary Medicine*. 2012; 107(3–4): 260–274. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.06.003>
28. Murray A.G., Munro L.A., Wallace I.S., Allan C.E.T., Peeler E.J., Thrush M.A. Epidemiology of *Renibacterium salmoninarum* in Scotland and the potential for compartmentalised management of salmon and trout farming areas. *Aquaculture*. 2012; 324–328: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.09.034>
29. Lorenzen E., Olesen N.J., Korsholm H., Heuer O.E., Evensen Ø. First demonstration of *Renibacterium salmoninarum* / BKD in Denmark. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1998; 17(3–4): 140–144.
30. Pedersen K., Skall H.F., Lassen-Nielsen A.M., Nielsen T.F., Henriksen N.H., Olesen N.J. Surveillance of health status on eight marine rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), farms in Denmark in 2006. *Journal of Fish Diseases*. 2008; 31(9): 659–667. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2008.00941.x>
31. Delghandi M.R., Menanteau-Ledouble S., Waldner K., El-Matbouli M. *Renibacterium salmoninarum* and *Mycobacterium* spp.: two bacterial pathogens present at low levels in wild brown trout (*Salmo trutta fario*) populations in Austrian rivers. *BMC Veterinary Research*. 2020; 16: 40. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-2260-7>
32. Mora-Salas P. et al. Method for lineage typing of epidemic *Renibacterium salmoninarum* in Chilean salmon farms. *Journal of Fish Diseases*. 2023; 46(5): 499–506. <https://doi.org/10.1111/jfd.13761>
33. Bayliss S.C. et al. Genomic epidemiology of the commercially important pathogen *Renibacterium salmoninarum* within the Chilean salmon industry. *Microbial Genomics*. 2018; 4(9). <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000201>
34. Sakai M., Atsuta S., Kobayashi M. Susceptibility of Five Salmonid Fishes to *Renibacterium salmoninarum*. *Fish Pathology*. 1991; 26(3): 159–160. <https://doi.org/10.3147/jfsp.26.159>
35. Matsui T., Nishizawa T., Yoshimizu M. Modification of KDM-2 with Culture-spent Medium for Isolation of *Renibacterium salmoninarum*. *Fish Pathology*. 2009; 44(3): 139–144. <https://doi.org/10.3147/jfsp.44.139>
36. Suzuki K., Misaka N., Mizuno S., Sasaki Y. Subclinical Infection of *Renibacterium salmoninarum* in Fry and Juveniles Chum Salmon *Oncorhynchus keta* in Hokkaido, Japan. *Fish Pathology*. 2017; 52(2): 89–95. <https://doi.org/10.3147/jfsp.52.89>
37. Suzuki K., Mizuno S., Katsumata Y., Misaka N., Miyamoto M., Sasaki Y. Asymptomatic Infection of *Renibacterium salmoninarum* in Hatchery-reared Juvenile Chum Salmon *Oncorhynchus keta* Resulted in Mass Mortalities after Long-term Rearing. *Fish Pathology*. 2018; 53(1): 40–43. <https://doi.org/10.3147/jfsp.53.40>
38. Yoshimizu M. Disease problems of salmonid fish in Japan caused by international trade. *Revue Scientifique et Technique*. 1996; 15(2): 533–549. <https://doi.org/10.20506/rst.15.2.937>
39. Рудакова С.Л. Обеспечение икhtiопатологического благополучия объектов и хозяйств аквакультуры России. *Труды ВНИРО*. 2016; 162: 104–115. <https://elibrary.ru/xagknn>
40. Завьялова Е.А., Дрошнев А.Е., Алонцева Д.А., Булина К.Ю., Карпова М.А. Обнаружение *Renibacterium salmoninarum* у лососевых рыб с помощью молекулярно-биологических и микробиологических методов. *Ветеринария*. 2023; (5): 24–31. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2023.26.5.24-30>
17. Fryer J.L., Sanders J.E. Bacterial kidney disease of salmonid fish. *Annual Review of Microbiology*. 1995; 35: 273–298. <https://doi.org/10.1146/annurev.mi.35.100181.001421>
18. Pfeil-Putzien C., Hoffmann R., Popp W. Preliminary report on the occurrence of bacterial kidney disease in Germany. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1985; 5(2): 30–31.
19. Kettler S., Pfeil-Putzien C., Hoffmann R. Infection of grayling (*Thymallus thymallus*) with the agent of bacterial kidney disease (BKD). *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1986; 6(3): 69–71.
20. Nagai T., Iida Y. Occurrence of Bacterial Kidney Disease in Cultured Ayu. *Fish Pathology*. 2002; 37(2): 77–81. <https://doi.org/10.3147/jfsp.37.77>
21. Rimaila-Pärnänen E. First case of bacterial kidney disease (BKD) in whitefish (*Coregonus lavaretus*) in Finland. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 2002; 22(6): 403–404.
22. Bell G.R., Hoffmann R.W., Brown L.L. Pathology of experimental infections of the sablefish, *Anoplopoma fimbria* (Pallas), with *Renibacterium salmoninarum*, the agent of bacterial kidney disease in salmonids. *Journal of Fish Diseases*. 1990; 13(5): 355–367. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1990.tb00794.x>
23. Sakai M., Ogasawara K., Atsuta S., Kobayashi M. Comparative sensitivity of carp, *Cyprinus carpio* L. and rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, to *Renibacterium salmoninarum*. *Journal of Fish Diseases*. 1989; 12(4): 367–372. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1989.tb00325.x>
24. Bell G.R., Traxler G.S. Resistance of Pacific lamprey, *Lampetra tridentata* (Gairdner), to challenge by *Renibacterium salmoninarum*, the causative agent of kidney disease in salmonids. *Journal of Fish Diseases*. 1986; 9(3): 277–279. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1986.tb01014.x>
25. Paclibare J.O., Evelyn T.P.T., Albright L.J., Prosperi-Porta L. Clearing of the kidney disease bacterium *Renibacterium salmoninarum* from seawater by the blue mussel *Mytilus edulis*, and the status of the mussel as a reservoir of the bacterium. *Diseases of Aquatic Organisms*. 1994; 18(2): 129–133. <https://doi.org/10.3354/dao018129>
26. Starliper C.E., Morrison P. Bacterial pathogen contagion studies among freshwater bivalves and salmonid fishes. *Journal of Shellfish Research*. 2000; 19(1): 251–258.
27. Faisal M. et al. Epidemiological investigation of *Renibacterium salmoninarum* in three *Oncorhynchus* spp. in Michigan from 2001 to 2010. *Preventive Veterinary Medicine*. 2012; 107(3–4): 260–274. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.06.003>
28. Murray A.G., Munro L.A., Wallace I.S., Allan C.E.T., Peeler E.J., Thrush M.A. Epidemiology of *Renibacterium salmoninarum* in Scotland and the potential for compartmentalised management of salmon and trout farming areas. *Aquaculture*. 2012; 324–328: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.09.034>
29. Lorenzen E., Olesen N.J., Korsholm H., Heuer O.E., Evensen Ø. First demonstration of *Renibacterium salmoninarum* / BKD in Denmark. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1998; 17(3–4): 140–144.
30. Pedersen K., Skall H.F., Lassen-Nielsen A.M., Nielsen T.F., Henriksen N.H., Olesen N.J. Surveillance of health status on eight marine rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), farms in Denmark in 2006. *Journal of Fish Diseases*. 2008; 31(9): 659–667. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2008.00941.x>
31. Delghandi M.R., Menanteau-Ledouble S., Waldner K., El-Matbouli M. *Renibacterium salmoninarum* and *Mycobacterium* spp.: two bacterial pathogens present at low levels in wild brown trout (*Salmo trutta fario*) populations in Austrian rivers. *BMC Veterinary Research*. 2020; 16: 40. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-2260-7>
32. Mora-Salas P. et al. Method for lineage typing of epidemic *Renibacterium salmoninarum* in Chilean salmon farms. *Journal of Fish Diseases*. 2023; 46(5): 499–506. <https://doi.org/10.1111/jfd.13761>
33. Bayliss S.C. et al. Genomic epidemiology of the commercially important pathogen *Renibacterium salmoninarum* within the Chilean salmon industry. *Microbial Genomics*. 2018; 4(9). <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000201>
34. Sakai M., Atsuta S., Kobayashi M. Susceptibility of Five Salmonid Fishes to *Renibacterium salmoninarum*. *Fish Pathology*. 1991; 26(3): 159–160. <https://doi.org/10.3147/jfsp.26.159>
35. Matsui T., Nishizawa T., Yoshimizu M. Modification of KDM-2 with Culture-spent Medium for Isolation of *Renibacterium salmoninarum*. *Fish Pathology*. 2009; 44(3): 139–144. <https://doi.org/10.3147/jfsp.44.139>
36. Suzuki K., Misaka N., Mizuno S., Sasaki Y. Subclinical Infection of *Renibacterium salmoninarum* in Fry and Juveniles Chum Salmon *Oncorhynchus keta* in Hokkaido, Japan. *Fish Pathology*. 2017; 52(2): 89–95. <https://doi.org/10.3147/jfsp.52.89>
37. Suzuki K., Mizuno S., Katsumata Y., Misaka N., Miyamoto M., Sasaki Y. Asymptomatic Infection of *Renibacterium salmoninarum* in Hatchery-reared Juvenile Chum Salmon *Oncorhynchus keta* Resulted in Mass Mortalities after Long-term Rearing. *Fish Pathology*. 2018; 53(1): 40–43. <https://doi.org/10.3147/jfsp.53.40>
38. Yoshimizu M. Disease problems of salmonid fish in Japan caused by international trade. *Revue Scientifique et Technique*. 1996; 15(2): 533–549. <https://doi.org/10.20506/rst.15.2.937>
39. Rudakova S.L. The science-based approach for maintenance of aquatic animal health security of Russian aquaculture. *Trudy VNIRO*. 2016; 162: 104–115 (In Russian). <https://elibrary.ru/xagknn>
40. Zavyalova E.A., Droshnev A.E., Alontseva D.A., Bulina Ch.Yu., Karpova M.A. Detection of *Renibacterium salmoninarum* in salmon fish using molecular genetic and bacterial methods. *Veterinary medicine*. 2023; (5): 24–31 (In Russian). <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2023.26.5.24-30>

41. Sergeenko N.V., Ustimenko E.A., Eliseikina M.G., Kuhlevskiy A.D., Bochkova E.V., Ryazanova T.V. First report of bacterial kidney disease in coho salmon *Oncorhynchus kisutch* in Russia. *Diseases of aquatic organisms*. 2020; 140: 31–36. <https://doi.org/10.3354/dao03486>
42. Saloni K., Siderakis C., MacKinnon A. M., Griffiths S. G. Use of *Arthrobacter davidanieli* as a live vaccine against *Renibacterium salmoninarum* and *Piscirickettsia salmonis* in salmonids. *Developments in Biologicals*. 2005; 121:189–197.
43. Alcorn S., Murray A. L., Pascho R. J., Varney J. A. Cohabitation challenge to compare the efficacies of vaccines for bacterial kidney disease (BKD) in chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. *Dis Aquat Org*. 2005; 63:151–160.
44. Evelyn T.P.T. An improved growth medium for the kidney disease bacterium and some notes on using the medium. *Bulletin de L'Office International des Epizooties*. 1977; 87:511–513.
45. Austin B., Embly T. M., Goodfellow M. Selective isolation of *Renibacterium salmoninarum*. *FEMS Microbiol Lett*. 1983; 17:111–114.
46. Bandin I., Heinen P., Brown L.L., Toranzo A.E. Comparison of different ELISA kits for detecting *Renibacterium salmoninarum*. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1996; 16:19–22.
47. Chase D.M., Pascho R. J. Development of a nested polymerase chain reaction for amplification of a sequence of the p57 gene of *Renibacterium salmoninarum* that provides a highly sensitive method for detection of the bacterium in salmonid kidney. *Dis Aquat Org*. 1998;34:223–229
48. Chase D.M., Elliot D.G., Pascho R.J. Detection and quantification of *Renibacterium salmoninarum* DNA in salmonid tissues by real-time quantitative polymerase chain reaction analysis. *J Vet Diagn Invest*. 2006; 18:375–380.
49. Halaihel N. et al. A new real time PCR-based assay for diagnosing *Renibacterium salmoninarum* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and comparison with other techniques. *Journal of Microbiological Methods*. 2009; 6:75–80.
50. Etchegaray J.P., Martinez M.A., Krauskopf M., Leon, G. Molecular cloning of *Renibacterium salmoninarum* DNA fragments. *FEMS Microbiology Letters*. 1991; 79:61–64.
51. Алонцева Д.А., Завьялова Е.А., Дрошнев А.Е., Карпова М.А., Булина К.Ю. Развитие симптомокомплекса у кроликов при получении антисыворотки против возбудителя бактериальной почечной болезни лососевых рыб (BKD). *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2022; (2): 21–28. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202202003>
52. Алонцева Д.А., Дрошнев А.Е., Завьялова Е.А. Разработка ПЦР в режиме реального времени для выявления и идентификации возбудителя бактериальной почечной болезни лососевых рыб. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2023; (7): 34–41. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202307004>
41. Sergeenko N.V., Ustimenko E.A., Eliseikina M.G., Kuhlevskiy A.D., Bochkova E.V., Ryazanova T.V. First report of bacterial kidney disease in coho salmon *Oncorhynchus kisutch* in Russia. *Diseases of aquatic organisms*. 2020; 140: 31–36. <https://doi.org/10.3354/dao03486>
42. Saloni K., Siderakis C., MacKinnon A. M., Griffiths S. G. Use of *Arthrobacter davidanieli* as a live vaccine against *Renibacterium salmoninarum* and *Piscirickettsia salmonis* in salmonids. *Developments in Biologicals*. 2005; 121:189–197.
43. Alcorn S., Murray A. L., Pascho R. J., Varney J. A. Cohabitation challenge to compare the efficacies of vaccines for bacterial kidney disease (BKD) in chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. *Dis Aquat Org*. 2005; 63:151–160.
44. Evelyn T.P.T. An improved growth medium for the kidney disease bacterium and some notes on using the medium. *Bulletin de L'Office International des Epizooties*. 1977; 87:511–513.
45. Austin B., Embly T. M., Goodfellow M. Selective isolation of *Renibacterium salmoninarum*. *FEMS Microbiol Lett*. 1983; 17:111–114.
46. Bandin I., Heinen P., Brown L.L., Toranzo A.E. Comparison of different ELISA kits for detecting *Renibacterium salmoninarum*. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1996; 16:19–22.
47. Chase D.M., Pascho R. J. Development of a nested polymerase chain reaction for amplification of a sequence of the p57 gene of *Renibacterium salmoninarum* that provides a highly sensitive method for detection of the bacterium in salmonid kidney. *Dis Aquat Org*. 1998;34:223–229
48. Chase D.M., Elliot D.G., Pascho R.J. Detection and quantification of *Renibacterium salmoninarum* DNA in salmonid tissues by real-time quantitative polymerase chain reaction analysis. *J Vet Diagn Invest*. 2006; 18:375–380.
49. Halaihel N. et al. A new real time PCR-based assay for diagnosing *Renibacterium salmoninarum* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and comparison with other techniques. *Journal of Microbiological Methods*. 2009; 6:75–80.
50. Etchegaray J.P., Martinez M.A., Krauskopf M., Leon, G. Molecular cloning of *Renibacterium salmoninarum* DNA fragments. *FEMS Microbiology Letters*. 1991; 79:61–64.
51. Alontseva D.A., Zavyalova E.A., Droshnev A.E., Karpova M.A., Bulina K.Yu. Development of a symptom complex in rabbits when receiving antiserum against the causative agent of bacterial kidney disease of salmonids (BKD). *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2022; (2): 21–28 (In Russian). <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202202003>
52. Alontseva D.A., Droshnev A.E., Zavyalova E.A. Development of real-time PCR for detection and identification of the causative agent of Bacterial Kidney Disease of salmon fish. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2023; (7): 34–41 (In Russian). <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202307004>

ОБ АВТОРАХ:

Дарья Александровна Алонцева
младший научный сотрудник
livejustonce@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4021-8648>

Алексей Евгеньевич Дрошнев
кандидат биологических наук
asdf1961@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1110-7052>

Елена Александровна Завьялова
кандидат биологических наук
aquazeda@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0785-9654>

Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук», Рязанский пр-т, 24, Москва, 109428, Россия

ABOUT THE AUTHORS:

Darya Alexandrovna Alontseva
Junior Researcher
livejustonce@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4021-8648>

Alexey Evgenyevich Droshnev
Candidate of Biological Sciences
asdf1961@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1110-7052>

Elena Alexandrovna Zavyalova
Candidate of Biological Sciences
aquazeda@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0785-9654>

Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre VIEV”,
24 Ryazan Ave., Moscow, 109428, Russia