



ЛОСОСЕВЫЕ РЫБЫ: БИОЛОГИЯ, ВОСПРОИЗВОДСТВО, ПРОМЫСЕЛ

Материалы всероссийской
научно-практической
конференции

(г. Мурманск,
23-24 марта
2023 г.)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»**

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича)



Лососевые рыбы: биология, воспроизводство, промысел

**Материалы всероссийской
научно-практической конференции**

(г. Мурманск, 23-24 марта 2023 г.)

**Мурманск
2023**

УДК 597
Л 79

Л 79 **Лососевые рыбы:** биология, воспроизводство, промысел: материалы всероссийской научно-практической конференции (г. Мурманск, 23-24 марта 2023 г.) / Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича); научный редактор К.М. Соколов. – Мурманск: ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2023. – 524 с.

ISBN 978-5-86349-288-9

Сборник подготовлен по материалам всероссийской конференции ученых и специалистов «Лососевые рыбы: биология, воспроизводство, промысел». Организатор конференции – Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича).

Мероприятие посвящено 120-летию с начала исследований атлантического лосося на Кольском полуострове.

В книге представлены результаты работ по следующим направлениям: биология лососевых рек; история исследований; современное состояние популяций анадромных рыб; естественное и искусственное воспроизводство; аквакультура, проблемы и перспективы; паразиты и болезни рыб; биохимия и физиология; распределение и миграции; сохранение видов и их охрана; антропогенное влияние на популяции лососевых рыб; промысел анадромных рыб в различных регионах России; любительское рыболовство.

Издание предназначено для специалистов, интересующихся различными аспектами решения проблем биологии, распределения и промысла лососевых рыб России, присущих современному отечественному рыбному хозяйству.

Научный редактор канд. биол. наук К.М. Соколов

Редакционная коллегия:

*М.Ю. Алексеев, канд. биол. наук, А.В. Зубченко, д-р биол. наук,
Т.А. Карасева, канд. биол. наук, Л.И. Пестрикова, канд. биол. наук, А.В. Ткаченко*

ISBN 978-5-86349-288-9

© «ПИНРО» им. Н.М. Книповича, 2023

FEDERAL AGENCY FOR FISHERIES

FEDERAL STATE BUDGETARY SCIENTIFIC INSTITUTION
“RUSSIAN FEDERAL RESEARCH INSTITUTE OF FISHERIES AND OCEANOGRAPHY” (VNIRO)

Polar Branch of FSBSI «VNIRO» («PINRO» named after N.M. Knipovich)



Salmonoids: biology, reproduction, fisheries

**Papers from the Russian
National Scientific Conference**

(Murmansk, 23-24 March 2023)

**Murmansk
2023**

Salmonoids: biology, reproduction, fisheries. Papers from the Russian National Scientific Conference (Murmansk, 23-24 March 2023) / Polar Branch of FSBSI «VNIRO» («PINRO» named after N.M. Knipovich); edited by K.M. Sokolov. – Murmansk: PINRO named after N.M. Knipovich, 2023. – 524 p.

This collection of materials was prepared following the scientific conference «Salmonoids: biology, reproduction, fisheries». The event was arranged by the Polar Branch of FSBSI «VNIRO» («PINRO» named after N.M. Knipovich).

The event marks the 120-th anniversary of the Atlantic salmon research in the Kola Peninsula.

The book presents results of the works on the salmon rivers biology; research history; status of anadromous fish populations; natural and artificial reproduction; problems and prospects of fish farming; fish diseases and parasites; biochemistry and physiology; distribution and migrations; conservation and protection; human impact on salmon populations; fisheries for anadromous species in Russia; and recreational fisheries.

The collection is intended for experts interested in different aspects of decisions taken in regard to challenges in salmon biology, distribution and fisheries in Russia in the light of the current national fisheries specifics.

Edited by PhD K.M. Sokolov

Editorial Board:

*PhD M.Yu. Alekseev, Dr. A.V. Zubchenko, PhD T.A. Karaseva,
PhD L.I. Pestrikova, A.V. Tkachenko*

ВОСПРОИЗВОДСТВО АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ В МАЛЫХ РЕКАХ КАНДАЛАКШСКОГО БЕРЕГА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

М.Ю. Алексеев, А.В. Зубченко, А.Г. Потуткин
*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«ПИНРО» им. Н.М. Книповича), г. Мурманск*

Аннотация. Рассмотрено современное состояние естественного воспроизводства атлантического лосося в малых реках Кандалакшского залива Белого моря, протекающих по территории Мурманской области. В результате гидростроительства и ННН-лова реки утратили прежнее промысловое значение. Плотности расселения молоди семги крайне низкие, а местами она отсутствует, что свидетельствует о крайне неудовлетворительном состоянии воспроизводства. Исправить ситуацию можно за счет искусственного воспроизводства и привлечения заинтересованных организаций.

Ключевые слова: гидростроительство, малые реки, плотности расселения молоди, электролов.

ВВЕДЕНИЕ

Промысловая эксплуатация запасов атлантического лосося в Мурманской области затрагивает в основном популяции крупных рек, где сосредоточены основные запасы вида. Соответственно, систематическими научными исследованиями охвачены популяции именно этих рек. Малым водотокам, в силу ряда обстоятельств, уделяется значительно меньше внимания. Между тем, популяции многочисленных малых рек вносят весомый вклад в генетическое разнообразие вида. Также они могут служить сырьевой базой для развития рекреационного рыболовства, несмотря на то, что популяции лосося из этих рек находятся в депрессивном состоянии или близки к исчезновению (Реестр лососевых рек ..., 2018). В качестве меры для восстановления утерянных популяций и поддержания численности популяций, находящихся в депрессивном состоянии, важное значение может иметь заводское воспроизводство.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом служила разновозрастная молодь атлантического лосося, которую отлавливали на нерестово-выростных участках (НВУ) рек Колвица, Лувеньга, Канда и Ковда в ходе экспедиционных работ в рамках государственного мониторинга водных биологических ресурсов. Облов молоди осуществляли с помощью специализированного электроловильного аппарата, который на мелководье при трехкратном облове участка

позволяет быстро и гарантированно выловить до 98 % рыб (Веселов, 2006). Используются данные, полученные в ходе полевых работ в сентябре 2019-2022 г., ретроспективные данные Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» о плотности расселения молоди, информация о площади НВУ в исследуемых реках, а также сведения из литературных источников.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Река Колвица вытекает из озера Колвицкое, впадает в губу Колвица Белого моря. Длина реки 8,7 км, общая площадь водосбора 1309,8 км². Площадь НВУ, пригодных для нереста и обитания молоди семги, 3,2 га. Участки расположены на всем протяжении реки. Экологическая емкость водотока по смолтам лосося оценивается величиной 14,4 тыс. экз. Численность запаса атлантического лосося, по экспертной оценке, составляет 0,25-0,30 тыс. экз.

До 1985 г. на реке существовал промышленный лов на рыбоучетном заграждении (РУЗ). Масса уловов варьировала от 0,07 до 3,28 т, численность анадромных мигрантов – от 0,03 до 1,27 тыс. экз. В 1972 г. река была открыта для лицензионного лова. Учетные уловы по принципу «поймал-изъял» колебались от 1 до 43 экз., по принципу «поймал-отпустил» – от 1 до 6 экз. В настоящее время на всем протяжении реки ведется интенсивный ННН-лов (нелегальный, недекларируемый, неучтенный). Рыбопромысловых участков нет.

В 2008-2009 г. плотность пестряток в возрасте 1+ и старше составила 20,8 и 14,8 экз./100 м² соответственно. В 2017 г. на этих же участках молодь семги встречалась единично, а в 2019-2020 г. плотность равнялась 14 и 8,6 экз./100 м² соответственно. В 2022 г. при проведении электролова на одной из трех станций отмечено отсутствие молоди, на двух других плотность составила 15 и 27 экз./100 м².

Для сохранения популяции семги в р. Колвица требуется осуществление постоянных охранных мероприятий. Возможно осуществление рыбоводных мероприятий. Для этой цели Полярным филиалом ФГБНУ «ВНИРО» рекомендован ежегодный выпуск в реку 10 тыс. годовиков средней навеской 1 г.

Река Лувеньга берет начало на возвышенности Елки-Тундры, впадает в Кандалакшский залив Белого моря. Длина реки 28 км. Площадь бассейна 175 км². Общая площадь НВУ 19,1 га. НВУ высокого качества расположены вверх по течению между 3 и 25 км от устья. Нерестилища расположены мозаично. Экологическая емкость р. Лувеньга по смолтам лосося оценивается величиной 12,5 тыс. шт. При 5 %-ном возврате максимальная численность анадромных лососей может составить 625 экз.

До 1989 г. в реке существовал промышленный лов на рыбоучетном заграждении. Масса уловов колебалась от 0,02 до 2,8 т, численность – от 0,014 до 0,997 тыс. экз. В настоящее время отмечается только интенсивный ННН-лов в нижнем и среднем течении реки. В 1993 г. река была открыта для лицензионного лова, но учтенных данных о вылове нет. Рыбопромысловых участков нет.

Плотность пестряток атлантического лосося в возрасте 1+ и старше в 2008-2009 гг. составляла 49,2 и 12,8 экз./100 м² соответственно. В 2017, 2019, 2020 и 2022 гг. на этих же участках молоди семги не обнаружено. Не исключено, что популяция атлантического лосося в этой реке утеряна.

Известно, что в результате интенсивной охраны и рыбоводных мероприятий средняя численность семги в р. Лувеньга в период с 1979 по 1983 г. составляла 217 экз. (от 178 в 1979 г. до 258 в 1982 г.). Доля лососей заводского происхождения в нерестовом стаде в среднем 23 %. Искусственное воспроизводство части популяции осуществляли на Кандалакшском экспериментальном лососевом заводе (Черницкий, Лоенко, 1990).

Река пригодна для ежегодного зарыбления лососевой молодью в рекомендованном Полярным филиалом количестве – 57 тыс. годовиков средней навеской 1 г.

Река Канда. Общая длина водотока 51,2 км. Площадь водосбора 719,8 км². Площадь НВУ – 19,9 га. В настоящее время для лосося доступны 15 км реки, на протяжении которых сохранилось 4,0 га нерестово-выростных угодий. Экологическая емкость водотока по смолтам лосося 2,5 тыс. экз. Потенциальный запас лосося, по расчетам, в настоящее время может составлять 125-130 шт.

В 1960-1994 гг. в реку выпускалась молодь лосося, выращиваемая на Князегубском и Кандалакшском рыбоводных заводах. Данных о величине возврата нет. В 1972 г. река была открыта для лицензионного лова. Учтенные уловы колебались от 2 до 45 экз. В настоящее время ведется интенсивный ННН-лов в устье и верхнем течении реки (данные опроса). Рыбопромысловых участков нет.

В 2008-2009 гг. плотность молоди лосося в возрасте 1+ и старше составляла 8,7 и 10,8 экз./100 м². В 2017 г. на тех же участках молодь лосося не обнаружена, а в 2019-2020 гг. плотность равнялась 5,0 и 6,8 экз./100 м² соответственно, в 2021 г. – 4,0 экз./100 м².

Антропогенное воздействие на популяцию семги р. Канда выражено в интенсивном ННН-лове и изменении гидрологического режима вследствие гидростроительства. Мелководная губа Канда отсечена двумя дамбами, возведенными при строительстве Октябрьской железной дороги и автодороги М18 «Кола» (Санкт-Петербург – Мурманск), которые нарушили

свободную связь губы с Белым морем (Смирнова, 1965). Такая изоляция привела к изменению гидрологического и гидрохимического режимов губы, ранее сходных с условиями прилегающей части Кандалакшского залива, а затем и к изменению гидробиологических условий (Иванов, Китаев, Чеченков, 1983; Демиденко, Саввичев, Савенко, 2018).

Река Ковда протекает по территории Мурманской области и Карелии. Изначально длина реки, до перекрытия плотиной на вытоке из озера Ковдозеро в 1955 г., составляла 233 км, из которых большая часть приходилась на цепь озер. Площадь бассейна 26 100 км². Впадает в губу Ковда Кандалакшского залива Белого моря. Современная длина реки 15,7 км, из них для лосося доступны 15 км, на протяжении которых сохранилось 4,0 га НВУ. Экологическая емкость водотока по смолтам лосося оценивается величиной 2,5 тыс. экз.

Промыслом в 1931 г. было добыто 11 ц, в 1932 г. – 13,66 ц семги. С 1933 г. промысел семги на реке не осуществляется. В настоящее время господствует ННН-лов (данные опроса). Рыболовственных участков нет.

В 2008-2009 гг. плотность молоди лосося в возрасте 1+ и старше на пороге в 2,4 км от устья составляла 48,0 и 65,7 экз./100 м² соответственно. В 2017 и 2019 гг. на этом же пороге плотность молоди была зарегистрирована на уровне 1 и 2 экз./100 м², в 2020 г. она составила 13,7 экз./100 м², а в 2021 г. – 6,3 экз./100 м².

В 1960-1994 гг. в реку выпускали молодь лосося, выращиваемую на Князегубском и Кандалакшском рыбозаводах. Данных о величине возврата нет.

Резкое снижение численности молоди на НВУ, а в ряде случаев полное ее исчезновение, можно объяснить только недостатком производителей. Причиной является антропогенный фактор: гидростроительство без эффективных рыбопропускных сооружений и ННН-лов.

Нелегальное изъятие семги стало в последние десятилетия самой большой угрозой для воспроизводства лосося. Даже в такой продуктивной реке, как Варзуга современное изъятие производителей всеми видами промысла (в немалой степени ННН-ловом) оценивается величиной не менее 85 % от нерестового стада (Алексеев, Зубченко, 2017). Введение альтернативы браконьерству в форме любительского рыболовства не дало ощутимого результата. Отсутствие должного контроля ведет к неполной декларации рыбаками-любителями, осуществляющими легально (по лицензии) лов по принципу «поймал-изъял», своего улова. Кроме того, ряд граждан ловит семгу, не имея разрешительных документов. Например, на р. Тулома на основании данных о возврате меток установлено, что нелегальный лов семги в этой реке доминирует над легальным (Самохвалов,

Прусов, Зубченко, 2014). Проблема ННН-лова приобретает все большее значение во всех регионах. В частности, в бассейне Северной Двины браконьерство направлено в первую очередь на ценные виды рыб лососево- сигавого комплекса и сопровождается массовым истреблением рыб всех возрастных групп (Новоселов, Студенов, 2014).

В сложившейся ситуации представляется наиболее целесообразной консолидация усилий Мурманского филиала ФГБУ «Главрыбвод», осуществляющего искусственное воспроизводство атлантического лосося, и Североморского бассейнового управления Росрыболовства, отвечающего за рыбоохрану, а также привлечение заинтересованных организаций, занимающихся туристическим рыболовным бизнесом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на то, что Кольский п-ов остается одним из немногих регионов, где численность атлантического лосося в целом относительно высока, благополучное состояние воспроизводства сохраняется только в труднодоступных реках. В наиболее густонаселенных районах полуострова естественные популяции семги испытывают значительный пресс в основном от последствий гидростроительства и ННН-лова.

Наше исследование показало, что малые реки, расположенные в Кандалакшском районе, в большой степени подвержены антропогенному воздействию. В настоящее время плотность расселения молоди семги на выростных участках рек Колвица, Канда и Ковда очень низкая. В р. Лувеньга в течение нескольких лет наблюдается отсутствие атлантического лосося.

В качестве одной из мер, направленных на сохранение популяций семги, рекомендовано ее искусственное разведение. Примеры восстановления почти исчезнувших или находившихся в депрессивном состоянии популяций лосося известны. В недалекой ретроспективе за счет рыбоводных работ, в сочетании с охранными мероприятиями, численность атлантического лосося в р. Лувеньга удавалось поддерживать на уровне нескольких сотен экземпляров.

Рекомендации по выпуску молоди атлантического лосося в перечисленные реки, ежегодно предоставляемые Полярным филиалом, к сожалению, до сих пор не реализованы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев, М.Ю. Причины депрессивного состояния стада атлантического лосося реки Варзуга (Кольский полуостров) /

М.Ю. Алексеев, А.В. Зубченко // Ученые записки ПетрГУ. – 2017. – № 2 (163). – С. 16-23.

Веселов, А.Е. Экологические и поведенческие основы воспроизводства атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в реках Восточной Фенноскандии: специальность 03.00.10 «Ихтиология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / А.Е. Веселов. – Москва, 2006. – 50 с.

Демиденко, Н.А. Гидрологические и экологические условия водоемов губы Канды, отделенной от Белого моря фильтрующей дамбой / Н.А. Демиденко, А.С. Саввичев, А.В. Савенко // Материалы Всероссийской научной конференции «Поздне- и постгляциальная история Белого моря: геология, тектоника, седиментационные обстановки, хронология»: сборник статей / электронное издание сетевого распространения / коллектив авторов. – М.: «КДУ», «Добросвет», 2018.

Иванов, Н.О. Особенности гидрофауны Канда-губы Белого моря / Н.О. Иванов, В.П. Китаев, А.В. Чеченков // Итоги и перспективы изучения биологических ресурсов Белого моря. – Л.: ЗИН АН СССР, 1983. – С. 37-44.

Новоселов, А.П. Факторы техногенного воздействия на бассейн реки Северной Двины / А.П. Новоселов, И.И. Студенов // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – № 2. – С. 32-40.

Реестр лососевых рек Мурманской области. Бассейн Белого моря / А.В. Зубченко, М.Ю. Алексеев, С.И. Долотов [и др.]; отв. А.В. Зубченко. – Мурманск: ПИПРО, 2018. – 308 с.

Самохвалов, И.В. Нелегальный лов атлантического лосося *Salmo salar* в бассейне Нижне-Тулумского водохранилища Мурманской области / И.В. Самохвалов, С.В. Прусов, А.В. Зубченко // Вопросы рыболовства. – 2014. – Т. 15. – №1. – С. 111-117.

Смирнова, Т.С. Донная фауна губы Канда Белого моря / Т.С. Смирнова // Гидробиологический журнал. – 1965. – Т.1, №4. – С. 27-33.

Черницкий, А.Г. Биология заводской молоди семги после выпуска в реку / А.Г. Черницкий, А.А. Лоенко. – Апатиты: Изд-во КНЦ АН СССР, 1990. – 120 с.

БЫСТРЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ НОВОЙ ПОРОДЫ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (*PARASALMO MYKISS*)

**В.С. Артамонова¹, Н.В. Бардуков¹, Я.В. Кондратенко², А.А. Махров¹,
А.Ю. Рольский³, А.Н. Степанова², В.А. Янковская²**

¹ *Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН
(ИПЭЭ РАН), г. Москва*

² *АО «Племенной форелеводческий завод «Адлер», г. Адлер*

³ *Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«ПИНРО» им. Н.М. Книповича), г. Мурманск*

Аннотация. Сравнение породы радужной форели «Августин», которую начали создавать в 1997 г., и исходной породы «Камлоопс» по шести полиморфным микросателлитным локусам позволило выявить генетические различия между ними.

Ключевые слова: радужная форель, селекция, эволюция, отбор, микросателлиты, время нереста.

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос о скорости эволюции, и в частности молекулярной эволюции, все чаще обсуждается в биологической литературе (обзоры: Махров, 2019; Ayala, 1999; Recalibrating the molecular..., 2019), при этом копятся многочисленные факты, опровергающие широко распространенную гипотезу «молекулярных часов» (Origin of a divergent..., 2017; Bursts of amino..., 2019; Round-the-World Voyage..., 2022). Проблема скорости молекулярной эволюции имеет не только теоретическое, но и практическое значение: так, селекционерам важно знать, как быстро могут возникнуть генетические различия между новой и исходной породами.

Прояснить этот вопрос удалось в ходе нашего исследования, проведенного на базе Племенного форелеводческого завода «Адлер». Здесь на основе породы «Камлоопс», которая в этом хозяйстве нерестится в октябре-ноябре, с 1997 г. ведется селекция в целях создания новой породы радужной форели с необычайно ранним временем нереста (август-сентябрь) с рабочим названием «Августин».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нами изучены выборки всех шести пород радужной форели, маточные стада которых содержатся в хозяйстве АО «Племенной форелеводческий завод «Адлер». От производителей прижизненно был получен биологический материал для генетического анализа (фрагменты

жировых плавников). От производителей пород «Дональдсон», «Стальноголовый лосось», «Камлоопс», «Августин» материал взят 7 сентября 2021 г., от производителей пород «Адлер» и «Адлерская янтарная» – 23 декабря 2021 г. Данные о производителях, использованных для генетического анализа, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сведения о производителях, использованных для генетического анализа пород радужной форели в хозяйстве АО «Племенной форелеводческий завод «Адлер»

Порода	Пол	Возраст, лет	Кол-во особей
«Адлер»	Самки	2.	25
	Самцы	1.	25
«Адлерская янтарная»	Самки	4.	25
	Самцы	2.	25
«Дональдсон»	Самки	3+	25
	Самцы	1+	25
«Стальноголовый лосось»	Самки	3+	25
	Самцы	2+	25
«Камлоопс»	Самки	3.	25
	Самцы	2.	25
«Августин»	Самки	4.	25
	Самцы	2.	25

Фрагменты жировых плавников помещали в индивидуальные пробирки, маркировали, а затем фиксировали 96 %-ным этанолом в соотношении 1:5. Методика выделения ДНК подробно описана в работе (Генетическая дифференциация пород..., 2016).

Для генетического анализа использовали шесть микросателлитных локусов, характеристики которых представлены в табл. 2 и 3. Для этих локусов известно их положение на хромосомах в геноме радужной форели (A type I and..., 2006), и эти сведения также приводятся в табл. 3.

Набор изученных микросателлитных локусов в основном соответствует тому, который был использован нами при генетическом анализе пород радужной форели ранее (Генетическая дифференциация пород..., 2016). В настоящем исследовании этот набор был дополнен высокополиморфным локусом *Ssa407*, но из анализа исключен локус *Ssa408*, локализованный в половой хромосоме. Дополнительно следует отметить, что локус, обозначенный в настоящем исследовании как *One102*, фигурировал в наших предыдущих исследованиях как локус *Omy1300*: здесь и далее мы будем употреблять его название согласно первоисточнику (Characterization of 14..., 2000).

В табл. 2 приведены также сведения о флуоресцентных красителях, которыми были помечены прямые праймеры (а), использованные в настоящем исследовании. Праймеры ко всем микросателлитным локусам

были синтезированы на базе биотехнологической компании ООО «Синтол» (<http://www.syntol.ru>). Методика амплификации фрагментов ДНК микросателлитных локусов подробно описана ранее (Генетическая дифференциация пород..., 2016).

Фрагментный анализ проводили с использованием 8-капиллярного генетического анализатора «НАНОФОР-05» (производитель ООО «Синтол» совместно с Институтом аналитического приборостроения РАН) на базе Межинститутского Центра коллективного пользования «ГЕНОМ» ИМБ РАН.

Таблица 2

Праймеры, использованные при анализе микросателлитных локусов

Локус	Праймеры (на 5'– конце в скобках приведено название использованного красителя, если праймер был помечен)	Литературный источник
<i>Omy 1001</i>	(a): 5'-(FAM)-GATTCCATAACCTCGCCTTC-3' (b): 5'-GTCCTTGTGCTGCCTGCT-3'	Development and characterization..., 2005
<i>Omy 1212</i>	(a): 5'-(FAM)-ACTCACSTAACCCTGTCAGCAATG-3' (b): 5'-TGAAAGGGATGGGTTATTATACAGCCC-3'	То же
<i>One 102</i>	(a): 5'-(R6G)-CATGGAGAAAAGACCAATCA-3' (b): 5'-TCACTGCCCTACAACAGAAG-3'	Characterization of 14..., 2000
<i>One 111</i>	(a): 5'-(R6G)-ATGACCAAGGAGCTTCTGC-3' (b): 5'-TATCCAGGTACTCCACTGGC-3'	То же
<i>Ssa 197</i>	(a): 5'-(TAMRA)-GGGTTGAGTAGGGAGGCTTG-3' (b): 5'-TGGCAGGGATTTGACATAAC-3'	Rapid analysis of..., 1996
<i>Ssa 407</i>	(a): 5'-(ROX)-TGTGTAGGCAGGTGTGGAC-3' (b) 5'-CACTGCTGTTACTTTGGTGATTC-3'	Cairney, Taggart, Hoyheim..., 2000

Таблица 3

Повторяющиеся элементы микросателлитных локусов и их локализация в геноме радужной форели

Локус	Повторяющийся элемент локуса (по литературным данным)	Локализация локусов в геноме	Литературный источник
<i>Omy 1001</i>	(CTGT) ₂ ...(GTCT) ₂ ... (GTCT) ₂ ...(GTCT) ₁₅	Хромосома 18	Development and characterization..., 2005
<i>Omy 1212</i>	(GACA) ₁₃ ...(GACA) ₁₄	Хромосома 12	То же
<i>One 102</i>	(ATCT) ₁₀	Хромосома 31	Characterization of 14..., 2000
<i>One 111</i>	(TAGA) ₂₁	Хромосома 10	То же
<i>Ssa 197</i>	(GT) ₅ C(TG) ₄ TC(TG) ₃ A(GTGA) ₁₅	Хромосома 21	Rapid analysis of..., 1996
<i>Ssa 407</i>	(GACA) ₃₇	Хромосома 2A	Cairney, Taggart, Hoyheim..., 2000

Анализ каждого образца проводили в два этапа, что связано с ограниченностью числа флуоресцентных красителей, которые способен детектировать прибор. Первая мультилокусная проба (№ 1) содержала ПЦР-продукты локусов *Omy1001* (метка – FAM, 1 нг ПЦР-продукта в

1 мкл), *One102* (R6G, 0,8 нг/мкл), *Ssa197* (TAMRA, 3-5 нг/мкл) и *Ssa407* (ROX, 3-5 нг/мкл), вторая (№ 2) – продукты локусов *Omy1212* (FAM, 1 нг/мкл) и *One111* (R6G, 0,8 нг/мкл).

Для сравнения пород между собой, а также для оценки возможности определять в будущем принадлежность конкретных особей к той или иной породе применяли компьютерную программу Structure 2.3.4. Исходными данными в этом случае служили сведения об аллелях шести полиморфных микросателлитных локусов, локализованных в аутосомах, причем данные о самцах и самках каждой породы представляли как данные об отдельных выборках рыб. Расчетное количество кластеров составляло от 1 до 12, количество итераций 10. Число повторностей для метода Монте-Карло с марковскими цепями было равно 100 000.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов, полученных при помощи программы Structure 2.3.4. на основе сведений об аллелях шести микросателлитных локусов, локализованных в аутосомах, показал, что все изученные породы хорошо различаются между собой (см. рисунок). При этом группы самцов и самок каждой породы, в том случае, когда количество кластеров было равно шести (числу пород), кластеризовались друг с другом, несмотря на то, что они относились к разным поколениям.

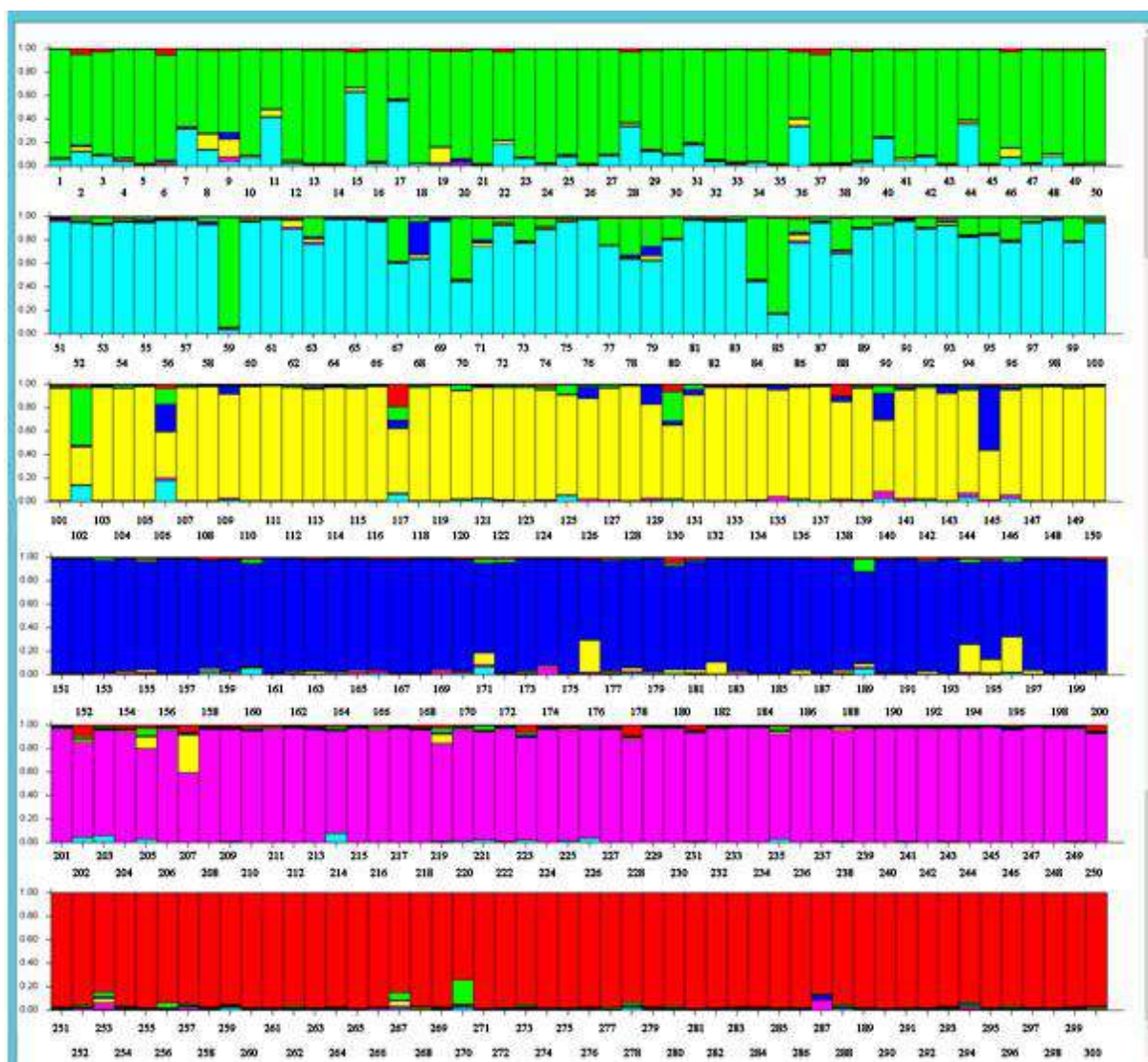
Проведенная паспортизация всех пород радужной форели АО «Племенной форелеводческий завод «Адлер» позволит при необходимости устанавливать в дальнейшем принадлежность к определенной породе посадочного материала или рыбной продукции, реализуемых хозяйством.

С теоретической точки зрения, большое значение имеет наличие генетических различий между породами «Камлоопс» и «Августин», хотя с момента деления этих пород прошло только 25 лет (около 12 поколений). Разделение этих пород может служить хорошей моделью образования экологических форм рыб, отличающихся по времени нереста, в природе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные показывают, что генетические различия по микросателлитным локусам могут возникать при наличии селекции всего за несколько поколений (в нашем случае примерно за 12 поколений). Это позволяет эффективно использовать микросателлиты для генетической паспортизации пород, но показывает нецелесообразность их применения для оценки таксономического статуса природных популяций, поскольку

различия между этими популяциями могут быстро возникать и разрушаться при изменении условий обитания, приводящих к изменению направления или силы действия естественного отбора.



Графическое представление вероятности принадлежности индивидуальных рыб к одной из шести пород/породных линий (Structure 2.3.4.): «Августин» – зеленый цвет, «Камлоопс» – голубой цвет, «Дональдсон» – желтый цвет, «Стальноголовый лосось» – синий цвет, «Адлер» – розовый цвет, «Адлерская янтарная» – красный цвет. В анализ были взяты следующие выборки рыб: 1-25 – «Августин» (самки 4.), 26-50 – «Августин» (самцы 2.), 51-75 – «Камлоопс» (самки 3.), 76-100 – «Камлоопс» (самцы 2.), 101-125 – «Дональдсон» (самки 3+), 126-150 – «Дональдсон» (самцы 1+), 151-175 – «Стальноголовый лосось» (самки 3+), 176-200 – «Стальноголовый лосось» (самцы 2+), 201-225 – «Адлер» (самки 2.), 226-250 – «Адлер» (самцы 1.), 251-275 – «Адлерская янтарная» (самки 4.), 276-300 – «Адлерская янтарная» (самцы 2.)

Статья подготовлена в рамках государственного задания (тема 6: Экология и биоразнообразие водных сообществ 0109-2018-0076 АААА-А18-118042490059-5).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Генетическая дифференциация пород радужной форели (*Parasalmo mykiss*), разводимых в Российской Федерации / В.С. Артамонова, В.А. Янковская, В.М. Голод [и др.] // Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. – 2016. – Вып. 73. – С. 25-45.

Махров, А.А. Снижение эволюционной пластичности в результате филогенетической иммобилизации и его экологическое значение / А.А. Махров // Сибирский экологический журнал. – 2019. – № 5. – С. 491-505.

A type I and type II microsatellite linkage map of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with presumptive coverage of all chromosome arms / R. Guyomard, S. Mauger, K. Tabet-Canale [et al.] // BMC Genomics. – 2006. – Vol. 7. – P. 302.

Ayala, F.J. Molecular clock mirages / F.J. Ayala // BioEssays. – 1999. – Vol. 21. – P. 71-75.

Bursts of amino acid replacements in protein evolution / A.V. Stolyarova, G.A. Bazykin, T.V. Neretina, A.S. Kondrashov // R. Soc. open sci. – 2019. – Vol. 6: 181095.

Cairney, M. Characterization of microsatellite and minisatellite loci in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and cross-species amplification in other salmonids / M. Cairney, J.B. Taggart, B. Hoyheim // Molecular Ecology. – 2000. – Vol. 9. – P. 2155-2234.

Characterization of 14 tetranucleotide microsatellite loci derived from sockeye salmon / J.B. Olsen, S.L. Wilson, E.J. Kretschmer [et al.] // Molecular Ecology. – 2000. – Vol. 9. – P. 2155-2234.

Development and characterization of novel tetra-, tri-, and dinucleotide microsatellite markers in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / I.B. Spies, D.J. Brasier, T.L. O'Reilly [et al.] // Molecular Ecology Notes. – 2005. – Vol. 5. – P. 278-281.

Origin of a divergent mtDNA lineage of a freshwater snail species, *Radix balthica*, in Iceland: cryptic glacial refugia or a postglacial founder event? / I.N. Bolotov, O.V. Aksenova, Y.V. Bepalaya [et al.] // Hydrobiologia. – 2017. – Vol. 787. – P. 73-98.

Rapid analysis of genetic variation in Atlantic salmon (*Salmo salar*) by PCR multiplexing of dinucleotide and tetranucleotide microsatellites /

P.T. O'Reilly, L.C. Hamilton, S.K. McConnell [et al.] // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 1996. – Vol. 53. – P. 2292-2298.

Recalibrating the molecular clock for Arctic marine invertebrates based on DNA barcodes / T. Loeza-Quintana, C.M. Carr, T. Khan [et al.] // Genome. – 2019. – Vol. 62. – P. 200-216.

Round-the-World Voyage of the Threespine Stickleback (*Gasterosteus aculeatus*): Phylogeographic Data Covering the Entire Species Range / V.S. Artamonova, N.V. Bardukov, O.V. Aksenova [et al.] // Water. – 2022. – Vol. 14. – 2484.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДОБЫЧИ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В ИЭЗ РОССИИ

С.Э. Астафьев, В.В. Акишин, И.Г. Истомин

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва*

Аннотация. Статья посвящена вопросу разработки техники и тактики добычи тихоокеанских лососей в ИЭЗ России, где объект еще не подвержен преднерестовым изменениям. Дано обоснование возможности использования на промысле орудий лова кошелькующегося типа, представлены конструктивные характеристики, тактики лова.

Ключевые слова: тихоокеанский лосось, эффективность орудия лова, кошельковый невод, время застоя, возможный улов.

ВВЕДЕНИЕ

До 2016 г. российские рыбопромышленные предприятия успешно добывали дрифтерными сетными порядками тихоокеанских лососей на путях преднерестовых миграций. Однако Федеральным законом от 29 июня 2015 г. № 208-ФЗ с 1 января 2016 г. было запрещено применение плавных (дрифтерных) сетей при осуществлении промышленного рыболовства, рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях и прибрежного рыболовства анадромных видов рыб во внутренних морских водах Российской Федерации, территориальном море Российской Федерации и исключительной экономической зоне Российской Федерации (Федеральный закон от..., 2015).

Пойманный в море лосось по содержанию полезных веществ и вкусовым качествам значительно превосходит рыбу, пойманную у берега. Качество пойманного в ИЭЗ РФ тихоокеанского лосося («серебрянка») подтверждается исследованиями российских ученых по химическому составу и технологическим свойствам рыб (Справочник по химическому составу ..., 1998).

В настоящее время основной промысел тихоокеанских лососей ведется в прибрежных морских водах или реках. Орудия, используемые для облова лососей, уже подошедших к местам нереста в прибрежной полосе и реках, не позволяют эффективно облавливать их в районах миграций, где лососевые еще сохраняют «нагульное» поведение и не создают плотных скоплений, на облов которых и рассчитаны прибрежные орудия.

В этой связи встал вопрос о создании орудий, обеспечивающих экономически выгодный лов тихоокеанских лососей, для чего необходимо биотехническое обоснование параметров орудий лова.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен анализ литературы, в которой рассматриваются особенности биологии тихоокеанских лососей и технические возможности применения орудий добычи (вылова) кошелькующегося типа для промысла поверхностных объектов лова.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее важными характеристиками объекта лова при биотехническом обосновании орудий лова (Мельников, 1979) являются вертикальное распределение в районе промысла, плотность скоплений, дистанция реагирования на элементы орудия лова, скорость движения в естественном состоянии и при реагировании на раздражитель.

На основе анализа промыслово-биологических характеристик объекта лова установлено, что орудие добычи (вылова), предназначенное для эффективного облова тихоокеанских лососей, должно обеспечивать облов верхнего слоя воды от поверхности до глубин 0-40 м и обладать высокой промысловой мощностью, которая является результативной мощностью промыслового оборудования и позволяет облавливать максимально возможный объем воды с высокой уловистостью.

Из особенностей условий обитания, поведения тихоокеанских лососей в открытом море и требований правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна (Приказ Минсельхоза России от 06.05.2022 г. № 285, электронный ресурс) следует, что для добычи тихоокеанских лососей в исключительной экономической зоне и территориальном море России за пределами прибрежных рыболовных участков возможно применять следующие типы орудий лова: кошельковые невода со стяжным тросом и без него (лампары), одноботные и близнецовые разноглубинные тралы; поверхностные ловушки.

Для обоснования выбора типа и конструктивных особенностей орудий лова, способных обеспечить эффективный промысел тихоокеанских лососей на путях миграции в морских водах, необходимо сравнить показатели потенциальной эффективности этих типов орудий лова.

Для оценки работы различных групп рыболовных комплексов, оснащенных разным оборудованием, А.И. Трещев (1983) предложил использовать эффективность лова (\mathcal{E}), определяемую как отношение улова

(C), полученного рыболовным комплексом в определенном районе за определенное время, к объему обловленного водного пространства за то же время:

$$\mathcal{E} = C/V. \quad (1)$$

Эффективность лова представляет собой улов, получаемый с единицы обловленного орудием добычи объема за единицу времени. Под обловленным объемом воды понимается объем, на который распространяется действие рыболовного орудия, а находящиеся в нем промысловые объекты имеют потенциальную возможность быть пойманными данными орудиями за данное время лова.

В результате установлено, что наибольшие значения эффективности лова тихоокеанских лососей в морской период жизни имеют кошельковый невод ($0,014 \text{ кг/м}^3$ за сутки) и лампара ($0,001 \text{ кг/м}^3$ за сутки), показатели для разноглубинных тралов, близнецовых разноглубинных тралов и поверхностных ловушек составляют $0,0006$; $0,0006$ и $0,0004 \text{ кг/м}^3$ за сутки соответственно (Истомин, Гордеев, 1922).

При облове тихоокеанских лососей в период нагульных миграций следует учитывать, что этот объект в отличие от основных объектов кошелькового промысла не создает плотных косяков, т.е. облавливаются не косяки рыб, а ходовая рыба, перемещающаяся в разреженном состоянии. Следовательно, для эффективного промысла тихоокеанских лососей следует применять тактику лова с периодом концентрации рыб в зоне действия кошелькового невода. После постановки невода по полуокружности необходимо выждать время, за которое в зоне действия невода плотность объекта будет составлять величину, близкую или равную максимально возможной для тихоокеанских лососей величине.

При лове происходят застои кошелькового невода с охватом им некоторого пространства водоема и поступление мигрирующей рыбы в незакрытый невод. В этом случае обловленное пространство определяют как сумму трех объемов или площадей (см. рисунок).

На основе представленной схемы выведена зависимость времени застоя кошелькового невода (t) от параметров лова:

$$t = \frac{L^2 \rho_{max} v_{ц} - 2k_c L^2 \rho_0 v_{ц} - 12k_c L v_p}{8k_c L \rho_0 v_p v_{ц}}, \quad (2)$$

где L – длина кошелькового невода;
 $v_{ц}$ – скорость судна на циркуляции;
 k_c – коэффициент уловистости.

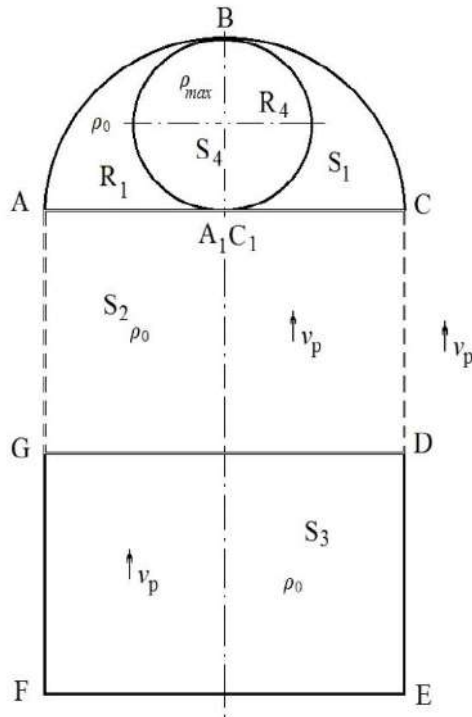


Схема лова тихоокеанских лососей с застоем кошелькового невода:

S_1 – площадь зоны, обметанной кошельковым неводом по полуокружности ABC;
 S_2 – площадь зоны (ACDG), с которой осуществляется подход за время, равное длительности выметывания невода по траектории ABC; S_3 – площадь зоны (GDEF), с которой осуществляется подход в период застоя; S_4 – площадь обметанной зоны на конечной стадии кошелькования (A_1BC_1); R_1 – радиус обметанной по полуокружности зоны ABC; R_4 – радиус обметанной на конечной стадии кошелькования зоны (A_1BC_1); v_p – скорость перемещения мигрирующего тихоокеанского лосося; ρ_0 – плотность рыб в районе лова; ρ_{max} – максимально возможная плотность рыб в обметанном пространстве, при котором рыбы не проявляют реакции избегания и ухода из зоны облова

Длина кошелькового невода для добычи (вылова) тихоокеанских лососей в период преднерестовой миграции в зависимости от типа судна 630-1050 м.

В зависимости от района работ и расстояния до берега плотность тихоокеанских лососей в ИЭЗ РФ и территориальном море колеблется от 0,001 до 0,003 экз./м² (Гидрологический и гидроакустический..., электронный ресурс).

Значения времени застоя и возможного улова для различных типов сейнеров, неводов и концентраций рыб в районе лова при коэффициенте уловистости кошелькового невода, равном 0,7 (Трещев, 1983), представлены в табл. 1.

Анализируя данные, представленные в табл. 1, можно заключить, что при плотности распределения рыб 0,001 экз./м² независимо от длины кошелькового невода время застоя превышает 60 мин.

Таблица 1

**Время застоя для различных типов судов, длин неводов и концентрации рыб
в районе лова**

Тип судна	Длина невода, м	Концентрация рыб в районе, экз./м ²	Время застоя, мин	Возможный улов за цикл, экз.	Чистое время на лову, мин
РС-300	600	0,001	79	720	179
То же	600	0,002	37	720	137
«»	600	0,003	23	720	123
«»	650	0,001	86	850	191
«»	650	0,002	40	850	145
«»	650	0,003	25	850	130
«»	700	0,001	93	980	203
«»	700	0,002	44	980	154
«»	700	0,003	27	980	137
СРТМ типа «Ольга»	750	0,001	101	1130	216
То же	750	0,002	48	1130	163
«»	750	0,003	30	1130	145
«»	850	0,001	115	1450	240
«»	850	0,002	54	1450	179
«»	850	0,003	34	1450	159
«»	950	0,001	129	1800	259
«»	950	0,002	61	1800	191
«»	950	0,003	38	1800	168
СРТМ типа «Железный поток»	750	0,001	101	1130	216
То же	750	0,002	47	1130	162
«»	750	0,003	30	1130	145
«»	850	0,001	115	1450	240
«»	850	0,002	54	1450	179
«»	850	0,003	34	1450	159
«»	950	0,001	129	1800	259
«»	950	0,002	61	1800	191
«»	950	0,003	38	1800	168
СТР типа «Надежный»	750	0,001	101	1130	216
То же	750	0,002	47	1130	162
«»	750	0,003	30	1130	145
«»	850	0,001	115	1450	240
«»	850	0,002	54	1450	179
«»	850	0,003	34	1450	159
«»	950	0,001	129	1800	259
«»	950	0,002	61	1800	191
«»	950	0,003	38	1800	168
«»	850	0,001	116	1450	241
«»	850	0,002	54	1450	179
«»	850	0,003	34	1450	159
«»	950	0,001	130	1800	260
«»	950	0,002	61	1800	191
«»	950	0,003	38	1800	168
«»	1050	0,001	144	2200	284
«»	1050	0,002	67	2200	207
«»	1050	0,003	42	2200	182

При концентрации тихоокеанских лососей, равной 0,002 экз./м², возможно вести лов судами типа РС-300 с более короткими кошельковыми неводами длиной от 700 м и менее.

Наиболее приемлемо проводить промысел тихоокеанских лососей кошельковыми неводами длиной 750 м и более сейнерами с мощностью главного двигателя не менее 800 л.с. в ИЭЗ РФ и территориальном море в районах с концентрацией 0,003 экз./м². При работе в районах с такой концентрацией время застоя составляет порядка 30 мин. Полукасовой интервал застоя кошелькового невода отмечается и Н.Н. Андреевым (1964) при описании работы американо-канадскими рыбаками.

Техника замета с застоем невода приемлема при отсутствии в районе промысла сильных ветров и течений.

При неблагоприятных условиях (ветер, течения) предлагается применять орудия лова кошелькующегося типа, сочетающие в себе элементы кошелькового и закидного неводов. Первая конструкция представляет собой сочетание кошелькового невода длиной 600 м (пятная часть) и одного бежного крыла меньшей высоты длиной 1200 м, выборку которого на начальной стадии осуществляет одно судно. Вторая конструкция – сочетание кошелькового невода длиной 600 м и двух удлиненных крыльев меньшей высоты длиной по 1200 м, выборку которых на начальной стадии осуществляют два суда. Расчетная результативность добычи тихоокеанских лососей указанными конструкциями представлена в табл. 2.

Таблица 2

Возможный улов кошельковых неводов с удлиненными крыльями

Конструкция орудия лова	Концентрация рыб в районе лова (промысла), экз./м ²	Возможный улов, экз.
Невод с одним удлиненным крылом	0,001	180
То же	0,002	360
«»	0,003	540
Невод с двумя удлиненными крыльями	0,001	500
То же	0,002	1000
«»	0,003	1500

При сильных поверхностных течениях и ветре в районе добычи (вылова) эффективный лов разреженных концентраций тихоокеанского лосося могут обеспечить невод с двумя удлиненными крыльями при всех концентрациях рыб в районе лова и невод с одним бежным крылом при концентрации 0,003 экз./м².

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В морских и океанических водах северной части Тихого океана для добычи тихоокеанских лососей наиболее перспективно использовать орудия добычи (вылова) кошелькующегося типа. Применение орудий такого типа позволит облавливать тихоокеанских лососей, не подверженных преднерестовым изменениям («серебрянку»).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Андреев, Н. Н. Теория лова тихоокеанских лососевых кошельковыми неводами / Н.Н. Андреев // Труды Калининградского технического института рыбной промышленности и хозяйства. – 1964. – Вып. 17. – С. 38-42.

Гидрологический и гидроакустический мониторинг в Камчатском заливе. – Текст: электронный // КамчатНИРО. – URL: http://kamniro.vniro.ru/presscenter/news/gidrologicheskij_i_gidroakusticheskij_monitoring_v_kamchatskom_zalive (дата обращения 17.01.2023).

Истомин, И.Г. Оценка эффективности различных типов орудий добычи (вылова) тихоокеанских лососей / И.Г. Истомин, И.И. Гордеев // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса: материалы X междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов (г. Москва, 10-11 нояб. 2022 г.), ФГБНУ «ВНИРО». – М.: ВНИРО, 2022. – С. 338-341.

Мельников, В.Н. Биотехническое обоснование показателей орудий и способов промышленного рыболовства / В.Н. Мельников – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 376 с.

Приказ Минсельхоза России от 06.05.2022 г. № 285 «Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна». – Текст: электронный // КонсультантПлюс. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 19.01.2023).

Справочник по химическому составу и технологическим свойствам морских и океанических рыб / В.П. Быков, Г.П. Ионас, Г.Н. Головкова [и др.]. – М.: ВНИРО. – 1998. – 224 с.

Трещев, А.И. Интенсивность рыболовства / А.И. Трещев. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 236 с.

Федеральный закон от 29 июня 2015 г. № 208-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов». – Текст: электронный // КонсультантПлюс. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 18.01.2023).

ОЦЕНКА ИКРЫ РУЧЬЕВОГО ГОЛЬЦА *SALVELINUS FONTINALIS*, ВЫРАЩЕННОГО В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

И.В. Байдаров

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва

Аннотация. Статья посвящена изучению влияния массы самок ручьевого гольца, выращенного в искусственных условиях, на количественные и качественные показатели полученной икры. Выявлено, что у самок с большей массой достоверно выше рабочая плодовитость.

Ключевые слова: ручьевого голец, воспроизводство, икра, рабочая плодовитость, относительная плодовитость.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях естественные ареалы многих ценных видов рыб стремительно сокращаются (Коновалов, 2015; Решетников, Попова, Новоселов, 2016). Например, в водоемах Московской области (в основном это касается малых рек) еще не так давно обитали такие ценные виды рыб, как европейский хариус (*Thymallus thymallus*) и ручьевая форель (*Salmo trutta morfa fario*), теперь об этом остались только исторические свидетельства (Кириков, 1966). В ряде случаев сокращение естественных ареалов связано с хозяйственной деятельностью человека. Часто после исчезновения ценных видов рыб их нишу занимают частичковые виды, а в некоторых случаях водоемы пустеют совсем (Scientists' Warning to..., 2020).

Таким образом, важным представляется сохранение и восполнение природных популяций исчезающих и сокращающихся видов рыб (Emerging threats and..., 2019). Искусственное разведение ценных видов лососевых рыб может способствовать также освоению и расширению ареалов обитания (Искусственное воспроизводство рыб..., 2015).

Ручьевой голец (*Salvelinus fontinalis*) – ценный объект интродукции, поэтому разработку метода подготовки жизнестойкого малька этого вида для малых рек следует считать актуальной задачей.

В доступной литературе сведения об искусственном разведении и воспроизводстве ручьевого гольца *Salvelinus fontinalis* сокращающихся популяций крайне скудны.

Одним из важных шагов в создании устойчивого аквакультурного производства любых новых видов является налаживание репродуктивного цикла в неволе. Таким образом, производство в инкубаториях станет неза-

висимым от дикого поголовья, и в дальнейшем может быть разработана программа разведения. Контроль цикла размножения требует глубокого понимания поведения вида, физиологии, требований окружающей среды и т.д. (The actions of..., 2010; Jeuthe, Brännäs, Nilsson, 2013).

Цель настоящей работы заключается в отработке технологии выращивания и воспроизводства ручьевого голец (*Salvelinus fontinalis*) для интродукции в водоемы России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлся ручьевого голец (*Salvelinus fontinalis*): половозрелые особи и их потомство. Ручьевого голец был завезен в виде икры на стадии глазка из рыбоводного хозяйства Латвии в количестве 10 000 шт. Доинкубация и дальнейшее выращивание производились в Аквариальной лаборатории РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Икру инкубировали при температуре от 4 до 6 °С в системе замкнутого цикла с фильтрацией и аэрацией.

Кормление полученных личинок осуществлялось стартовым форелевым комбикормом, замороженными дафнией (*Daphnia pulex*) и взрослыми рачками артемии (*Artemia salina*) четыре раза в сутки по поедаемости. Контроль поедаемости проводился визуально, по оценке упитанности личинки и малька, а также по остаткам корма на дне и внутренней поверхности аквариумов. Молодь кормили продукционными форелевыми комбикормами.

При достижении рыбами половозрелого возраста (2 года) самцов и самок рассаживали в разные аквариумы. Кормление проводили форелевыми комбикормами для производителей.

Для воспроизводства у производителей проводили отбор половых продуктов, осеменение и инкубацию икры.

Икру от каждой самки инкубировали отдельно на деревянных рамках с сетками в аквариумах с фильтрацией и аэрацией. Там же осуществляли выдерживание предличинки. Незадолго до подъема на плав личинок от каждой самки выпускали в отдельные аквариумы.

Во время выращивания отработывали технологические элементы – определяли оптимальные режимы содержания: температуру воды, плотность посадки, корма, кратность кормления и т.д.

В настоящей работе представлена сравнительная оценка икры от самок разной массы: 1-я группа (n=12) – от 250 до 410 г массы (мелкие); 2-я группа (n=12) – от 410 до 570 г массы (крупные).

Икру оценивали по количеству, массе и диаметру.

Цифровые данные обрабатывали методом вариационной статистики по Стьюденту. Достоверными считались различия при $P \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты работы показали успешность разведения ручьевого гольца в искусственных условиях.

По массе тела рыбы обеих групп достоверно различались между собой, что закономерно вытекает из условий постановки опыта.

В результате исследований выявлено, что у крупных самок рабочая плодовитость выше почти на 50 % (см. таблицу).

Зависимость размеров икры от массы самки

Показатель	Мелкие самки	Крупные самки
Масса тела, г	350,0±14,5	485,8±31,9*
Рабочая плодовитость, шт.	919,9±70,4	1386,6±167,3*
Относительная плодовитость, шт./кг	2626±140	2854±190
Масса икринки, мг	42,0±2,7	38,2±2,4
Диаметр икринки, мм	4,11±0,08	4,02±0,08
Выживаемость, %	32,6±11,4	13,4±8,2

*Различия достоверны ($P \leq 0,05$).

Достоверных различий по массе и размеру икринок от крупных и мелких самок не отмечено. Относительная плодовитость (на единицу массы) не зависела от массы самки. По выживаемости эмбрионов также не было достоверных различий между крупными и мелкими самками. Можно говорить лишь о тенденции увеличения выживаемости икры у мелких самок: средние значения более чем в два раза выше у самок с меньшей массой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка половых продуктов самок ручьевого гольца, выращенного в искусственных условиях, показала, что рабочая плодовитость больше у крупных самок. Зависимость размеров икры и выживаемости эмбрионов от массы тела самки не обнаружена.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Кириков, С.В. Промысловые животные, природная среда и человек / С.В. Кириков. – Москва, 1966. – С. 258-272.

Коновалов, А.Ф. Основные итоги работ по акклиматизации рыб в водоемах Вологодской области / А.Ф. Коновалов // Вестник АГТУ. – Сер.: Рыбное хозяйство, 2015. – № 2. – С. 7-14.

Искусственное воспроизводство рыб на Северо-Западе России / В.В. Костюничев, В.А. Богданова, А.К. Шумилина, И.Н. Остроумова // Труды ВНИРО. – 2015. – Т. 153. – С. 26-41.

Решетников, Ю.С. Современное состояние лососеобразных рыб в водоемах европейского Северо-Востока / Ю.С. Решетников, О.А. Попова, А.П. Новоселов // Труды ВНИРО. – 2016. – Т. 162. – С.6-11.

Scientists' Warning to Humanity: Rapid degradation of the world's large lakes / J.-Ph. Jenny, O. Anneville, F. Arnaud [et al.]. – DOI.org / 10.1016/j.jglr.2020.05.006 // Journal of Great Lakes Research. – 2020. – Vol. 46(4). – P. 686-702.

Jeuthe, H. Effects of egg size, maternal age and temperature on egg, viability of farmed Arctic charr / H. Jeuthe, E. Brännäs, J. Nilsson. – Aquaculture. – 2013. – Vol. 408-409. – P. 70-77.

The actions of in ovo cortisol on egg fertility, embryo development and the expression of growth-related genes in rainbow trout embryos, and the growth performance of juveniles / M. Li, D.P. Bureau, W.A. King, J.F. Leatherland // Molecular Reproduction and Development. – 2010. – Vol. 77(10). – P. 922-931.

Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity / A.J. Reid, A.K. Carlson, I.F. Creed [et al.] // Biological Reviews. – 2019. – Vol. 94. – P. 849-873.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМЫСЛА ГОРБУШИ В 2020 И 2022 гг. В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ БАССЕЙНЕ

В.А. Беляев, А.Н. Канзепарова, К.К. Кивва, А.В. Ридигер, И.И. Гордеев
*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва*

Аннотация. Проведен сравнительный анализ промысла горбуши в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне в четные годы – 2020 и 2022. Рассмотрена динамика гидрологических условий полуострова Камчатка и прилегающих акваторий и оценено влияние условий среды на распределение горбуши в разные годы на уловы на Западной Камчатке.

Ключевые слова: горбуша, температура поверхности, аномальные температуры, уловы, прогноз, Восточная Камчатка, Западная Камчатка, Охотское море, Хабаровский край, Магаданская область, Сахалин.

ВВЕДЕНИЕ

Рост численности тихоокеанских лососей начался в 2000-х годах, а самые высокие уловы отмечались на рубеже десятилетий – в 2009-2011 и 2018-2021 гг. Основной тренд изменения структуры улова связан с горбушей, поскольку это наиболее многочисленный вид. После зарегистрированной в 2018 г. сверхвысокой (511 тыс. т) численности горбуши наблюдаются снижение уловов в четные годы и рост в нечетные. Так, в 2022 г. общий вылов тихоокеанских лососей (272 тыс. т) был зафиксирован на уровне 2020 г. (300 тыс. т), что сопоставимо с выловом в начале 2000-х годов. Вклад горбуши в вылов в разные годы составлял от 43 до 79 %.

Два четных года – 2020 и 2022 гг. – отличались друг от друга как гидрологическим режимом, так и величиной подходов тихоокеанских лососей в основные районы промысла на Дальнем Востоке, что наиболее ярко проявилось на Камчатке.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Информация об объемах вылова тихоокеанских лососей предоставлена Амурским, Охотским, Северо-Восточным, Сахалино-Курильским и Приморским территориальными управлениями Росрыболовства.

Для характеристики изменчивости поля температуры поверхности океана (ТПО) в 2020 и 2022 гг. использованы данные National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) по аномалии температуры поверхности океана (АТПО) из массива NOAA OI SST V2 (разрешение $0,25 \times 0,25^\circ$, дискретность 1 сутки). Характеристика зимних и летних температурных условий в районах обитания горбуши представлена по материалам за январь-апрель и июнь-август соответственно. Рассчитаны средние, максимальные и минимальные за указанные месяцы значения АТПО, а также среднеквадратичное отклонение (СКО). Этот параметр, на наш взгляд, позволяет выделить области более высокой сезонной изменчивости ТПО.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Каждый год промысла тихоокеанских лососей характеризуется особенностями, связанными как с динамикой численности и миграционными процессами, так и с океанологическим режимом.

Попытаемся рассмотреть и сравнить особенности миграций и океанологического режима и влияния на промысел в четные 2020 и 2022 гг. В чем же основные отличия показателей уловов и гидрологической обстановки в эти два года?

Зимой 2020 г. на акватории исследований преобладали значения АТПО, близкие к нулю (рис. 1). Значительное превышение нормы ТПО в январе-апреле 2020 г. (выше 3°C) наблюдалось только на локальных участках в области действия Восточно-Камчатского течения и на самом юге района исследований к востоку от Японии (до $170-180^\circ$ в.д.). Минимальные значения АТПО зимой достигали -3°C и были ниже только на локальных участках в районе к юго-востоку от Курильских о-вов и Камчатки. Примерно для этого же района характерно наличие участков наиболее высоких значений СКО АТПО (до 2°C) (см. рис. 1).

Зимой 2022 г. обширные области вдоль западного и восточного побережий Камчатки имели среднее значение АТПО $1-2^\circ\text{C}$. Также АТПО местами превышало 2°C в районе Субарктической фронтальной зоны (САФЗ), в западной и центральной ее частях (от 150 до 180° в.д.), причем минимальные значения АТПО за зиму 2022 г. на локальных участках в САФЗ превышали 1°C , а максимальные – 4°C . СКО АТПО примерно на тех же участках до 2°C (см. рис. 1).

В 2020 г. во время подходов горбуши на нерест (июнь-август) вся северо-восточная половина Охотского моря имела ТПО выше нормы в среднем на $1-2^\circ\text{C}$ (рис. 2). Такие же аномалии в основном наблюдались в широкой полосе вод вдоль восточного побережья Камчатки, при этом в

Карагинском заливе ТПО было выше нормы в среднем на 3-4 °С. Минимальные за июнь-август значения АТПО у Западной Камчатки составили около 0 °С, а максимальные превышали 5 °С на участке от м. Южный до пос. Крутогоровский, т.е. эта область захватила район впадения в море нескольких крупных горбушевых рек Камчатки. Вдоль восточного побережья Камчатки ситуация сильно отличалась. Минимальные за июнь-август значения АТПО в западной части Карагинского залива и зал. Озерный составили до -5 °С, а максимальные значения АТПО превышали 5 °С на обширной акватории вдоль всего побережья. Значения СКО АТПО были максимальны (до 2 °С и местами до 2,5 °С) в узкой полосе вдоль западного и восточного побережий Камчатки, особенно в Карагинском заливе (см. рис. 2).

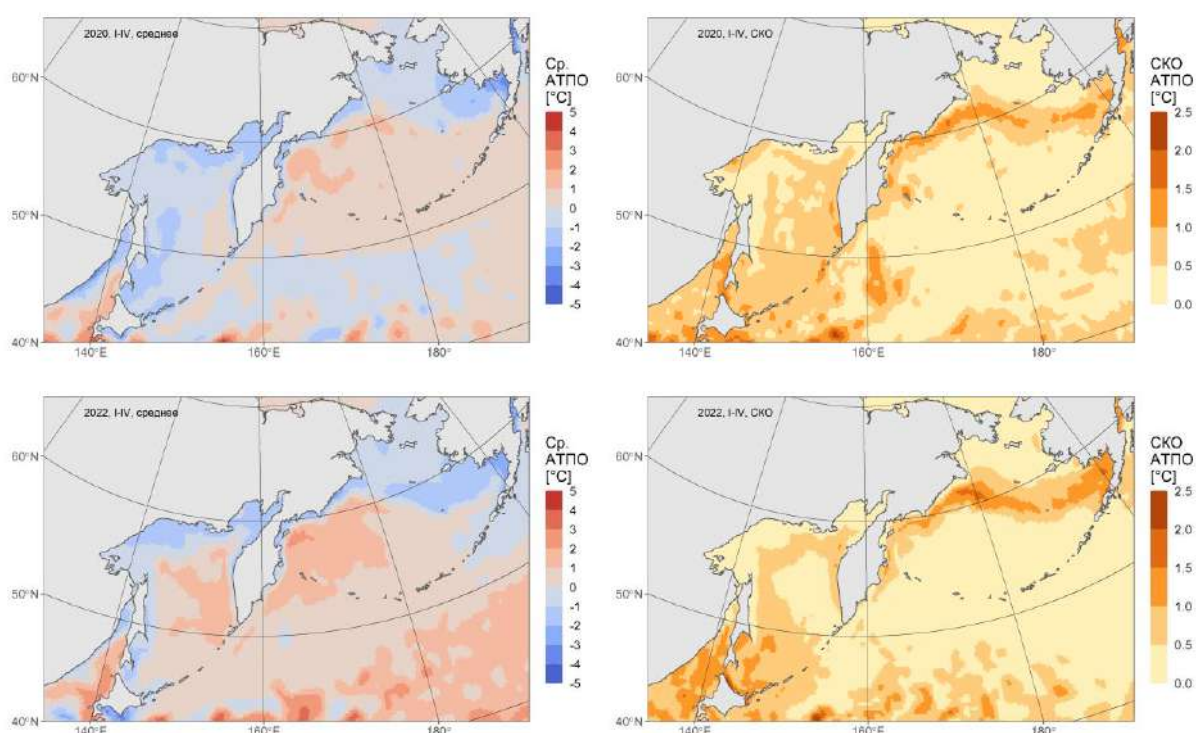


Рис. 1. Сравнение полей АТПО за январь-апрель 2020 (вверху) и 2022 (внизу) гг. Здесь и на рис. 2 среднее значение АТПО (°С, слева) и СКО (°С, справа)

В июне-августе 2022 г. почти все Охотское море, за исключением локальных участков, было охвачено областью высоких значений АТПО. Отрицательные значения средней за сезон АТПО наблюдались на взморье зал. Шелихова, над банкой Кашеварова, в области вдоль Курильских о-вов и вдоль восточного побережья Сахалина. Среднее значение АТПО составило выше 3 °С на обширном участке Охотского моря, примыкающем к западному побережью Камчатки. При этом в районе Карагинского залива также наблюдалась область средних значений АТПО

выше 4 °С. Минимальные значения АТПО за сезон в этих районах превышали 1 °С, а максимальные почти всюду в Охотском море и западной глубоководной части Берингова моря превышали 5 °С. В 2022 г. СКО АТПО за июнь-август было гораздо выше, чем с 2020 г. вдоль Западной Камчатки, причем область высоких значений СКО была обширной. Вдоль Восточной Камчатки, в частности в Карагинском заливе, СКО АТПО в 2022 г. было несколько ниже, чем в 2020 г.

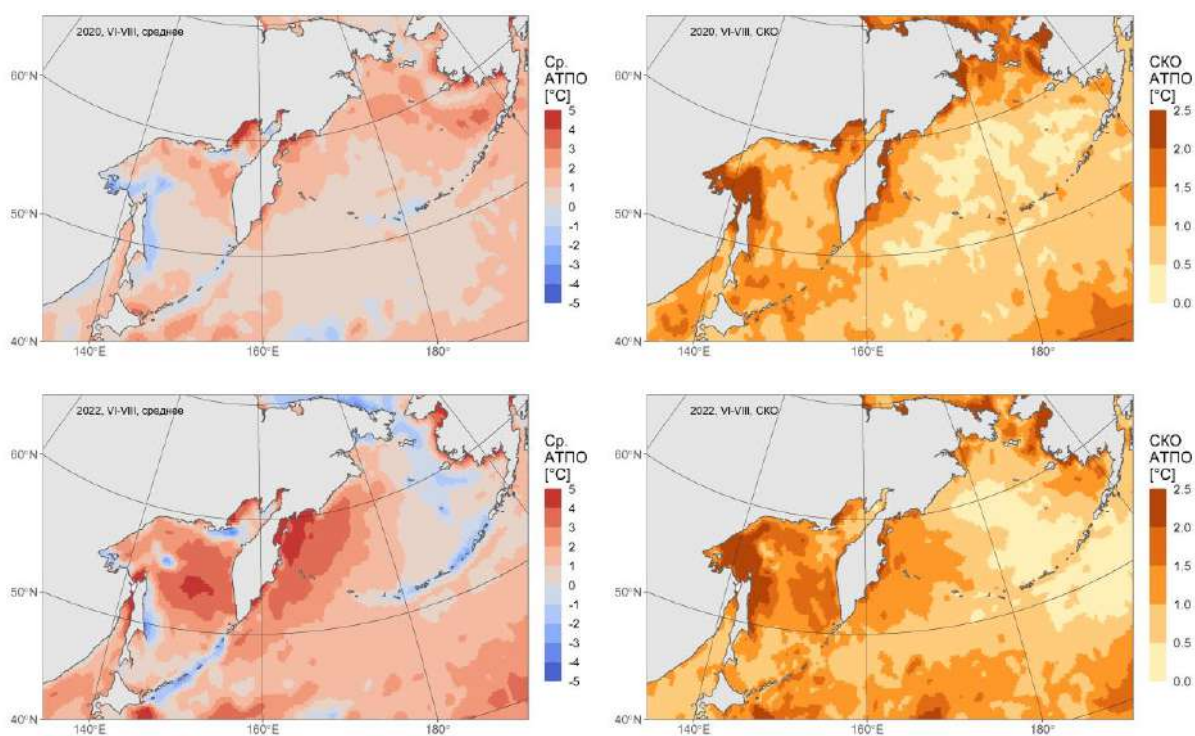


Рис. 2. Сравнение полей АТПО за июнь-август 2020 (вверху) и 2022 (внизу) гг.

Зимой районы с относительно высокими значениями СКО АТПО приурочены либо к району вблизи кромки льда, либо наблюдаются в открытой части океана и могут отражать действие течений (присутствие мезомасштабных вихрей). Летом (имеется в виду период с июня по август) области высоких значений СКО АТПО гораздо более обширны и формируются, вероятно, при взаимодействии океана и атмосферы (нагрев и охлаждение).

Высокие значения СКО АТПО в 2020 и 2022 гг. зимой наблюдались на локальных участках в юго-западной части исследуемого района и к югу от Камчатки. По всей видимости, эти участки соответствовали мезомасштабным вихрям. Эта область считается основной областью для нагула горбуши западного побережья Камчатки.

Анализ уловов показал, что в 2020 г. главный вклад в вылов горбуши внесла Западная Камчатка (рис. 3). Вылов превысил прогнозную величину в 1,5 раза (111 тыс. т vs 78 тыс. т).

Наибольшее несовпадение прогнозов и реального вылова горбуши было отмечено в 2020 г. на Восточной Камчатке: прогноз превысил фактический вылов почти в 4,5 раза (83 vs 19 тыс. т). Одной из причин указывается, что прогноз был основан на благоприятных условиях среды в ранний морской период жизни горбуши, который был характерен в последнее десятилетие, и оптимистичном прогнозе развития зимних климатических условий (Итоги лососевой путины..., 2020).

В 2022 г. также имел место недолов горбуши, но уже на Западной Камчатке, тогда как в других регионах прогноз или оправдался полностью или был близок к прогнозному величине. На побережье Охотского моря в пределах Хабаровского края вылов был максимальным за всю историю промысла и составил 17 тыс. т (освоение 100 %). Также более высокие по сравнению с 2020 г. уловы были на Восточном Сахалине (освоение 73 %) и Южных Курилах (освоение 86 %). На Восточной Камчатке вылов в 2022 г. был выше, чем в 2020 г. и превысил прогнозные ожидания на 8,7 тыс. т.

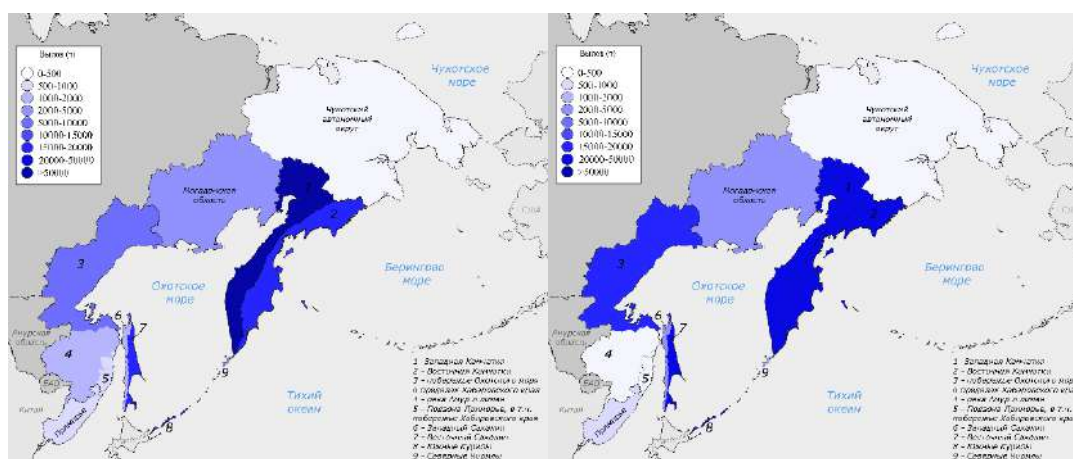


Рис. 3. Вылов горбуши в 2020 (слева) и 2022 (справа) гг.

На Западной Камчатке при прогнозе 57 тыс. т вылов составил 28 тыс. т. Одной из причин несовпадения прогноза и реальных подходов, возможно, является огромное пятно anomalно теплой воды у побережья Западной Камчатки в 2022 г. В отдельные периоды положительные температурные аномалии у побережья Западной Камчатки достигали 6 °С (рис. 4), что выходит за зоны температурной толерантности лососей. Скорее всего, это привело к появлению экологического барьера и в значительной степени повлияло на подходы к нерестовым рекам. Также определенную роль сыграло то, что у горбуши слабо выражен хоуминг (в

некоторых источниках хоминг) по сравнению с другими тихоокеанскими лососями.

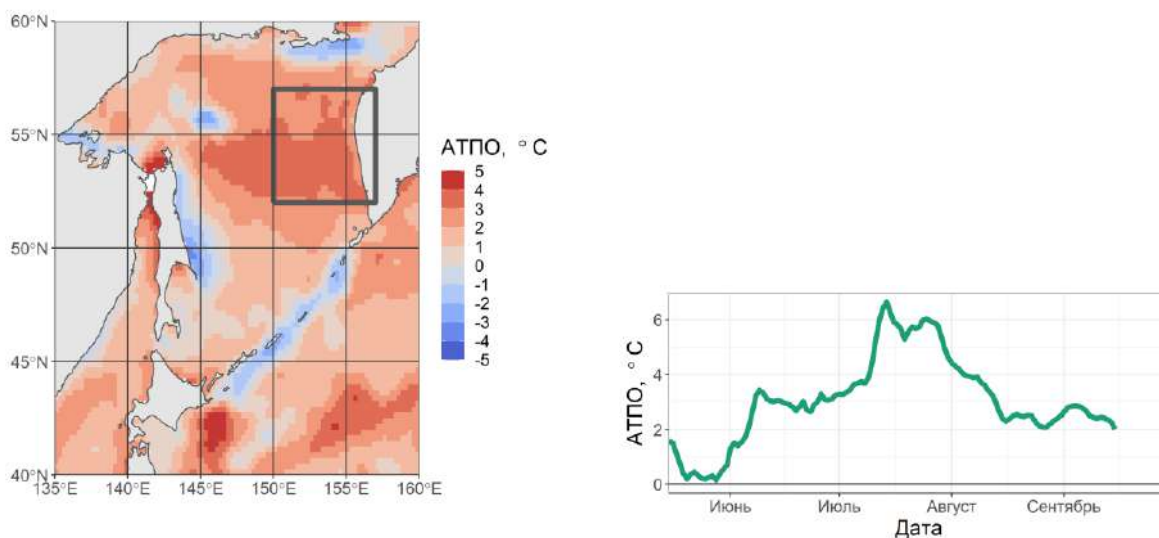


Рис. 4. Аномалия температуры поверхности океана (АТПО) (слева). Аномалия рассчитана относительно базового периода 1971-2000 гг. (данные NOAA OI SST V2°C, среднее за интервал с 15 мая по 15 сентября 2022 г. (справа))

Можно предположить, что часть этой рыбы мигрировала в реки Северо-Охотморской континентальной зоны. Во всей этой зоне отмечались уловы, значительно превышающие таковые в предыдущие годы. При этом необходимо отметить, что большое количество рек в Магаданской области и Хабаровском крае не облавливается в связи с малой заселенностью побережья, что не могло не сказаться на адекватности имеющейся статистики подходов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прогнозирование вылова горбуши – самое сложное прогнозирование среди прогнозирования всех видов тихоокеанских лососей, что неоднократно отмечалось ранее (Гордеев, Кловач, 2019). Горбуша является моноциклическим видом со слабо выраженным хоумингом и подвергается влиянию различных факторов, в том числе и океанологических, что приводит к флуктуации численности.

Приведенные результаты позволяют предположить, что условия зимовки горбуши Восточной Камчатки в 2020 г. оказались неблагоприятными. Отчасти это может быть связано с меньшим количеством и меньшей интенсивностью мезомасштабных вихрей в

предполагаемых районах зимовки данной группировки (Влияние климатических факторов..., 2021) в 2020 г. по сравнению с 2022 г.

Летом 2022 г. вдоль западного побережья Камчатки сформировалась устойчивая область высоких значений АТПО (превышение нормы на 3-6 °С), которая могла послужить экологическим барьером для горбуши. Вероятно, часть западно-камчатской рыбы мигрировала в реки Северо-Охотоморской континентальной зоны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Влияние климатических факторов на межгодовые колебания запасов камчатской горбуши в 2014-2020 гг. / А.С. Кровнин, К.К. Кивва, Г.П. Мурый, А.А. Сумкина. – DOI 10.36038/0234-2774-2021-22-4-35-45 // Вопросы рыболовства. – 2021. – Т. 22, № 4. – С. 35-45.

Гордеев, И.И. Вольный лосось: трудности прогнозирования уловов тихоокеанских лососей / И.И. Гордеев, Н.В. Кловач. – DOI 10.7868/S0032874X19030049 // Природа. – 2019. – Т. 3. – С. 22-27.

Итоги лососевой путины в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне в 2020 г., перспективы вылова горбуши в 2021 г. / Е.А. Шевляков, А.Н. Канзепарова, В.А. Шевляков [и др.] // Бюл. № 15 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток: ТИНРО, 2020. – С. 3-16.

РОЛЬ МЕЖДУНАРОДНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ – КОМИССИИ ПО АНАДРОМНЫМ РЫБАМ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА (НПАФК/НРАФС) – В СОХРАНЕНИИ И РЕГУЛИРОВАНИИ ЗАПАСОВ В СЕВЕРНОЙ ПАЦИФИКЕ

В.А. Беляев, А.Н. Канзепарова, А.В. Ридигер

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва*

Аннотация. Рассмотрены результаты и опыт работы международной организации – Комиссии по анадромным рыбам северной части Тихого океана (НПАФК/НРАФС) – на протяжении всего ее «пути». Рекомендовано применять наработки организации по проведению комплексных НИР с использованием НИС. Оценен эффект от запрета промысла дрейфтерными сетями траления в зоне конвенции НПАФК (последняя в истории лососевая путина для японских рыбаков в ИЭЗ Российской Федерации дрейфтерными орудиями лова завершилась в 2015 г.).

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, Конвенция, НПАФК/НРАФС, анадромные рыбы, Пацифика, дрейфтерный лов, Международный год лосося, ИЭЗ.

ВВЕДЕНИЕ

В северной части Тихого океана активный промысел тихоокеанских лососей осуществляют Россия (СССР), США, Канада и Япония. После завершения Великой Отечественной войны Япония потеряла все береговые базы на Дальнем Востоке и начиная с 1950 г. стала интенсивно развивать морской дрейфтерный промысел лососей в дальневосточных морях и Тихом океане, быстро наращивая численность флота и объемы вылова.

В целях регулирования этого промысла в 1952 г. была заключена Международная Конвенция по рыболовству между США, Канадой и Японией (INPFC), а с 1956 г. создана Советско-Японская рыболовная Комиссия (СЯРК). К этому времени дрейфтерные уловы Японией дальневосточных лососей достигали 280 тыс. т, из которых почти половину составляла горбуша, а остальную часть – наиболее ценные виды: нерка, кижуч, чавыча и кета; три первые в основном воспроизводятся на Камчатке. Столь высокие уловы в море вскоре сказались на величине подходов лососей к берегам их резким прогрессирующим снижением, значительным уменьшением численности пропускаемых на нерест производителей и, как следствие, общим понижением воспроизводительной способности стад. В 1960-х годах численность подходов большинства стад лососей к берегам настолько сократилась, что начался процесс свертывания береговой добывающей и

перерабатывающей базы на побережьях Дальнего Востока. Исторический минимум подходов был зарегистрирован в начале 1970-х годов, что привело к ограничению японского морского промысла. Уже в 1978 г. объем морского вылова был сокращен до 45 тыс. т, из которых ценные виды не превышали 25-30 %, а в середине 1980-х годов этот вылов изменялся в пределах 14-20 тыс. т. Это привело к росту запасов лососей на всем Дальнем Востоке.

Четырехсторонняя международная Конвенция между СССР (Россия), США, Канадой и Японией была заключена в Москве 11 февраля 1992 г. (в 2003 г. к ним присоединилась Республика Корея). Она вступила в силу 16 февраля 1993 г. Основным положением Конвенции стал полный запрет дрифтерного промысла лососей за пределами 200-мильных зон стран происхождения лососей. В пределах своих исключительных экономических зон каждая страна сохраняла право на собственные решения относительно режима промысла.

В целях сохранения запасов лососей в Конвенционном районе Тихого океана – севернее 33° с.ш. (рис. 1) – была образована Международная комиссия по анадромным рыбам северной части Тихого океана (НПАФК), в которую в настоящее время входят три комитета: административно-финансовый, по контролю и по научным исследованиям и статистике. Страны-участницы установили сферу сотрудничества, которая заключалась в следующем:

- обмен информацией о нарушениях, охранных действиях и планах охранных мероприятий;
- проведение совместных охранных мероприятий, в частности совместное патрулирование;
- сбор, оформление и обмен биостатистической информацией, данными о вылове, биологическими образцами и другими необходимыми материалами;
- развитие совместных программ по сбору промысловой информации;
- участие в семинарах, рабочих встречах и обмен учеными;
- обмен информацией о научно-исследовательских программах.

Контролируемыми видами Комиссии являются семь видов лососей рода *Oncorhynchus*: *O. keta* – кета, *O. kisutch* – кижуч, *O. gorbuscha* – горбуша, *O. nerka* – нерка, *O. tshawytscha* – чавыча, *O. masou* – сима, *O. mykiss* – радужная форель (микижа) (в РФ – *Parasalmo mykiss*).

Международная комиссия работает в соответствии со статьями Конвенции и Правилами процедуры, вступившими в силу 24 февраля 1993 г. (с изменениями по состоянию на 11 января 1994 г. и 23 октября 1996 г.).



Рис. 1. Структура НПАФК (Commission Structure, 2023)

Практически все эти объекты воспроизводятся на территориях стран-участниц НПАФК, каждая из которых несет ответственность за сохранение стад анадромных лососей. Страны-участницы обеспечивают собственные стратегии промысла в пределах их 200-мильных зон и проводят мероприятия по сохранению и поддержанию численности стад.

Запрет специализированного промысла и изъятия тихоокеанских лососей в Зоне Конвенции НПАФК дает возможность тихоокеанским лососям вернуться в родные реки и озера Стран-участниц, и Страны-участницы, в свою очередь, получают прибыль от инвестиций каждого участника в регулирование промысла и сохранение перечисленных видов.

Для обеспечения сохранения и рационального использования анадромных стад НПАФК проводит большую работу по инспекции и контролю промысла, выполняет обширные научные исследования.

Данная работа посвящена в основном деятельности в рамках Комитета по научным исследованиям и статистике, а также некоторым вопросам, которые решались в двух других Комитетах НПАФК.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основными материалами для написания доклада послужили ежегодные отчеты НПАФК, программы проведения рабочих совещаний и симпозиумов; их результаты, опубликованные в технических отчетах и бюллетенях; документы стран-участниц, представляемые и защищаемые на сессиях учеными каждой страны, а также собственные наблюдения

авторов, принимавших участие практически во всех заседаниях НПАФК от основания и до настоящего времени.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Работа Комитета по научным исследованиям и статистике (КНИС) включена в ежегодные заседания в течение весенних (ранее осенних) сессий НПАФК, а с 1995 г. также весенних совещаний Комитета по координации и планированию исследований (RPCM) на текущий год (в настоящее время проводится в режиме онлайн). Основные правила его деятельности были разработаны на первом инаугурационном заседании, проходившем 22-24 июня 1993 г. в Тихоокеанском научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО) в г. Владивосток. Состав участников был относительно немногочисленным: 3 представителя Канады, 2 Японии, 4 США и 13 России.

Повестка дня включала 9 вопросов, основными из которых являлись процедурные, а также разработка временных полномочий Комитета и Рабочий план его деятельности.

На этом заседании фактически были полностью разработаны все регламентирующие положения деятельности КНИСа, которые включали его полномочия, в соответствии с Конвенцией, Рабочий план (12 пунктов) и процедуру проведения ежегодных сессий, позднее утвержденные на первой ежегодной НПАФК 1-5 ноября 1993 г. в г. Ванкувер (Канада). Кроме положений КНИС, на первой сессии НПАФК были утверждены положения деятельности второго Комитета НПАФК – по контролю, финансовым и административным вопросам (ККФА) (позднее он был разделен на два Комитета; по контролю и административно-финансовым вопросам). Положение ККФА было разработано на инаугурационном заседании 27-29 апреля 1993 г. в г. Ванкувер.

Научные исследования. Лов анадромных видов рыб в Зоне Конвенции разрешен для научных целей под эгидой национальных и совместных исследовательских программ, одобренных НПАФК. Изъятие анадромных рыб для научных целей должно соответствовать нуждам исследовательских программ и условиям Конвенции и обязательно к докладу Комиссии. Исследования проводятся в соответствии с научным планом, который может включать также изучение видов, экологически взаимодействующих с популяциями тихоокеанских лососей. Сотрудничество заключается в организации совместных научных мероприятий, обмене учеными и публикационной деятельности. Участники предоставляют данные по уловам, выпуску молоди и другую техническую информацию и материалы, относящиеся к смежным областям

Зоны Конвенции, из которых тихоокеанские лососи мигрируют в зону Конвенции.

Кроме административных подразделений различного уровня, ключевым звеном является Научный подкомитет, созданный в 1995 г. Он разрабатывает научный план НПАФК и координирует выполнение плана, а также обеспечивает стратегическое планирование семинаров и симпозиумов. В его компетенции также координация сотрудничества с другими международными организациями, такими как Северо-Тихоокеанская организация по морским наукам (PICES), Организация по сохранению североатлантического лосося (NASCO) и др.

В настоящее время в НПАФК активны четыре рабочие группы: *по оценке запасов (WGSA)* (экспертиза в области оценки запасов); *маркировке лосося (WGSI)* (мечение отолитов и мечение лосося); *идентификации запасов (WGSM)* (разработка, стандартизация, распространение генетических, статистических и других баз данных) и *Рабочая группа (Международный год лосося (МГЛ))*, созданная в связи с необходимостью изучения экологии лосося, особенно в экосистемах открытого океана Северной Пацифики.

МГЛ – это международная структура для совместной работы и исследований, проект, запущенный совместно с Организацией по сохранению североатлантического лосося (NASCO/НАСКО) и другими партнерами, рассчитанный на пять лет: с 2018 до 2022 г.

Проектом были определены следующие направления исследований:

- состояние лосося: понять текущее состояние лосося и среды его обитания;
- лосось в изменяющейся среде: понять и количественно оценить влияние природной изменчивости окружающей среды и антропогенных факторов, влияющих на распределение и численность лосося, и сделать прогнозы их будущих изменений;
- новые рубежи: разработка новых технологий и аналитических методов для развития науки о лососе и исследования неизведанных сопредельных ее областей;
- человеческое измерение: исследовать культурные, социальные и экономические элементы, которые зависят от устойчивости популяций лосося;
- информационные системы: разработать интегрированный архив доступных электронных данных, собранных во время МГЛ, и инструменты для поддержки будущих исследований;
- информационно-просветительская работа, взаимодействие и образование также являются ключевыми компонентами МГЛ.

Еще в 1992 г. известный канадский ученый Р. Бимиш описал идею о необходимости пан-тихоокеанского комплексного исследования. Мелкомасштабных и краткосрочных исследований недостаточно, поскольку ареал тихоокеанского лосося в океане очень велик, поэтому необходимо проводить масштабные исследования на обширных территориях при обследовании экосистем, так как океанический ареал тихоокеанских лососей географически неоднороден. И в сентябре 2018 г. в г. Санкт-Петербург программа МГЛ была официально открыта руководителем Росрыболовства И.В. Шестаковым в присутствии Р. Бимиша, а также Президентов НПАФК и НАСКО.

Наилучшим способом повышения научного качества исследований является организация масштабных многонациональных экспедиций одновременно несколькими судами из разных стран-участниц (например, по одному судну от каждой страны). Каждому судну предстояло планировать охват своего района ответственности, что способствовало получению информации от Азии до Северной Америки за короткий промежуток времени. Для получения опыта совместных многонациональных исследований в открытом море оптимально начинать с одной крупной экспедиции зимой, в критический сезон для выживания лосося.

Экспедиции проводились в 2019, 2020 и 2022 гг. (в 2021 г. экспедиция не состоялась из-за коронавируса), в них принимали участие российские ученые из ТИНРО, ВНИРО и СахНИРО. В 2019 г. научная команда состояла из представителей пяти стран – Россия (основная часть), Канада, Америка, Япония и Южная Корея. В 2020 г. принимали участие ученые из трех стран – Россия, Канада и США. Экспедиции в заливе Аляска проводились в 2019 и 2020 гг., а пан-тихоокеанская зимняя экспедиция в открытом море в 2022 г. (рис. 2) выявила дополнительные важные детали экологии тихоокеанского лосося зимой.

Можно отметить некоторые общие выводы.

Эффективность международного сотрудничества была показана на деле. Ученые разных специальностей, разных стран и разных поколений, работая бок о бок, объединились при проведении комплексных съемок и обрели опыт работы от общих методов до маленьких подручных средств – это то, что обогатило всех участников экспедиций.

Разные виды тихоокеанских лососей по-разному используют ресурсы океанической экосистемы в западной и восточной частях конвенционной зоны НПАФК с основными течениями, направленными от берега на восток, в восточной части с течениями, приходящими к берегам из океана. Например, с азиатской стороны горбуша мигрирует далеко в открытое море, а с американской – преимущественно вдоль побережья,

иногда в большом количестве появляясь либо на севере (в Беринговом море), либо на юге – южнее 47° с.ш. Районы, где в изобилии встречаются разные виды лососей, перекрываются лишь частично, что снижает вероятность сильной пищевой конкуренции.

Лосось может проявлять элементы стадного поведения в открытом море, особенно короткоживущий вид (горбуша), который быстро мигрирует на большие расстояния.

Подтвердилось предположение о том, что стальноголовый лосось обитает в тонком поверхностном слое океана, поэтому очень плохо облавливается тралами.

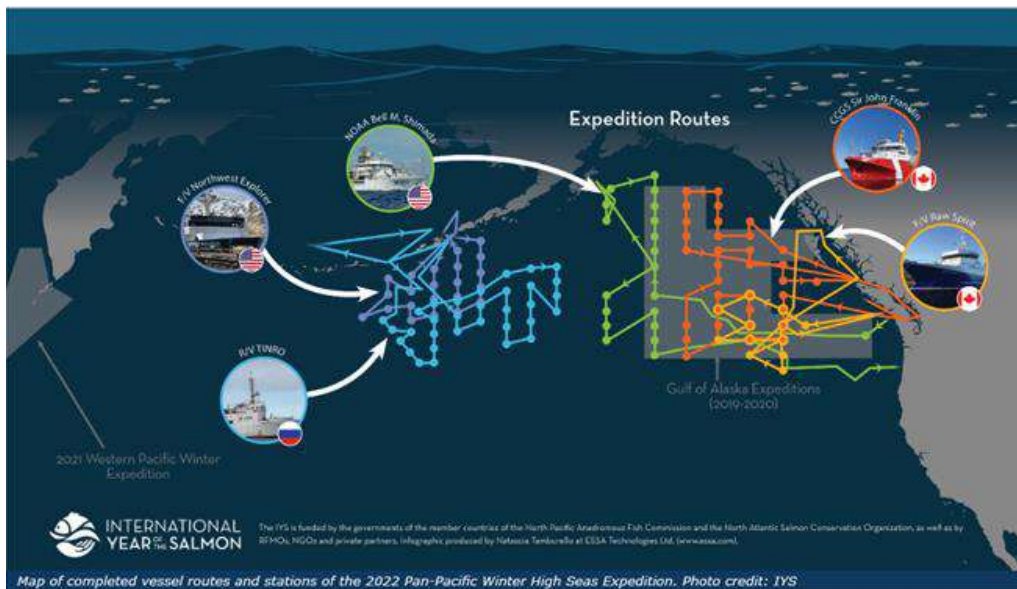


Рис. 2. Карта пройденных маршрутов судов и станций пан-тихоокеанской зимней морской экспедиции 2022 г. Фото предоставлено: IYS (Jasinski, 2022)

Экспедиции подтвердили часть существующих представлений, но в то же время поставили новые задачи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня НПАФК – пример активного международного сотрудничества среди других международных региональных рыбохозяйственных организаций, уникального по поставленным целям, организационным формам взаимодействия разных стран и направлениям деятельности внутри организации (комиссии, рабочие группы) и, самое главное, по своим результатам.

В результате деятельности НПАФК прекращен дрейфтерный промысел лососей Японией за пределами 200-мильных экономических зон государств в Северной Пацифике. Организованная защита тихоокеанских

лососей, осуществляемая силовыми структурами стран-членов Конвенции НПАФК (Россия, США, Канада, Япония, Корея), удачно опирается на научные данные. В итоге массовый браконьерский промысел тихоокеанских лососей прекращен или сведен к минимуму.

Объединение усилий стран-членов Конвенции позволило значительно расширить наши знания о различных этапах жизни тихоокеанских лососей в Северной Пацифике. Особенно эффективным было объединение усилий в рамках группы Международного года лосося, когда были проведены глобальные исследования в зимний период 2019-2022 гг. с участием НИС России, США и Канады, которые были согласованы и утверждены во время проведения очередных сессий НПАФК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Commission Structure. – Text: electronic // NPAFC – North Pacific Anadromous Fish Commission: site official. – Vancouver, 2023. – URL: <https://www.npafc.org/commission-structure/>

Jasinski, C. International Year of the Salmon: Wrap-up and its Final Year/ C. Jasinski. – Text: electronic // NPAFC Newsletter. – 2022. – No. 52. – P. 27. – URL: <https://www.npafc.org/wp-content/uploads/Newsletters/NWSL52.pdf>.

К ВОПРОСУ О ЗАРАЖЕННОСТИ ГОРБУШИ *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* (WALBAUM, 1792) р. КОЛА ЛИЧИНКАМИ НЕМАТОДЫ *ANISAKIS SIMPLEX* (RUDOLPHI, 1809)

А.А. Бессонов, М.Ю. Калашникова, С.А. Кращенко
Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск

Аннотация. На наличие личинок нематоды *Anisakis simplex* исследована горбуша р. Кола. Определены экстенсивность заражения, средняя интенсивность, амплитуда интенсивности и индекс обилия. Рассмотрено распределение личинок в рыбе, которые располагаются преимущественно на серозных оболочках внутренних органов и брюшины. Обнаружено распределение личинок, отличное от распределения личинок в зашедшей на нерест в реки Дальнего Востока горбуше, у которой личинки в основном встречаются в мышцах.

Ключевые слова: *Anisakis simplex*, горбуша, река Кола, экстенсивность заражения, индекс обилия, нематоды.

ВВЕДЕНИЕ

Паразитарная чистота и безопасность рыбы и рыбной продукции – значимые проблемы современной паразитологии – регулируются Техническим регламентом Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016). Одними из наиболее распространенных паразитов в Мировом океане являются анизакидные нематоды (Гаевская, 2005).

Взрослые и предвзрослые особи нематоды *Anisakis simplex* (Rudolphi, 1809) паразитируют в желудочно-кишечном тракте морских млекопитающих, их личинки – в рыбах и беспозвоночных. В основном личинки локализуются в рыбе в полости тела на серозных оболочках и мускулатуре. Большинство личинок неподвижны, но некоторые паразиты могут мигрировать по различным органам в полости тела рыбы, а также проникать в мышечные ткани и гонады. Личинки нематоды *A. simplex* патогенны для человека, они вызывают анизакидоз (Сердюков, 1993; *Anisakis simplex: dangerous...*, 2002).

Горбуша *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) – вид анадромных рыб из семейства лососевых (Salmonidae). Важный промысловый объект на Дальнем Востоке. В реки Мурманской области интродуцирована в конце 1950-х годов (Зубченко, Прусов, Алексеев, 2018).

В 2021 г. было проведено исследование горбуши на зараженность *A. simplex* l., цель которого – оценка паразитарной безопасности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При выполнении исследований использованы данные, полученные в ходе экспедиций на рыбоучетном заграждении (РУЗ) ФГБУ «Главрыбвод» на р. Кола в 2021 г. Исследование проб рыбы проводили методом неполного паразитологического вскрытия непосредственно в полевых условиях (Быховская-Павловская, 1985).

Для характеристики степени инвазии рыб личинками нематоды *A. simplex* в работе применены общепринятые количественные показатели: экстенсивность и интенсивность заражения, а также индекс обилия (Гаевская, 2006; Parasitology meets ecology..., 1997).

Объем материала составил 17 экз. рыб. Средняя длина рыбы (АВ) – 46,9 см, минимальная – 43,0 см, максимальная – 51,0 см. Статистическая обработка результатов исследований выполнена с использованием программного обеспечения Microsoft Office и Quantitative Parasitology 3.0 (Гланц, 1998).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрены показатели заражения личинками нематоды *A. simplex* горбуши р. Кола: экстенсивность составила 76,5 % (51,1-91,5), средняя интенсивность – 7,54 экз. (3,4-14,8), амплитуда интенсивности – 1-34 экз., индекс обилия – 5,8 экз. (2,47-12,4). Личинки в основном располагались на серозных оболочках – 83 % всех обнаруженных. В спинных мышцах паразит не встречен, в брюшных отмечен один экземпляр в одной рыбе.

У горбуши на Дальнем Востоке личинки нематоды располагаются главным образом в мышечной ткани (Сердюков, 1993; Вялова, 2002; Микулич, 2021), и это отличается от полученных нами результатов. Как предполагает А.М. Сердюков (1993), личинки *A. simplex* при изменении солености мигрируют в мышечные ткани, что он непосредственно наблюдал кровоподтеки на серозных оболочках брюшных мышц. В нашем случае личинки могли не отреагировать на изменение среды, несмотря на то, что до РУЗа р. Кола более чем 25 км от места слияния рек Кола и Тулома и начала Кольского залива. Это может быть обусловлено как скоростью миграции горбуши в верховья р. Кола, так и различиями в экологии *A. simplex* и его реакциями на изменения внешней среды. Для проверки этих гипотез необходимо продолжить исследование горбуши в р. Кола и провести подобное исследование в р. Тулома.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наше исследование показало различия в распределении личинок нематоды *A. simplex* в горбуше р. Кола и реках Дальнего Востока.

Для подтверждения полученных результатов необходимо расширить исследования на р. Тулома и других реках Мурманской области.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Быховская-Павловская, И.Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению / И.Е. Быховская-Павловская. – Л.: Наука, 1985. – 121 с.

Вялова, Г.П. Распределение личинок *Anisakis simplex* в мускулатуре лососевых и особенности их локализации в популяциях горбуши / Г.П. Вялова. – Известия ТИНРО-Центр, 2002. – Т. 131. – С. 430-438.

Гаевская, А.В. Анизакидные нематоды и заболевания, вызываемые ими у животных и человека / А.В. Гаевская. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. – 223 с.

Гаевская, А.В. Паразитология и патология рыб: энциклопедический словарь-справочник (издание второе, дополненное и переработанное) / А.В. Гаевская. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. – 396 с.

Гланц, С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц. Пер. с англ. – М.: Практика, 1998. – 459 с.

Зубченко, А.В. Основные результаты акклиматизации горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) в водоемах Севера России / А.В. Зубченко, С.В. Прусов, М.Ю. Алексеев // Биологические проблемы Севера: материалы международной научной конференции (Магадан, 18-22 сентября 2018 г.) / Институт биологических проблем Севера ДВО РАН. – Магадан, 2018. – С. 428-429.

Микулич, Е.Л. Особенности паразитирования личинок анизакид в морской рыбе / Е.Л. Микулич // Современное состояние, проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса: сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной году науки и технологий Российской Федерации, 100-летию Республики Коми, Дню работников сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности, неделе агропромышленного комплекса (Сыктывкар, 29 окт. 2021 г.). – Киров: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2021. – С. 82-87.

Сердюков, А.М. Проблема анизакидоза / А.М. Сердюков // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. – 1993. – № 2. – С. 50-54.

Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016) – Текст:

электронный // Решение Совета Евразийской экономической комиссии № 162 от 18 октября 2016 г. – М., 2016. – URL : <http://docs.cntd.ru/document/420394425> (дата обращения 09.12.2022).

Anisakis simplex: dangerous – dead and alive? / M.T. Audicana, I.J. Ansotegui, L.F. de Corres, M.W. Kennedy. – DOI 10.1016/s1471-4922(01)02152-3 // Trends Parasitology. – 2002. – Vol. 18, Iss. 1. – P. 20-24.

Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. Revisited / A.O. Bush, K.D. Lafferty, J.M. Lotz, A.W. Shostak. – DOI 10.2307/3284227 // Journal of Parasitology. – 1997. – Vol. 83, Iss. 4. – P. 575-583.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ПРИНЦИПОВ ESG-ОТЧЕТНОСТИ В АКВАКУЛЬТУРЕ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ

А.А. Бобкова¹, А.И. Никифоров²

¹ *Московский государственный институт международных отношений (университет) МИД России, г. Москва*

² *Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва*

Аннотация. Работа посвящена анализу имеющегося опыта и перспектив дальнейшего расширения применения добровольной системы отчетности об устойчивом развитии предприятий в области аквакультуры лососевых рыб; рассмотрены структура и особенности ESG-отчетности, подготовленной за 2021 г. тремя ведущими норвежскими компаниями, занятыми в сфере аквакультуры атлантического лосося (Mowi, Grieg Seafood и Lerøy Seafood Group).

Ключевые слова: лососевые рыбы, аквакультура, устойчивое развитие, биоразнообразие, углеродный след, ESG-отчетность, морской охраняемый район.

ВВЕДЕНИЕ

Аквакультура – стремительно развивающаяся отрасль, с каждым годом активно наращивающая темпы производства. За последние два десятилетия годовой мировой объем продукции аквакультуры вырос более чем в три раза – с 24 млн т до примерно 78 млн т (Савцова, Никифоров, 2018; Grieg Seafood Annual..., 2021).

В обозримом будущем рост спроса на продукцию аквакультуры будет обусловлен преимущественно двумя факторами: практической невозможностью существенного увеличения объемов вылова гидробионтов в Мировом океане и непрекращающимся ростом народонаселения в мире (ФАО: аквакультура догоняет..., 2019).

Однако, несмотря на значительные темпы роста мировой аквакультуры, у отрасли имеется ряд проблем технологического и организационного характера, которые могут замедлять развитие аквакультуры в ряде регионов мира. Также к числу серьезных ограничителей относятся экологические проблемы, связанные с качеством среды выращивания гидробионтов, так как большое количество крупных предприятий промышленной аквакультуры сосредоточено в прибрежных морских и пресноводных акваториях, наиболее подверженных негативному антропогенному воздействию, в частности различным загрязнениям (Павлов, Андреева, Метелева, 2019).

Изменение климата, истощение биоресурсов, загрязнение различными поллютантами и ксенобиотиками (в том числе микропластиком) – весь этот сложный комплекс проблем остро стоит сегодня не только перед аквакультурой, но и в целом перед человечеством в плане сохранения биоразнообразия фаунистических комплексов Мирового океана и вод суши. Поэтому к числу основных задач современной аквакультуры относится не только максимальное увеличение продуктивности выращиваемых гидробионтов, но и глубокая последовательная экологизация производства для снижения нагрузки на окружающую среду. В рамках этой задачи в последние годы во всем мире активно идет процесс создания как национальных, так и транснациональных правовых актов, призванных обеспечить ощутимое уменьшение негативной нагрузки рыбохозяйственной деятельности на окружающую среду (Бахирева, Никифоров, 2021).

Упомянутый тренд определяет стремление многих аквакультурных компаний к формированию и опубликованию открытых отчетов об устойчивом развитии (или ESG-отчетов – от англ. «Environment, Social, Governance» = «окружающая среда, общество, управление»), наличие которых значительно повышает шансы организаций для привлечения инвестиций и облегчает получение льготных кредитов от банков, в том числе и для осуществления так называемых «зеленых» проектов (Бобкова, Никифоров, 2022; Deloitte Reporting of..., 2021).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основным методом, примененным в данной исследовательской работе, явился метод контент-анализа отчетов об устойчивом развитии за 2021 г. трех норвежских компаний – лидеров в области аквакультуры лососевых: Mowi, Grieg Seafood и Lerøy Seafood Group. По данным за 2021 г., они имели суммарную годовую прибыль около 5,3 млрд долл. и занимали значительную долю мирового рынка в сфере лососеводства (Grieg Seafood Annual..., 2021; Lerøy Seafood Group..., 2021; Mowi Integrated Annual..., 2021). Перечисленные компании были выбраны в силу того, что они находятся в настоящее время на ведущих позициях (первое, второе и четвертое места соответственно) в мировом рейтинге производителей животного белка согласно индексу Collier FAIRR. Данный индекс – единственная комплексная оценка мировой животноводческой отрасли, где в ходе ранжирования происходит тщательный анализ компаний по наиболее существенным экологическим, социальным и управленческим показателям (The FAIRR Initiative..., 2023). При этом упомянутые компании, осуществляя деятельность на территории Норвегии, априори должны уделять большое внимание названным показателям, так как страна широко

известна высокими требованиями природоохранного законодательства и значительными национальными успехами в достижении Целей Устойчивого Развития (ЦУР) (Сбойчакова, 2015; Voluntary National Review..., 2021).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Аквакультура существенно отличается от других отраслей животноводства прежде всего из-за специфики культивируемых объектов как биологических видов. Так, компании, занятые в сфере аквакультуры, в зависимости от перечня видов культивируемых гидробионтов, могут быть гораздо менее зависимы от наличия земельных, а подчас и водных ресурсов, чем другие животноводческие предприятия. Это объясняется тем, что для развития аквакультуры вполне пригодны не только уже существующие природные водные объекты, но и искусственно созданные, на которых часто и не планировалась никакая другая хозяйственная деятельность (Федеральный закон от..., 2021).

Для предприятий аквакультуры весьма острыми являются проблемы сохранения нативного биоразнообразия и снижения нагрузки на окружающую среду. Данные аспекты в обязательном порядке находят отражение в ESG-отчетах компаний (ФАО, 2020; Basis for Conclusions..., 2022).

При детальном рассмотрении отчетов вышеуказанных компаний удалось выявить некоторые общие тенденции. Так, следует отметить, что соответствие современному тренду на производство нересурсоемкого продовольствия – вполне выполнимая задача для компаний в области аквакультуры. Так, в отчетах об устойчивом развитии все рассмотренные компании отмечают, что аквакультура как отрасль является одним из наименее ресурсоемких секторов животноводства. В качестве подтверждения этого тезиса компании приводят актуальные данные по таким показателям, как размер углеродного следа продукции, уровень водопотребления, коэффициент конверсии корма.

В частности, по данным компании Mowi, углеродный след от выращиваемого «аквакультурного» лосося составляет всего 7,9 кг углеродного эквивалента на 1 кг съедобного продукта, тогда как у свинины этот показатель равен 12,2, а у говядины – 39,0 кг углеродного эквивалента на 1 кг съедобного продукта (Mowi Integrated Annual..., 2021).

Одним из важнейших показателей с позиций ESG-отчетности для животноводческих предприятий следует считать также коэффициент конверсии корма (кормовой коэффициент), отражающий отношение количества затраченного корма к единице полученной продукции у различных видов животных. Соответственно, чем ниже данный

показатель, тем меньшее количество корма требуется затратить на производство единицы продукции. Согласно данным компании Grieg Seafood, значение данного коэффициента у культивируемого лосося может составлять от 1,2 до 1,5, тогда как у наземных млекопитающих (крупный рогатый скот) коэффициент конверсии корма может достигать 10 и более (Grieg Seafood Annual..., 2021).

Немаловажным биологическим фактором, определяющим низкие значения коэффициента конверсии корма, является пойкилотермность рыб и других культивируемых гидробионтов. Именно поэтому с позиций эффективности производства пищевого белка животного происхождения аквакультура обладает неоспоримым преимуществом по упомянутым выше показателям среди других отраслей животноводства.

Кроме того, анатомические особенности атлантического лосося (основного объекта культивирования норвежских аквакультурных компаний) обеспечивают высокий выход съедобных частей (порки) относительно общей массы тела. Так, у культивируемого лосося данный показатель в среднем может достигать величины 70%, тогда как у крупного рогатого скота он составляет всего 52-55 %, у кур – от 46 до 62 % (Grieg Seafood Annual..., 2021; Mowi Integrated Annual..., 2021).

Что же касается воздействия лососевой аквакультуры на окружающую среду, то главными критериями при формировании ESG-отчетности выступают величины таких показателей, как: осуществление проектов по сохранению биоразнообразия, общая энергоэффективность производства, снижение объемов выбросов парниковых газов, деятельность по обращению с отходами (рециклинг, повторное использование упаковки и т.д.), контроль за применением антибиотиков, а также сертификация кормов и иных материалов поставщиков.

Так, раздел «сохранение биоразнообразия» формируется из трех основных блоков. Первый блок объединяет данные о мероприятиях по снижению нагрузки на морские сообщества в регионах присутствия. Это обычно достигается расположением садковых комплексов на местах с сильным течением, обеспечивающим снос и рассеивание органических и неорганических отходов и продуктов жизнедеятельности культивируемых объектов. Также к числу мероприятий данного блока относится установка отпугивающих устройств для снижения числа контактов с дикими животными. Кроме того, обязательно учитывается расположение садкового комплекса с точки зрения его близости к особо охраняемым природным территориям, в частности МОР (морским охраняемым районам), а также строгое выполнение процедуры экологической оценки воздействия на окружающую среду для получения лицензии на ведение деятельности. Один из элементов подобной оценки – осуществление мониторинга состояния

бентоса для определения уровня минимального негативного воздействия деятельности предприятия (Бобкова, Никифоров, 2022).

Второй блок в рассматриваемой отчетности подразумевает наличие данных о снижении дополнительной негативной нагрузки на популяции дикого лосося и сообщества гидробионтов в целом. Компании обеспечивают соблюдение данного принципа, осуществляя комплекс мер по минимизации потерь (уходов) культивируемой рыбы из садков, проводя мероприятия по борьбе с морской вошью (паразитическим рачком *Lepeophtheirus salmonis*), а также контролируя использование антибиотиков (их применение происходит только в случае крайней необходимости).

Необходимо отметить, что еще одним важным элементом соблюдения рыбоводными компаниями упомянутых выше принципов является контроль за производством кормов. Так, компании отказываются от использования кормовых средств, сырье для которых может быть получено за счет незаконного, нерегулируемого и несообщаемого (НН) промысла, или же из видов рыб и иных гидробионтов, находящихся под угрозой исчезновения и/или входящих в «красный список» Международного союза охраны природы (МСОП). Помимо этого, производители снижают содержание компонентов дикой рыбы в корме и стремятся к широкому использованию отходов от переработки выращиваемой рыбы, что учитывается при расчете коэффициентов FIFO – Fish In: Fish Out и FFDR (forage fish dependency ratio) по отношению к предприятию-производителю (Basis for Conclusions..., 2022).

Третий блок отчетности включает данные о мероприятиях по обеспечению ESG-оценки поставщиков и подрядчиков (которых множество у любой крупной компании) и получению от них необходимой документации по экологической сертификации. Так, у компании Mowi в каждом производственном подразделении есть специалист по цепочке поставок, в чьи обязанности входят мониторинг и контроль за соблюдением поставщиками и третьими сторонами руководящих принципов компании (Mowi Integrated Annual..., 2021).

Также внимания заслуживает деятельность аквакультурных компаний по повышению энергоэффективности производства. В данном разделе отчетности вышеупомянутые компании акцентируют внимание на замене двигателей у судов, обслуживающих морские аквафермы: традиционные двигатели внутреннего сгорания постепенно заменяются на электрические. Последние же могут быть разных конструкций, обеспечивающих возможность получения электроэнергии от различных устройств, использующих возобновляемые источники энергии (солнечные батареи, ветрогенераторы и др.).

Кроме того, перечисленные компании, осуществляя учет выбросов парниковых газов согласно рекомендованным Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) методикам учета этих выбросов, используют для расчетов широко применяемую классическую методику The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard (2004).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экологизация промышленной аквакультуры как глобальный тренд оказывает на бизнес двойственное воздействие. С одной стороны, она вызывает необходимость дополнительных затрат на модернизацию оборудования, введение систем мониторинга, обеспечение выполнения ряда новых «экологических» принципов, стандартов и инициатив, с другой – выполнение вышеперечисленного комплекса действий по трансформации производства в соответствии с принципами устойчивого развития и осуществление «зеленых» проектов обеспечивают компаниям возможность дальнейшего развития за счет получения льготных кредитов и адресного инвестирования.

В настоящей работе было рассмотрено концептуальное содержание ESG-отчетов трех норвежских компаний – лидеров в области аквакультуры лососевых рыб (Mowi, Grieg Seafood и Lerøy Seafood Group). Анализ этих документов показал, что, несмотря на имеющиеся существенные преимущества этих компаний относительно других производителей животного белка, они активно и осознанно работают в направлении обеспечения минимизации негативного воздействия на окружающую среду в соответствии с международной повесткой в области Целей Устойчивого Развития.

Основными направлениями деятельности упомянутых компаний в рамках экологизации, формирующими их ESG-отчетность, являются: усилия по сохранению биоразнообразия; проекты по повышению энергоэффективности; комплекс мер по снижению объемов отходов и их рециклингу; сертификация кормов и поставщиков; а также деятельность по снижению объемов выбросов парниковых газов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бахирева, М.С. Национальные особенности государственной поддержки аквакультуры в странах арктического региона / М.С. Бахирева, А.И. Никифоров // Перспективные технологии аквакультуры. – Москва, 2021. – С. 22-29.

Бобкова, А.А. Принципы внедрения ESG-отчетности в аквакультуре / А.А. Бобкова, А.И. Никифоров // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса: материалы X международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов / ВНИРО. – Москва, 2022. – С. 23-25.

Павлов, К.В. Проблемы и перспективы развития аквакультуры: федеральный и региональный аспекты / К.В. Павлов, И.Г. Андреева, М.Г. Метелева // Экономический вестник Донбасса. – 2019. – № 1(55). – С. 198-203.

Савцова Я.С. Мировые лидеры аквакультуры (ТОР-10): проблемы и перспективы развития отрасли в контексте ЦУР ООН / Я.С. Савцова, А.И. Никифоров // Рациональная эксплуатация биоресурсов: проблемы и возможности в контексте Целей Устойчивого Развития ООН: материалы всероссийской научно-практической конференции. – Москва, 2018. – С. 484-491.

Сбойчакова А. В. Политика Норвегии в сфере охраны окружающей среды и экологической безопасности в Арктике / А.В. Сбойчакова // В мире научных открытий = In the World of Scientific Discoveries. – 2015. – № 7-2 (67). – С. 719-731.

ФАО. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020 // Меры по повышению устойчивости. – Рим, 2020. ФАО. – URL:<https://DOI.org/10.4060/ca9229ru> (дата обращения 27.01.2023).

ФАО: аквакультура догоняет и вскоре превзойдет промысловый вылов / публикация от 12 июля 2019 года. – URL:<https://fish.gov.ru/obzorsmi/2019/07/12/fao-akvakultura-dogonyayet-i-vskore-prevzoydet-promyslovyj-vylov/> (дата обращения 27.01.2023).

Федеральный закон от 02.07.2013 N 148-ФЗ (ред. от 11.06.2021) «Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148460/99603dcc3567db1f736be1a3c49a63d3f4951f3c/ (дата обращения 27.01.2023).

Basis for Conclusions for GRI 13: Agriculture, Aquaculture and Fishing Sectors 2022. GRI Sector Standard Project Agriculture, Aquaculture and Fishing. – URL:https://www.globalreporting.org/media/33uagl2h/aaf_basis_for_conclusions.pdf (дата обращения 27.01.2023).

Deloitte Reporting of non-financial information January 2021. – URL:<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/be/Documents/audit/DT-BE-reporting-of-non-financial-info.pdf> (дата обращения 27.01.2023).

Greenhouse Gas Protocol Initiative et al. A Corporate Accounting and Reporting Standard, Revised Edition. – 2004. – URL:<https://ghgprotocol.org/>

sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf (дата обращения 27.01.2023).

Grieg Seafood Annual Report 2021. – URL:<https://cdn.sanity.io/files/1gakia31/production/8699f764225f2b441044453452ada7923cca1994.pdf> (дата обращения 27.01.2023).

Lerøy Seafood Group Annual Report 2021. – URL: <https://www.Leroyseafood.com/globalassets/02-documents/arsrapport-2021/leroy-annual-report-eng-2021.pdf> (дата обращения 27.01.2023).

Mowi Integrated Annual Report 2021. – URL:https://mowi.com/wp-content/uploads/2022/03/Mowi_Annual_Report_2021.pdf (дата обращения 27.01.2023).

The FAIRR Initiative (официальный сайт) / Страница: Collier FAIRR Company Ranking. – URL:<https://www.fairr.org/index/company-ranking/> (дата обращения 27.01.2023)

Voluntary National Review 2021 Norway / Официальный сайт ООН. – URL:<https://sustainabledevelopment.un.org/memberstates/norway> (дата обращения 27.01.2023)

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ГНЕЗД-ИНКУБАТОРОВ НА КАМЧАТКЕ

А.А. Бонк, А.И. Пушкарёв

ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет»
(КамчатГТУ), г. Петропавловск-Камчатский

Аннотация. Приводятся результаты применения на Камчатке автономных гнезд-инкубаторов для искусственного выращивания кеты (*Oncorhynchus keta*) и кижуча (*O. kisutch*) внезаводским методом.

Ключевые слова: кета, кижуч, автономные гнезда-инкубаторы.

ВВЕДЕНИЕ

Современное искусственное воспроизводство тихоокеанских лососей на Камчатке базируется на стационарных лососевых рыбоводных заводах, работающих в целях восстановления запасов тихоокеанских лососей в водоемах, наиболее подверженных промысловому воздействию (реки Большая, Авача, Паратунка и Вилюй). В настоящее время функционируют пять лососевых рыбоводных заводов (ЛРЗ) общей мощностью выпуска около 40-45 млн экз. молоди тихоокеанских лососей – кеты, нерки, чавычи и кижуча (Ксенофонов, Гольденберг, 2008; Результаты многолетнего биологического..., 2015; Современное состояние здоровья..., 2018). ЛРЗ представляют собой комплекс стационарных сооружений, в которых размещается оборудование для инкубации икры (аппараты Аткинсона и частично NOPAD) и подращивания молоди в бассейнах с ежедневным кормлением несколько раз в сутки (Хованская, Сафроненков, Фомин, 2014). По достижении молодь лососей допустимых размеров ее выпускают в естественную среду. Стоимость разработки, проектирования, постройки и дальнейшей эксплуатации ЛРЗ достаточно высокая, а экономическая эффективность их деятельности зачастую низкая. В то же время в стране проводятся работы по использованию в качестве инкубаторов автономных гнезд-инкубаторов. Первые опыты и экспериментальные образцы инкубаторов были разработаны в 2003 г. (Инновационные технологии и..., 2014; Опыт воспроизводства кеты..., 2015), позднее гнезда-инкубаторы различных конструкций были успешно опробованы в реках Кольского п-ова и Сахалина (Искусственная инкубация икры..., 2007; Опыт искусственной инкубации..., 2011; Опыт воспроизводства кеты..., 2015). Первые попытки использования автономных инкубаторов на Камчатке были предприняты

в 1950-х годах, на Карымайском наблюдательном пункте и позднее, в 2016-2018 гг., сотрудниками «КамчатНИРО» на озере Лиственничном (нерка, кижуч).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для данной работы послужили результаты экспериментальных работ по использованию различных конструкций гнезд-инкубаторов в лаборатории ФГБОУ ВО КамчатГТУ и естественных водотоках. Икра кеты для закладки в инкубаторы приобреталась на Паратунском экспериментально-производственном лососевом рыбноводном заводе (ЭПЛРЗ) в стадии «глазка». Для экспериментов с кижучем заготовка половых продуктов и оплодотворение икры осуществлялись на р.Паратунка по общепринятым в рыбноводстве методам (Смирнов, 1963; Иванов, 1988; Хованская, Сафроненков, Фомин, 2014).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Работы по применению гнезд-инкубаторов для внезаводского выращивания лососей можно разделить на два этапа: первый – апробация в лабораторных, второй – испытание в естественных условиях.

Для первого этапа у ООО «Нерест-2008» (г. Холмск) были приобретены несколько автономных гнезд-инкубаторов типа «Шайба-500». Кроме этого, нами была разработана модель собственного гнезда-инкубатора, представляющая собой сетчатый ящик из пищевого пластика с перфорированной крышкой (рис. 1). В качестве субстрата использовалась округлая галька размером 1,5-2,0 см.



Рис. 1. Конструкции моделей гнезд-инкубаторов, использованных в эксперименте. Слева – прототип инкубатора, разработанного на кафедре КамчатГТУ, справа – гнездо-инкубатор «Шайба»

Приобретенная на Паратунском ЭПЛРЗ на стадии «глазка» икра кеты была размещена по 500 шт. в трех автономных гнездах-инкубаторах (два типа «Шайба-500» и модель нашей разработки). Первоначально инкубаторы были установлены в естественном водотоке, но из-за угрозы уничтожения медведями позднее обе модели были перенесены в один аквариум емкостью 500 л, оборудованный приспособлением для создания тока воды и фильтрационной системой Jebo-865UV.

Продолжительность инкубации икры кеты с момента помещения ее в гнезда составила 37 сут, из них 22 сут в аквариуме при средней температуре 9,3 °С. Гибель развивающейся икры в процессе инкубации и выклюнувшихся свободных эмбрионов в обеих конструкциях гнезд-инкубаторов не отмечена (Бонк, Пушкарев, Железнякова, 2020). Результаты инкубации приведены в таблице.

Результаты инкубации икры кеты в искусственных условиях

Срок инкубации, сут	Температура воды, °С	Содержание кислорода, мг/л	pH	Кол-во икринок, шт.	Выживание, %	Размеры предличинки, мм
22	<u>9,0-10,1</u> 9,35	<u>9,34-9,99</u> 9,66	<u>6,0-6,8</u> 6,6	1500	100	<u>16,8-17,1</u> 16,9

Апробация гнезд-инкубаторов в лабораторных условиях показала, что для инкубации икры лососей могут использоваться не только инкубаторы типа «Шайба», но и более простые конструкции гнезд.

Второй этап применения гнезд-инкубаторов был связан с работами по инкубации икры кижуча в естественных условиях. Для этого использовали уже проверенную конструкцию из сетчатого ящика с перфорированной крышкой, но в качестве субстрата был взят керамзит марки М-400, размер фракции 10-20 мм (рис. 2).

Гнезда-инкубаторы были установлены в ручье Кихчик (приток р. Паратунка) 24 октября 2019 г. Перед закладкой в гнездо-инкубатор оплодотворенная икра и гнезда обрабатывались раствором монклавита-1, при концентрации 300 мг/10 л воды с экспозицией 10-15 мин. В гнездах послойно размещались керамзитовый субстрат, икра, субстрат, икра, субстрат. Поверх последнего слоя керамзита укладывали крупную гальку. На каждый инкубатор израсходовано около 800 г икры и 7-8 л керамзита. После заполнения инкубаторы устанавливались в ручье на глубину 20-30 см. Сверху инкубаторы засыпались крупной галькой (рис. 3). Всего было размещено 5 гнезд-инкубаторов.



Рис. 2. Размещение керамзитового субстрата в гнездах-инкубаторах



Рис. 3. Установка гнезд-инкубаторов

В месте установки гнезд-инкубаторов дно ручья сформировано галькой с примесью крупно- и мелкозернистого песка, скорость потока достигала 0,01-0,06 см/с, а температура воды – 3-5 °С. При данных параметрах среды продолжительность развития эмбрионов кижуча составила около 102 дней. При обследовании гнезд-инкубаторов в феврале 2020 г. был зафиксирован выклев свободных эмбрионов с их концентрацией поверх субстрата. К концу марта процесс инкубации завершился полностью.

К сожалению, из пяти выставленных инкубаторов четыре гнезда были повреждены по неизвестным причинам. Длина тела предличинок кижуча в оставшемся гнезде варьировала от 6,2 до 11,8 мм (средняя 10,3 мм).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные экспериментальные работы по использованию автономных гнезд-инкубаторов показали их работоспособность. Применение таких моделей в естественных условиях позволяет эффективно способствовать процессу восстановления естественного воспроизводства лососей в реках с высоким уровнем антропогенного и хозяйственного воздействия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бонк, А.А. Опыт использования автономных гнезд-инкубаторов / А.А. Бонк, А.Н. Пушкарев, Е.В. Железнякова // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы XI Национальной (всероссийской) научно-практической конференции (Петропавловск-Камчатский, 24-25 марта 2020 г.) / Камчатский гос. техн. ун-т [и др.]. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2020. – С. 17-20.

Иванов, А.П. Рыбоводство в естественных водоемах / А.П. Иванов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 367 с.

Инновационные технологии и устройства для инкубирования икры лососевых рыб в реках / Д.С. Павлов, А.Е. Веселов, М.А. Скоробогатов [и др.] // Рыбное хозяйство. – 2014. – № 1. – С. 63-66.

Искусственная инкубация икры атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в естественных условиях / А.Е. Веселов, Л.В. Аликов, М.А. Скоробогатов [и др.] // Экология. Экспериментальная генетика и физиология. – Труды Карельского научного центра РАН. – Петрозаводск, 2007. – Вып. 11. – С. 28-38.

Ксенофонтов, М.Ю. Экономика лососевого хозяйства Камчатки: анализ рыбохозяйственного комплекса бассейна р. Большая и разработка

предложений по повышению эффективности использования лососевых ресурсов в целях развития устойчивого рыболовства и сохранения видового разнообразия / М.Ю. Ксенофонтов, И.А. Гольденберг. – М.: Права человека, 2008. – 152 с.

Опыт воспроизводства кеты (*Oncorhynchus keta*) с применением гнезд-инкубаторов на малых реках Сахалина / Л.К. Федорова, А.Е. Веселов, Д.А. Ефремов [и др.] // Международная морская научная школа-конференция по искусственному разведению гидробионтов: сб. науч. трудов. – Южно-Сахалинск, 2015. – С. 84-90.

Опыт искусственной инкубации атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в р. Суне (бассейн Онежского озера) / А.Е. Веселов, Д.С. Павлов, М.А. Скоробогатов [и др.] // Труды Карельского научного центра РАН. – 2011. – № 3. – С. 28-38.

Результаты многолетнего биологического мониторинга тихоокеанских лососей рыболовных заводов Камчатского края / А.В. Бугаев, Н.А. Растягаева, Н.Н. Ромаденкова [и др.] // Известия ТИНРО. – 2015. – Т. 180. – С. 273-309.

Смирнов, А.И. Инструкция по искусственному разведению тихоокеанских лососей / А.И. Смирнов. – М.: Главрыбвод, 1963. – 62 с.

Современное состояние здоровья тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* в аквакультуре Камчатки / Т.В. Гаврюсева, Е.В. Бочкова, Н.В. Сергеенко [и др.] // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2018. – Вып. 48. – С. 19-30.

Хованская, Л.Л. Руководство по искусственному разведению тихоокеанских лососей на рыболовных заводах Магаданской области / Л.Л. Хованская, Б.П. Сафроненков, Е.А. Фомин; Магадан. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва и океанографии. – Магадан: Кордис, 2014. – 147 с.

ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (*SALMO SALAR L.*) ИЗ р. ТУЛОМА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Л.К. Буданова, И.В. Самохвалов

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича)

Аннотация. Рассмотрены гематологические показатели анадромных мигрантов атлантического лосося из р. Тулома в летний период: концентрация гемоглобина, гематокрит, количество эритроцитов, общее количество лейкоцитов, доля незрелых эритроцитов и лейкоцитарная формула. Приведены размеры клеток и описаны их патологии. Полученную картину крови можно будет использовать для характеристик физиологического состояния рыб, пораженных язвенным дермальным некрозом и другими заболеваниями, в сравнительном аспекте.

Ключевые слова: анадромные мигранты атлантического лосося, язвенный дермальный некроз, гематологические показатели, лейкоцитарная формула.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из причин сокращения популяций атлантического лосося (*Salmo salar L.*) в реках Мурманской области, вероятно, является язвенный некроз кожи лососевых (другие названия: ulcerативный дермальный некроз, UDN) – заболевание половозрелых атлантических лососей, характеризующееся появлением на теле рыб некротических язв. Кроме того, у отдельных особей могут отмечаться язвы на нижней челюсти, оголение лучей плавников у основания и признаки папилломатоза (Карасева, Голикова, 2021; Ульцеративный дермальный некроз..., 2022).

Как выяснилось при изучении вопроса, известны только три работы, которые описывают гематологические характеристики мигрантов атлантического лосося (Нусенбаум, 1951; Христофоров, Мурза, 1998; A multi-biomarker study..., 2021).

Известно, что кровь - наиболее лабильная и информативная ткань, быстро реагирующая на воздействие различных факторов и принимающая активное участие в адаптации организма к среде обитания (Аминева, Яржомбек, 1984). С помощью гематологического метода проводится оценка физиологического состояния организма. Исследуются количественные и качественные показатели (морфология клеток). К количественным относятся: содержание гемоглобина, гематокрит, количество эритроцитов и лейкоцитов, доля незрелых эритроцитов; лейкоцитарная формула. Интерпретация гемограмм затруднена из-за отсутствия эталонных значений, особенно у рыб из природных водоемов и с гормональными

перестройками. В связи с этим актуально проведение гематологического анализа у производителей атлантического лосося, идущих на нерест, с разделением их на группы с патологическими признаками (геморрагии, некротические язвы, травмы, папилломы) и без внешних патологий.

Цель работы – оценка физиологического состояния атлантического лосося анадромной миграции в р. Тулома в 2022 г. по результатам гематологических показателей, так как важно иметь данные о качественных и количественных преобразованиях в системе кроветворения, определяющих успех воспроизводства популяции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В июле 2022 г. для гематологических исследований из ловушки рыбохода, расположенного в плотине Нижне-Туломской ГЭС, отобрано 22 экз. мигрантов атлантического лосося: без патологических признаков, здоровые (8 экз. – 8 самцов) и с патологическими признаками, больные (17 экз. – 7 самок и 10 самцов). В выборке представлены особи средней длиной по Смитту 58 см (диапазон от 51 до 72 см) и средней массой 1960,8 г (диапазон от 1125 до 2400 г).

Патологические признаки у 17 особей выражались в нарушении кожных покровов, появлении кровоизлияний в области жабр, анального плавника и нижней части головы, иногда по всему телу, выпадении чешуи и появлении язв.

Выборка на гематологический анализ состояла преимущественно из особей с 1 годом морского нагула – 92 %, особи с 2 годами морского нагула составили 8 %.

Температура воды во время отбора проб была 17-18,6 °С.

Гематологические исследования проведены по стандартным методикам (Методические указания по..., 1999).

Кровь брали из хвостового кровеносного сосуда и для лабораторных исследований помещали в капиллярные пробирки Microvette[®] 0,2 мл с антикоагулянтом К3 EDTA (Sarstedt AG&Co, Германия).

Гематокритную величину устанавливали путем центрифугирования крови в микрокапиллярах, количество гемоглобина – с помощью анализатора Humalyzer Primus (Human GmbH, Германия).

Морфологическую картину крови – подсчет лейкоцитарной формулы, интенсивность эритропоэза, цитометрические измерения, патологические нарушения клеток – определяли по мазкам, окрашенным по Паппенгейму. Использовали комплексное оборудование – микроскоп «Olympus VX41» с увеличением окуляра WH10X-H/22 и иммерсионного объектива 100x (Olympus Corporation, Япония), видеокамеру ProgRes (Jenoptik GmbH,

Германия), автоматическую систему анализа изображений «ВидеоТест-Морфология 5.2». Клетки идентифицировали по классификации Н.Т. Ивановой (1983). Патоморфологические нарушения определяли согласно рекомендациям Л.Д. Житеновой, Э.В. Макаровой, О.А. Рудницкой (2004). При подсчете лейкоцитарной формулы, учитывая низкий процент клеток в рядах дифференцировки, клетки одного ряда были объединены. В группе агранулоцитов идентифицировали лимфоциты и моноциты, не выделяя лимфобласты и моноцитобласты. В группе гранулоцитов отмечали молодые формы нейтрофилов: миелоциты, метамиелоциты и палочкоядерные нейтрофилы, объединяя их в группу «молодые нейтрофилы», а зрелые клетки учитывали как «сегментоядерные нейтрофилы». Макрофаги в лейкоцитарную формулу не включали (Е. Изергина, И. Изергин, Л. Изергин, 2014). На основании анализа лейкоцитарной формулы рыбы были разделены на больных и здоровых (Инструкции по клиническому..., 1995).

В статистической обработке результатов применяли пакет программ Microsoft Excel (среднее арифметическое, стандартное отклонение, минимум и максимум).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований было установлено, что количественные гематологические показатели клинически здоровых и больных рыб существенно не отличаются. Гемоглобин в среднем составил 150 (115-181) г/л, гематокрит – 65 (50-75) %, количество эритроцитов – 1,5 (1,4-1,6) млн/мкл, количество лейкоцитов – 45 (32-56) тыс. шт./мкл, молодых эритроцитов 6-7 % (см. таблицу).

При микроскопическом анализе мазков крови были выявлены основные клеточные элементы: эритроциты, агранулоциты (лимфоциты, моноциты), гранулоциты (нейтрофилы) на разных стадиях цитогенеза, круглые и овальные тромбоциты.

Эритроциты в основном правильной формы с равномерной окраской, иногда с вакуолизированной цитоплазмой. Гемолиз, пойкилоцитоз и анизоцитоз проявлены в умеренной степени. Средний размер эритроцита по большой оси 14 (13-15) мкм, по малой – 8 (6-9) мкм.

Белая кровь представлена малыми голоядерными лимфоцитами с размерами 5-7 мкм, моноцитами с размерами 12-16 мкм, нейтрофилами – 9-12 мкм, редкими макрофагами с размерами 16-18 мкм.

Изучение мазков крови под микроскопом и анализ составленных лейкоцитарных формул выявили следующие факты. Группу больных рыб разделили на две: 8 особей с выраженным моноцитозом и 9 особей с

выраженным нейтрофилезом. В группе здоровых рыб две рыбы оказались с выраженным моноцитозом и три с нейтрофилезом. Две рыбы с точечными кровоизлияниями на хвостовом стебле и небольшой язвой на боку из группы больных были перемещены в группу здоровых, так как продемонстрировали соотношение лейкоцитов в лейкоцитарной формуле, которое соответствует здоровым рыбам.

**Гематологические показатели производителей атлантического лосося
из р. Тулома в июле 2022 г. (25 особей)**

Показатель	Больные		Здоровые
	I* ¹	II* ²	III* ³
Количество рыб, экз. / %	8 / 32	12 / 48	5 / 20
Концентрация гемоглобина, г/л	<u>142,2±7,65</u> 115-178	<u>152,29±5,16</u> 144-181	<u>154,2±10,08</u> 157-179
Количество эритроцитов, млн/мкл	1,6±0,06	1,4±0,06	1,5±0,04
Гематокрит, %	<u>68,7±3,53</u> 50-75	<u>63,7±1,91</u> 52-68	<u>62,8±3,92</u> 49-75
Молодые эритроциты, %	<u>7,1±0,80</u> 4-11	<u>5,9±0,41</u> 4-8	<u>7,2±0,66</u> 4-2
Количество лейкоцитов, тыс. шт./мкл	<u>56,0±13,87</u> 27-80	<u>32,3±3,63</u> 21-42	<u>46,5±3,76</u> 36-57
	Лейкоцитарная формула, %		
Лимфоциты	<u>47,0±4,51</u> 26-60	<u>49,67±5,29</u> 26-65	<u>88,6±1,19</u> 85-92
Моноциты	<u>34,5±3,82</u> 23-54	<u>10,3±1,18</u> 2-16	<u>4,3±1,08</u> 2-9
Всего агранулоцитов	<u>81,5±1,46</u> 59-83	<u>60,0±4,97</u> 28-78	<u>93,81,15</u> 90-97
Молодые нейтрофилы* ⁴	<u>11,7±1,68</u> 9-27	<u>11,3±2,88</u> 3-30	<u>3,8±0,59</u> 3-6
Сегментоядерные нейтрофилы	<u>6,8±2,34</u> 0-16	<u>28,7±7,36</u> 8-64	<u>3,3±1,09</u> 0-6
Всего гранулоцитов	<u>18,5±1,51</u> 13-30	<u>40,0±5,24</u> 22-72	<u>7,1±1,15</u> 2-10

*Примечание. Над чертой – среднее значение показателя и его ошибка, под чертой – пределы варьирования показателя. *1 – группа I (особи с увеличенным содержанием моноцитов в лейкоцитарной формуле); *2 – группа II (особи с увеличенным содержанием нейтрофилов в лейкоцитарной формуле); *3 – группа III (особи с лейкоцитарной формулой, характерной для здоровых рыб); *4 – молодые нейтрофилы: миелоциты, метамиелоциты, палочкоядерные.*

Лейкоцитарная формула рыб с моноцитозом, которые составили 32 % в выборке из 25 особей, выглядит следующим образом: лимфоциты – 47; моноциты – 35; молодые нейтрофилы – 11; сегментоядерные нейтрофилы – 7; всего гранулоцитов – 18 %.

Лейкоцитарная формула рыб с нейтрофилезом, которые составили 48 % в выборке, выглядит следующим образом: лимфоциты – 50; моноциты 10; молодые нейтрофилы – 11; сегментоядерные нейтрофилы – 29, всего гранулоцитов – 40 %.

Здоровые рыбы составили 20 % выборки и были представлены исключительно самцами с концентрацией гемоглобина 155 г/л; гематокритом 63 %; количеством эритроцитов 1,5 млн/мкл; количеством лейкоцитов 61 тыс. шт./мкл; доля молодых эритроцитов составила в среднем 7 %. Лейкоцитарная формула выглядит следующим образом: лимфоциты – 89; моноциты – 4; молодые нейтрофилы – 4; сегментоядерные нейтрофилы – 3; всего гранулоцитов – 7 %.

И больные, и клинически здоровые рыбы демонстрируют высокое содержание гемоглобина и количество эритроцитов. У больных рыб (80 % выборки), по сравнению со здоровыми, установлена ярко выраженная лимфопения – в два раза меньше лимфоцитов, но почти в пять раз больше лейкоцитов (моноцитов, нейтрофилов).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Известно, что под действием половых стероидов у созревающих производителей лососевых рыб происходят существенные изменения в составе крови. Еще Л.Н. Нусенбаумом (1951) у анадромных мигрантов атлантического лосося описаны повышение активности эритропоэза, увеличение содержания эритроцитов и гемоглобина, доли моноцитоидных форм и полиморфноядерных лейкоцитов среди элементов белой крови, также при созревании развивается лимфоцитопения.

Увеличение количества эритроцитов и гемоглобина рассматривается как адаптация, обеспечивающая повышение интенсивности газообмена в тканях организма. Кроме того, известно, что эритроциты играют важную роль в транспорте половых и других гормонов.

Изменения картины белой крови, очевидно, являются частью более общего феномена подавления активности иммунной системы при половом созревании под действием половых стероидов, что сопряжено с повышением восприимчивости рыб к болезни и стрессу. Это также находит побочное выражение в снижении защитных свойств кожных покровов на фоне изменения их структуры. В основе защитной функции организма лежит фагоцитарный процесс, поэтому мы наблюдали рыб с повышенным содержанием моноцитов и нейтрофилов, которые имеют особое значение в элиминации патогенов, а также в заживлении ран, способствуя восстановлению тканей и подавляя воспаление (Нусенбаум, 1951; Христофоров, 1998; A multi-biomarker study..., 2021).

Среди исследуемых рыб есть особи с благополучным физиологическим статусом, для которых впервые составлена гемограмма.

Предполагается, что в дальнейшем полученную картину крови у клинически здоровых особей можно будет использовать для сравнительной характеристики физиологического состояния рыб, пораженных язвенным дермальным некрозом или другими заболеваниями.

Для уточнения физиологического статуса самок, которые определяют успех воспроизводства популяции и которых в выборке было относительно мало – 28%, необходимо продолжить исследования в этом направлении, увеличив их долю в выборке.

Предлагается отработать технику инвазивного получения крови анадромных мигрантов атлантического лосося для общего и биохимического анализа и отобрать наиболее информативные биохимические показатели для контроля их физиолого-иммунологического состояния (Пронина, Корягина, 2022).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Аmineва, В.А. Физиология рыб / В.А. Аmineва, А.А. Яржомбек. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 200 с.

Житенева, Л.Д. Основы ихтиогематологии (в сравнительном аспекте) / Л.Д. Житенева, Э.В. Макаров, О.А. Рудницкая. – Ростов-на Дону: Эверест, 2004. – 312 с.

Иванова, Н. Т. Атлас клеток крови рыб / Н. Т. Иванова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 184 с.

Инструкция по клиническому анализу крови молоди лососевых рыб в условиях рыбоводных хозяйств с целью оценки их физиологического состояния и дифференциальной диагностики заболеваний. Составитель Т.П. Глаголева. – Рига. Министерство рыбного хозяйства. – БалтНИИРХ. – 1985. – 50 с.

Изергина, Е.Е. Атлас клеток крови лососевых рыб северной части материкового побережья Охотского моря / Е.Е. Изергина, И.Л. Изергин, Л.И. Изергин. – Магадан: Кордис, 2014. – 127 с.

Карасева, Т.А. Язвенный дермальный некроз (UDN) и влияние болезни на воспроизводство атлантического лосося (*Salmo salar* L.) / Т.А. Карасева, Л.Н. Голикова // Биология водных экосистем в XXI веке: факты, гипотезы, тенденции: тезисы докладов Всерос. науч. конф., посвящ. 65-летию Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук / Ин-т биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина РАН. – Борок, 2021. – С. 90.

Методические указания по проведению гематологического обследования рыб. Утверждены Министерством сельского хозяйства и продовольствия РФ № 13-4-2-/1487. – Текст электронный / Департамент ветеринарии. – 1999. – 15 с. – URL: <https://gov.cap.ru/home/65/aris/bd/vetzac/document/201.html> (дата обращения: 02.02.2023).

Нусенбаум, Л.М. Исследование половых желез и крови семги в связи с особенностями ее размножения: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук 03.00.00 / Л.М. Нусенбаум. – Ленинград [б.м.], 1951. – 275 с.

Пронина, Г.И. Методология физиолого-иммунологической оценки гидробионтов: учебное пособие / Г.И. Пронина, Н.Ю. Корягина. – СПб.; Москва; Краснодар: Лань, 2022. – 96 с.

Ульцеративный дермальный некроз лососевых: обзор / Д.С. Провоторов, С.А. Мурзина, Е.П. Иешко, Н.Н. Немова // Журнал общей биологии. – 2022. – Т. 83. – № 2. – С. 138-148.

Христофоров, О.Л. Репродуктивная функция и ее контроль у атлантического лосося / О.Л. Христофоров, И.Г. Мурза // Атлантический лосось. – СПб.: Наука, 1998. – С. 75-126.

A multi-biomarker study on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) affected by the emerging Red Skin Disease in the Baltic Sea / F. G. Weichert, C. Axen., L. Forlin [et al.] // J. Fish Dis. – 2021. – Vol. 44. – № 4. – P. 429-440.

ИСТОРИЯ ПРОМЫСЛА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ В КОНТЕКСТЕ ОСВОЕНИЯ ПЕЧОРСКОГО КРАЯ

И.В. Булатова, А.В. Трапезников

Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), г. Архангельск

Аннотация. Статья посвящена истории освоения Печорского края и промысла атлантического лосося в бассейне р. Печора. Дана оценка промысла печорского лосося, использования орудий и методов лова, описаны причины, повлекшие сокращение запасов.

Ключевые слова: атлантический лосось, перекрытие, Пустозерск, Печора, Якша, Чердынь, Ольховый Куст, Печора.

ВВЕДЕНИЕ

Атлантический лосось р. Печора – уникальная популяция лосося на Европейском Севере России. Печорский край с древних времен славился рыбными богатствами, в том числе печорской семгой, по жирности превосходящей все популяции лосося Севера. Высокая товарная стоимость ставила ее выше прочих видов рыбы и приносила основную часть доходов населению. Экспедиции, исследовавшие северный край и р. Печору и описанные в научных трудах прошлых столетий, охватывают, как правило, лишь незначительный период времени. Объединить материалы по освоению края, охарактеризовать ведение промысла, а также дать оценку добыче лосося, результатом которого явилось сокращение численности популяции этого уникального вида, и стало задачей данной статьи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для работы послужили данные литературного обзора статей, посвященных исследованиям в бассейне р. Печора в XIX, XX и XXI вв., а также статистические данные о вылове семги. Материалы о вылове семги взяты из литературных источников, в частности из трудов А.А. Жилинского (1919), В.К. Солдатова (1924), Ф.А. Пономарева (1960), П.И. Новикова (1964), В.П. Антоновой, Н.А. Чуксиной (1981), и статистических данных, полученных из официальных источников (территориальные управления Россельхознадзора и Росрыболовства).

Печора – крупнейшая река на Европейском Севере России, в которой сохранилась самая крупная популяция атлантического лосося (семги). Берет начало на Северном Урале и впадает в Баренцево море. Длина реки 1809 км.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

История освоения Печорского края и развитие семужского промысла. Рыбный промысел на р. Печора велся с древних времен, а семга была наиболее ценным объектом промысла. Первые исторические сведения об обитателях Печорского края относятся к XI в., уже в те отдаленные времена обитатели Печоры были данниками новгородцев. В 1132 г. летописец отмечает, что новгородцы «дала дани Печорские» Великому Князю Ярополку Владимировичу. Заселение Печорского края было затруднительным. Лишь в 1499 г. московские воеводы, проникшие с дружинами в низовья Печоры, срубили здесь укрепленный городок – Пустозерский острог. Вслед за Пустозерском на реке начали образовываться и другие поселения. В районе Пустозерска впоследствии и был сосредоточен рыбный промысел (Жилинский, 1919).

Рыболовство здесь всегда занимало среди других промыслов первое место, а в иных частях р. Печора являлось единственным средством к существованию. С конца июня жители Пустозерска приступали к лову семги в русле и прибрежной зоне реки, который продолжался до ледостава. Семгу вылавливали поплавами (в русле) и переметами (на побережье). Русло реки было разделено на участки (тони), предоставленные во временное пользование отдельным рыбакам, но так как не все тони были равноценны, то была учреждена очередь, по которой каждый, по истечении нескольких лет, пользовался прибыльными тонями. Таким образом, каждый житель Пустозерска получал во владение часть берега, и право это не нарушалось даже тогда, когда рыбак был не в состоянии сам пользоваться доставшимся ему участком (не имел собственных орудий лова). Такие рыбаки отдавали свои участки в аренду на один год или несколько лет более зажиточным рыбакам (Шренк, 1885).

Промысел семги выше по течению р. Печоры также осуществлялся на тонях, которые располагались вблизи населенных пунктов. Ловили артелью, в которой участвовали все жители, внесшие пай. Лов артелями производился по очереди, обычно на тони ловила одна артель, реже две. Выловленная рыба делилась между участниками, реже продавалась. Для добычи использовали поплавы (плавные сети), невода, забой (заборы). Как правило, орудия лова, сети промысловики изготавливали самостоятельно, совместно с членами семей. Нитки из конопли или льна также пряли обычно сами, иногда вместо конопли использовали крапиву.

Население края было немногочисленным, в основном не имеющим большого достатка. И только с начала торговли с чердынцами, с открытием водного пути в 1780 г., стало быстро увеличиваться народонаселение и подниматься благосостояние края (Жилинский, 1919).

Камско-Печорский путь имел огромное значение для развития рыбной отрасли, и в частности промысла семги. Путь соединял Печорский край с бассейном Камы. Торговым центром этого пути был г. Чердынь. Этим путем доставлялось все самое необходимое для рыбного промысла и жизненных потребностей населения (мука, соль, чай, сахар, крупы, мыла, бакалеи, мануфактуры), с Печоры на Чердынь вывозили семгу, сига, икру сиговую, оленьи шкуры и т.д. Согласно исследованиям Н.А. Варпаховского (1900), с Печоры на Чердынь отправляли до 15000 пудов (около 245 т) семги.

В.К. Солдатов (1924) указывает, что в дореволюционный период на р. Печора вылавливали до 16378 пудов (около 270 т) семги, в среднем 9210 пудов (около 150 т). Печорский край сбывал и товары не только через Якшинскую пристань и далее на г. Чердынь, но и морским путем в г. Архангельск. Н.А. Варпаховский (1900) определяет средний ежегодный улов на р. Печора в 25000 пудов (около 410 т) для конца 90-х годов XIX в. (Солдатов, 1924), однако достоверных данных о вылове семги по всей Печоре в этот период нет.

Революционное время, гражданская война неблагоприятно отразились на жизни населения, а также на рыбном промысле. Прежде всего была уничтожена та система, которая снабжала всем необходимым как для промысла, так и для нужд обывденной жизни. Сетные орудия лова приходили в упадок, заменить их было нечем, конфискация средств передвижения привела к тому, что лодок для промысла стало катастрофически не хватать, а строительство новых прекратилось. Все это сильно тормозило лов рыбы и фактически рыболовство было сведено к минимуму.

Нижнее течение р. Печора менее пострадало от смены власти: промысел был организован лучше, имелись бригады опытных рыбаков и созданы условия для промысла. Однако те же проблемы, что и в верхнем течении р. Печора, здесь имели место – недостаток ниток, веревок, сетей, не было также соли, бочек, ящичков. Вылов семги значительно снизился, и в 1920 г. было поймано около 1000 пудов (около 16,4 т) (Солдатов, 1924).

С начала 1930-х годов промысел лосося в верхнем течении реки был запрещен и осуществлялся только в нижнем течении. Промысловая нагрузка на нерестовое стадо печорского лосося увеличилась и в 1950-е годы среднегодовые уловы за десятилетие возросли до 500 т. Интенсификации промысла способствовало внедрение более совершенных орудий лова. В этот период изымалось до 70 % нерестового стада семги. На промысле лосося использовалось более 600 ставных неводов и около сотни плавных сетей (Летовальцева, 1967). В связи с возможностью подрыва запасов семги по инициативе и при непосредственном участии СевПИНРО

в конце 1950-х годов была проведена структурная перестройка промысла (Поморские рыбные промыслы, 2011; Мартынов, 2007).

В 1958 г. на р. Печора в районе д. Нарыга на участке Ольховый Куст было установлено опытное перекрытие реки для лова семги. В 1959 г. был перекрыт левый рукав в районе участка Месино и обычный промысел семги был прекращен, за исключением весеннего промысла заледки плавными сетями до установки РУЗа. С 1961 г. концентрированный лов семги на р. Печора проводился только на рыбоучастке Ольховый Куст и Куйском перекате. Концентрированный лов семги позволил сократить количество рыбаков почти в десять раз. В 1968 г. на перекрытии реки работали 85 рыбаков, 25 из которых были заняты установкой и обслуживанием Куйского перекрытия (Чупров, 2011).

После концентрации промысла нагрузка на нерестовые стада семги не превышала 50 %, однако последующее развитие иностранного промысла в открытом море не позволило обеспечить восстановление запасов. В целях поддержания численности нерестового стада семги изъятие ее на перекрытии снизили до 40 %, а затем и до 30 % (Поморские рыбные промыслы, 2011). С 1990 г. для сохранения популяции печорской семги перекрытие было снято и промысел полностью прекращен, был сохранен лишь научно-исследовательский лов для наблюдения за популяцией лосося.

Несмотря на введенный запрет на промысел, изъятие семги в бассейне не прекращалось и существовало в виде незаконного лова. Длительный запрет на промышленный лов не дал положительных результатов, а, напротив, способствовал развитию несанкционированного вылова. Решение открыть промысел печорской семги в 2003 г. было продиктовано прежде всего необходимостью снизить браконьерский пресс и постепенно восстановить регулируемую промысловую нагрузку на популяцию.

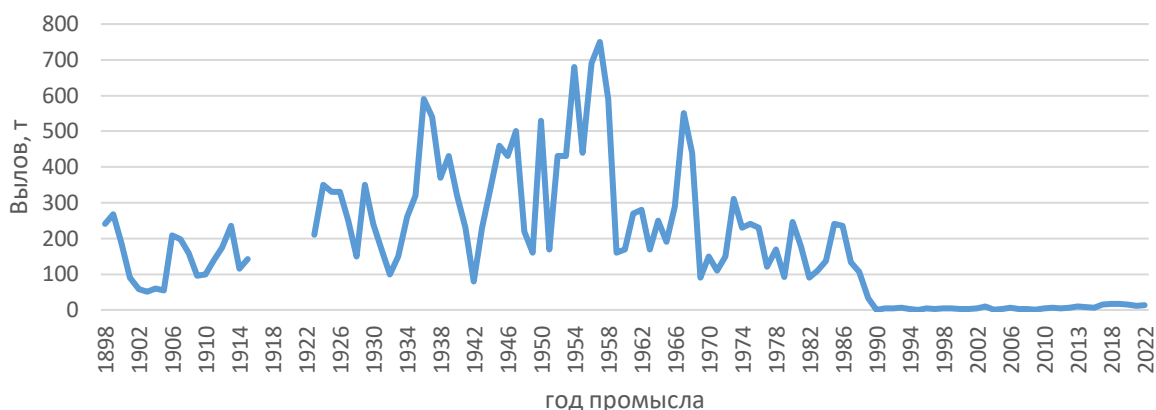
Статистика промысла семги. Освоение Печорского края, увеличение населения, открытие торговых путей способствовали развитию промысла и увеличению добычи лосося.

На протяжении всей истории промысла семги исследователи указывали на снижение вылова и губительное использование некоторых орудий лова. Применение перегораживающих орудий лова (заборов), промысел в местах нереста, снижение размера ячеи негативно отразились на запасах лосося.

Вылов семги как наиболее ценной рыбы в дореволюционный период зависел прежде всего от возможности сохранения и реализации товара, в последующие периоды – в той или иной мере и от происходящих в стране процессов – революции, войны, коллективизация и т.д. Исключения составляли лишь годы, в которые подходы семги были или очень низкие по численности, или поздние. Период гражданской войны и послевоенное

время характеризовались отсутствием рыболовства как такового. Разрушенные торговые связи, изъятие средств перемещения поставили рыбаков в тяжелые условия: не хватало не только новых орудий лова и лодок взамен вышедших из строя, но и элементарных материалов для их ремонта. Данные о вылове в эти годы отсутствуют. Далее – в период коллективизации образование рыболовецких колхозов стимулировало подъем рыболовства и особенно вылов ценной рыбы. Вылов семги в 1923-1940 гг. вырос и достиг 590 т, в среднем 300 т в год (см. рисунок). В годы Великой Отечественной войны, как и в послевоенное время, также все силы были направлены на увеличение добычи. В 1941-1950 гг. вылов семги в среднем составлял 330 т при максимуме 530 т. Внедрение новых, более совершенных орудий лова способствовало эффективности промысла. И в 1951-1958 гг. вылов семги достиг в среднем 520 т в год при максимуме 750 т. Добыча лосося в таких количествах не могла не отразиться на численности популяции. Научные исследования подтверждали подрыв запасов печорского лосося: изменение в структуре популяции, снижение уловов на промысловое усилие, меньшее количество отнерестившихся особей; все указывало на снижение численности популяции. Неутешительные выводы привели к внедрению концентрированного лова. Введение концентрированного лова в 1959 г. позволило достоверно оценить численность нерестового стада печорской семги и изымать не более 50 %. Однако вылов атлантического лосося иностранными судами на местах нагула вынудил полностью отказаться от промышленного лова на р. Печора для сохранения популяции. С 1990 по 2002 г. осуществлялся только научно-исследовательский лов, вылов в среднем составлял 3,5 т. Полный запрет на добычу не дал ожидаемых результатов. Данный период пришелся на время перестройки и распада СССР. Браконьерство в эти годы на р. Печора приобрело массовый характер, чему способствовали безработица населения, невыплаты заработной платы, в результате чего жители были вынуждены обеспечивать себя за счет незаконного лова (Торцев, 2020). Возобновление промысла с 2003 г., ввиду сокращения популяции, не позволило вернуться к прежним объемам вылова. Вылов печорского лосося с 2003 г. по настоящее время в среднем составляет 8,1 т при максимуме 17,0 т.

Вылов семги в бассейне р. Печора, т



Вылов атлантического лосося в бассейне р. Печора

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлены основные этапы завоевания Печорского края и его освоения переселенцами. Открытие торговых путей (Камско-Печорский путь) и возможность сбывать продукцию и приобретать товары для рыбного промысла и бытовых нужд оказали огромное влияние на добычу рыбы, и в частности семги как наиболее ценного и приносящего основную часть доходов товара. Промысел семги как в старину, так и в настоящее время осуществляется на рыболовных участках (тонях). Вылов семги – наиболее ценной рыбы в дореволюционный период – зависел прежде всего от возможности сохранения и реализации товара, а в последующие периоды – в той или иной мере и от происходящих в стране процессов (революции, войны, коллективизация и т.д.). На протяжении всей истории промысла семги исследователи указывали на снижение вылова и губительное использование некоторых орудий и способов лова. Интенсификация промысла, внедрение современных орудий лова позволили добиться максимального вылова в 750 т, но при этом численность печорского лосося была подорвана. Внедрение концентрированного лова и введение запрета на добычу рыбы не достигли поставленных задач. Возобновление промысла с 2003 г., ввиду сокращения популяции, не позволило вернуться к прежним объемам вылова.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Антонова, В.П. Современное состояние запасов печорской семги / В.П. Антонова, Н.А. Чуксина // Биологические ресурсы белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: материалы семинара. – Петрозаводск, 1981. – С. 208-209.

Варпаховский, Н.А. Рыбный промысел в среднем течении реки Печоры / Н.А. Варпаховский; М.З. и Г.И. Деп. зем. – Санкт-Петербург: тип. В. Киршбаума, 1900. – 55 с.

Жилинский, А.А. Крайний север Европейской России. Архангельская губерния / А.А. Жилинский; Предисл. С.Л. Маневича. – Петроград: Ред. коллегия специальных техн. и экон. изд. Нар. ком. пут. сообщ., 1919. – 296 с.

Летовальцева, В.И. Результаты мечения семги на Печоре в 1960-1964 гг. / В.И. Летовальцева // Известия Коми филиала Всесоюз. географ. о-ва. – Сыктывкар, 1967. – Т. 2, вып. 1. – С. 142-146.

Мартынов, В.Г. Атлантический лосось (*Salmo salar* L.) на севере России / В.Г. Мартынов; Российская акад. наук, Уральское отд-ние, Ин-т биологии Коми науч. центра. – Екатеринбург: Ин-т биологии Коми НЦ УрО РАН, 2007. – 413 с.

Новиков, П.И. Рыбы водоема Архангельской области и их промысловое значение / П.И. Новиков. – Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1964. – 43 с.

Поморские рыбные промыслы / В.А. Стасенков, И.И. Студенов, А.П. Новоселов [и др.]; отв. ред. – В.А. Стасенков; Федеральное гос. унитарное предприятие «Полярный науч.-исслед. ин-т морского рыбного хоз-ва и океанографии им. Н.М. Книповича», Северный фил. – Архангельск: ПИНРО, 2011. – 263 с.

Пономарев, Ф.А. Опыт концентрированного лова семги / Ф.А. Пономарев. Упр. рыбной пром-сти Арханг. совнархоза. Печор. рыбокомбинат. – Архангельск: Кн. изд-во, 1960. – 44 с.

Солдатов, В.К. Рыбы р. Печоры / В.К. Солдатов // Материалы ихтиол. исслед., произвед. в 1920 г. при участии проф. С.А. Зернова и студентов Отд. рыбов. П. с.-х. акад.: М.С. Зернова, И.Л. Ловецкого и Н. С. Овсянникова). – Москва-Петроград, 1924. – 74 с.

Торцев, А.М. Освоение природных ресурсов и социально-экономическое развитие прибрежных территорий Архангельской области / А.М. Торцев // Арктика: экология и экономика. – 2020. – №2 (38). – С. 109-121.

Чупров, А.В. Печора рыбацкая / А.В. Чупров // Нарьян-Мар, 2011. – 72 с.

Шренк, А.И. Путешествие к Северо-востоку европейской России через тундры самоедов к северным Уральским горам, предпринятое по высочайшему повелению в 1837 году Александром Шренком [Электронный ресурс]: перевод с нем. языка. – СПб., 1855 (2016). – 665 с.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕРКИ (*ONCORHYNCHUS NERKA WALB.*) ПАРАТУНСКИХ ОЗЕР (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)

Н.М. Вецлер, В.Ф. Бугаев
Камчатский филиал ФГБНУ ВНИРО («КамчатНИРО»),
г. Петропавловск-Камчатский

Аннотация. На основе обобщения данных многолетних наблюдений (1939-2020 гг.) на двух камчатских озерах показаны тенденции долговременных изменений в биологической структуре производителей нерки и проведен сравнительный анализ.

Ключевые слова: нерка, структура нерестового стада, Паратунские озера, многолетние исследования, Камчатка.

ВВЕДЕНИЕ

Паратунские озера (Дальнее и Ближнее) – нерестово-нагульные водоемы тихоокеанского лосося нерки (*Oncorhynchus nerka* Walb.). Результаты изучения нерки и процессов, происходящих в водоемах в прошлом столетии, представлены в многочисленных публикациях (Крохин, 1967; Крогиус, 1981; Крогиус, Крохин, 1953; Крогиус, Крохин, Меншуткин, 1987), однако большинство из них посвящено исследованиям в оз. Дальнее и в меньшей степени – исследованиям в оз. Ближнее. Частично анализ динамики возрастной и размерно-массовой структуры нерестовых стад Паратунских озер проведен в работе А.В. Бугаева, В.Ф. Бугаева, Е.Г. Погодаева (2015), куда вошли данные о ближнеозерской нерке за 1939-2013 гг., а о дальнеозерской – только за 29-летний период (1976-2013 гг., исключая 1981-1989 гг.). Обобщение всего материала за 1939-2020 гг. по оз. Дальнее показало, что изменения размерно-массовых показателей, полового и возрастного состава нерестового стада и динамика процессов, происходящих в экосистеме, тесно связаны с цикличностью рыбопродуктивности этого водоема (Вецлер, Бугаев, 2021). Особая значимость и уникальность Паратунских озер определяется многолетним (с 1930-х годов) рядом научных наблюдений. Цель настоящей работы – обобщить массив данных и провести сравнительный анализ долговременных изменений в биологической структуре производителей нерки озер Дальнее и Ближнее.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Озера Дальнее и Ближнее находятся на юго-востоке Камчатского п-ова в бассейне р. Паратунка, расположены на расстоянии 5 км друг от друга и незначительно различаются по морфометрии (см. таблицу). Оба водоема имеют продолговатую форму, их долины вытянуты в широтном направлении, однако оз. Ближнее более чем в два раза превосходит оз. Дальнее по площади и примерно во столько же раз мельче (Погодаев, 1995).

Основные морфометрические показатели Паратунских озер

Параметр	Оз. Ближнее	Оз. Дальнее
Длина, км	4,6	2,5
Средняя ширина, км	0,76	0,54
Длина береговой линии, км	10,1	6,1
Площадь, км ²	3,5	1,36
Максимальная глубина, м	38,0	60,5
Средняя глубина, м	15,7	31,5
Объем ×10 ⁶ м ³	54,95	42,8
Площадь бассейна, км ²	20,0	11,3

Материалом для настоящего исследования послужили первичные данные биологических анализов половозрелой нерки, проведенных на Паратунских озерах в 1939-2020 гг. В работе использованы архивы Дальнеозерского наблюдательного пункта, ранее опубликованные материалы (Крогиус, Крохин, Меншуткин, 1987; Погодаев, 1993; Вецлер, 2017; Вецлер, Бугаев, 2021) и данные, непосредственно собранные и обработанные авторами.

Сбор материала и биологический анализ производителей в течение всего исследуемого периода осуществляли по единой методике. Рыб отлавливали ставной сетью в озерах или неводом в истоке рек Дальняя и Ближняя в июне-августе во время ежегодного анадромного хода нерки. Более детально методы исследований рассмотрены в работе «Долговременные изменения численности...» (Вецлер, Бугаев, 2021).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Многолетние колебания величины нерестовых подходов нерки в Паратунские озера в 1939-1990 гг. в основном соответствовали колебаниям численности лососей в Северной Пацифике (Причины быстрых изменений..., 2005), связанным с динамикой развития японского морского промысла и долгопериодными флюктуациями климата в Северном

полушарии (Давыдов, 1986; Хен, 1991; Шунтов, 2000, 2001). Многочисленные возвраты нерки были отмечены в 1930-1940-е и второй половине 1980-х годов, снижение численности анадромных рыб происходило в 1950-е – начале 1980-х годов. Периоды наибольшей депрессии пришлись в оз. Дальнее на 1973-1981 гг., оз. Ближнее – на 1970-1984 гг. В 1990-2010 гг. снижение численности популяций было связано исключительно с антропогенным фактором: усилением интенсивности российского и японского дрефтерного промысла в тихоокеанских водах и влиянием браконьерского вылова во время анадромной миграции нерки, значительной интенсификации последнего способствовали доступность водоемов и рост цен на лососевую продукцию. Введение в 2015 г. запрета на вылов нерки в Авачинской губе и р. Паратунка для промышленного, любительского и традиционного рыболовства коренных малочисленных народов Севера*, а затем в 2016 г. – и на использование дрефтерных сетей для добычи лососей в море** положительно повлияло на состояние нерки Паратунских озер. В 2019 г., по нашим данным, возврат производителей в оз. Дальнее составил около 40, а в 2020 г. – 90 тыс. экз. Синхронно происходил рост численности и ближнеозерской нерки.

Особенность популяции нерки оз. Дальнее – наличие проходной (анадромной) и пресноводной карликовой (резидентной) форм (Крогиус, Крохин, Меншуткин, 1987). Период пресноводного нагула молоди проходной формы зависит от кормовых условий в водоеме и может длиться от 1 до 4 лет (Вецлер, 2009; Вецлер, Погодаев, 2011). Карликовая форма созревает в оз. Дальнее, не мигрируя в море, и представлена главным образом самцами (95 %), которые, достигая зрелости в возрасте 2+ и 3+, принимают активное участие в нересте проходной формы, что, по мнению ряда авторов (Крогиус, Крохин, Меншуткин, 1987), значительно повышает его эффективность.

Количество карликов в оз. Дальнее возрастало при снижении возвратов нерки на нерест и улучшении трофических условий в водоеме (1956-1982 и 2000-2018 гг.). Максимальный рост их численности отмечен в годы наиболее глубокой депрессии дальнеозерской нерки и приходился на период чрезмерной эксплуатации нерестового стада японским морским промыслом (1973-1981 гг.). В годы многочисленных возвратов рыб-производителей и увеличения плотности нагуливающейся молоди проходной формы численность карликов в озере была минимальной и не превышала 7 тыс. экз. (Погодаев, Куренков, 2012).

* Протоколы заседаний Комиссии по регулированию добычи (вылова) анадромных видов рыб в Камчатском крае (2015-2020 гг.).

** Закон от 29 июня 2015 г. № 208 «О внесении изменений в ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биоресурсов».

Длительность пресноводного нагула молоди нерки в оз. Ближнее не превышает 3 лет, составляя 1 или 2 года. Сведения о наличии карликовой формы в этом водоеме противоречивы. По данным Е.Г. Погодаева (1995), нерка в оз. Ближнее представлена только проходной формой. В то же время ряд авторов отмечал присутствие карликов в этом озере (Крогиус, Крохин, 1953; Крохин, 1967; Крогиус, 1981). Исследования Е.Г. Погодаева пришлось на период высокой численности ближнеозерской нерки, с этим, вероятно, и связано его утверждение об отсутствии резидентной формы в водоеме.

Известно, что в норме доля анадромных самцов у лососевых рыб составляет 50 %, а сокращение их численности в нерестовых подходах является показателем неблагоприятного состояния стада (Крогиус, Крохин, Меншуткин, 1987). Близкое 1:1 соотношение самцов и самок было отмечено в периоды повышения численности нерестовых возвратов, при их сокращении прослеживалась тенденция к снижению относительной численности анадромных самцов, а половая структура нерестового стада в большинстве случаев сдвигалась в сторону доминирования самок. Подобные изменения на многолетнем уровне происходили в половом составе производителей как ближнеозерской, так и дальнеозерской нерки.

Различные комбинации продолжительности пресноводного и морского нагула нерки определяют ее сложный возрастной состав, включающий 15 групп в оз. Дальнее и 11 – в оз. Ближнее. Дальнеозерское нерестовое стадо чаще всего было представлено рыбами в возрасте 2.2, 1.2 и 3.2. Доминирующее значение занимала возрастная группа 2.2 (44,3 % от всех особей, зашедших в озеро на нерест в 1939-2020 гг.). Относительная численность нерки в возрасте 1.2 и 3.2 была равна 18,1 и 12,6 % соответственно. У производителей нерки оз. Ближнее чаще всего встречались рыбы в возрасте 2.2, 1.2 и 2.1. Как и в оз. Дальнее, доминировала нерка возрастной группы 2.2 (35,4 %). Доля рыб в возрасте 1.2 и 2.1 составила 28,2 и 13,8 % соответственно. Относительная численность особей других возрастов не превышала 10,0 %.

В многолетних колебаниях возраста половозрелых рыб в обоих озерах прослеживается тенденция к его увеличению при снижении величины нерестовых заходов и, наоборот, повышение их численности приводит к уменьшению возраста производителей анадромной формы нерки. Изменения возрастной структуры нерестового стада главным образом связаны с длительностью пресноводного нагула. В период многочисленных заходов нерки на нерест и повышения плотности нагуливающейся молоди преобладающей возрастной группой среди смолтов являются годовики. Чем хуже трофические условия для молоди нерки перед скатом, тем больше покатников в возрасте 1+ мигрирует из

озер. При обратном процессе: снижении возвратов нерки, уменьшении количества нагуливающейся молоди и повышении концентрации корма период пресноводного нагула удлиняется до 2, 3 и в оз. Дальнее даже до 4 лет (Вецлер, 2009; Вецлер, Погодаев, 2011).

Анализ многолетних изменений возрастного состава нерки Паратунских озер показывает, что длительность морского нагула может варьировать от 1 до 4 лет. Подавляющее большинство рыб обычно проводит в море два года: 75,5 % – дальнеозерской и 64,2 % ближнеозерской нерки. Среднемноголетняя доля рыб с 3-летним морским нагулом составляет 15,3 и 13,7 % соответственно. Количество каюрок (нерка с кратковременным морским нагулом – от 2 мес. до 1 года), преобладает в оз. Ближнее (21,8 %), в оз. Дальнее они составляют 8,9 %. Доля рыб, вернувшихся на нерест после 4 лет морского нагула, минимальна и в оз. Ближнее равна 0,3 %, в оз. Дальнее – всего 0,2 %.

Долговременные изменения продолжительности морского нагула у производителей в обоих озерах имеют тенденцию к его сокращению. Рыбы с 4-летним нагулом в море в небольшом количестве встречались в нерестовом стаде ближнеозерской нерки только до 1965 г., в оз. Дальнее они эпизодически заходили на нерест до 1973 г.

В оз. Ближнее после 1965 г. резко сократилось и количество рыб, вернувшихся после 3 лет морского нагула: в 1939-1965 гг. их относительная численность в среднем была равна 27,9 %, в 1966-2020 гг. доля таких рыб снизилась до 4,3 %. Максимальное количество рыб с 3-летним морским нагулом нерестилось в оз. Дальнее в 1939-1948 гг. (34,4 %). В последующие годы их численность постепенно снижалась и в последнее десятилетие в среднем составляла 3,2 %

Сокращение морского нагула привело к ускорению оборачиваемости поколений и увеличению численности мелких короткоциклических рыб (каюрок). До открытия морского промысла такие рыбы в нерестовых возвратах либо полностью отсутствовали, либо были представлены в небольшом количестве. При усилении промыслового и браконьерского пресса относительная численность каюрок повышалась и в отдельные годы достигала более 40,0 % у производителей дальнеозерской нерки и более 60,0 % – у производителей ближнеозерской.

Половозрелая нерка Паратунских озер имеет небольшие размерно-массовые параметры. Среднемноголетняя длина и масса рыб в оз. Ближнем составляют 47,7 см и 1,36 кг соответственно, в оз. Дальнее – 51,8 см и 1,71 кг. Наиболее крупная нерка, размеры и масса тела которой превышали среднемноголетние значения, заходила на нерест в первый водоем в 1939-1965 гг., во второй – в 1939-1973 гг. Тенденция к снижению размерно-массовых параметров у дальнеозерской нерки прослеживается начиная с

1959 г. (через 6 лет после открытия японского морского промысла), а у ближнеозерской нерки – на год позже. Максимальное измельчение половозрелых рыб происходило в годы глубокой депрессии популяций при чрезмерной эксплуатации нерестовых стад дрефтерным промыслом. Длина и масса нерки в обоих водоемах в этот период резко снизились и до настоящего времени остаются преимущественно ниже среднеголетних показателей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщение данных о численности нерестовых подходов и первичных материалов биологических анализов половозрелой нерки, проведенных с 1939 по 2020 г., позволило проанализировать изменчивость размерно-массовых показателей, полового и возрастного состава рыб в оз. Дальнее за 82-летний и оз. Ближнее за 70-летний периоды исследований. Большое сходство долговременных колебаний динамики нерестовых подходов производителей нерки в Паратунские озера и параметров структуры их нерестовых стад связано с синхронным влиянием глобальных и региональных факторов и однонаправленностью внутриводоемных процессов в небольших нерковых водоемах. Отмеченные отличия, вероятно, связаны с особенностями морфологии, термического режима озер и кормовых условий нагула молоди.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бугаев, А.В. Возрастная и размерно-массовая структура локальных стад нерки *Oncorhynchus nerka* некоторых нагульно-нерестовых озер Камчатского края / А.В. Бугаев, В.Ф. Бугаев, Е.Г. Погодаев // Известия ТИНРО. – 2015. – Т. 180. – С. 3-38.

Вецлер, Н.М. Структурные особенности и динамика зоопланктонного сообщества в пелагиали озера Дальнее (Камчатка): специальность 03.00.18 «Гидробиология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Н.М. Вецлер. – Петропавловск-Камчатский, 2009. – 25 с.

Вецлер, Н.М. Многолетняя динамика и современное состояние зоопланктонного сообщества озера Дальнее / Н.М. Вецлер // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2017. – Вып. 46. – С. 42-50.

Вецлер, Н.М. Влияние трофических условий в озере Дальнем на массу тела и возрастную структуру смолтов нерки / Н.М. Вецлер, Е.Г. Погодаев // Известия ТИНРО. – 2011. – Т. 165, № 2. – С. 272-282.

Вецлер, Н.М. Долговременные изменения численности и структуры популяции нерки озера Дальнее (Юго-Восток Камчатки) / Н.М. Вецлер, В. Ф. Бугаев // Известия ТИНРО. – 2021. – Т. 201, № 2. – С. 324-339.

Давыдов, И.В. О природе длительных изменений численности рыб и возможности их предвидения / И.В. Давыдов // Динамика численности промысловых животных дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО, 1986 – С. 5-16.

Крогиус, Ф.В. Роль карликовых форм в воспроизводстве проходной красной (*Oncorhynchus nerka* Walb.) / Ф.В. Крогиус // Вопросы ихтиологии. – 1981. – Т. 21, вып. 6. – С. 976-984.

Крогиус, Ф.В. Пути восстановления и увеличения стад камчатских лососей / Ф.В. Крогиус, Е.М. Крохин // Тр. совещ. по вопросам лососевого хозяйства Дальнего Востока. – 1953. – С.11-21.

Крогиус, Ф.В. Тихоокеанский лосось (нерка) в экосистеме оз. Дальнего (Камчатка) / Ф.В. Крогиус, Е.М. Крохин, В.В. Меншуткин – Л.: Наука, 1987. – 200 с.

Крохин, Е.М. Материалы к познанию карликовой красной *Oncorhynchus nerka* Walb. в Дальнем озере (Камчатка) / Е.М. Крохин // Вопросы ихтиологии. – 1967. – Т. 7, вып. 3(44). – С. 433-445.

Погодаев, Е.Г. Значение пресноводного периода в формировании цикличности поколений нерки озера Дальнего / Е.Г. Погодаев // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа. – 1993. – Вып. 2. – С. 107-116.

Погодаев, Е.Г. Сравнительная характеристика ихтиофауны Паратунских озер / Е.Г. Погодаев // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа. – 1995. – Вып. 3. – С. 61-66.

Погодаев, Е.Г. Состояние экосистемы оз. Дальнего, реконструкция численности карликовой формы нерки за 60-летний период / Е.Г. Погодаев, С.И. Куренков // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2012. – Вып. 27. – С. 33-40.

Причины быстрых изменений темпа пресноводного роста, возраста смолтификации и созревания нерки в небольшом камчатском озере / В.Е. Рикер, Е.Г. Погодаев, Р.Дж. Бимиш, В. И. Карпенко // Известия ТИНРО. – 2005. – Т. 140. – С. 3-17.

Хен, Г.В. Об аномальном потеплении Берингова и Охотского морей в 80-е годы / Г.В. Хен // Мониторинг условий среды в районах морского рыбного промысла. – М.: ВНИРО, 1991. – С. 65-72.

Шунтов, В.П. Результаты изучения макросистем дальневосточных морей России: итоги, задачи, сомнения / В.П. Шунтов // Вестник ДВО РАН. – 2000. – № 1. – С. 19-29.

Шунтов, В.П. Биология дальневосточных морей России / В.П. Шунтов. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2001. – Т. 1. – 580 с.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЦЕСТОД РОДА *PROTEOCEPHALUS* WEINLAND, 1858 – ПАРАЗИТОВ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

П.Г. Власенко^{1,4}, Г.В. Изотова^{1,2}, Е.Н. Кашинская^{1,4},
А.В. Шокурова^{1,2}, Г.Н. Маркевич³, М.М. Соловьев^{1,4}

¹Институт систематики и экологии животных СО РАН (ИСиЭЖ СО РАН),
г. Новосибирск

²ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»
(НГАУ), г. Новосибирск

³Кроноцкий государственный природный биосферный заповедник, г. Елизово

⁴Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН
(ИПЭЭ РАН), г. Москва

Аннотация. Среди цестод рода *Proteocephalus* есть широко распространенные паразиты лососевых рыб. В связи с высокой морфологической изменчивостью и недостатком сведений об их генетическом разнообразии видовое определение этих цестод на настоящий момент затруднено. В настоящей работе оценено разнообразие цестод сигов (*Coregonus lavaretus*) и гольцов (*Salvelinus malma*) из озер Сибири и Камчатки на основании анализа изменчивости последовательности гена 28S рРНК.

Ключевые слова: *Proteocephalus longicollis*, 28S, скрытое разнообразие.

ВВЕДЕНИЕ

Большая часть видов цестод рода *Proteocephalus* является широко распространенными паразитами пресноводных рыб (Фрезе, 1965; Scholz, Hanzelová, 1998). Представители этого обширного по количеству видов рода имеют характерные морфологические черты, такие как строение сколекса, расположение присосок, особенности строения бурсы цирруса и пр., которые позволяют идентифицировать родовую принадлежность цестод. Однако широкая морфологическая изменчивость отдельных видов часто препятствует их надежной идентификации (Аникиева, 2012; Аникиева, Иешко, Лебедева, 2015). Наличие перекрывающихся значений диагностических признаков, а также утрата типовых образцов привели к сведению в синонимы многих описанных в течение XX в. видов. Так, в результате последней ревизии видов рода *Proteocephalus*, зарегистрированных у рыб в Европе, 23 отмеченных вида были приведены к 11 (Scholz, Hanzelová, 1998). Вид *P. longicollis* (Zeder, 1800), согласно этой работе, имел 15 синонимов и остался единственным в Евразии валидным видом, связанным с хозяевами родов *Coregonus*, *Oncorhynchus*, *Salmo* и *Salvelinus*. Для рыб рода *Thymallus*, кроме *P. longicollis*, еще отмечены цестоды *Proteocephalus thymalli* (Annenkova-

Chlopina, 1923) (Scholz, Hanzelová, 1998) и *P. pronini* Rusinek, 2001 (Русинек, 2001). У лососевых рыб Евразии также зарегистрирован *P. percae* (Müller, 1780) (Аникиева, Иешко, Лебедева, 2015).

Цель настоящей работы – оценить разнообразие цестод лососевых рыб из водоемов Сибири и Дальнего Востока на основании анализа изменчивости последовательности гена 28S рРНК.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

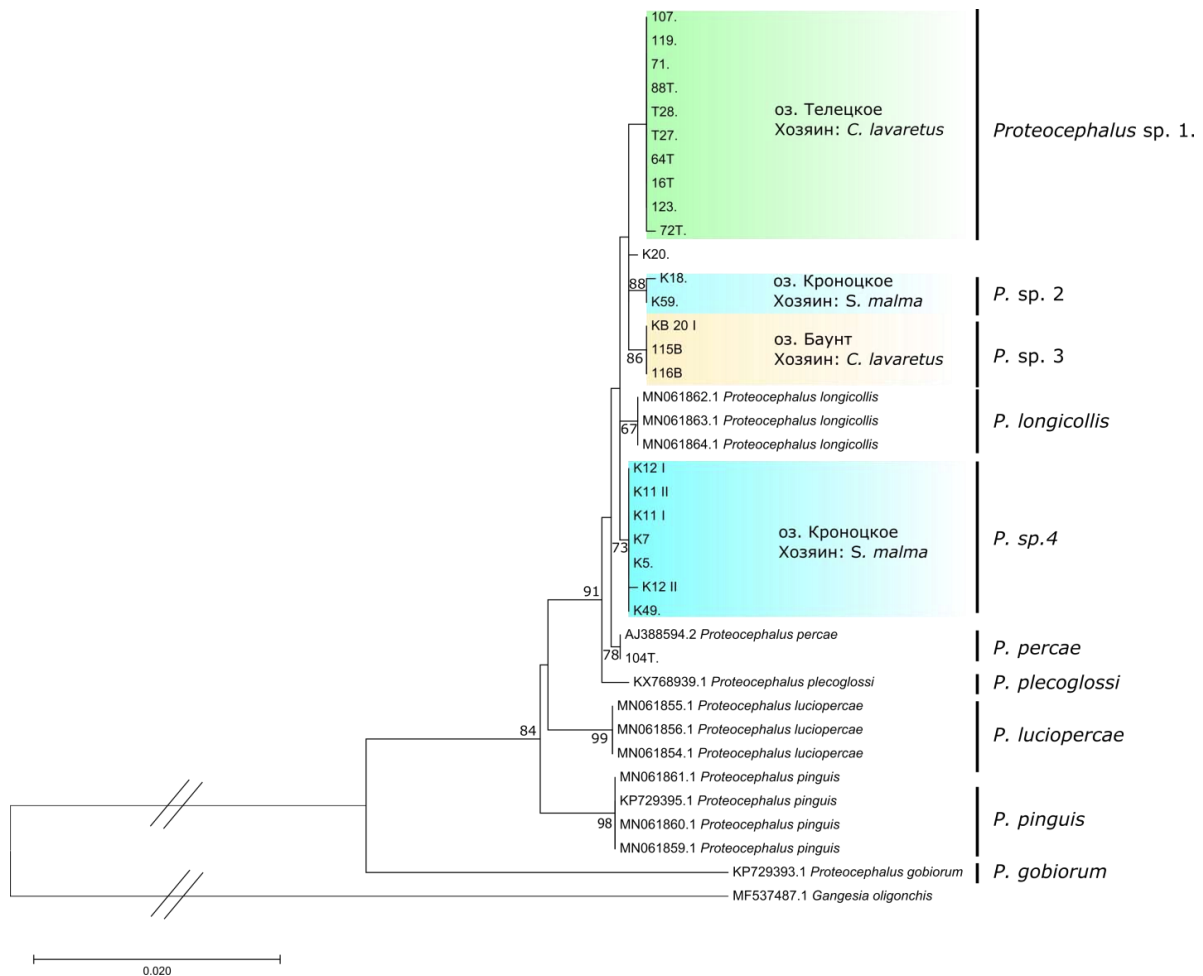
Исследованные паразитические черви были собраны от сига (*Coregonus lavaretus*) озер Телецкое (Республика Алтай) и Баунт (Республика Бурятия), а также от гольцов (*Salvelinus malma*) оз. Кроноцкое (п-ов Камчатка). Паразитологические осмотры рыб производились по методике неполного паразитологического вскрытия, описанной И.Е. Быховской-Павловской (1985). Цестоды были расслаблены в воде и зафиксированы в спирте 70 %. Всего исследовано 10 цестод от сига оз. Телецкое, 3 цестоды из оз. Баунт и 10 цестод от гольцов из оз. Кроноцкое.

Перед выделением ДНК образцы отмывали от спирта в дистиллированной воде. Тотальная ДНК была выделена набором ДНК-сорб-В (Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии) согласно инструкции производителя. У цестод был амплифицирован фрагмент ядерного 28S рРНК-кодирующего гена с использованием праймеров LSU5 (TAGGTTCGACCCGCTGAAATTYAGCA) (Littlewood, Curini-Galletti, Herniou, 2000) и 1500R (GCTATCCTGAGGGAAACTTCG) (Littlewood, Waeschenbach, Nikolov, 2008). При этом условия реакции были следующие: предварительная денатурация при 95 °С – 5 мин; 34 цикла с денатурацией при 95 °С – 15 с, отжигом при 57 °С – 30 с и элонгацией при 72 °С – 80 с; финальная элонгация – 72 °С на 5 мин. При амплификации использован набор для ПЦР BioMaster HS-Taq PCR-Color (2x) (Новосибирск, Россия). Реакционная смесь подготовлена согласно инструкциям производителя набора (http://biolabmix.ru/products/klassicheskaja_pcr/biomaster_hs-taq_pcr-color__2_/). Очистка ПЦР-продукта и секвенирование выполнено в компании «Евроген» (г. Москва, Россия). Полученные последовательности выправлены вручную и выровнены в программе MEGA 11 (Tamura, Stecher, Kumar, 2021). Поиск наиболее близких последовательностей из ГенБанка выполнен с использованием инструментов BLASTN (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST>). Ближайшие гомологи использованы в дальнейшем филогенетическом анализе. В целях уточнения таксономического положения исследованных образцов производили реконструкцию филогении в программе MEGA 7 (Kumar,

Stecher, Tamura, 2016) методом максимального правдоподобия. Статистическая оценка топологии полученных филогенетических деревьев выполнена с использованием 1000 бутстрэп-реплик.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные последовательности в результате филогенетического анализа вошли в слаборазрешенную кладу вместе с *P. longicollis*, *P. percae* и *P. plecoglossi* (см. рисунок).



Филогенетическое дерево последовательностей гена 28S *Proteocephalus* spp., построенное методом максимального правдоподобия. Цветом выделены клады, образованные оригинальными последовательностями. В узлах показана бутстрэп поддержка со значением > 70

Внутри этой клады они образовали четыре отдельные генеалогии: от сигов из оз. Телецкое (*P. sp. 1*), сигов из оз. Баунт (*P. sp. 3*) и 2 клады от гольцов оз. Кроноцкое (*P. sp. 2* и *P. sp. 4*). Образец из оз. Кроноцкое не был объединен ни с одной из клад. При этом телецкая, баунтовская и камчатская *P. sp. 2* клады сестринские по отношению друг к другу.

Камчатская клада *P. sp. 4* сестринская к *P. longicollis*, а обе клады с Камчатки несестринские друг к другу. Дистанции между последовательностями малы в связи с относительной консервативностью исследованного участка генома, однако столь же малые дистанции отделяют полученные клады от *P. percae* и *P. plecoglossi*. Как следствие, мы предполагаем, что полученные нами клады оригинальных последовательностей имеют видовой уровень.

По всей видимости, у лососевых рыб в Евразии паразитирует комплекс видов, который на настоящий момент объединен под названием *P. longicollis*. Два вида из этого комплекса являются паразитами сигов, еще два – паразитами гольцов. В наших сборах мы не зарегистрировали вид *P. percae* у лососевых рыб. Возможно, его предыдущие идентификации были следствием морфологического сходства с филогенетически близкими ему видами. Вид *P. longicollis* был описан от кумжи и, по всей видимости, связан с хозяевами рода *Salmo*. Дальнейшие исследования генетического разнообразия цестод лососевых рыб могут существенно дополнить наше представление о видовом богатстве и гостальной специфичности этих паразитов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на высокое прикладное значение сведений о разнообразии паразитов лососевых рыб, являющихся ценными объектами промысла и аквакультуры, данных о генетическом разнообразии их паразитов к настоящему времени крайне недостаточно. Согласно результатам нашего исследования, видовое разнообразие цестод лососевых рыб Сибири и Дальнего Востока выше, чем было зарегистрировано ранее.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Аникиева, Л.В. Морфологическая изменчивость и популяционная структура паразита лососевидных рыб цестоды *Proteocephalus longicollis* (Zeder, 1800) в аквакультуре / Л.В. Аникиева // Паразитология. – 2012. – Т. 46, № 6. – С. 425-433.

Аникиева, Л.В. Морфологическая изменчивость цестоды *Proteocephalus percae* (Müller, 1780) / Л.В. Аникиева, Е.П. Иешко, Д.И. Лебедева // Паразитология. – 2015. – Т. 49, № 3. – С. 160-170.

Быховская-Павловская, И.Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению / И.Е. Быховская-Павловская. – Ленинград: Наука, 1985. – 121 с.

Русинек, О.Т. Описание нового вида *Proteocephalus pronini* sp. n. (Cestoda: Proteocephalidae) – паразита косогольского хариуса из озера

Хубсугул / О.Т. Русинек // Паразитология. – 2001. – Т. 35, № 2. – С. 159-161.

Фрезе, В.И. Основы цестодологии. Т 5. Протеоцефалыты – ленточные гельминты рыб, амфибий и рептилий / В.И. Фрезе; Под ред. К.И. Скрябина. – Москва: Наука, 1965. – 538 с.

Kumar, S. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 7.0 for Bigger Datasets / S. Kumar, G. Stecher, K. Tamura. – DOI 10.1093/molbev/msw054 // Molecular Biology and Evolution. – 2016. – Vol. 33, Iss 7. – P. 1870-1874.

Littlewood, D. T. J. The Interrelationships of Proseriata (Platyhelminthes: Seriata) Tested with Molecules and Morphology/ D. T. J. Littlewood, M. Curini-Galletti, E.A. Herniou. – DOI 10.1006/mpev.2000.0802 // Molecular Phylogenetics and Evolution. – 2000. – Vol. 16, Iss. 3. – P. 449-466.

Littlewood D. In search of mitochondrial markers for resolving the phylogeny of cyclophyllidean tapeworms (Platyhelminthes, Cestoda) – a test study with Davaineidae / D. Littlewood, A. Waeschenbach, P. Nikolov. – DOI 10.2478/s11686-008-0029-4 // Acta Parasitologica. – 2008. – Vol. 53, Iss. 2. – P. 133-144.

Scholz, T.V. Tapeworms of the genus *Proteocephalus* Weinland, 1858 (Cestoda: Proteocephalidae), parasites of fishes in Europe / T. Scholz, V. Hanzelová. – Praha: Publishing House of the Academy of Sciences of the Czech Republic, 1998. – 118 p.

Tamura, K. MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11 / K. Tamura, G. Stecher, S. Kumar. – DOI 10.1093/molbev/msab120 // Molecular Biology and Evolution. – 2021. – Vol. 38, Iss. 7. – P. 3022-3027.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА НЕРЕСТОВОЙ ЧАСТИ ПОПУЛЯЦИИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ В НИЗОВЬЯХ р. МЕЗЕНЬ

Э.А. Генрих, А.М. Торцев

Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), г. Архангельск

Аннотация. Исследование посвящено мониторингу нерестовой части популяции атлантического лосося в низовьях р. Мезень в 2022 г. Дана характеристика биологического анализа атлантического лосося (возраст, длина, масса, пол).

Ключевые слова: р. Мезень, атлантический лосось, мониторинг.

ВВЕДЕНИЕ

Атлантический лосось (семга) – основной и традиционный объект рыболовства для коренного населения, проживающего в населенных пунктах, расположенных в низовьях р. Мезень. Возможность осуществлять добычу семги в нижнем и среднем течении этой реки является острым вопросом для местного населения.

Р. Мезень (рис. 1) берет начало из болот на западных склонах хребта Четласский Камень, относящегося к возвышенности Тиманский Кряж, и впадает в Мезенскую губу Белого моря.

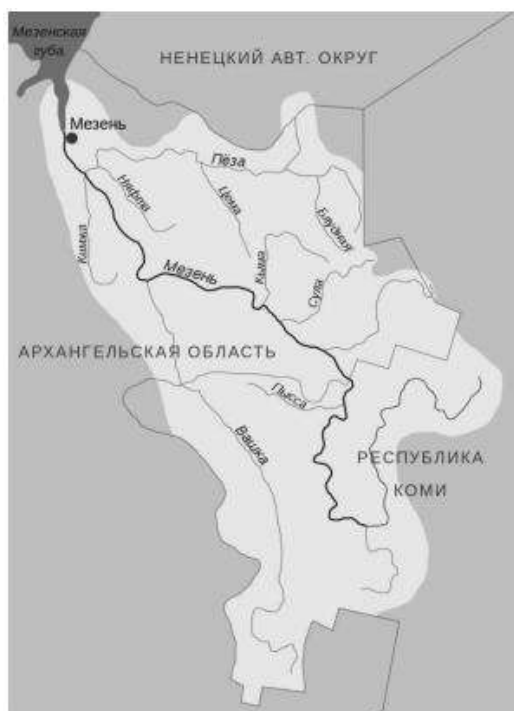


Рис. 1. Карта-схема бассейна р. Мезень (Схема комплексного использования..., 2023)

Мезень – самая протяженная река среди рек бассейна Белого моря: ее длина составляет 966 км (Магрицкий, 2010). Протекает по территории Архангельской области (Лешуконский и Мезенский районы) и Республики Коми (Удорский район). Бассейн реки отличается хорошо развитой речной сетью. Основные притоки Мезени – Пижма (правый), Вашка (левый), Пёза (правый). Площадь водосбора реки с притоками составляет 78000 км². Питают р. Мезень множество рек и ручьев. Можно отметить основные притоки 1 порядка – рр. Кимжа, Пеза, Вашка, Она, Кыма, Сула, Низьма, Мезенская Пижма, Пысса, Ус, Бол. Лоптюга, Ирва (Информационный бюллетень о..., 2023; Ильина, Грахов, 1987; Ресурсы поверхностных вод..., 1965).

Освоение рыбных ресурсов низовий р. Мезень активно началось с формированием постоянных поселений по берегам реки и на побережье Мезенского залива (Торцев, 2020). В начале XIX в. вылов атлантического лосося составлял 80 т ежегодно. В период войны вылов был минимален. Пик вылова семги пришелся на послевоенное время – почти 165 т, однако после 1956 г. отмечалось стабильное снижение уловов по причине избыточной эксплуатации запасов. В 1975 г. уловы атлантического лосося на р. Мезень составили 15 т, а с 1975 по 1981 г. его вылов сократился до 0,9 т. Позже, в 1984 г. наблюдался рост освоения семги до 9,4 т. С 1987 по 1989 г. вылов сократился до минимальных значений (1,67-1,48 т). В 1992 г. промысел семги был полностью закрыт в связи его нерентабельностью (Захаров, Мацук, 2015; Торцев, 2021).

На сегодняшний день отсутствуют работы, посвященные мониторингу и оценке современного состояния атлантического лосося в низовьях р. Мезень. В связи с этим целью исследования являются представление результатов мониторинга нерестовой части популяции атлантического лосося в низовьях р. Мезень и анализ полученных данных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили данные мониторинговых работ, выполненных в полевой сезон 2022 г. Исследования проводили с 14 августа по 5 сентября в районе пос. Затон в низовьях р. Мезень, в 25 км от устья (рис. 2). Длина тони составила около 1 км. Рельеф дна был неравномерным, глубины от 0,4 до 2,5 м. Уровень воды в реке во второй половине августа был аномально низким. Применялись плавные сети с ячеей 70 мм длиной 150 м. На биологический анализ взято 18 экз. семги. Кроме того, во взаимодействии с МАУ «Мезенское районное общество охотников и рыболовов» в 8 км выше по реке (см. рис. 2) собраны данные об уловах атлантического лосося на рыболовном участке «Тимощелье». Рыбаки-

любители осуществляли добычу семги в сентябре 2022 г. с применением плавных сетей с ячейей 70 мм различной длины. Получены данные о биологических параметрах 14 экз. атлантического лосося.



Рис. 2. Карта-схема бассейна р. Мезень

Биологический анализ проводили по общепринятым методикам. Определяли длину по Смитту (AC), промысловую длину (AD), массу, пол. Возраст (речной, морской, абсолютный) атлантического лосося устанавливали по чешуе согласно методикам И.Ф. Правдина (1966), Н.И. Чугуновой (1959) и В.Г. Мартынова (1987).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 2022 г. были выполнены мониторинговые работы и сбор биологического материала у половозрелых особей атлантического лосося в низовьях р. Мезень. Всего на биологический анализ было отобрано 32 экз. семги. Средняя длина атлантического лосося составила $67,7 \pm 9,9$ см, варьируя от 50 до 94 см. Средняя масса семги р. Мезень $4,031 \pm 1,537$ кг.

Средний абсолютный возраст рыб 5 лет, морской 1,72 года. Соотношение полов (самки:самцы) 5,4:1,0.

Основные биологические параметры атлантического лосося, выловленного вблизи пос. Затон, представлены в табл. 1. Размерно-массовые параметры: средние показатели массы тела и длины (АС) составляли во всей выборке (18 экз.) $4,228 \pm 1,250$ кг и $70,3 \pm 7,0$ см соответственно, при этом длина тела варьировала от 50,0 до 70,0 см, а масса – от 1,500 до 6,100 кг. По причине небольшого размера выборки сравнение размерно-массовых параметров самцов и самок проводить нецелесообразно.

Таблица 1

Биологические параметры атлантического лосося по результатам мониторинга в р. Мезень в 2022 г. в районе пос. Затон

Пол	Масса, г			Длина (АС), см			Кол-во, экз.
	мин.	макс.	среднее	мин.	макс.	среднее	
Самки	2600	2600	2600	60,0	60,0	60,0	1
Самцы	1500	6100	4324 ± 1218	50,0	79,0	$70,9 \pm 6,7$	17
Самки+самцы	1500	6100	4228 ± 1250	50,0	79,0	$70,3 \pm 7,0$	18

± Стандартное отклонение.

Проведенный биологический анализ атлантического лосося, выловленного на рыболовном участке «Тимощелье», показал следующие результаты (табл. 2.). Средние показатели массы и длины (АС) в общей выборке (14 экз.) составляли $3,779 \pm 1,863$ кг и $64,0 \pm 12,0$ см соответственно. Параметры длины тела варьировали от 51 до 94 см, массы – от 1600 до 8100 г.

Таблица 2

Биологические параметры атлантического лосося по результатам мониторинга в р. Мезень в 2022 г. участок «Тимощелье»

Пол	Масса, г			Длина (АС), см			Кол-во, экз.
	мин.	макс.	среднее	мин.	макс.	среднее	
Самки	1600	8100	4150 ± 1801	55,0	94,0	$59,1 \pm 12,4$	10
Самцы	1700	5700	2850 ± 1921	51,0	77,5	$66,3 \pm 12,0$	4
Самки+самцы	1600	8100	3779 ± 1863	51,0	94,0	$64,0 \pm 12,0$	14

± Стандартное отклонение.

При сравнении двух участков лова можно отметить, что максимальные размерно-массовые характеристики атлантического лосося характерны для участка «Тимощелье»: масса 8,100 кг, длина (АС) 94 см, при этом минимальные значения массы и длины тела между двумя участками достаточно близки. В половом соотношении на обоих участках преобладают самки – 17:1 (самки:самцы) на участке мониторинга, 2,5:1,0 (самки:самцы)

на участке «Тимощелье» и на этом же участке отмечена большая доля самцов в выборке (4 экз.).

Полученные биометрические характеристики атлантического лосося сравнивали с данными Мезенской инспекции рыбоохраны (1980-е годы), где размерно-массовые характеристики варьировали незначительно: масса семги колебалась от 4,91 до 5,9 кг (Торцев, 2021). В нашем случае масса атлантического лосося изменялась более широко – от 1,5 до 8,1 кг. Средняя длина, согласно данным инспекции рыбоохраны, составила 78,7 см, по результатам наших работ средняя длина лосося немного меньше – 67,7 см. В.Г. Мартынов (2007) отмечал, что средняя масса семги р. Мезень составляет 5,2 кг, а средняя длина 76,6 см, что также больше, чем полученные нами результаты исследований размерно-массовых характеристик в ходе проведения мониторинговых работ в 2022 г. Необходимо отметить, что различия в биологических показателях атлантического лосося обусловлены как различными периодами наблюдений, так и применяемыми орудиями лова.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе полевых исследований 2022 г. впервые дана оценка биологических показателей половозрелых особей атлантического лосося р. Мезень. Средние значения по семге составили: масса особей $4,031 \pm 1537$ кг, длина тела (АС) – $67,7 \pm 9,9$ см, абсолютный возраст 5 лет, а морской 1,72 года, соотношение самок и самцов 5,4:1,0. Важно также отметить продолжающее антропогенное воздействие в виде лесозаготовительной деятельности, негативно сказывающееся на водную экосистему р. Мезень, и браконьерский лов, в ходе которого погибает определенная доля нерестовой популяции атлантического лосося.

Авторы считают целесообразным продолжить работы по мониторингу нерестовой популяции атлантического лосося низовья р. Мезень в целях регулирования их состояния и разработки мер по восстановлению рыбных запасов в регионе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Захаров, А.Б. Рыбы и рыбный промысел на реке Мезень: исторические аспекты / А.Б. Захаров, М.А. Мацук // Вестник института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. – 2015. – № 5(193). – С. 34-41.

Ильина, Л.Л. Реки Севера / Л.Л. Ильина, А.Н. Грахов. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 128 с.

Информационный бюллетень о состоянии водных объектов ... за 2021 год / Двинско-Печорское бассейновое водное управление федерального

агентства водных ресурсов. – URL: http://www.dpbvu.ru/images/docs/deyatelnost/pdf/info_bulletin_2021.pdf (дата обращения 18.01.2023).

Магрицкий, Д.В. Годовой сток взвешенных наносов российских рек водосбора Северного Ледовитого океана и его антропогенные изменения / Д. В. Магрицкий // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2010. – № 6. – С. 17-24.

Мартынов, В.Г. Сбор и первичная обработка биологических материалов из промысловых уловов атлантического лосося / В.Г. Мартынов. – Сыктывкар, 1987. – 35 с.

Мартынов, В.Г. Атлантический лосось (*Salmo salar* L.) на Севере России / В.Г. Мартынов. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 416 с

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т.3. Северный край / Под ред. Н.Д. Шека; Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1965. – 610 с.

Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Мезень. Книга 1. Общая характеристика речного бассейна – Текст: электронный / Двинско-Печорское бассейновое водное управление федерального агентства водных ресурсов. – URL: <http://www.dpbvu.ru/deyatelnost/skiovo-vklyuchaya-ndv> (дата обращения 18.01.2023).

Торцев, А.М. Освоение природных ресурсов и социально-экономическое развитие прибрежных территорий Архангельской области / А.М. Торцев. – DOI 10.25283/2223-4594-2020-2-109-121 // Арктика: экология и экономика. – 2020. – № 2(38). – С. 109-121.

Торцев, А.М. Промысел лосося атлантического (семги) в низовьях р. Мезень / А.М. Торцев // II Пахтусовские чтения: арктические горизонты: сборник материалов всероссийской очно-заочной научно-практической конференции (Архангельск, 8-9 апр. 2021 г.). – Архангельск, 2021. – С. 271-276.

Чугунова, Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб / Н.И. Чугунова. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 164 с.

УСТАНОВЛЕНИЕ НОРМООБРАЗУЮЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ НЕРКИ р. АПУКА И ОЛЮТОРСКОГО ЗАЛИВА ДЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ ИХ УЛОВОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.В. Гриценко

*Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва*

Аннотация. Работа посвящена определению территориально дифференцированных нормообразующих показателей производителей нерки на основании анализа данных мониторинга их уловов в акватории Олюторского залива Берингова моря и р. Апука в 2015-2017 гг.

Ключевые слова: нерка *Oncorhynchus nerka*, Олюторский залив, река Апука, нормирование, бассейновые нормы, выход ястыков-сырца, выход разделанной рыбы.

ВВЕДЕНИЕ

Среди трех наиболее многочисленных видов тихоокеанских лососей, воспроизводимых в реках восточного побережья Камчатки, нерка *Oncorhynchus nerka* имеет наибольшее число локальных популяций, выделяемых на различных уровнях ее внутривидовой иерархической организации (Хрусталева, Кловач, 2019). Сложная популяционная структура нерки определяет необходимость повышения степени дифференциации нормообразующих показателей, используемых для верификации ее уловов в отдельных, укрупненных районах ее воспроизводства (Восточная Камчатка, Западная Камчатка, Южные Курилы и т. п.) (Бассейновые нормы отходов..., 2020; Нормы выхода ястыков..., 2021). Решение данной задачи возможно только при условии проведения системного мониторинга их изменчивости на всем протяжении нерестового хода (промысла) в течение ряда лет возврата производителей (Гриценко, 2017; Гриценко, Каев, Углова, 2022). Для нерки, заходящей на нерест в р. Апука (Олюторский залив Берингова моря), эта задача особенно актуальна ввиду фрагментарности сведений о ее биологии (Кловач, Рой, 2010; Кловач, Ельников, 2013; Ельников, Гриценко, 2014) и возросшего промыслового значения среди других второстепенных восточнокамчатских стад (Погодаев, 2013; Шубкин, Бугаев, 2021).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы материалы анализа качественного состава производителей нерки, собранные в 2015-2017 гг. в период нерестовых подходов к побережью Олюторского залива и нерестового хода в р. Алука. Параллельно с биоанализом производителей проводили опытно-контрольные работы (ОКР) по определению нормируемых показателей нерки – удельной массы яичников (выхода ястыков-сырца) и рыбы после разделки (выхода потрошенной обезглавленной рыбы). ОКР проводили в соответствии с «Методиками определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов» (2002). Рыбу разделяли, зачищали и промывали вручную, отрезание головы особей выполняли фигурным (круглым) срезом.

Отбор производителей для проведения исследований осуществляли безвыборочным методом без их разделения по половому признаку (Методические рекомендации по..., 2017). Каждая отдельная выборка была представлена особями, добытыми на одном участке.

Пять рыбопромысловых участков располагались в акватории Олюторского залива к северо-западу и юго-востоку от устья р. Алука (ставные невода), один (ставные и плавные сети, закидные невода) – в нижнем ее течении на расстоянии 13-16,5 км от устья (рис. 1), занимая оба берега реки.

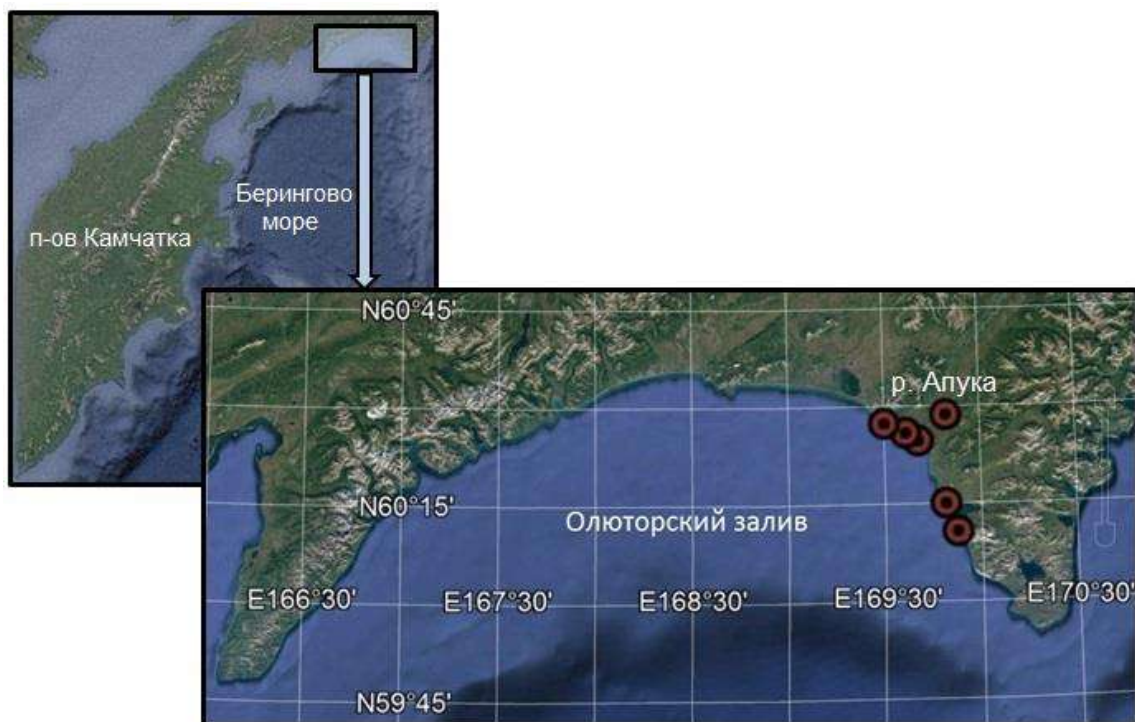


Рис. 1. Схема расположения рыбопромысловых участков (черно-красные маркеры) в акватории Олюторского залива Берингова моря и р. Алука в 2015-2017 гг.

Биологический анализ (БА) производителей выполняли в соответствии с общепринятыми в ихтиологических исследованиях методиками (Методические рекомендации..., 2017). Определяли длину особей по Смитту, пол, массу тела и гонад, а также плодовитость самок с помощью весового метода (Виленская, Маркевич, 1988). Коэффициент зрелости особей устанавливали как отношение массы гонад к массе тела, выраженное в процентах.

Нормообразующие показатели нерки определяли по отношению к общей массе рыбы-сырца, направленной на проведение ОКР за каждый год наблюдений. Математическую обработку данных ОКР выполняли с использованием специализированного программного обеспечения «Комплекс программ для обработки результатов ОКР при производстве продукции из лососевых рыб» (2010). Для графического представления полученных данных использовали объемные диаграммы Microsoft Excel 2010.

Сроки проведения исследований и объем собранного материала представлены в табл. 1.

Таблица 1

Периоды проведения исследований, количество проанализированных производителей, выполненных ОКР и масса нерки-сырца, направленной на проведение ОКР в 2015-2017 гг.

Период	БА, экз.	Кол-во ОКР	Масса нерки-сырца, направленной на ОКР, кг
15.06-27.07.2015	615	23	1526
12.06-31.07.2016	475	14	1107
11.06-20.07.2017	526	14	1341

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установление дифференцированных нормообразующих показателей тихоокеанских лососей невозможно без учета их взаимосвязи с пространственно-временной изменчивостью биологических показателей производителей в отдельных районах воспроизводства (Гриценко, 2017).

Анализ данных о межгодовой динамике биологических характеристик нерки р. Апука и Олюторского залива в 2015-2017 гг. показал, что масса особей обоих полов оказалась наименьшей в 2015 г., тогда как длина тела – в 2016 г. За период наблюдений средняя масса тела самцов нерки возростала, достигнув максимума в 2017 г. Наибольшая средняя масса самок (2669 г) отмечена в 2016 г. при наименьшей средней длине тела (59,7 см). На протяжении трех лет наблюдений средняя длина тела самок нерки оставалась практически одинаковой (табл. 2). Показательно, что самцы нерки превзошли самок по размерно-массовым показателям только в 2017 г., имея при этом минимальную степень

зрелости (3,4 %). Коэффициент зрелости самок в 2017 г., напротив, оказался максимальным за период наблюдений (9,4 %), как и их средняя плодовитость (4713 икр.). При возрастании средней массы тела самцов коэффициент их зрелости снижался, в то время как у самок подобной тенденции не наблюдалось. Тем самым биологические показатели самок и самцов нерки в период наблюдений демонстрировали различную изменчивость, не сходную для производителей разных полов. Выявленные различия их межгодовой динамики могут быть обусловлены разнородностью состава производителей нерки, которые представлены в р. Апука и Олюторском заливе особями, принадлежащими к двум сезонным группировкам (Кловач, Рой, 2010; Кловач, Ельников, 2013), а также условиями их обитания в последний год морского нагула, когда нерка находится под существенным влиянием численности горбуши в связи с совпадающим спектром питания (Карпенко, Андриевская, Коваль, 2013; Гриценко, Харенко, 2015).

Таблица 2

Биологические показатели производителей нерки в уловах в 2015-2017 гг.

Год	Пол	Биологический показатель				Кол-во экз.
		длина тела по Смитту, см	масса тела, г	коэффициент зрелости, %	абс. плодовитость самок, икр.	
2015	Самки	<u>60,0±0,1 (2,6)*</u> 51,2-66,3	<u>2583±17 (348)</u> 1338-3504	<u>8,7±0,1 (2,1)</u> 4,2-16,4	<u>4076±64 (1000)</u> 1740-7105	412
	Самцы	<u>59,1±0,5 (7,0)</u> 42,8-72,0	<u>2536±61 (868)</u> 920-4512	<u>4,0±0,1 (1,4)</u> 1,4-8,3	—	
2016	Самки	<u>59,7±0,1 (2,4)</u> 51,0-65,0	<u>2669±21 (352)</u> 1518-3670	<u>8,0±0,1 (1,7)</u> 4,2-14,7	<u>4555±96 (1065)</u> 2367-7254	275
	Самцы	<u>58,4±0,5 (6,9)</u> 41,4-70,5	<u>2567±65 (923)</u> 794-4530	<u>3,9±0,1 (1,6)</u> 0,7-8,8	—	
2017	Самки	<u>59,8±0,1 (2,0)</u> 51,9-64,5	<u>2618±15 (292)</u> 1634-3342	<u>9,4±0,1 (2,1)</u> 4,3-17,9	<u>4713±51 (977)</u> 2631-7737	375
	Самцы	<u>61,8±0,4 (5,0)</u> 47,2-71,7	<u>2903±54 (666)</u> 1320-4692	<u>3,4±0,1 (1,2)</u> 0,8-7,6	—	

**Над чертой – среднее значение показателя со стандартной ошибкой и его среднеквадратическое отклонение (в скобках), под чертой – пределы варьирования показателя.*

Таким образом, выявление видоспецифичных особенностей механизмов формирования пространственно-временной изменчивости биологических характеристик производителей является необходимым требованием при установлении научно обоснованных дифференцированных нормообразующих показателей нерки.

В результате проведения ОКР установлено, что полученные данные по выходу ястыков нерки р. Апука и Олюторского залива соответствовали

значению, установленному в сборнике бассейновых норм (Нормы выхода ястыков..., 2021) для района добычи (вылова) «Восточная Камчатка» только в 2016 г. (рис. 2). В 2015 и 2017 гг. выход ястыков нерки превышал бассейновые нормы на 1,1 и 1,6 % соответственно, что обусловлено как увеличением доли самок в уловах в данные годы наблюдений (67,0 и 71,3 % в целом за период промысла соответственно), так и более высокой степенью их зрелости.

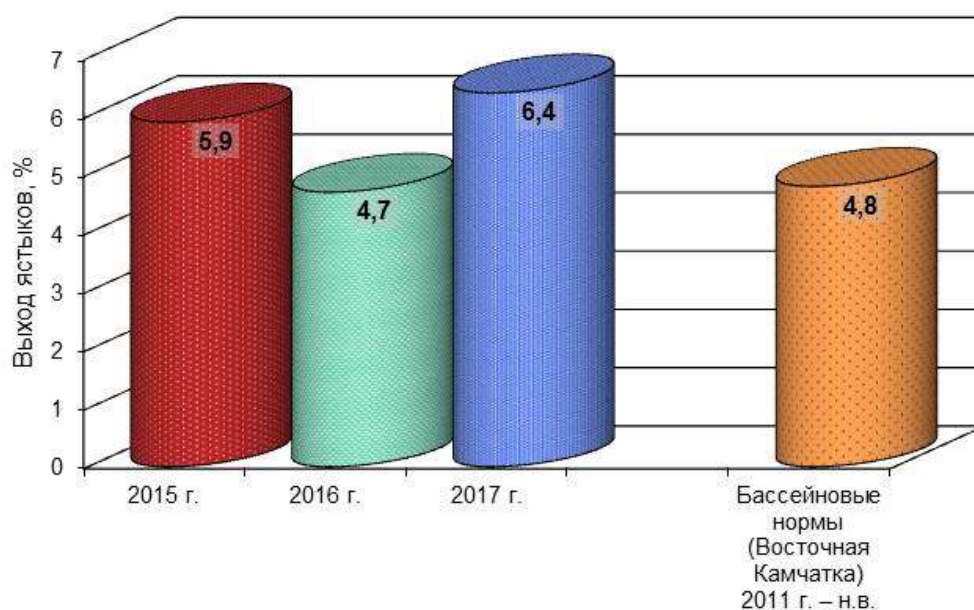


Рис. 2. Выход ястыков-сырца нерки по результатам ОКР в 2015-2017 гг.

В годовом выражении выход ястыков нерки в 2017 г. оказался не только наибольшим за весь современный период (2007-2017 гг.) его мониторинга в данном районе промысла, но и максимальным в сравнении со всеми ранее установленными значениями в границах азиатского ареала вида. Возможно, это является следствием проявления закономерного характера клинальной изменчивости коэффициента зрелости самок нерки внутри ареала, выражаемой через его увеличение в северном направлении, подобно установленной ранее для горбуши (Гриценко, Каев, Углова, 2022).

Изменчивость выхода потрошеной обезглавленной нерки имела в 2015-2017 гг. противоположный характер (рис. 3).

По результатам ОКР установлено, что максимального значения выход разделанной нерки ($77,2 \pm 0,3$ %) достиг в 2016 г. при минимальных установленных значениях выхода ястыков (4,7 %) и доли самок в уловах (57,9 %). Наименьшим его значение оказалось в 2017 г. ($75,7 \pm 0,2$ %), когда величина этих двух варьирующих показателей была наибольшей

(71,3 и 6,4 % соответственно). В 2015 г. среднее значение выхода разделанной нерки составило $76,5 \pm 0,2$ %.

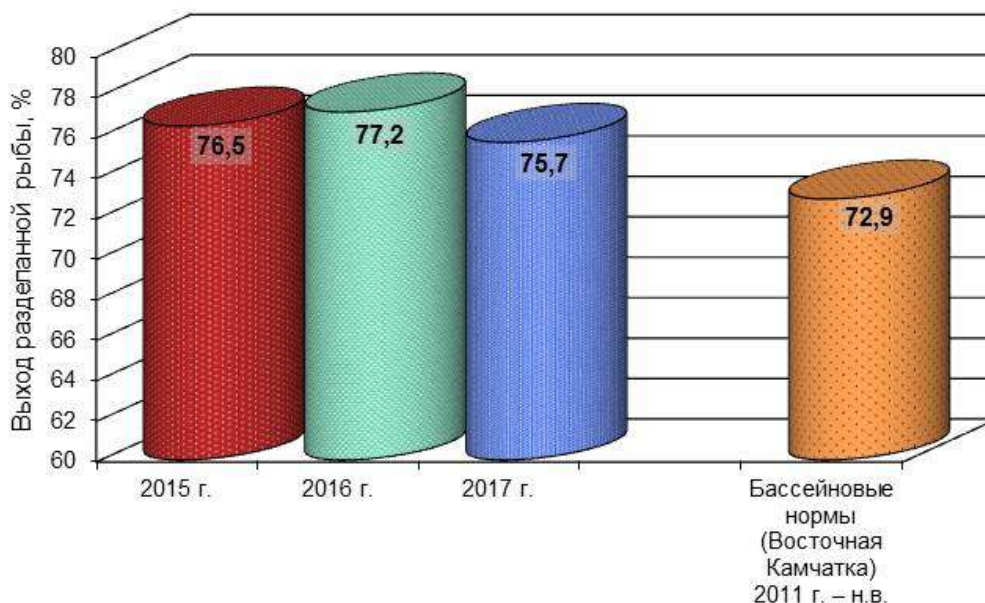


Рис. 3. Выход потрошеной обезглавленной нерки по результатам ОКР в 2015-2017 гг.

Сравнительный анализ установленных по результатам ОКР норм выхода разделанной нерки показал, что их значения в 2015-2017 гг. значительно превышали показатель, указанный в сборнике бассейновых норм для района добычи (вылова) «Восточная Камчатка» (Бассейновые нормы отходов..., 2020): на 3,6, 4,3 и 2,8 % соответственно (см. рис. 3). Подобная межгодовая изменчивость выхода разделанной рыбы связана, видимо, с одновременным увеличением показателя выхода ястыков-сырца нерки в годы наблюдений и преобладанием самок в уловах.

Таким образом, наши исследования подтверждают необходимость дифференциации норм выхода продуктов переработки нерки в части выделения Олюторского района Карагинской подзоны в пределах восточного побережья Камчатки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили определить и статистически оценить межгодовую изменчивость биологических показателей и норм выхода продуктов переработки производителей нерки, добываемых в Олюторском заливе Берингова моря и р. Апука. На основании данных ОКР выявлено, что нормообразующие показатели производителей нерки в 2015-2017 гг. значительно превышали величины, установленные для данного района добычи (вылова) в соответствии с действующими бассейновыми нормами

(Бассейновые нормы отходов..., 2020; Нормы выхода ястыков..., 2021). Следовательно, их актуализация на основании полученных данных позволит точнее осуществлять верификацию фактического вылова нерки и обеспечит рациональное использование ее запасов и производство продукции в данном районе промысла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бассейновые нормы отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве мороженой и кормовой продукции из рыб Дальнего Востока / Е.С. Чупикова, Т.А. Саяпина, С.А. Ткаченко [и др.]; Тихоокеанский фил. ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»). – Москва: ВИНРО, 2020. – 114 с.

Виленская, Н.И. К методике определения плодовитости весовым методом на примере лососевых рыб / Н.И. Виленская, Н.Б. Маркевич // Вопросы ихтиологии. – 1988. – Т. 28, Вып. 1. – С. 159-163.

Гриценко, А.В. Пространственная и временная изменчивость биологических и нормативных показателей тихоокеанских лососей северо-востока Камчатки: специальность 03.02.14 «Биологические ресурсы»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / А.В. Гриценко. – Москва, 2017. – 24 с.

Гриценко, А.В. Взаимосвязь биологических показателей тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* с динамикой их численности на северо-востоке Камчатки / А.В. Гриценко, Е.Н. Харенко. – DOI 10.7868/S0042875215030042 // Вопросы ихтиологии. – 2015. – Т. 55, № 3. – С. 356-367.

Гриценко, А.В. Географическая изменчивость биологических и нормативных показателей горбуши / А.В. Гриценко, А.М. Каев, Т.Ю. Углова. – DOI 10.36038/2307-3497-2022-188-136-150 // Труды ВНИРО. – 2022. – Т. 188. – С. 136-150.

Ельников, А.Н. Динамика биологических характеристик производителей тихоокеанских лососей р. *Oncorhynchus* в р. Апуке и Олюторском заливе Берингова моря в 2007-2012 годах / А.Н. Ельников, А.В. Гриценко // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2014. – Вып. 33. – С. 5-14.

Карпенко, В.И. Питание и особенности роста тихоокеанских лососей в морских водах / В.И. Карпенко, Л.Д. Андриевская, М.В. Коваль. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2013. – 304 с.

Кловач, Н.В. Структура стада нерки *Oncorhynchus nerka* реки Апука (северо-восточная Камчатка) / Н.В. Кловач, В.И. Рой // Вопросы ихтиологии. – 2010. – Т. 50, № 4. – С. 510-514.

Кловач, Н.В. Структура нерестового стада нерки (*Oncorhynchus nerka*) р. Алука (северо-восточная Камчатка) / Н.В. Кловач, А.Н. Ельников // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2013. – Вып. 30. – С. 39-43.

Методики определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов / Под ред. Е.Н. Харенко. – Москва: Изд-во ВНИРО, 2002. – 270 с.

Методические рекомендации по исследованиям тихоокеанских лососей / М.К. Глубоковский, С.Л. Марченко, О.С. Темных [и др.]; ФГБНУ «ВНИРО». – Москва: Изд-во ВНИРО, 2017. – 80 с.

Нормы выхода ястыков и зернистой икры тихоокеанских лососей Дальневосточного бассейна / Е.В. Якуш, Е.С. Чупикова, Т.А. Саяпина [и др.]; Тихоокеанский фил. ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»). – Москва: ФГБНУ «ВНИРО», 2021. – 21 с.

Погодаев, Е.Г. Пространственное распределение и динамика численности локальных стад нерки северных рыбопромысловых районов Камчатского края / Е.Г. Погодаев // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2013. – Вып. 30. – С. 28-38.

Хрусталева, А.М. О морфологической и генетической гетерогенности нерки *Oncorhynchus nerka* (Salmonidae) крупных озерно-речных систем восточной и западной Камчатки / А.М. Хрусталева, Н.В. Кловач. – DOI 10.1134/S0042875219060055 // Вопросы ихтиологии. – 2019. – Т. 59, № 6. – С. 640-650.

Шубкин, С.В. Динамика запасов нерки *Oncorhynchus nerka* северо-восточной Камчатки в XX и начале XXI века / С.В. Шубкин, А.В. Бугаев. – DOI 10.15853/2072-8212.2021.62.5-25 // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2021. – Вып. 62. – С. 5-25.

ОХРАНА АБОРИГЕННЫХ ВИДОВ АНАДРОМНЫХ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ В СТРАНАХ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

Н.А. Дзюба¹, К.А. Тимофеев¹, А.И. Никифоров²

*¹Московский государственный институт международных отношений
(университет) МИД России, г. Москва*

*²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва*

Аннотация. Работа посвящена обсуждению актуального состояния проблемы обеспечения сохранности аборигенных популяций анадромных лососевых рыб арктического региона; рассмотрены концептуальные подходы, реализуемые в различных странах Арктического региона в отношении регламентации промысла анадромных лососевых рыб в интересах сохранения их нативных популяций; освещены аспекты международного взаимодействия и сотрудничества в интересах сохранения анадромных лососевых рыб как неотъемлемых компонентов фаунистических комплексов Арктики.

Ключевые слова: Арктика, морские биологические ресурсы, рыболовство, анадромные лососевые рыбы, аквакультура, биоразнообразие.

ВВЕДЕНИЕ

Анадромные лососевые рыбы – одни из наиболее ценных видов рыб арктических фаунистических комплексов не только в отношении правильного питания, но и в экономическом смысле. В Арктическом регионе в комплекс аборигенных анадромных лососевых рыб (*Salmonidae*) входят в основном представители таких родов, как благородные лососи (*Salmo*), тихоокеанские лососи (*Oncorhynchus*) и гольцы (*Salvelinus*) (Авхадеев, 2020). Большинство популяций анадромных лососевых рыб в настоящее время испытывает мощное антропогенное воздействие, часто крайне негативно отражающееся на их состоянии и приводящее к снижению численности. Острой проблемой является избыточное изъятие анадромных лососевых рыб как из-за браконьерства, так и по причине неверно рассчитанного объема допустимого вылова (*Status of wild...*, 2022).

К наиболее пагубным воздействиям следует отнести также разрушение среды обитания (в том числе в результате деятельности горнодобывающих компаний) и различные типы техногенного загрязнения бассейнов нерестовых рек (Жаравин, Никифоров, 2020).

В последние годы все более значимым фактором, влияющим на состояние популяций анадромных лососевых рыб Арктики, становятся глобальные изменения климата, негативные эффекты которого особенно рельефно проявляются по отношению к хрупким арктическим экосистемам. Помимо вышеуказанного, определенный риск для нативных популяций

представляет масштабное развитие лососевой марикультуры (в силу наличия вероятности распространения опасных болезней), а также неконтролируемое распространение инвазивных видов (в том числе и представителей того же семейства Salmonidae; примером является экспансия интродуцированной на Европейский Север горбуши (*O. gorbusha*), особей которой встречают уже не только в реках Скандинавии, но и Ирландии, Великобритании и Исландии (Iceland Review, 2023).

При этом следует отметить, что утрата нативных популяций анадромных лососевых рыб в ряде стран может приводить не только к экологическим, но и к негативным социально-экономическим последствиям, поскольку рыболовство во многих странах рассматриваемого региона занимает далеко не последнюю позицию в формировании валового внутреннего продукта (ВВП). Так, если в России рыболовецкая отрасль дает лишь 0,3 % ВВП, то в Норвегии эта величина достигает 1,5 %, а в Исландии – 13 % (Состояние мирового рыболовства..., 2022).

Исходя из вышесказанного, представляется весьма актуальным рассмотрение комплекса существующих в странах арктического региона программ, стратегий и иных документов, имеющих своей целью сохранение аборигенных популяций анадромных лососевых рыб.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Настоящее исследование концептуально строится на сочетании таких теоретических и эмпирических методов, как контент-анализ русско- и англоязычной специализированной литературы, обобщение и композиционный синтез имеющейся в доступной литературе и электронных базах данных информации по рассматриваемому вопросу; системное описание актуальных проблем в рамках рассматриваемой проблематики.

Основная цель настоящей работы формирование целостной картины комплекса действий, предпринимаемых отдельными государствами и международным сообществом в интересах сохранения нативного биологического разнообразия анадромных лососевых рыб в арктическом регионе.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Различия в системе организации государственного управления природопользованием, а также особенности национального законодательства определяют специфику нормативной базы, ориентированной в той или иной стране рассматриваемого региона на решение задач сохранения популяций анадромных лососевых рыб.

Так, в Норвегии основными законодательными актами, направленными на сохранение лососевых рыб (прежде всего, атлантического лосося), являются следующие документы: Закон «О лососевых и пресноводных рыбах» (1992 год) и Закон «Об управлении биологическим, геологическим и ландшафтным разнообразием» (2009 год). Эти документы в основном формируют базу, на которой строятся устойчивое использование и охрана анадромных лососевых рыб как в пресных водоемах Норвегии, так и в морских акваториях (Прусов, Самойлова, 2018).

Согласно мнению норвежских экспертов, наибольшими угрозами для аборигенных популяций атлантического лосося следует считать генетическую интрогрессию между выращиваемым в аквакультуре и диким лососем; перенос опасных вирусных заболеваний из аквакультурных хозяйств; распространение паразитарных заболеваний вследствие экспансии инвазивного вида – горбуши. В связи с этим, согласно материалам Доклада «Status of wild Atlantic salmon in Norway in 2022», Министерство климата и окружающей среды Норвегии выделило 15 миллионов норвежских крон (1,3 миллиона фунтов стерлингов) на установку селективных речных ловушек и ограждение всех прибрежных рыбных ферм к 2030 г. (Norway reveals plans..., 2023).

Расположенная неподалеку от Норвегии Дания вот уже на протяжении последних 50 лет в рамках программы мониторинга рыболовства в Гренландии проводит сбор биологических данных об атлантическом лососе, что вносит важный вклад в международную оценку запасов и мониторинг популяций атлантического лосося. В 2021 г. был создан «План управления атлантическим лососем в Гренландии», главная цель которого – сохранение аборигенных популяций атлантического лосося как ресурса для ведения традиционного рыболовства, дающего жителям Гренландии возможность обеспечивать себя лососем. Следует заметить, что данное рыболовство ведется строго в рамках как национального, так и международного законодательства, и договоренностей о промысле лососевых (Statement of Cooperation..., 2023).

В Исландии вопросы управления запасами анадромных лососевых курирует государственное Управление рыболовства. Данной организацией в 2020 г. разработан документ «Ресурсы лосося и форели – Управление рыболовством и средой обитания». Согласно концепции этого документа, в стране разделяется охрана лосося в реках и открытом море. Промысел лосося в Исландии четко регламентирован в отношении годового, еженедельного и ежедневного времени и объемов промысла, а также промысловых мощностей на контролируемых реках. Большую роль в контроле промысла играют местные ассоциации рыболовства. Основная

цель управления – обеспечение устойчивого использования ресурсов лосося. При этом в исландских фьордах и заливах, которые прилегают к крупным лососевым рекам, запрещено создание аквакультурных хозяйств, чтобы избежать риска смешивания аборигенной популяции с выращиваемыми особями. Кроме того, для сохранения и восстановления популяции атлантического лосося на северо-востоке Исландии был создан «Заповедник лосося» (The Iceland Fish Site, 2023).

В Канаде законодательство четко разделяет охрану популяций тихоокеанского и атлантического лосося. Основным документом, который будет определять национальную политику, касающуюся атлантического лосося, является Стратегия сохранения дикого атлантического лосося (Wild Atlantic Salmon Conservation Strategy), которая разрабатывается в настоящее время. Правительство Канады взяло на себя обязательство восстановить и воссоздать популяции дикого атлантического лосося и места их обитания. Деятельность по разработке данного документа началась в июле 2021 г. с серии двух- и многосторонних дискуссий о механизмах сохранения атлантического лосося с представителями объединений коренных народов, а также с другими заинтересованными сторонами (Protecting Canada's wild..., 2023).

В области охраны тихоокеанских лососей в Канаде создается отдельный документ (Pacific Salmon Strategy Initiative), ориентированный на сдерживание сокращения запасов, защиту и восстановление популяций тихоокеанских лососей путем реализации ряда как незамедлительных, так и долгосрочных программ. В основном действие этих программ предусматривается в пяти ключевых направлениях: охрана имеющихся популяций; улучшение управления процессами добычи; совершенствование методов лова; развитие лососевых ферм; расширение интеграции и сотрудничества (Pacific Salmon Strategy..., 2023).

Являясь одним из мировых лидеров в отношении объемов вылавливаемых лососевых, США обладает развитой системой регламентации промысла этой группы водных биологических ресурсов, определяющей районы, временные периоды и допустимые нормы добычи. (Fishery management plan..., 2021). При этом на общегосударственном уровне отсутствует единая стратегия охраны и восстановления аборигенных популяций анадромных лососевых рыб, хотя необходимость создания такого документа давно отмечают не только специалисты, но и общественность (Knapp, 2001).

Помимо отдельных национальных планов, программ и стратегий, проблема сохранения нативных популяций анадромных лососевых рыб непосредственно касается деятельности ряда международных организаций. Так, существующая с 1984 г. специализированная региональная

Организация по сохранению североатлантического лосося NASCO (The North Atlantic Salmon Conservation Organization, создана в соответствии с положениями Конвенции о сохранении лосося в Северной части Атлантического океана) занимается вопросами рационального управления, сохранения, восстановления и увеличения запасов атлантического лосося доступными механизмами международного сотрудничества.

В настоящее время активную деятельность в рамках данной организации ведут следующие страны: Канада, Дания, Европейский союз, Норвегия, Российская Федерация, Великобритания, США (Франция участвует в сессиях NASCO в качестве наблюдателя). Особое внимание NASCO уделяет защите сохранившихся участков мало нарушенных биоценозов с участием атлантического лосося; восстановлению утраченной и деградировавшей среды обитания; управлению промыслом; недопущению генетического загрязнения аборигенных популяций; предотвращению распространения опасных заболеваний лосося (Conserving and Restoring..., 2023).

Как известно, часть упомянутых выше стран входит в число активных членов Арктического Совета (Arctic Council), одной из ключевых задач которого является содействие арктическим государствам в сохранении биоразнообразия Арктики. Так, одна из реализуемых под эгидой Арктического Совета работ – проект «Лососевые народы арктических рек» (Salmon peoples of Arctic rivers). Данный проект начал работу в 2013 г. и ориентирован на изучение, сохранение и устойчивую эксплуатацию популяций анадромных лососевых рыб Арктики в странах Арктического Совета (Salmon peoples of..., 2023).

В отношении тихоокеанских популяций анадромных лососевых рыб решением сходных задач занимается межправительственная организация - Комиссия по анадромным рыбам северной части Тихого океана (North Pacific Anadromous Fish Commission, NPAFC). Членами данной организации, созданной в соответствии с положениями Конвенции о сохранении запасов анадромных рыб в северной части Тихого океана (1993 г.), являются следующие страны: Российская Федерация, Канада, Япония, Республика Корея, США. Сотрудничество в рамках деятельности NPAFC заключается прежде всего в регулярном обмене данными об учетных размерах запасов анадромных лососевых рыб и факторах, влияющих на их выживаемость; проведении совместных научно-исследовательских работ по изучению экологии лососей и механизмам их воспроизводства; разработке усовершенствованных методов неистощительного лова и релевантных систем учета изъятых биоресурсов (Карпенко, Гриценко, 2010).

В нашей стране в настоящее время не существует самостоятельно оформленной Стратегии (или какого-либо другого государственного документа) по сохранению аборигенных популяций анадромных лососевых рыб в Российской Арктике; данная задача решается путем реализации положений соответствующих законодательных актов, регламентирующих в целом рыболовство как отрасль (Федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» от 20.12.2004 N 166-ФЗ; Федеральный закон от 25.12.2018 № 475-ФЗ «О любительском рыболовстве и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»; Правила рыболовства для соответствующих рыбохозяйственных бассейнов и др.), а также вопросы охраны окружающей среды (Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 26.03.2022) «Об охране окружающей среды»). Утвержденная Указом президента РФ 26.10.2020 г. «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» предусматривает сохранение уязвимых компонентов биоразнообразия арктических экосистем, к которым относятся и анадромные лососевые рыбы. Деятельность в этом направлении подразумевает охрану среды обитания, жесткое регулирование промысла лососевых, а также обеспечение расширения искусственного воспроизводства анадромных лососевых рыб в условиях специализированных предприятий (лососевых рыбоводных заводов) (Указ Президента РФ, 2020).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на наличие большого количества национальных и международных программ по сохранению аборигенных популяций анадромных лососевых рыб Арктики, часть этих популяций, тем не менее, находится в весьма угрожаемом состоянии. Представляется очевидной необходимость объединения усилий стран и организаций путем создания единой Циркумполярной Арктической Лососевой Стратегии, которая могла бы стать подходящей платформой при подготовке соответствующей международной Конвенции. Арктический Совет (Рабочая группа по сохранению арктической флоры и фауны) в перспективе вполне способен стать организацией, ответственной за координацию работ по подготовке данного документа. Учитывая непреходящую ценность Арктики для нашей страны, можно говорить о том, что именно Россия видится инициатором создания упомянутого единого международного соглашения об охране анадромных лососевых рыб Арктики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Авхадеев, В.Р. Правовое регулирование освоения морских биоресурсов Арктики: нормы международного права и механизмы сотрудничества государств / В.Р. Авхадеев // Право. Журнал Высшей школы экономики. – 2020. – № 4. – С. 216-239.

Жаравин, Н.А. Воздействие предприятий добывающей промышленности на экосистемы малых рек / Н.А. Жаравин, А.И. Никифоров // Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнопромышленных регионов: материалы Международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2020. – С. 24-28.

Карпенко, В.И. Международная комиссия по анадромным рыбам северной части Тихого океана – НПАФК / В.И. Карпенко, О.Ф. Гриценко / Международная рыбохозяйственная деятельность Российской Федерации на современном этапе // Тр. ВНИРО, 2010. – Т. 149. – С. 375-390.

Прусов, С.В. Регулирование прибрежного рыболовства атлантического лосося в Норвегии / С.В. Прусов, Е.Н. Самойлова // Труды ВНИРО, 2018. – Т. 174. – С. 48-57.

Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2022 // FAO. – URL:<https://www.fao.org/3/cc0461ru/online/sofia/2022/world-fisheries-aquaculture.html> (дата обращения: 18.01.2023).

Указ Президента РФ от 26 октября 2020 г. № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечении национальной безопасности на период до 2035 года» / <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74710556/> (дата обращения: 11.02.2023).

Conserving and Restoring Wild Atlantic Salmon // <https://nasco.int/> (дата обращения: 08.01.2023).

Fishery management plan for the salmon fisheries in the EEZ off Alaska // North Pacific Fishery Management Council. – URL: <https://www.npfmc.org/wp-content/PDFdocuments/fmp/Salmon/SalmonFMP.pdf/> (дата обращения: 18.01.2023).

Iceland Review. – URL: <https://www.icelandreview.com/news/record-numbers-of-pink-salmon-caught-in-norway-have-icelanders-bracing-for-invasion/> (дата обращения: 05.01.2023).

Knapp G. Challenges and strategies for the Alaska salmon industry // Institute of Social and Economic Research, University of Alaska. – 2001. – 26 p.

Norway reveals plans for river trap system to protect wild salmon // The Guardian. – URL: <https://www.theguardian.com/environment/2021/oct/21/norway-reveals-plans-river-trap-system-to-protect-wild-salmon> (дата обращения: 06.01.2023).

Pacific Salmon Strategy Initiative (PSSI) // <https://www.canada.ca/en/fisheries-oceans/news/2021/06/pacific-salmon-strategy-initiative-pssi0.html> (дата обращения: 09.01.2023).

Protecting Canada's wild salmon // Government of Canada. – URL:<https://www.dfo-mpo.gc.ca/campaign-campagne/wild-salmon-saumon-sauvage/index-eng.html>/ (дата обращения: 14.01.2023).

Salmon peoples of arctic rivers / Assessing freshwater river systems based on traditional knowledge // <https://www.arctic-council.org/ru/projects/salmon-peoples-of-arctic-rivers/> (дата обращения: 08.02.2023).

Statement of Cooperation on the West Greenland Fishery Sampling Programme for 2022 // North Atlantic Salmon Conservation Organization. – URL: https://nasco.int/wp-content/uploads/2022/06/WGC2211_Statement-of-Co-Operation-on-the-West-Greenland-Fishery-Sampling-Programme-for-2022.pdf/ (дата обращения: 15.01.2023).

Status of wild Atlantic salmon in Norway 2022 // Vitenskapsradet. – URL: <https://vitenskapsradet.no/Nyheter/status-of-wild-atlantic-salmon-in-norway-2022/> (дата обращения: 06.01.2023).

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ МОРСКОГО НАГУЛА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ *SALMO SALAR* L. р. ТУЛОМА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ) В 1983-2022 гг.

С.И. Долотов, И.В. Самохвалов

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск*

Аннотация. Проанализированы изменения длительности морского нагула семги р. Тулома в 1983-2022 гг. Установлено снижение в нерестовом стаде доли самок с двумя и тремя годами морского нагула, обладающих высокой плодовитостью, и самцов, проживших в море три года. Роль указанных возрастных изменений в процессе формирования численности семги данной реки будет определяться неизученным балансом эффектов от уменьшения доли в нерестовом стаде наиболее плодовитых самок и снижения смертности нерестовых мигрантов в морской период жизни в результате сокращения его продолжительности.

Ключевые слова: река Тулома, атлантический лосось, самцы, самки, продолжительность морского нагула.

ВВЕДЕНИЕ

Река Тулома является самой значительной баренцевоморской водной системой Мурманской области (Реестр лососевых рек..., 2022). Численность обитающего в ней атлантического лосося (семги) в последнее время намного сократилась в результате негативного воздействия на его воспроизводство нелегального лова и заболеваний. В этой связи актуальность приобретают исследования возрастной структуры семги, поскольку ее изменения также могут отражаться на ходе воспроизводства данной лососевой популяции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В статье рассматриваются изменения продолжительности морского нагула семги р. Тулома. Чешуйный материал для определения возраста, данные о половом составе нерестовых мигрантов и плодовитости самок были собраны в 1983-2022 гг. на нижнетуломском рыбоходе. Поскольку среди нерестовых мигрантов семги этой реки среднемноголетняя доля повторнонерестящихся рыб крайне мала (около 1 %) (Самохвалов, 2015), принимались во внимание только зашедшие на первый нерест рыбы возрастных групп 1SW, 2SW и 3SW (прожившие в море один, два и три года соответственно). Наличие тенденций в межгодовых изменениях

показателей оценивалось с применением функции скользящего среднего с 7-летними периодами сглаживания (Грешилов, Стакун В., Стакун А., 1997).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Среди самцов в 1983-2022 гг. рыбы возрастной группы 1SW составляли от 64 до 98 %. Изменения их количества не имели определенной направленности (рис. 1а).

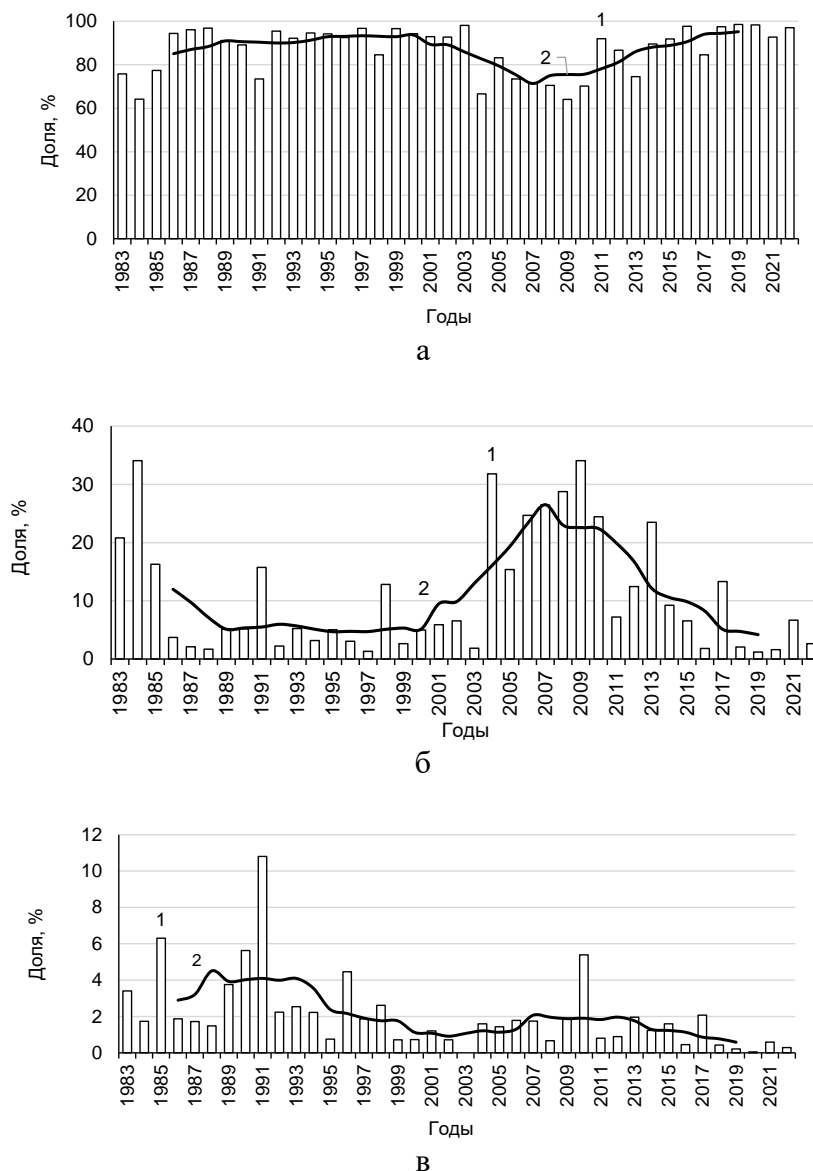


Рис. 1. Доля рыб возрастных групп 1SW (а), 2SW (б), 3SW (в) среди самцов семги р. Тулома в 1983-2022 гг. Здесь и на рис. 2, 3: 1 – ежегодные показатели; 2 – график функции скользящего среднего

Доля самцов с двумя годами морского нагула варьировала от 1,2 до 34 %, наблюдались значительные колебания при отсутствии четкой тенденции (см. рис. 1б).

Доля самцов возрастной группы 3SW в первой половине рассматриваемого периода изменялась от 0,7 до 10,8 %, и в более чем половине случаев находилась в пределах 0,7-2,5 %. С 2003 по 2022 г. на этих рыб приходилось от 0 до 5,4 %, и в течение 17 лет их количество не превышало 2 %. В целом в 1983-2022 гг. наблюдалась тенденция к снижению доли самцов с тремя годами морского нагула (см. рис. 1в).

Иная динамика изменений возрастной структуры наблюдалась у самок. Так, рыбы, прожившие в море 1 год, в первой половине периода 1983-2022 гг. составляли от 1,8 до 40 %. В более чем половине случаев их количество находилось в интервале 11-30 %. В 2003-2022 гг. оно варьировало от 9,2 до 70,4 %, в том числе в течение 16 лет превышало уровень 30 %. В целом в 1983-2022 гг. изменения доли самок с одним годом морского нагула характеризовались наличием тенденции к росту (рис. 2а).

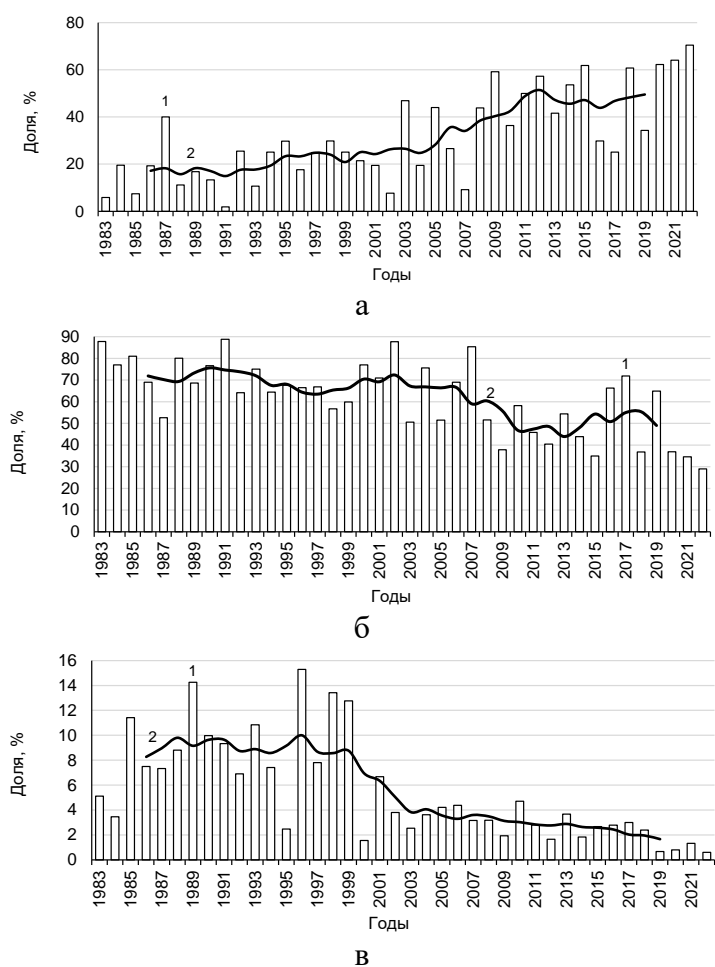


Рис. 2. Доля рыб возрастных групп 1SW (а), 2SW (б), 3SW (в) среди самок семги р. Тулома в 1983-2022 гг.

Доля рыб возрастной группы 2SW с 1983 по 2008 г. в подавляющем большинстве случаев не была ниже 60 %, периодически превышая уровень 80 %. С 2009 по 2022 г. она в течение 9 лет была ниже 50 %, а ее максимум только один раз незначительно превысил 70 %. В целом в 1983-2022 гг. количество самок с двумя годами морского нагула имело тенденцию к снижению (рис. 2б).

Доля самок возрастной группы 3 SW с 1983 по 1999 г. изменялась в пределах 2,5-7,8 %, в 14 случаях превышая уровень 6 %. В 2000-2010 гг. и 2011-2022 гг. она варьировала в пределах 1,9-6,7 и 0,7-3,7 % соответственно. В целом в 1983-2022 гг. изменения количества рыб этой возрастной группы характеризовались наличием тенденции к снижению (рис. 2в).

Вследствие описанной перестройки возрастной структуры определенная тенденция к сокращению наметилась и для средней продолжительности морского нагула самцов и самок без разделения их по возрастным группам (рис. 3).

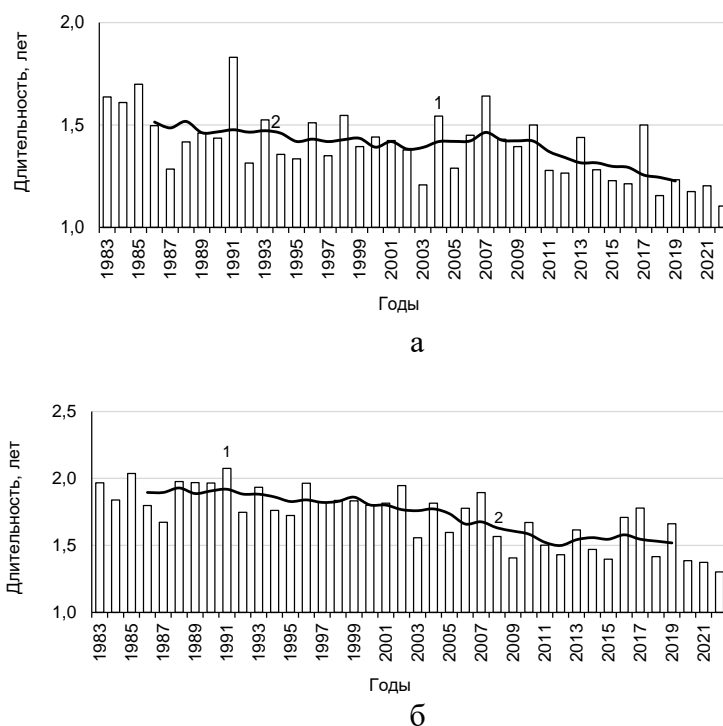


Рис. 3. Средняя продолжительность морского нагула самцов (а) и самок (б) семги р. Тулома в 1983-2022 гг.

Сокращение длительности пребывания в море, в свою очередь, должно было привести к снижению смертности лососей и, следовательно, определённому увеличению численности нерестового стада в целом. Однако необходимо учитывать, что плодовитость самок, проживших в море

один год, значительно меньше плодовитости самок возрастных групп 2SW и 3SW.

Средняя плодовитость самок семги р. Тулома с разной продолжительностью морского нагула в 1983-2022 гг. для возрастных групп 1SW, 2SW, 3SW составила 3754, 8402, 14558 шт. икры. Соответственно, заметное снижение доли рыб с высокой плодовитостью могло отрицательно отразиться и на общей плодовитости популяции семги.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 1983-2022 гг. у семги р. Тулома происходило сокращение средней продолжительности морского нагула, обусловленное снижением количества самцов, проживших в море три года, и (что может быть более критично для воспроизводства) самок с двумя и тремя годами морского нагула, обладающих высокой плодовитостью. Роль указанных возрастных изменений в процессе формирования численности рассматриваемой лососевой популяции будет определяться не изученным балансом эффектов от уменьшения количества наиболее плодовитых самок и снижения смертности нерестовых мигрантов в морской период жизни.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Грешилов, А.А. Математические методы построения прогнозов / А.А. Грешилов, А.А. Стакун, В.А. Стакун. – М.: Радио и связь, 1997. – 112 с.

Реестр лососевых рек Мурманской области. Бассейн Баренцева моря / А.В. Зубченко, М.Ю. Алексеев, С.И. Долотов [и др.]; Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО». – 2-е изд., перераб. и доп. – Мурманск: ПИПРО им. Н.М. Книповича, 2022. – 309 с.

Самохвалов, И.В. Особенности воспроизводства атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в условиях зарегулированного стока реки Тулома (Мурманская область): специальность 03.02.06 – «Ихтиология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / И.В. Самохвалов. – Петрозаводский гос. ун-т, Петрозаводск, 2015. – 25 с.

УСЛОВИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА И ЧИСЛЕННОСТЬ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ *SALMO SALAR* L. р. ТУЛОМА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

С.И. Долотов, И.В. Самохвалов

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск*

Аннотация. Рассмотрены изменения количества нерестовых мигрантов семги р. Тулома, происходившие в 1937-2022 гг. в условиях значительного преобразования нерестово-выростного фонда, характера рыболовной эксплуатации и ситуации с распространением заболеваний. Установлено, что численность атлантического лосося была максимальной при запрете всех видов добычи, кроме концентрированного промысла, с одновременной организацией эффективной охраны от незаконного рыболовства. Минимальный уровень численности был характерен для ее существования либо в условиях бесконтрольного масштабного промышленного и потребительского лова, либо при отсутствии промысла и наличии интенсивного нелегального любительского рыболовства при одновременном распространении заболеваний, приводящих к массовой гибели производителей до нереста.

Ключевые слова: река Тулома, гидростроительство, рыболовство, атлантический лосось, нерестово-выростной фонд, численность, заболевания.

ВВЕДЕНИЕ

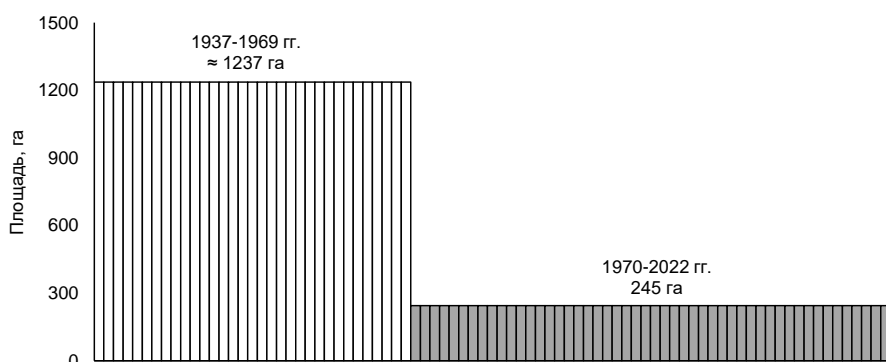
Тулома – самая важная водная система баренцевоморского побережья Мурманской области (Реестр лососевых рек..., 2022). Лососевая популяция этой реки длительное время испытывала значительный пресс различных по интенсивности и технике добычи видов рыболовства, а ее пресноводная среда обитания неоднократно претерпевала масштабные изменения вследствие антропогенной деятельности. Большой объем информации об изменениях гидрологии водной системы, проводимом на ней рыболовстве, эпизоотической обстановке, а также наличие многолетних данных о численности нерестовых мигрантов позволяют проследить реакции воспроизводства семги на изменения условий жизни в реке.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

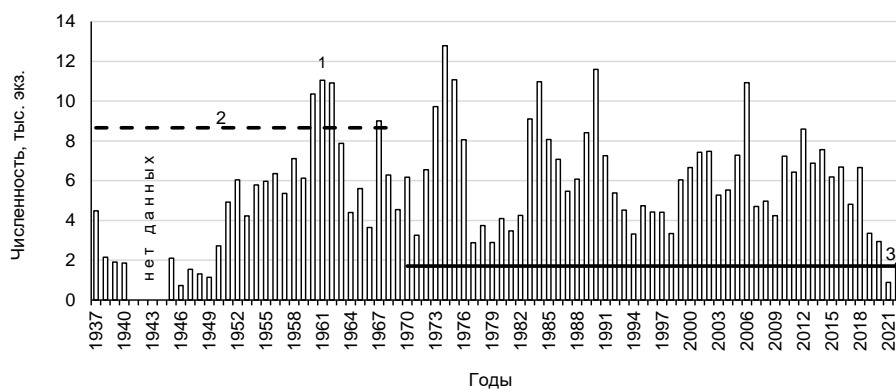
В статье представлен анализ собственных материалов, собранных при обследовании водотоков бассейна р. Тулома и на нижнетуломском (НТ) рыбоходе, официальных данных статистики рыболовства и рыбоучетных работ, а также опубликованных сведений о гидростроительстве, рыболовстве и распространении заболеваний семги в бассейне р. Тулома.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее очевидное воздействие на условия обитания семги в р. Тулома оказало гидростроительство, до начала которого площадь нерестово-выростного фонда (НВФ) находилась на уровне 1355 га. В 1937 г., с окончанием строительства нижнетуломского гидроузла и началом работы нижнетуломского рыбохода, и в 1970 г., с прекращением работы рыбохода верхнетуломского гидроузла, НВФ сократился до 1237 и 245 га соответственно (см. рисунок а).



а



б

НВФ и численность нерестовых мигрантов семги р. Тулома:
а – доступная площадь НВФ в 1937-1969 гг. и 1970-2022 гг.; б – учтенное количество производителей (1), сохраняющий лимит в 1937-1969 (2) и 1970-2022 (3) гг.

С 1970 г. для семги остаются доступными только реки бассейна НТ водохранилища (Самохвалов, 2015). Как следствие, изменился и сохраняющий лимит (CL) этой лососевой популяции. В настоящее время он составляет 1709 экз. производителей (Реестр лососевых рек..., 2022), или, относительно существующей площади НВФ, 7 экз./га. Аппроксимация этого показателя на ранее доступную для семги площадь НВФ позволяет

оценить ее СЛ до 1936 г. и в 1937-1969 гг. на уровне 9490 и 8660 экз. нерестовых мигрантов соответственно.

Рыболовство. До 1936 г. на всем протяжении р. Тулома проводился интенсивный промышленный и потребительский лов семги. Кроме того, около 30 % мигрирующих в р. Тулома лососей вылавливалось при промысле в Кольском заливе (Немирович-Данченко, 1877; Солдатов, 1903; Смирнов, 1935; Гидростроительство и естественное..., 1966).

В 1937-1959 гг. промысел семги в Кольском заливе продолжался. Изъятие семги в самой реке несколько снизилось, так как после заполнения НТ водохранилища сократилось количество тоней (Гидростроительство и естественное..., 1966). Кроме того, в 1950-е годы постепенно вводятся жесткие, вплоть до полного запрета, ограничения любительского лова на лососевых реках и устанавливается эффективный контроль за их соблюдением.

В 1960 г. прекращается промысел семги в Кольском заливе, а на нижнетуломском рыбоходе начинается ее концентрированный лов с пропуском 50 % рыб на нерестилища (Гидростроительство и естественное..., 1966).

С 1970 по 1990 г. проводится только концентрированный промысел семги на НТ рыбоходе с изъятием 50 % производителей, а также нелегальный любительский лов, не получивший широкого развития вследствие эффективной охраны рек бассейна НТ водохранилища.

В 1991-2022 гг. пропуск рыб на нерестилища постепенно увеличивается за счет сокращения изъятия при концентрированном промысле, который был прекращен в 1997 г. С этого же времени значительно снизилась интенсивность рыбоохранных мероприятий. Как следствие, существенно возросли масштабы любительского нелегального лова, при котором ежегодно изымалось до половины производителей, пропущенных через нижнетуломский рыбоход (Самохвалов, Прусов, Зубченко, 2014). Кроме того, в отдельные годы на реках Нижнетуломского бассейна проводился и официально разрешенный любительский лов семги.

Распространение заболеваний. С 2015 г. в реках Нижнетуломского бассейна регулярно обнаруживается патогенный для молоди атлантического лосося паразит *Gyrodactylus salaris*, а именно его штамм, характерный для радужной форели (*Gyrodactylus salaris* Malmberg, 2022). Очевидно, его появление связано с наличием на акватории НТ водохранилища садковых хозяйств по товарному выращиванию рыбы, посадочный материал для которых поставляется в том числе и из регионов, где распространен этот паразит. Влияние гиродактилеза на численность семги р. Тулома пока не выяснено.

Также с 2015 г. у производителей лосося на нижнетуломском рыбоходе и (в гораздо больших количествах) в реках Нижнетуломского бассейна регистрируются многочисленные случаи заболевания язвенно-дермальным некрозом, вызывающим массовую гибель взрослых лососей в преднерестовое время (Карасева, Мельник, 2019).

Рассмотрим изменения численности нерестового стада семги, происходившие на фоне перечисленных событий. В 1937-1950 гг. при ненормируемом масштабном рыболовстве в р. Тулома и Кольском заливе количество производителей, учитываемое на нижнетуломском рыбоходе, всегда было значительно ниже CL .

С 1951 по 1961 г., с введением жестких мер регулирования любительского лова и полным прекращением промысла семги в Кольском заливе, происходил выраженный рост численности нерестовых мигрантов, которая в 1960 г. впервые с 1937 г. превысила уровень CL .

В 1962-1969 гг. при изъятии половины производителей в ходе концентрированного промысла на нижнетуломском рыбоходе, запрете иных способов добычи семги и ее эффективной охране от нелегального рыболовства изменения количества нерестовых мигрантов не имели определенной тенденции и в целом соответствовали колебаниям их численности в 1950-х – начале 1960 годов (см. рисунок б).

В 1970 г. доступный для семги НВФ сократился в пять раз, что, тем не менее, не привело к сколь-либо заметному сокращению ее численности (см. рисунок). Это свидетельствует о крайне низких темпах воспроизводства семги в верховьях р. Тулома в период, предшествующий ее перекрытию плотиной Верхне-Туломской ГЭС и выводу из эксплуатации верхнетуломского рыбохода.

В 1970-1989 гг. при концентрированном промысле и эффективных рыбоохранных мероприятиях даже минимальные значения численности семги заметно превосходили CL и периодически она достигала выраженных максимумов, возможных в текущих условиях воспроизводства (см. рисунок б).

В 1991-2014 гг. снизилась эффективность рыбоохраны и получил широкое развитие нелегальный любительский лов, при котором изымалась большая часть нерестового стада. Изъятие при концентрированном промысле постепенно сокращалось, и в 1997 г. он был прекращен. В течение данного периода величина нерестового стада ежегодно превосходила уровень CL , негативных тенденций в ее изменениях не прослеживалось (см. рисунок б). Следовательно, отрицательный эффект от масштабного вылова лососей при нелегальном любительском рыболовстве был компенсирован увеличением их пропуска на нерестилища за счет прекращения промысла.

В 2015-2022 гг. ситуация в охране реки и рыболовстве не изменилась, но началось распространение заболеваний семги. В первой половине данного периода ее численность еще находилась на достаточно высоком уровне. Быстрое снижение количества нерестовых мигрантов началось с 2019 г. В 2021 г. оно оказалось меньше СЛ в два раза и стало самым низким с начала рыбоучетных работ в 1937 г. В 2022 г. их численность практически не отличалась от уровня СЛ (см. рисунок б). Следует отметить, что количество лососей, отнерестившихся в 2019-2022 гг., было намного ниже учтенного на нижнетуломском рыбоходе, так как их значительная часть не доживала до нереста вследствие заболевания язвенно-дермальным некрозом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Популяция семги р. Тулома после длительной депрессии воспроизводства достаточно быстро восстановила численность до уровня, максимально возможного при доступном нерестово-выростном фонде. Это стало следствием перехода от масштабного неконтролируемого лова к концентрированному промыслу на нижнетуломском рыбоходе с одновременным запретом иных видов добычи семги и организации ее эффективной охраны от незаконного вылова. В дальнейшем, с прекращением концентрированного промысла, существенным снижением эффективности рыбоохранных мероприятий и широким развитием нелегального любительского лова, при котором изымалась значительная часть нерестового стада, его численность все еще оставалась на достаточно высоком уровне. При отсутствии промысла и эффективной охраны, наличии интенсивного нелегального любительского рыболовства, а также распространения заболеваний, приводящих к массовой гибели производителей до нереста, численность нерестового стада семги вновь снизилась до уровня, характерного для ее существования при нерегулируемом масштабном промышленном и потребительском лове.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Гидростроительство и естественное воспроизводство семги в бассейне р. Туломы / Отчет о НИР. – Мурманск, ПИПРО, 1966. – 23 с.

Карасева, Т.А. Оценка здоровья диких и культивируемых рыб в бассейнах лососевых рек Кольского полуострова / Т.А. Карасева, В.С. Мельник / Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: тез. докл. VII Всерос. науч. конф. с междунар. участием (Апатиты, 16-22 июня 2019 г.) / КНЦ РАН, Ин-т пробл. пром. экологии Севера. – Апатиты, 2019. – С. 129-130.

Немирович-Данченко, В.И. Страна холода. Виденное и слышанное / (электронный ресурс) / Издание Вольфа В.О., 1877. – С. 254-323 / Публикация на сайте «Кольские карты», раздел «Библиотека». – URL: https://kolamap.ru/library/1877_nemirovich-danchenko.html (дата обращения: 15.12.2022).

Реестр лососевых рек Мурманской области. Бассейн Баренцева моря / А.В. Зубченко, М.Ю. Алексеев, С.И. Долотов [и др.]; Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО». – 2-е изд., перераб. и доп. – Мурманск: ПИПРО им. Н.М. Книповича, 2022. – 309 с.

Самохвалов, И.В. Особенности воспроизводства атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в условиях зарегулированного стока реки Тулома (Мурманская область): специальность 03.02.06 – «Ихтиология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / И.В. Самохвалов. – Петрозаводский гос. ун-т, Петрозаводск, 2015. – 24 с.

Самохвалов, И.В. Нелегальный лов атлантического лосося *Salmo salar* в бассейне Нижне-Туломского водохранилища Мурманской области / И.В. Самохвалов, С.В. Прусов, А.В. Зубченко / Вопросы рыболовства. – 2014. – Т. 15. – № 1 (57). – С. 111-117.

Смирнов, А.Г. Исследования биологии и промысла семги восточной части Терского берега и на Мурмане в 1932 и 1933 гг. // Известия / ВНИОРХ. – 1935. – Вып. 20. – С. 120-121.

Солдатов, В.К. Отчет по исследованию семузьего промысла Кольского залива и Восточного Мурмана в 1902 г. (Из отчета по мурманской научно-промысловой экспедиции за 1902 г.) / В.К. Солдатов. – СПб.: Тип. Исидора Гольдберга, 1903. – 152 с.

Gyrodactylus salaris Malmberg, 1957 (Monogenea, Gyrodactylidae) spreads further – a consequence of rainbow trout farming in Northern Russia / Н. Hansen, Е. Ieshko, J.C. Rusch [et al.] / Aquatic Invasions 17(2), 2022. – P. 224-237 (дата обращения: 12.12.2022).

ВОСПРОИЗВОДСТВО ГОРБУШИ (*ONCORHYNCHUS GORBUSCHA*) В РЕКАХ БЕЛОГО МОРЯ И ЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА АБОРИГЕННЫЕ ВИДЫ

Д.А. Ефремов

Институт биологии – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук» (ИБ КарНЦ РАН), г. Петрозаводск

Горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*) на Северо-Западе России является интродуцированным видом, завезенным во второй половине XX в. с Дальнего Востока (Азбелев, 1960; Результаты естественного нереста..., 1962; Бакштанский, 1963; 1964; 1970; Бакштанский, Нилова, 1965; Смирнов, Камышная, 1965; Зубченко, Веселов, Калюжин, 2004). Успешно прижилась горбуша нечетной линии, характеризующаяся массовыми подходами производителей в реки в нечетные годы (2001, 2003, 2005 и т.д.). В XX в. подходы горбуши с каждым нечетным годом стали возрастать. Особенно массовыми они были в 2017, 2019 гг., превзошел все предыдущие годы по численности производителей 2021 г. Следует отметить, что до 2017 г. подходы горбуши и сроки нереста были относительно стабильны и прогнозируемы. Начиная с 20-х чисел июня в реках Терского берега Кольского п-ова появлялись первые серебристые особи горбуши; как правило, подход был массовым. Заход горбуши в реки из моря идет волнами, с каждым морским приливом, во время отлива поднимаются единичные особи. Массовый нерест горбуши приходился на август, производители горбуши к этому времени находились в реке 30 дней и более, приобретали характерные признаки «лошания», темный окрас, чешую, утопленную в эпителий, сформированный массивный горб у самцов, крючкообразно изогнутые челюсти, самки становились прогонистыми, зубы на нижней челюсти выдавались вперед, челюсть немного деформировалась. Главные изменения происходили в тканях, цвет мышц менялся с ярко-красного на бледно-розовый или даже серый. Запас жира, накопленный в тканях в море, переходит в семенники и яичники, расходуется на их созревание. Если у серебристой горбуши, как правило, стадия зрелости половых продуктов III и мелкая (3-5 мм) икра, то к августу большая часть особей в реках достигает стадии зрелости V, рыбы имеют крупную (8-9 мм) икру, текущие половые продукты. К концу августа до 90 % нерестящейся горбуши заканчивали нерест, исследования в третьей декаде сентября – начале октября показывали, что в реках не оставалось ни

одной особи, все, что удавалось обнаружить, это единичные скелеты на берегах (экспедиция 2015 г.). Вскрытие нерестовых бугров горбуши в 2016 г. показало, что в грунте находятся вылупившиеся личинки горбуши с нерассосавшимся желточным мешком (остаток желточного мешка 40-50 %). Можно сделать вывод, что это молодь от производителей горбуши, отнерестившихся в августе 2015 г., личинки к середине марта накопили более 320-360 градусодней и вылупились. К середине апреля у личинок полностью рассасывается желточный мешок, личинки поднимаются «на плав» и готовы к скату в море. Последнюю декаду апреля и первые две декады мая личинки находятся без запаса питательных веществ, возможности кормиться при температуре воды 0,5-1,0 °С, ожидают распаления льда, прогрева воды выше 5 °С и возможности скатиться в море.

По результатам исследований нерестового хода горбуши до 2017 г. мы сделали однозначный вывод о том, что нерест горбуши в реках Терского берега по срокам не пересекался со сроками нереста атлантического лосося; горбуша, нерестующая в августе, оказывает положительное влияние на нерест семги. К периоду нереста семги все нерестилища хорошо взрыхлены, очищены от ила и песка. Галька выглядит тщательно промытой, отсутствуют обрастания водорослей и мха, что значительно повышает эффективность нереста атлантического лосося на подготовленных нерестилищах. Вскрытия нерестовых гнезд семги подтвердили, что в них вперемешку находится икра горбуши и семги. Учеты численности молоди семги на местах нереста горбуши свидетельствуют о том, что возрастная структура семги правильная, отсутствуют пропуски нереста, численность молоди на хорошем уровне – 25-40 экз./100 м². Подводные наблюдения в период нереста горбуши в августе также показали, что негативного воздействия нереста горбуши на молодь атлантического лосося выявить не удавалось. Пестрятки семги в возрасте 2+, 3+ и 4+ активно избирали места нереста горбуши (собираясь по 3-5 особей) за каждой парой горбуши. Молодь лосося активно хватала икринки горбуши, не попадающие в нерестовые бугры. Проглотить икринки удавалось лишь особям 3+, 4+ и карликовым самцам, но, несмотря на это, даже особи 1+ пытались схватить икринки, попытки проглотить их были безуспешны.

Учеты кумжи в типично кумжевых ручьях (где осуществляла нерест горбуша) показали, что особи кумжи в возрасте 3+, 4+, 5+ и старше активно питались икрой горбуши, их желудки на 100 % были заполнены икрой горбуши, в желудках особей возраста 2+ и младше обнаружить икринки не удавалось.

Нерестовая миграция горбуши 2017 г. разительно отличалась от миграций предыдущих нечетных лет. Уже 23 июня на р. Варзуга, в районе порога Собачий (20 км от устья) (экспедиция по изучению ската семги) мы увидели первую группу горбуши, массово зашедшую в реку. Рыба активно прыгала на плесах, хотя до 23 июня обнаружить ее не удавалось. Днем 23 июня она была в районе д. Варзуга и поднималась выше. В августе 2017 г. нерестилища р. Индера были заполнены на 100 %, горбуша активно нерестилась. Наблюдалось явление выброса горбуши на берег и мелководье, каждый день на берегах появлялась рыба с признаками «лошания», без физических повреждений, связанных с нерестом. Вскрытие более 30 выбросившихся рыб показало, что они находятся на стадии зрелости IV, особи с икрой и молоками. Причину выбрасывания установить не удалось. По моему предположению, рыба выбрасывалась на берег в ходе конкуренции за места нереста, ее было больше, чем участков для нереста. При подводных видеосъемках самки горбуши активно атаковали оператора, нанося удары рылом на большой скорости, показывая высокий уровень агрессии. Последующие сведения о ходе нереста были получены по опросным данным рыбаков. В октябре в местах переправы на реках и ручьях рыбаки обнаруживали нерестящуюся горбушу, на яме ниже морского порога р. Варзуга серебристая горбуша была выловлена в декабре 2017 г. Таким образом, нерестовый ход горбуши в 2017 г. растянулся с июня до декабря. В стаде появилась условно названная нами «позднозаходящей» горбуша, поднимающаяся из моря в реки с середины августа до ноября. Это серебристая рыба, на стадии зрелости III, которой до полного созревания и нереста необходимо провести в реке не менее 30 дней. Как результат, сроки ее нереста выпадают на конец сентября- октябрь, когда при снижении температуры воды ниже 8 °С уже начинается нерест семги. Таким образом, на нерестилищах одновременно оказываются семга и горбуша, что вызывает межвидовую конкуренцию. В ходе учета нерестового хода горбуши в 2021 г. в эстуарии р. Индера 21 августа из 10 пойманных производителей горбуши 2 особи имели серебристую окраску. Можно утверждать, что подходы горбуши в августе и сентябре относительно невелики, они не превышают 10 % от общей численности, но по численности это группа значительно выше единичных нерестующих пар семги, способная из-за высокой агрессии вытеснять семгу с нерестилищ.

В 2018 г. мы проводили изучение покатной миграции смолтов горбуши на реках Индера и Ольховка. В р. Индера среди смолтов единично попадались особи с остатками желточного мешка 10-15 %. Более того, случайно 21 июня 2018 г. в р. Ольховка было обнаружено нерестовое гнездо горбуши, в котором находилось более 100 личинок горбуши с

остатками желточного мешка 20-30 %. Выкопанные личинки имели положительную реакцию на геотропизм и вместо попыток подняться «на плав» и скатиться активно прятались в грунте. Нерестовое гнездо находилось на обсохшем участке реки, галька выступала над поверхностью воды, возможности достичь русла реки не было. При откапывании на 10-15 см вода заполнила ямку, в которой и находились живые личинки, а также единичные погибшие икринки горбуши, без следов сапролегнии. Температура воды в реке была 17,5 °С. До этой находки в р. Индера на одном из участков в воде также удалось обнаружить личинку горбуши, в этот же день около этого места мной был откопан обсохший грунт, в котором находились личинки горбуши. Были выявлены два близко расположенных нерестовых бугра горбуши, в них находилось около 150 личинок горбуши с остатком желточного мешка 15-20 %, при температуре воды 18,4 °С. Находки свидетельствуют об успешном нересте позднзаходящей горбуши в 2017 г. С учетом стадии развития личинок нерест был в октябре 2017 г. К 21 июня личинки накопили немного более 360 градусодней. Следует отметить, что выклев личинок семги и выход их из грунта приходится на третью декаду июня и пересекается с моментом поднятия «на плав» мальков горбуши. С учетом того, что личинки горбуши были обнаружены в типично кумжевой реке (Ольховка), сроки нереста позднзаходящей горбуши совпадают со сроками нереста кумжи, которая предположительно также вытесняется с нерестилищ.

Наличие в реках позднзаходящей горбуши наблюдалось в 2017, 2019 и 2021 гг. Предполагаем, что численность этой группы горбуши будет возрастать, поскольку она более адаптирована к климатическим условиям Северо-Запада России. Личинки покидают нерестовые гнезда, когда вода прогревается выше 15 °С. К этому времени также прогревается и Белое море, где активно развиваются кормовые объекты, доступные для смолтов горбуши, что, в свою очередь, ведет к меньшему отходу постсмолта и повышает процент возврата производителей. Позднзаходящую рыбу также можно назвать адаптированной формой горбуши, акклиматизация которой произошла естественным образом. Далее встает вопрос, а какая из форм горбуши нечетной линии может стать более успешной?

По наблюдениям А.Е. Веселова (неопубликованные данные), близ устья р. Индера в мае 2011 г. была массовая гибель смолтов горбуши, которых выбросило штормовой волной на берег, выглядело это как серебристая полоса на песке из тысяч смолтов горбуши. По его предположению, смолты не были адаптированы к условиям соленой воды, их гибель наступила в результате быстрого выхода в море. В море в этот момент был шторм, с сильным ветром в берег, что на мелководной

литоральной зоне в районе р. Индера формирует широкую зону прибойной волны. Для проверки гипотезы проведен ряд экспериментов, когда отловленных в реке смолтов помещали в воду с различной соленостью в условиях емкостей, а также в садках. Было установлено, что в ходе эксперимента при моментальном переносе в распресненную или соленую воду (32 ‰) и обратно в пресную гибели личинок не наступало. Адаптационный период составлял около 5 мин, когда смолты переставали двигаться и интенсивно работали жаберными крышками, после чего активно двигались, как и до переноса в соленую воду. В ходе экспериментов проводили часовую, суточную и недельную экспозиции смолтов в пресной (контроль), распресненной (15 ‰) и соленой (32 ‰) воде, ни одна особь при этом не погибла. В экспериментах также использовали личинок с остатком желточного мешка 15-20 %, и даже они выдерживали перенос в соленую (32 ‰) воду без каких-либо повреждений. Мной был сделан вывод, что массовая гибель смолтов в 2011 г. могла наступить из-за нагонной волны. Смолтам было необходимо преодолеть активно бурлящий участок моря протяженностью 300-400 м со взмученным песком и илом, по всей видимости, им не удалось это сделать. Другим фактором могла стать гибель смолтов из-за глубинных холодных морских вод (2-3 °С), нагоняемых штормовой волной к берегу, в отличие от речной воды с температурой 12-15 °С в конце мая. Перепады температуры могут быть и значительно выше; так, в конце мая 2018 г. во время штиля наблюдали прогрев воды на отмелевой литорали моря в отлив до 23 °С.

В марте 2018 г. мной была предпринята попытка поместить трех личинок горбуши с остатком желточного мешка 40-50 % в морскую воду, но личинки погибли; как оказалось, морская вода была переохлажденной, ее температура составляла минус 1,5 °С, ткани личинок очень быстро замерзли.

По результатам более десяти исследований нерестовой и покатной миграции горбуши можно сделать однозначный вывод о том, что главным фактором, влияющим на подход производителей горбуши нечетных лет, является температура воды в реках и море в предшествующий год ската смолтов, проходящий в мае-июне четных лет. До 2017 г. весна наступала с 15 мая или позже. Если май оказывался теплым, то сроки климатической весны сдвигались на более ранний период, процент выживших смолтов оказывался выше. Прибрежные воды Белого моря прогревались раньше, выживало больше постсмолтов, в результате в будущем году на нерест приходило большее количество горбуши. Если май четного года оказывался холодным, то наблюдался высокий отход смолтов горбуши,

море оставалось холодным, что также вызывало повышенный отход постсмолтов, в результате будущий подход горбуши оказывался меньше.

После нереста 2017 г. весенние месяцы годов ската смолтов 2018, 2020 и 2022 оказались очень теплыми, не типично теплыми, в результате гибели смолтов практически не происходило, возвраты каждого последующего года возрастали в два-три раза (данные РУЗов). В условиях теплой весны обе группы горбуши (ранненерестящаяся и позднзаходящая на нерест) имеют равные шансы на выживание.

В случае возврата холодной весны процент отхода смолтов ранненерестящейся горбуши будет возрастать, а доля рыб позднзаходящей группы увеличиваться в результате естественного отбора.

Другим явлением, влияющим на аборигенные виды рыб, начиная с 2017 г. стала массовость заходящей на нерест горбуши. Известно, что 100 % особей тихоокеанских лососей, к которым относится и горбуша, гибнут после нереста. Осенью 2017 г. только в р. Варзуга оказалось несколько сотен тонн погибшей, гниющей рыбы. Несмотря на рекордные уловы, СПК «Всходы коммунизма» довольно быстро выбрал выделенную квоту и далее пропускал всю горбушу в реку. В результате даже в декабре и январе в прорубях от воды ощущался запах тухлой рыбы, которая сплошным слоем заполнила плесы, перекаты и ямы реки.

Такая же картина наблюдалась и 2019 г., вылов рыболовецкого колхоза составил около 200 т, в сутки через РУЗ проходило 10-12 т горбуши. В 2021 г. улов компании составил около 380 т, первые 300 т были выловлены уже к 12 июля, после чего РУЗ был открыт и далее в реку горбуша проходила неограниченно – около 40 т в сутки. При средней массе особей 1,3-1,4 кг это около 30 000 особей в сутки.

В августе 2021 г. мы провели сплав по р. Варзуга в целях посчитать заполненность нерестилищ горбушей и оценить ее количество на нерестилищах. В районе межводья (Пана и Большая Варзуга) численность горбуши составила 180 экз./100 м², самые массовые скопления наблюдались близ устьев рек и ручьев, где рыба стояла сплошным слоем, плотные косяки уходили на 100-150 м от устьев рек. Заполненность нерестилищ составила 100 %, не было ни одного пустующего участка реки. Всего было оценено более 10 участков от межводья до порога Собачий. Таким образом, средний показатель плотности горбуши на нерестилищах р. Варзуга составил 45-50 экз./100 м².

Общую оценку рыбы, находящейся на нерестилищах р. Варзуга, дали исходя из заниженной цифры – 25 экз./100 м². Площадь нерестово-выростных участков атлантического лосося р. Варзуга составляет 14 680 000 м², они же служат и нерестилищами для горбуши, вплоть до

самых отдаленных. При умножении заниженного среднего значения 25 экз./100 м² горбуши на площадь нерестилищ получаем цифру 3 670 000 экз. Средняя масса горбуши, зашедшей на нерест, составила 1,3 кг, общая масса горбуши, находящейся на нерестилищах р. Варзуга, составил 4 771 000 кг. СПК «Всходы коммунизма» была освоена квота в размере 380 000 кг, т.е. общая масса рыбы, зашедшей на нерест в р. Варзуга, составила 5 151 000 кг, или 5151 т. Улов горбуши в 380 т является рекордным для всего периода наблюдения, но более 4500 т горбуши зашли в реку и погибли, значительно ухудшив качество воды. И это только р. Варзуга, остальные реки, особенно небольшие, также были заполнены горбушей. В р. Умба в районе Карельских порогов вблизи реки было невозможно находиться из-за стойкого запаха тухлой рыбы. По опросам рыбаков, на р. Умба в июне 2022 г. в уловах было обнаружено около 10 особей семги с откушенными хвостами, с такими же повреждениями попадались сиги, окуни и щука. Предположительно, это воздействие горбуши, активно защищающей свои нерестовые участки. В ходе учетов молоди семги на нерестилищах в р. Умба из 18 станций лова сеголеток нереста 2021 г. удалось обнаружить только на двух станциях ниже оз. Канозеро, в начале протоки Родвинга, что свидетельствует об отсутствии нереста семги на остальных участках; предположительно, ее вытеснила горбуша. Нельзя говорить о заморных явлениях и гибели эмбрионов семги в гнездах из-за погибших производителей горбуши, икра горбуши прошла инкубацию успешно, и в мае-июне 2022 г. в Белое море скатилось рекордное количество смолтов горбуши. Следует ожидать рекордный по численности подход горбуши в 2023 г., который может вызвать настоящий замор в реках Терского берега Кольского п-ова. Для недопущения этого катастрофического явления необходимо начать регулирование численности заходящей на нерест горбуши, исходя из возможностей нерестово-выростных участков. Позднозаходящая горбуша должна изыматься на 100 % для недопущения пересечения сроков ее нереста с нерестом атлантического лосося и кумжи.

ВЫВОДЫ

До 2017 г. массовые заходы горбуши нечетной линии на Терском берегу Кольского п-ова не оказывали негативного воздействия на обитание атлантического лосося и кумжи, до 99,9 % горбуши заканчивали нерест и погибали к середине сентября. К моменту нереста этих видов горбуша погибала, межвидовой конкуренции не возникало. Ко времени нереста семги нерестилища были очищены от песка и ила, что увеличивало

эффективность нереста семги. В возрастной структуре молоди семги практически не было пропусков нереста из-за влияния горбуши.

С 2017 г. заход горбуши стал растянутым, появилась группа позднозаходящей рыбы (в августе-октябре), в результате эта группа созревает к концу сентября – октябрю и нерестится в реках в сроки, совпадающие с нерестом атлантического лосося и кумжи, вытесняя их с лучших нерестилищ.

21 июня 2018 г. в реках Индера и Ольховка при температуре воды 17,5 °С обнаружены три гнезда горбуши с личинками, остаток желточного мешка 20-30%, данные находки свидетельствуют о позднем осеннем нересте производителей горбуши нереста 2017 г., сроки выхода личинок из грунта совпадают или будут немного позже таковых для молоди атлантического лосося и кумжи.

Заход горбуши в 2021 г. стал рекордным, по моей оценке, с учетом вылова СПК «Всходы коммунизма», в р. Варзуга зашло более 5000 тыс. т горбуши. В 2022 г. малек от этого захода успешно скатился в море, оценка сделана на рр. Индера, Варзуга, Умба и Кереть.

В 2023 г. следует ожидать рекордный заход горбуши в реки Белого моря, по численности рыб в 3-4 раза больше, чем в 2021 г. Следует лимитировать заходы горбуши исходя из естественной емкости рек и площадей НВУ в них. Необходимо изымать всю позднозаходящую горбушу (август-октябрь) для исключения пересечения нереста с аборигенными видами рыб.

Работы выполнены в рамках госбюджетной темы № 0218-2019-0081.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Азбелев, В.В. О научно-исследовательских работах по повышению эффективности акклиматизации дальневосточных лососей в бассейнах Белого и Баренцева морей / В.В. Азбелев // Научно-технический бюлл. ПИНРО. – 1960. – № 4 (14). – С.15-19.

Бакштанский, Э.Л. Наблюдение за скатом молоди горбуши и кеты на Европейском Севере / Э.Л. Бакштанский // Труды ПИНРО. – 1963. – Вып. 15.

Бакштанский, Э.Л. Воздействие хищников на молодь горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) и кеты *Oncorhynchus keta* (Walb.) в Белом и Баренцевом морях / Э.Л. Бакштанский // Вопросы ихтиологии. – 1964. – Т. 4, вып. 1 (30). – С. 136-141.

Бакштанский, Э.Л. Скот молоди горбуши и кеты и причина его задержки в реках Кольского полуострова / Э.Л. Бакштанский // Труды ВНИРО. – 1970. – Т. 74. – С. 129-143.

Бакштанский, Э.Л. Питание молоди горбуши и кеты в Белом и Баренцевом морях / Э.Л. Бакштанский, О.Л. Нилова // Акклиматизация дальневосточных лососей в бассейнах Баренцева и Белого морей / Труды ММБИ. – М.-Л.: Наука, 1965. – Вып. 9 (13). – С. 106-111.

Зубченко, А.В. Горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*): проблемы акклиматизации на Европейском севере России / А.В. Зубченко, А.Е. Веселов, С.М. Калюжин; ПИНРО, Ин-т биол. Карел. науч. центра. – Петрозаводск; Мурманск: Фолиум, 2004. – 82 с

Результаты естественного нереста горбуши в реках Кольского полуострова в 1961 г. / В.В. Азбелев, И.Н. Гринюк, Е.И. Суркова [и др.] // Научно-технических бюлл. ПИНРО. – 1962. – № 4 (22). – С. 24-25.

Смирнов, А.И. Биология молоди горбуши в связи с некоторыми вопросами ее разведения и акклиматизации / А.И. Смирнов, М.С. Камышная // Зоологический журнал. – 1965. – Т. 44, вып. 12.

ПОВЕДЕНИЕ МОЛОДИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ *ONCORHYNCHUS MYKISS* В ТЕРМОГРАДИЕНТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В.В. Зданович

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ),
г. Москва

Аннотация. Показано, что для молоди радужной форели *Oncorhynchus mykiss* в термоградиентном пространстве характерно терморегуляционное поведение, проявляющееся в выборе преферентного термодиапазона. В пределах термопреферентного пространства рыбы постоянно перемещаются с определенными значениями параметров показателей двигательной активности. В результате такого поведения рыбы создают терморегим, в наибольшей степени соответствующий физиологическим потребностям организма. Применение термоградиентных полей в индустриальных условиях будет способствовать совершенствованию биотехнологии выращивания радужной форели.

Ключевые слова: радужная форель, молодь, термоградиент, терморегуляционное поведение, двигательная активность.

ВВЕДЕНИЕ

В естественных условиях водоемы практически всегда гетерогенны по ряду абиотических факторов, в том числе и по температуре. Рыбы постоянно испытывают колебания факторов как в течение года, так и в течение суток. Кроме того, в водоемах наблюдается выраженный в той или иной степени градиент температуры не только по вертикали, но и по горизонтали, с чем рыбам постоянно приходится сталкиваться при перемещении (Caissie, 2006). В гетеротермальном пространстве рыбы проявляют терморегуляционное поведение, выражающееся в самопроизвольном перемещении в температурные зоны, наиболее благоприятные для их роста и метаболизма. Уровень температуры, при котором наиболее часто отмечают рыбы в условиях термоградиентного поля, называют «финальной преферентной или окончательно избираемой температурой» и рассматривают как некую точку на шкале температурной валентности вида (Голованов, 2013). Величина избираемой температуры, по мнению ряда исследователей, соответствует стационарному оптимуму роста и метаболизма того или иного вида (Jobling, 1981).

Несмотря на довольно большое количество работ по исследованию терморегуляционного поведения рыб, в том числе и некоторых видов лососевых, некоторые аспекты этой формы поведения остаются слабо изученными. Крайне малочисленны и часто противоречивы литературные

данные об особенностях терморегуляционного поведения и двигательной активности рыб в пределах термопреферендного пространства. Одни авторы указывают на то, что рыбы в преферендном термодиапазоне сосредотачиваются в точке окончательной избираемой температуры, проявляя минимальную двигательную активность (Голованов, 2013). Результаты исследований других авторов свидетельствуют о том, что рыбы в пределах термопреферендного диапазона непрерывно совершают перемещения, температурные значения которых на несколько градусов отклоняются от точки «окончательно избираемой температуры» как в сторону повышения, так и уменьшения (Константинов, Зданович, 1993).

Радужная форель *Oncorhynchus mykiss* широко распространена в водоемах Америки от Аляски до Калифорнии. В Азии обитает главным образом в водоемах Камчатки. Как наиболее эвритермный вид среди лососевых рыб в результате широкомасштабного расселения завезена на все континенты и стала наиболее популярным объектом в аквакультуре. В пределах зоны температурной толерантности при наличии пищи и нормальном содержании кислорода в воде форель хорошо растет при 14-19 °С. Повышение температуры до 23 °С вызывает некоторое снижение темпа роста и интенсивности питания, а при 25 °С питание рыб прекращается. Статичным температурным оптимумом для роста радужной форели являются 16-17 °С (Голованов, Валтонен, 2000; Дзюбук, Рыжков, 2014; Myrick, Cech, 2000).

Цель настоящего исследования – выяснение особенностей терморегуляционного поведения и двигательной активности молоди радужной форели в термоградиентном пространстве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

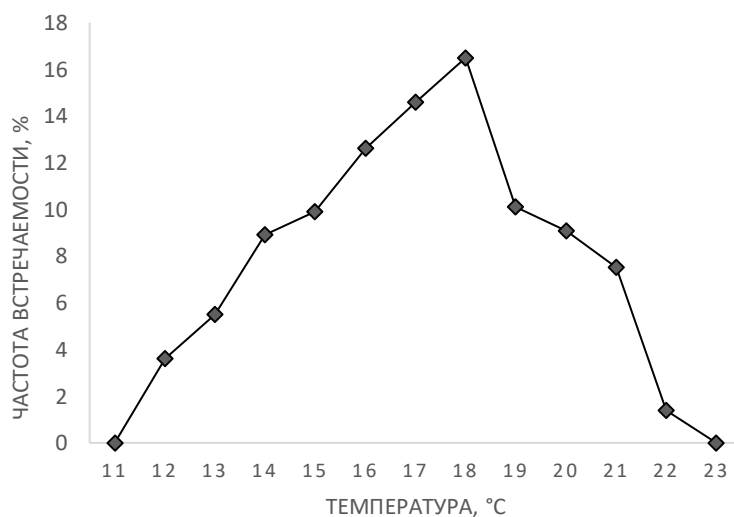
Для экспериментальных исследований молодь радужной форели была взята в рыбоводных хозяйствах Московской области. До начала опытов рыб содержали в аквариальных условиях при температуре 15-16 °С и полном насыщении воды кислородом. Кормили рыб живым мотылем один раз в сутки до полного насыщения. Особенности терморегуляционного поведения и двигательную активность молоди радужной форели исследовали в термоградиентном лотке (150×12×15 см), разделенном неполными перегородками на 12 одинаковых отсеков. Горизонтальный линейный градиент температуры в лотке в диапазоне 11-23 °С создавался посредством регулируемого нагрева и охлаждения воды на противоположных концах. В каждом отсеке лотка находился распылитель воздуха для аэрации и перемешивания воды, что исключало температурную стратификацию по вертикали.

В первом опыте в целях выяснения границ термопреферендного диапазона молоди радужной форели в лоток сажали по 15 экз. (средняя масса $0,236 \pm 0,006$ г). Пересаживали рыб в отсек с температурой, равной температуре акклимации. Через сутки нахождения рыб в лотке начинали регистрировать распределение рыб. В течение 3 сут визуально 10-12 раз в дневное время для каждого отсека лотка отмечали количество особей и температуру воды на момент наблюдения. На протяжении опыта рыб не кормили. На основе полученных данных рассчитывали частоту встречаемости молоди форели при той или иной температуре в термоградиентном лотке и среднее значение избираемой температуры.

Во втором опыте исследовали особенности терморегуляционного поведения и двигательную активность молоди в пределах термопреферендного диапазона. В термоградиентный лоток сажали по 3 экз. молоди форели, но наблюдали последовательно за поведением каждой особи. Наблюдения начинали через сутки акклимации рыб к условиям лотка. В течение 10-15 мин непрерывно отмечали время нахождения рыбы в том или ином отсеке. В итоге получали этограмму, описывающую все перемещения рыбы во времени и в термопреферендном пространстве. В конце каждого опыта ($n = 39$ повторностей) оценивали дальность, длительность и температурный диапазон каждого векторного перемещения рыбы, рассчитывали скорость изменения температуры при векторном перемещении и скорость плавания рыбы (Константинов, Зданович, 1993). Результаты эксперимента представлены в виде средних значений регистрируемых показателей и их ошибок ($M \pm m$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке представлены данные о частоте встречаемости молоди форели при разной температуре в условиях термоградиентного поля. Видно, что рыбы не сосредотачивались в какой-либо узкой температурной зоне, а использовали все термоградиентное пространство в пределах 12-22 °С. Наиболее часто рыбы находились в температурном диапазоне 14-20 °С (частота встречаемости 81,9 %), в большей степени предпочитая в нем интервал температуры 15-19 °С (62,8 %). Намного реже встречались при 12-13 °С (9,2 %) и 21-22 °С (8,9 %). Рассчитанная средняя величина избираемой молодью радужной форели температуры составляла 17,0 °С. Полученные результаты хорошо согласуются с литературными данными, показывающими, что оптимальный для роста молоди форели термодиапазон 15-19 °С, а статичным термальным оптимумом является 17 °С (Голованов, 2013; Зданович, Панов, Келехсаев, 2013).



Частота встречаемости молоди радужной форели при разной температуре в условиях термоградиентного пространства

В пределах термопреферендного диапазона, выбранного молодью форели при свободном перемещении в термоградиентном пространстве, рыбы постоянно перемещались, при этом направление, дальность, скорость векторных перемещений отличались значительной вариабельностью (см. таблицу). В ряде случаев молодь форели в термоградиентном пространстве совершала векторные перемещения с температурным диапазоном до 8 °С, но чаще всего векторные перемещения происходили в пределах 1-3 °С (77 %). Иногда форель совершала безостановочные векторные перемещения, в других случаях задерживалась по пути в том или ином отсеке термоградиентного лотка на несколько секунд или даже минут. Дальность и длительность отдельных векторных перемещений могли различаться соответственно в 5 и 15 раз, в среднем составляя соответственно 0,53 м и 45,5 с. Путь, проплываемый молодью форели за 1 ч, составил в среднем 41,7 м. При векторных перемещениях форели в термопреферендном диапазоне скорость изменения температуры составляла в среднем 0,05 °С/с. Чаще всего (74 %) форель при плавании испытывала изменения температуры со скоростью в диапазоне 0,02-0,07 °С/с. Скорость плавания рыб в основном была в пределах 0,5-2,0 см/с (67 %), составляя в среднем 1,5 см/с. Сходные значения параметров показателей терморегуляционного поведения и двигательной активности в термоградиентном поле отмечены в опытах с молодью карповых рыб (каarp *Cyprinus carpio*, белый амур *Stenopharyngodon idella*, белый толстолобик *Hypophthalmichthys molitrix*) и русского осетра *Acipenser gueldenstaedti* (Константинов, Зданович, 1993).

Как показали ранее проведенные исследования, скорость роста и эффективность использования пищи на рост у молоди радужной форели

максимальны не при стационарном оптимальном для роста рыб уровне температуры, а в условиях термоградиентного пространства (Зданович, Панов, Келехсаев, 2013). За счет терморегуляционного поведения рыбы создают такой терморезим, который в наибольшей степени соответствует физиологическим и энергетическим потребностям организма.

Некоторые характеристики терморегуляционного поведения молоди радужной форели в термоградиентном пространстве

Средний показатель	lim	M ± m
Дальность векторного перемещения, см	30-50	52,7-4,9
Длительность векторного перемещения, с	10-155	45,5-5,3
Температурный диапазон векторного перемещения, °С	1-8	2,1-0,3
Скорость изменения температуры при векторном перемещении, °С/с	0,01-0,16	0,05-0,006
Скорость плавания, см/с	0,3-3,0	1,5-0,1

Молодь кижуча *Oncorhynchus kisutch* в реке юго-восточной части Аляски (США) ежедневно перемещалась по течению в холодноводную нижнюю часть (6-7 °С), где впадали подземные ключи, там питалась и возвращалась на более теплые участки реки в верхнем течении (9-11 °С), проплывая при этом расстояние от 350 до 1300 м. Суточные приросты массы тела у мигрирующей молоди кижуча оказались на 217 % больше, чем у рыб, которые постоянно обитали в верхнем течении, и на 22 % больше, чем у рыб, обитающих в нижней части реки (Diel horizontal migration..., 2013).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пределах термопреферендного диапазона молодь радужной форели не сосредотачивается в узком температурном интервале, соответствующем избираемой температуре, а перемещается во всем его пространстве. Очевидно, что в результате терморегуляционного поведения осуществляется именно та динамика температурных воздействий, которая в наибольшей степени соответствует физиологическим потребностям рыб. Выявление особенностей терморегуляционного поведения форели с последующим воспроизведением термопреферендного пространства в промышленных условиях будет способствовать совершенствованию биотехнологии ее выращивания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Голованов, В.К. Температурные критерии жизнедеятельности пресноводных рыб / В.К. Голованов. – М.: Полиграф-Плюс, 2013. – 300 с.

Голованов, В.К. Изменчивость термоадаптационных свойств радужной форели *Onchorynchus mykiss* Walbaum в онтогенезе / В.К. Голованов, Т. Валтонен // Биология внутренних вод. – 2000. – № 2. – С. 106-115.

Дзюбук, И.М. Рост и выживаемость мальков радужной форели в садковом хозяйстве Карелии / И.М. Дзюбук, Л.П. Рыжков // Труды Карельского научного центра РАН. – 2014. – № 5. – С. 117-122.

Зданович, В.В. Рост и продукционные показатели молоди радужной форели *Onchorhynchus mykiss* Walbaum при постоянных температурах и в условиях температурного градиента / В.В. Зданович, В.П. Панов, М.З. Келехсаев // Известия ТСХА. – 2013. – № 1. – С. 97-103.

Константинов, А.С. Некоторые характеристики поведения молоди рыб в термоградиентном поле / А.С. Константинов, В.В. Зданович // Вестник МГУ. Серия 16: Биология. – 1993. – № 1. – С. 32-37.

Caissie, D. The thermal regime of rivers: a review / D. Caissie // Freshwater Biol. – 2006. – Vol. 51, Iss. 7. – P.1389-1406.

Diel horizontal migration in streams: juvenile fish exploit spatial heterogeneity in thermal and trophic resources / J.B. Armstrong, D.E. Schindler, C.P. Ruff [et al.] // Ecology. – 2013. – Vol. 94, Iss. 9. – P. 2066-2075.

Myrick, C.A. Temperature influences on California rainbow trout physiological performance / C.A. Myrick, J.J. Cech // Fish Physiol. and Biochem. – 2000. – Vol. 22, Iss. 3. – P. 245-254.

Jobling, M. Temperature tolerance and the final preferendum – rapid methods for the assessment of optimum growth temperatures / M. Jobling // J. Fish Biol. – 1981. – Vol. 19, Iss. 4. – P. 439-455.

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ БИОЛОГИИ АНАДРОМНЫХ РЫБ НА КОЛЬСКОМ СЕВЕРЕ

А.В. Зубченко, А.В. Ткаченко, С.В. Прусов
Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск

Аннотация. Описана более чем 120-летняя история изучения биологии атлантического лосося и горбуши, обитающих в водоемах Кольского Севера. Выделены этапы и приведены основные результаты исследований.

Ключевые слова: атлантический лосось, горбуша, вид-вселенец, Кольский Север, история изучения, результаты исследований.

В водоемах Кольского Севера в настоящее время обитают два вида анадромных рыб, жизненный цикл которых включает продолжительные периоды в морской и пресноводной среде обитания – атлантический лосось (*Salmo salar* L.) и горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.)). Оба вида включены в Перечень анадромных видов рыб, добыча (вылов) которых осуществляется в соответствии со статьей 29.1 Федерального закона «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов».

Атлантический лосось, обитающий на Кольском Севере, где его называют семгой, относится к североатлантической форме (Atlantic salmon), особи которой размножаются в реках, впадающих в Северную Атлантику и моря западной части Северного Ледовитого океана, а нагуливаются в Северной Атлантике и связанных с ней морях (за исключением Балтийского) (The Atlantic salmon..., 2007).

Горбуша в водоемах Европейского Севера – вид-вселенец. Работы по ее акклиматизации были начаты в 1956 г. К условиям нового ареала лучше всего адаптировалась нечетная линия горбуши (Гордеева, Салменкова, Прусов, 2015), которая создает промысловые скопления в период нерестовых миграций в бассейне Белого моря (Состояние запасов и..., 2021).

Оба вида имеют большое рыбохозяйственное значение и играют существенную роль в экономике прибрежных регионов как при ведении промышленного рыболовства, так и при развитии любительского лова и туризма. Анадромные виды всегда были важными объектами исследований. Не является исключением и Кольский Север, где история исследований этих рыб насчитывает более 120 лет.

1900-1910 гг. Первые данные о биологии анадромных рыб, а именно семги, были получены в ходе Мурманской научно-промысловой экспедиции Комитета для помощи поморам под руководством

Л.Л. Брейтфуса. В 1902 г. на небольшом боте были обследованы реки Восточного Мурмана (Териберка, Воронья, Зарубиха, Оленка, Золотая, Рында, Харловка, Восточная Лица) и Кольского залива (Тулома) и получены сведения о размерно-массовом, половом и возрастном составе семги, миграциях производителей. Описаны промысел, орудия лова и приведены данные о статистике вылова (Солдатов, 1903, 1908).

1911-1940 гг. В этот период исследования семги носили довольно интенсивный характер, однако в большинстве своем они были направлены на изучение промысла (статистика вылова, орудия лова и районы промысла). Собственно биологии семги посвящен цикл работ, опубликованных в 1935 г. в Известиях ВНИОРХ (том XX) «Семга, ее биология и промысел» и работа Н.С. Овсянникова (1938) «Биология семги Кольского залива». Л.С. Берг (1935) так писал об исследованиях, результаты которых были обобщены в 1935 г.: «В 1930 г. Институт рыбного хозяйства и промысловых исследований в Ленинграде (ныне Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО») приступил к изучению биологии и промысла семги в реках нашего Севера. Эти работы были поручены Институту Народным Комиссариатом земледелия РСФСР, который желал выяснить причины наблюдавшегося в 1928 г. уменьшения уловов семги и указать пути к поднятию промысла этой ценной рыбы». Однако, как отмечали И.И. Лагунов и В.В. Азбелев (1952): «Результаты работы экспедиции не послужили толчком к организации исследований по выяснению эффективности естественного размножения семги и первые шаги были в этом направлении сделаны только в 1950 году».

1941-1950 гг. Во время Великой Отечественной войны и в первые послевоенные годы исследования не проводились.

1951-1960 гг. Если в предыдущие годы изучением анадромных рыб региона занимались ученые из Москвы, Санкт-Петербурга (Ленинграда) и других регионов России, то уже в этом десятилетии к исследованиям подключились ученые Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ПИНРО). Были опубликованы данные о биологии семги и ее выживаемости в ряде рек Кольского п-ова. Изучались вопросы, связанные с морскими миграциями, прогнозированием преднерестовой численности и организацией учета производителей, воспроизводством и сохранением запасов (Азбелев, Лагунов, 1956, 1957; Азбелев, Громов, Лагунов, 1958; Азбелев, 1959, 1960; Никифоров, 1958а). Впервые обсуждалась проблема нелегального лова семги (Никифоров, 1958б; Азбелев, 1959).

Это десятилетие характерно двумя важными событиями. Во-первых, в 1956 г. были начаты работы по интродукции дальневосточной горбуши в водоемы Кольского п-ова, и для их научного сопровождения в ПИНРО

создана лаборатория воспроизводства и акклиматизации. Во-вторых, на основании научных рекомендаций (Лагунов, Азбелев, 1952) начиная с 1958 г. промысел семги был сконцентрирован на рыбоучетных заграждениях (РУЗ), устанавливаемых в устьях лососевых рек, что позволяло вести сплошной учет рыб, мигрирующих на нерест, пропуск известной части производителей к местам нереста, сбор биологических данных.

1961-1970 гг. В эти годы основное внимание уделялось интродукции горбуши. Изучались вопросы, связанные с перевозкой и инкубацией икры, влиянием хищников, питанием молоди, адаптацией интродуцента к условиям среды в новом ареале, статистикой уловов, выживаемостью, получением сведений о размерно-массовом и половом составе производителей, сроках нерестовой миграции, сроках, условиях и результатах нереста. Были получены данные о размерно-массовом составе, сроках и поведении диких и заводских смолтов в период ската (Азбелев, 1961; Бакштанский, 1963; Сурков, 1966, 1968; Суркова, 1966, 1970; Азбелев, Громов 1960; Азбелев, Истошин, 1963; Бакштанский, Нилова, 1965; Гринюк, Канеп, 1977; Азбелев, Сурков, Яковенко, 1962).

Исследованиям семги в этот период уделялось меньше внимания. Тем не менее были опубликованы новые сведения о морских миграциях и развитии морского промысла семги, динамике численности производителей в реках, особенностях воспроизводства и эффективности нереста в естественных условиях (Азбелев, 1964, 1966а, 1968, 1970; Мельникова, 1966, 1970; Бакштанский, 1970). Были получены сведения о влиянии температуры воды на инкубацию икры и жизнеспособность личинок семги. Большое внимание было уделено вопросам прогнозирования изменений численности атлантического лосося, регулирования лова семги в водах Кольского п-ова (Азбелев, 1964, 1966б, 1970).

Значимым событием этого десятилетия стало создание в ПИНРО в 1969 г. лаборатории семги, первым заведующим которой стал М.Я. Яковенко.

1971-1990 гг. Интенсивность исследований по семге заметно возросла, и они приобрели комплексный характер. В результате многочисленных полевых экспедиций были собраны и опубликованы материалы по характеристикам нерестово-выростных угодий, кормовой базе, питанию пестряток и покатников, пищевым взаимоотношениям молоди семги с другими рыбами, влиянию хищников и гидросооружений на динамику ее ската (Гринюк, Задорина, Исаева, 1977; Яковенко, 1977; Салмов, 1981; Шустов, 1983; Кузьмин, 1984, 1985; Задорина, 1988; Вшивцев, 1990; Кузьмин, Смирнов 1982; Гринюк, Задорина, Исаева, 1977). Получены данные по различным аспектам биологии молоди и

производителей, выживанию, росту, распределению, поведению молоди на ранних стадиях развития, площади нерестово-выростного фонда, характеристике семги в морской период жизни. Выполнены работы по мечению подвесными метками молоди, производителей до и после нереста, позволившие выявить пути миграции в прибрежных районах и определить популяционный состав уловов семги на тонях Белого моря (Бакштанский, Яковенко, 1976; Бакштанский, Загураева, Нестеров, 1976; О результатах мечения..., 1982). На основании исследований дана оценка влияния иностранного промысла на запасы семги из рек Кольского п-ова (Яковенко 1987; Бакштанский, Кловач, Лепская, 1985).

В отличие от исследований семги, из-за прекращения финансирования (Яковенко, 1995), интенсивность изучения горбуши в этот период значительно снизилась. Основное внимание уделялось вопросам, не требующим полевых работ. Были проанализированы данные промысловой статистики, рассмотрены вопросы, связанные с адаптацией четной и нечетной линий, особенностями воспроизводства интродуцента в новом ареале, пищевой конкуренции молоди горбуши и семги. На основании наблюдений на РУЗах ряда рек получены данные о динамике нерестовой миграции, размерно-массовом и половом составе производителей.

В 1986 г. СССР присоединился к Конвенции о сохранении лосося в северной части Атлантического океана, стал стороной-участницей международной организации, созданной в рамках данной конвенции (НАСКО), и возобновил участие в Рабочей группе по североатлантическому лососю Международного совета по исследованию моря (ИКЕС). С этого времени сотрудники ПИНРО ежегодно принимали активное участие в работе НАСКО и Рабочей группы ИКЕС для разработки научно обоснованных рекомендаций по сохранению и рациональной эксплуатации запасов атлантического лосося. Практическим результатом работы в этих организациях ученых ПИНРО стало прекращение в 1989 г. дрефтерного лова лосося в норвежской экономической зоне, который наносил значительный ущерб запасам семги из рек России.

1991-2000 гг. Эти годы были крайне сложными в организационном плане, тем не менее они стали переломными и привели к смене вектора исследований анадромных рыб. Этому способствовали два фактора. Во-первых, был накоплен значительный объем знаний по биологии анадромных рыб, позволивший разработать и внедрить в 1991 г. новую концепцию эксплуатации запасов семги Мурманской области, основанную на сокращении промышленного рыболовства и развитии рекреационного лова, включая лов по принципу «поймал-отпустил» (Рекреационный лов лосося..., 1991). Во-вторых, на этот период приходится начало активного сотрудничества с норвежскими, финскими и канадскими учеными в рамках

международных программ по изучению атлантического лосося (A comparative study ..., 1997; A five year study..., 1998; Cessation of the Norwegian..., 1999; Whoriskey et al., 2000). Учитывая основную задачу ПИНРО, заключающуюся в изучении состояния запасов гидробионтов и разработке материалов, обосновывающих возможные объемы добычи (вылова) водных биоресурсов, были определены индексные лососевые реки, на которых осуществлялся мониторинг распределения, численности и воспроизводства анадромных рыб (Шустов, 1995; Долотов, 1997; Прусов, 1998; Прусов, Неклюдов, 2000; Лососевые реки Кольского..., 1991; Атлантический лосось р...., 1992). На этих же реках выполняли работы по ряду международных программ по изучению атлантического лосося.

По горбуше целенаправленных исследований не проводилось. На индексных реках собирались сопутствующие материалы о динамике нерестового хода, основных биологических характеристиках и статистике уловов, на основании которых делалась экспертная оценка преднерестовой численности интродуцента.

2001 г. – н.в. Этот этап можно охарактеризовать как период перехода количества в качество. По материалам исследований защищены 6 диссертационных работ (Прусов, 2004; Алексеев, 2004; Потуткин, 2004; Долотов, 2006; Зубченко, 2006; Самохвалов, 2015), в которых авторы обобщили накопленные знания по биологии атлантического лосося из рек Кольского п-ова. Подготовлены биологические обоснования по организации любительского рыболовства анадромных рыб на лососевых реках Мурманской области, многочисленные публикации в российских и зарубежных рецензируемых научных журналах, монографии по рекам Кола, Иоканьга, Умба (Лососевые реки Кольского..., 2003; Долотов, 2007; Особенности воспроизводства атлантического..., 2007), изданы «Реестр лососевых рек Мурманской области. Бассейн Баренцева моря» (2011 г., переиздан в 2022 г.) и «Реестр лососевых рек Мурманской области. Бассейн Белого моря» (2018 г.). Рассмотрены проблемы акклиматизации горбуши на Европейском Севере России (Зубченко, Веселов, Калюжин, 2004; Распространение, эффективность нереста..., 2019) и нелегального лова семги (Самохвалов, Прусов, Зубченко, 2014). Освоены и применяются методики определения численности нерестового стада с помощью метода повторной поимки (Прусов, 2004) и оценки естественного воспроизводства семги на основе данных о плотности молоди (Зубченко, Прусов, Алексеев, 2019; Зубченко, Алексеев, 2022). Изучены с помощью радиомечения особенности миграции атлантического лосося в преднерестовый, нерестовый и посленерестовый периоды в рр. Варзуга и Харловка (Кузьмин, Зубченко, 2005; Особенности миграций производителей..., 2005). Представлены материалы о приловах постсмолтов лосося, позволившие

отстоять российский промысел скумбрии в открытой части Норвежского моря (Прищепа, Прусов, Шамрай, 2010). Оценена эффективность работ по искусственному воспроизводству семги (Алексеев, Николаев, Зубченко, 2017; Алексеев, Зубченко, 2021). Был реализован международный проект «Трехстороннее сотрудничество по атлантическому лососю Баренцева региона – нашему общему ресурсу» в рамках программы приграничного сотрудничества стран ЕС, Норвегии и России «Коларктик». Результатом проекта стало создание генетической базы данных популяций атлантического лосося в реках Скандинавии и России (Comprehensive microsatellite baseline..., 2017), что позволило изучить миграции лосося различных популяций в прибрежных водах Баренцева моря (Coastal migration patterns..., 2019) и снизить промысловое усилие при ведении прибрежного лова лосося на севере Норвегии (Прусов, Самойлова, 2018), где в значительной степени облавливалась семга из российских рек (Kolarctic salmon : Summary..., 2017).

В заключение следует отметить, что, несмотря на полученные за более чем 120-летний период исследований объемные знания по различным аспектам биологии атлантического лосося и горбуши, есть еще много задач, которые необходимо решить. Их основная цель – сохранить ресурсы этих ценных рыб для будущих поколений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Азбелев, В.В. О семужьем хозяйстве в реках Кольского залива / В.В. Азбелев // Бюллетень ПИНРО. – 1959. – № 1 (9). – С. 43-45.

Азбелев, В.В. Материалы по биологии семги Кольского полуострова и ее выживаемости / В.В. Азбелев // Труды ПИНРО. – 1960. – Вып. 12. – С. 5-70.

Азбелев, В.В. О сроках выпуска молоди горбуши рыбоводными заводами Мурманского совнархоза / В.В. Азбелев // Научно-технический бюлл. ПИНРО. – 1961. – № 1 (15). – С. 55-57.

Азбелев, В.В. Об изменениях численности семги рек Кольского п-ова / В.В. Азбелев // Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. – Мурманск, 1964. – Вып. 4. – С. 49-52.

Азбелев, В.В. Семга Баренцева моря / В.В. Азбелев // Рыбы Мурманской области. Условия обитания, жизнь и промысел. – Мурманск, 1966а. – С. 169-176.

Азбелев, В.В. К вопросу о прогнозировании численности семги рек Кольского полуострова / В.В. Азбелев // Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. – Мурманск, – 1966б. – Вып. 7. – С. 96-101.

Азбелев, В.В. Численность и использование семги рек Кольского полуострова / В.В. Азбелев // Труды ПИНРО. – Мурманск, 1968. – Т.23. – С. 513-526.

Азбелев, В.В. Опыт регулирования лова семги в водах Кольского полуострова / В.В. Азбелев // Труды ВНИРО. – Мурманск, 1970. – Т. 71. – С. 68-74.

Азбелев, В.В. Некоторые данные о морских миграциях семги / В.В. Азбелев, И.И. Лагунов // Вопросы ихтиологии – 1956. – Вып. 6. – С. 113-120.

Азбелев, В.В. О воспроизводительной способности семги / В.В. Азбелев, И.И. Лагунов // Научно-технический бюлл. ПИНРО. – Мурманск, 1957. - № 2-3. – С. 68-70.

Азбелев, В.В. Опыт учета семги в реках Кольского полуострова / В.В. Азбелев, Г.Д. Громов, И.И. Лагунов // Рыбное хозяйство. – 1958. – № 2. – С. 22-25.

Азбелев, В.В. Результаты акклиматизации горбуши в реках Кольского полуострова / В.В. Азбелев, Г.Д. Громов // Научно-технический бюлл. ПИНРО. – Мурманск, 1960. – № 4 (14). – С. 51-55.

Азбелев, В.В. К вопросу о причинах разновременного созревания производителей горбуши в 1960-1962 гг. / В.В. Азбелев, Б.В. Истошин // Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. Сб. 1. – 1963. – С. 32-34.

Азбелев, В.В. Материалы по биологии горбуши, акклиматизируемой в бассейне Белого и Баренцева морей / В.В. Азбелев, С.С. Сурков, А.А. Яковенко // Научно-технический бюлл. ПИНРО. – Мурманск, 1962. – № 2-3 (20-21). – С. 37-38.

Алексеев, М.Ю. Динамика популяций семги (*Salmo salar* L.) рек Кольского полуострова: специальность 03.00.10 – «Ихтиология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / М.Ю. Алексеев. – Москва, 2004. – 24 с.

Алексеев, М.Ю. Адаптация к естественным условиям искусственно выращенных годовиков семги *Salmo salar* L. (Salmonidae) / М.Ю. Алексеев, А.М. Николаев, А.В. Зубченко // Вопросы ихтиологии. – 2017. – Т. 57, № 5. – С. 599-606.

Алексеев, М.Ю., Эффективность искусственного воспроизводства атлантического лосося при выпуске молоди в разном возрасте на примере реки Кола (Мурманская область) / М.Ю. Алексеев, А.В. Зубченко // Вопросы ихтиологии, – 2021. – Т. 61, вып. 1. – С. 109-118.

Атлантический лосось р. Варзуги / Р.В. Казаков, О.Г. Кузьмин, Ю.А. Шустов, И.Л. Щуров. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 108 с.

Бакштанский, Э.Л. Наблюдения за скатом молоди горбуши и кеты на европейском севере / Э.Л. Бакштанский // Труды ПИНРО. – Мурманск, 1963. – Т. 15. – С. 35-43.

Бакштанский, Э.Л. Развитие морского промысла атлантического лосося / Э.Л. Бакштанский // Труды ВНИРО. – Мурманск, 1970. – Т. 74. – С. 156-176.

Бакштанский, Э.Л. Питание молоди горбуши и кеты в Белом и Баренцевом морях / Э.Л. Бакштанский, О.М. Нилова // Тр. Мурман. морск. биол. ин-та. – 1965. – Вып. 9 (13). – С. 106-111.

Бакштанский, Э.Л. Миграции вальчаков атлантического лосося из р. Варзуги / Э.Л. Бакштанский, М.Я. Яковенко // Труды ВНИРО. – Мурманск, 1976. – Т.113. – С. 33-38.

Бакштанский, Э.Л. Результаты мечения молоди атлантического лосося в 1960–1974 гг. / Э.Л. Бакштанский, Л.Ф. Загураева, В.Д. Нестеров // Труды ВНИРО. – Мурманск, 1976. – Т. 113. – С. 19-23.

Бакштанский, Э.Л. Миграции лосося в Северной Атлантике / Э.Л. Бакштанский, Н.В. Кловач, В.А. Лепская // Проблемы изучения рационального использования и охрана природных ресурсов Белого моря: Тез. докл. регион. конф. – Архангельск, 1985. – С. 206-208.

Берг, Л.С. Материалы по биологии семги / Л.С. Берг // Известия ВНИОРХа. – 1935. – Т. 20. – С. 3-113.

Вшивцев, А.С. Эффективность работы Тайбольского рыбоводного завода / А.С. Вшивцев // Биология атлантического лосося на Европейском Севере СССР. – Тр. Коми научного центра УрО АН СССР. – Сыктывкар, 1990. – № 114. – С. 121-133.

Гордеева, Н.В. Динамика биологических и популяционно-генетических показателей у горбуши *Oncorhynchus gorbuscha*, вселенной в бассейн Белого моря / Н.В. Гордеева, Е.А. Салменкова, С.В. Прусов. – DOI 10.7868/S0042875215010063 // Вопросы ихтиологии. – 2015. – Т. 55, № 1. – С. 45-54.

Гринюк, И.Н. Промысел, воспроизводство и прогнозирование численности нерестового стада семги реки Поной / И.Н. Гринюк // Труды ПИНРО. – Мурманск, 1977. – Вып. 32. – С. 156-182.

Гринюк, И.Н. Термические условия в течение акклиматизации дальневосточных лососей в бассейне Белого и Баренцева морей / И.Н. Гринюк, С.В. Канеп // Проблемы океанографии и рыболовства в Мировом океане. – Мурманск, 1977. – С. 51-53.

Гринюк, И.Н. Экология пестряток и покатников семги реки Поной / И.Н. Гринюк, В.М. Задорина, С.А. Исаева // Труды ПИНРО. – Мурманск, 1977. – Вып. 32. – С. 87-104.

Долотов, С.И. Лососевые реки Кольского полуострова. Река Стрельна / С.И. Долотов. – Мурманск: Изд-во ПИНРО. – 1997. – 39 с.

Долотов, С.И. Эколого-биологические аспекты рационального управления запасом атлантического лосося *Salmo salar* L. (на примере р. Йоканьга, бассейн Баренцева моря) : специальность 03.00.32 – «Биологические ресурсы» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / С.И. Долотов. – Москва, 2006. – 24 с.

Долотов, С.И. Атлантический лосось р. Йоканьга: биология, воспроизводство, эксплуатация запасов / С.И. Долотов. – Мурманск: ПИНРО, 2007. – 101 с.

Задорина, В.М. Значение взрослых насекомых в питании молоди лососевых рыб / В.М. Задорина // Вопросы ихтиологии. – 1988. – Т. 28, вып. 2. – С. 259-265.

Зубченко, А.В. Особенности биологии, состояние и управление запасами атлантического лосося (*Salmo salar* L.) Кольского полуострова: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. – Петрозаводск, 2006. – 48 с.

Зубченко, А.В. Горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*): проблемы акклиматизации на Европейском Севере России / А.В. Зубченко, А.Е. Веселов, С.М. Калюжин. – Петрозаводск – Мурманск. – 2004. – 82 с.

Зубченко, А.В. Оценка состояния запасов атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в реках Мурманской области по данным съемок плотности молоди / А.В. Зубченко, С.В. Прусов, М.Ю. Алексеев // XII Съезд Гидробиол. о-ва при РАН (г. Петрозаводск, 16-20 сент. 2019 г.): тез. докл. – Петрозаводск, 2019. – С. 172-174.

Зубченко, А.В. Оценка эффективности воспроизводства атлантического лосося *Salmo salar* (Salmonidae) в реке Кола (Кольский полуостров) на основе данных о плотности молоди / А.В. Зубченко, М.Ю. Алексеев // Вопросы ихтиологии. – 2022. – Т. 62, № 4. – С. 466-475.

Кузьмин, О.Г. Экологическая характеристика и репродуктивное значение малых лососевых рек Кольского п-ова / О.Г. Кузьмин // Экология биологических ресурсов северного бассейна и их промысловое использование. – Мурманск: ПИНРО. – 1984. – С. 36-48.

Кузьмин, О.Г. К биологии семги малых лососевых рек Восточного Мурмана / О.Г. Кузьмин // Экология и воспроизводство проходных лососевых рыб в бассейнах Белого и Баренцева морей. – Мурманск: Изд-во ПИНРО. – 1985. – С. 25-27.

Кузьмин, О.Г. Условия обитания и рост молоди семги *Salmo salar* L. в малых реках Кольского п-ова / О.Г. Кузьмин, Ю.А. Смирнов // Вопросы ихтиологии. – 1982. – Т. 22, вып. 5. – С. 773-780.

Кузьмин, Д.О. Миграционное поведение атлантического лосося р. Харловка в преднерестовый период / Д.О. Кузьмин, А.В. Зубченко // Биология, воспроизводство и состояние запасов анадромных и пресноводных рыб Кольского полуострова. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2005. – С. 166-182.

Лагунов, И.И. К вопросу об организации рационального семужьего хозяйства на реках Кольского полуострова: [Рукопись] / И.И. Лагунов, В.В. Азбелев; ВНИРО, ПИНРО. – Мурманск, 1952. – 24 с. – (Фонд рукописей Полярного фил. ВНИРО).

Лососевые реки Кольского п-ова. Р. Иоканьга / А.В. Зубченко, О.Г. Кузьмин, М.Н. Неклюдов [и др.]. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1991. – 50 с.

Лососевые реки Кольского п-ова. Река Кола / А.В. Зубченко, С.И. Долотов, С.С. Крылова, Л.В. Лазарева. – Мурманск: Изд-во ПИНРО. – 2003. – 66 с.

Мельникова, М.Н. Семга Терского берега / Н.М. Мельникова // Рыбы Мурманской области. Условия обитания, жизнь и промысел. – Мурманск: Кн. изд-во, 1966. – С. 152-168.

Мельникова, М.Н. Некоторые особенности молоди семги (*Salmo salar* L.) ряда рек бассейна Белого моря / Н.М. Мельникова // Вопросы ихтиологии. – 1970. – Т. 10, вып. 3. – С. 443-451.

Никифоров, Н.Д. О воспроизводстве семги / Н.Д. Никифоров // Рыбное хозяйство – 1958а. – № 34. – С. 19-20.

Никифоров, Н.Д. Запретить спиннинговый лов на нерестовых семужьих реках / Н.Д. Никифоров // Рыбное хозяйство. – 1958б. – № 34. – С. 22.

Овсянников, Н.С. Биология семги (*Salmo salar* L.) Кольского залива с краткой промысловой характеристикой / Н.С. Овсянников // Тр. Моск. техн. ин-та рыбного хозяйства и океанографии. – М., 1938. – Вып. 1. – С. 87-138.

О результатах мечения нерестовых мигрантов семги в бассейне Белого моря в 1981 году / В.З. Салмов, Т.Д. Гошева, Н.И. Ильина, А.С. Вшивцев // Повышение продуктивности и рациональное использование: материалы Первого координ. совещ. – Л., 1982. – С. 126-128.

Особенности воспроизводства атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в реке Умба (Кольский полуостров) / А.В. Зубченко, С.М. Калюжин, А.Е. Веселов [и др.]. – Петрозаводск, 2007. – 163 с.

Особенности миграций производителей атлантического лосося в реке Варзуга по данным радиотелеметрических исследований / А.В. Зубченко, А.Г. Потуткин, С.М. Калюжин [и др.] // Биология, воспроизводство и состояние запасов анадромных и пресноводных рыб Кольского полуострова. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2005. – С. 112-130.

Потуткин, А.Г. Миграции атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в прибрежном районе Белого моря и бассейне реки Варзуга: специальность 03.00.10 – «Ихтиология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / А.Г. Потуткин. – Петрозаводск, 2004. – 24 с.

Прищепа, Б.Ф. Приловы лосося на промысле скумбрии и интересы российского рыбодобывающего флота в открытой части Норвежского моря: решение проблемы в рамках ИКЕС и НАСКО / Б.Ф. Прищепа, С.В. Прусов, Е.А. Шамрай // Международная рыбохозяйственная деятельность Российской Федерации на современном этапе: Труды ВНИРО / Отв. ред. А.И. Глубоков, А.М. Орлов. – М.: Изд-во ВНИРО, 2010. – Т. 149. – С. 264-271.

Прусов, С.В. Величина смертности атлантического лосося при лицензионном лове по принципу «поймал-отпустил» на р. Поной / С.В. Прусов // VII Междунар. конф. «Проблемы изучения рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря». Тез. докл. – СПб., 1998. – С. 193-195.

Прусов, С.В. Атлантический лосось (*Salmo salar* L.) реки Поной: экология, воспроизводство, эксплуатация: специальность 03.00.10 – «Ихтиология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / С.В. Прусов. – Петрозаводский гос. ун-т. – Петрозаводск, 2004. – 24 с.

Прусов, С.В. Состояние запаса атлантического лосося реки Поной / С.В. Прусов, М.Н. Неклюдов // Материалы отчетной сессии ПИНРО по итогам НИР за 1998-1999 гг. – Мурманск, 2000. – С. 40-48.

Прусов, С.В. Регулирование прибрежного рыболовства атлантического лосося в Норвегии / С.В. Прусов, Е.Н. Самойлова // Труды ВНИРО. – Мурманск, 2018. – Т. 174. – С. 48-57.

Распространение, эффективность нереста и возможность промысла интродуцированной горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum) в реках Мурманской области / М.Ю. Алексеев А.В. Ткаченко, А.В. Зубченко [и др.] // Российский журнал биологических инвазий. – 2019. – № 1. – С. 2-13.

Реестр лососевых рек Мурманской области. Бассейн Баренцева моря (2-е издание, переработанное и дополненное) / А.В. Зубченко, М.Ю. Алексеев, С.И. Долотов [и др.]; Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича). – Мурманск: ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2022. – 309 с.

Реестр лососевых рек Мурманской области. Бассейн Белого моря / А.В. Зубченко, М.Ю. Алексеев, С.И. Долотов [и др.]; ПИНРО. – Мурманск: ПИНРО, 2018. – 308 с.

Рекреационный лов лосося на Кольском полуострове (Программа развития) / А.В. Зубченко, О.Г. Кузьмин, О.Н. Новиков, А.Л. Сорокин. – Мурманск. – 1991. – 150 с.

Салмов, В.З. Значение естественного и искусственного воспроизводства для стада семги р. Кола / В.З. Салмов // Труды ПИНРО. – Мурманск, 1981. – Т. 45. – С. 94-111.

Самохвалов, И.В. Нелегальный лов атлантического лосося *Salmo salar* в бассейне Нижне-Тулумского водохранилища Мурманской области / И.В. Самохвалов, С.В. Прусов, А.В. Зубченко // Вопросы рыболовства. – 2014. – Т. 15, № 1 (57). – С. 111-117.

Самохвалов, И.В. Особенности воспроизводства атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в условиях зарегулированного стока реки Тулома (Мурманская область): специальность 03.02.06 – «Ихтиология» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / И.В. Самохвалов. – Петрозаводский гос. ун-т, Петрозаводск, 2015. – 24 с.

Солдатов, В.К. Отчет по исследованию семужьего промысла Кольского залива и Восточного Мурмана в 1902 г. (Из отчета по мурманской научно-промысловой экспедиции за 1902 г.) / В.К. Солдатов. – СПб.: Тип. Исидора Гольдберга, 1903. – 152 с.

Солдатов, В.К. Исследования семужьего промысла / В.К. Солдатов // Экспедиция для научно-промысловых исследований у берегов Мурмана. – СПб., 1908. – С. 1-88.

Состояние запасов и рыболовства анадромных рыб Мурманской области / С.В. Прусов, А.В. Зубченко, М.Ю. Алексеев [и др.]; Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича). – Мурманск: ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2021. – 72 с.

Сурков, С.С. Основные итоги и перспективы акклиматизационных работ в Мурманской области / С.С. Сурков // Рыбы Мурманской области. Условия обитания, жизнь и промысел. – Мурманск: Кн. изд-во, 1966. – С. 289-293.

Сурков, С.С. Основные итоги научно-исследовательских работ по естественному воспроизводству и акклиматизации проходных лососей на Мурмане в 1966 г. / С.С. Сурков // Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. – ПИНРО. – Мурманск, 1968. – Вып. 11. – С. 117-121.

Суркова, Е.И. Акклиматизация горбуши и кеты в бассейне Баренцева и Белого морей / Е.И. Суркова // Рыбы Мурманской области. Условия обитания, жизнь и промысел. – Мурманск: Кн. изд-во, 1966. – С. 294-321.

Суркова, Е.И. Изменение морфологических признаков горбуши в ходе ее акклиматизации на Европейском Севере / Е.И. Суркова // Материалы

рыбохозяйственных исследований Северного бассейна / ПИНРО. – Мурманск, 1970. – Вып. 14. – С. 78-85.

Шустов, Ю.А. Экология молоди атлантического лосося / Ю.А. Шустов; Карельский филиал АН СССР. – Петрозаводск, 1983. – 152 с.

Шустов, Ю.А. Экологические аспекты поведения молоди лососевых рыб в речных условиях / Ю.А. Шустов. – СПб.: Наука, 1995. – 161 с.

Яковенко, М.Я. Динамика ската, питание и выживании молоди семги реки Порьи / М.Я. Яковенко // Труды ПИНРО. – Мурманск, 1977. – Т. 32. – С. 147-155.

Яковенко, М.Я. Миграции атлантического лосося, воспроизводимого в реках СССР, и влияние иностранного промысла на его уловы в советских водах / М.Я. Яковенко // Материалы совещ. по атлантическому лососю. – М., 1987. – С. 99-107.

Яковенко, М.Я. Горбуша как объект промысла в бассейне Белого моря / М.Я. Яковенко // Материалы докл. VI регион. конф. «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря» (ЗИН РАН, Кандалакш. гос. заповедник). – СПб., 1995. – С. 35-37.

A comparative study of life histories of Atlantic salmon in two Norwegian and two Russian rivers / A.J. Jensen, A. Zubchenko, N.A. Hvidsten, B.O. Johnsen [et al.]. – NINA-NIKU Project Report. – 1997. – Iss. 7. – 44 p.

A five year study of Atlantic salmon in two Russian and two Norwegian rivers / A.J. Jensen, A. Zubchenko, N.A. Hvidsten, B.O. Johnsen [et al.]. – NINA-NIKU Project Report. – 1998. – № 8. – 38 p.

Comprehensive microsatellite baseline for genetic stock identification of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in northernmost Europe / M. Ozerov, J.-P. Vaha, V. Wennevik, E. Niemela [et al.] // ICES J. Mar. Sci. – 2017. – Vol. 74, № 8. – P. 2159-2169.

Cessation of the Norwegian drift net fishery: changes observed in Norwegian and Russian populations of Atlantic salmon/ A.J. Jensen, A. Zubchenko, T.G. Heggberget, N.A. Hvidsten [et al.] // ICES Journal of Marine Science. – 1999. – Vol. 56, Iss. 1. – P. 84-95.

Coastal migration patterns of the four largest Barents Sea Atlantic salmon stocks inferred using genetic stock identification methods / M.-A. Svenning, M. Falkegård, E. Niemelä, J.-P. Vähä [et al.]. – DOI.org/10.1093/icesjms/fsz114 // ICES Journal of Marine Science. – 2019. – Vol. 76, Iss. 6. – P. 1379-1389.

Kolarctic salmon: Summary report. Report 1-2017 / E. Niemela, J.-P. Vaha, M.-A. Svenning, M. Ozerov [et al.]. – Office of Finnmark County Governor, 2017. – 30 p.

The Atlantic salmon / J. Webb, E. Verspoor, N. Aubin-Horth [et al.] // The Atlantic salmon: genetics, conservation and management / Ed. E. Verspoor [et al.]. – Blackwell Publishing Ltd., Oxford, 2007. – P. 17-56.

Whoriskey, F. G. Evaluation of the Effects of Catch-and-Release Angling on the Atlantic Salmon (*Salmo Salar* L.) of the Ponoï River, Kola Peninsula, Russian Federation / F.G. Whoriskey, S. Prusov, S. Crabbe // Ecology of Freshwater Fish. – 2000. – № 9. – P. 118-125.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ОБЪЕМЫ, БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ВЫЖИВАЕМОСТЬ МОЛОДИ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ НА ЛОСОСЕВОМ РЫБЗАВОДЕ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.Н. Игнатов, Е.А. Рябуха

Магаданский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («МагаданНИРО»), г. Магадан

Аннотация. Статья посвящена мониторингу биологического состояния молоди тихоокеанских лососей, выпускаемых с лососевого рыбзавода (ЛРЗ) Магаданской области. Даны количественные характеристики объемов заложенной икры и выпущенной молоди тихоокеанских лососей в технологический цикл 2021-2022 гг.

Ключевые слова: ЛРЗ, молодь, Ольская ЭПАБ, Арманский ЛРЗ, Янский ЛРЗ, горбуша, кета, кижуч.

ВВЕДЕНИЕ

В технологический цикл 2021-2022 гг. в рамках мониторинга деятельности организаций по искусственному воспроизводству водных биоресурсов в отношении применения биотехнических показателей по разведению водных биоресурсов и качества выпускаемой молоди (личинок) были получены и проанализированы данные о заводских условиях воспроизводства, биологическом состоянии и выживаемости североохотоморских лососей искусственного происхождения: горбуши, кеты, кижуча на ЛРЗ Магаданской области (Ольская экспериментальная производственно-акклиматизационная база (ЭПАБ), Арманский и Янский ЛРЗ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор проб проводили на Ольской ЭПАБ, Арманском и Янском ЛРЗ в мае-сентябре 2022 г.

Анализ данных о условиях и объемах искусственного воспроизводства, а также о выживаемости тихоокеанских лососей проводили на основе материалов рыбоводной документации, представленных Охотским филиалом ФГБУ «Главрыбвод».

Биологическое состояние молоди кеты, кижуча и горбуши оценивали по комплексу показателей: размерно-массовым (Правдин, 1966) и индексам внутренних органов (Шварц, Смирнов, Добринский, 1968; Применение метода морфофизиологических..., 1972). Интенсивность питания молоди определяли по общему индексу наполнения желудочно-

кишечного тракта (ЖКТ) и количеству питающихся особей в пробе (Чучукало, Волков, 1986).

Статистическая обработка собранного материала была проведена по общепринятым в ихтиологических исследованиях методам (Рокицкий, 1961; Лакин, 1980).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 2021 г. в Магаданской области были проведены рыбоводные работы по отлову, выдерживанию производителей и сбору оплодотворенной икры тихоокеанских лососей. В рыбоводную путину 2021 г. было собрано 22,08 млн икр., в том числе 20,22 млн икр. горбуши, 1,44 млн икр. кеты и 0,42 млн икр. кижуча. Из трех ЛРЗ наибольший объем икры всех видов лососей был заложен на инкубацию на Ольской ЭПАБ – 8,6709 млн икр.

Магаданские ЛРЗ отличаются друг от друга температурным режимом, рыбоводным оборудованием, технологической схемой воспроизводства лососей. К примеру, икру лососей на трех ЛРЗ (Ольской ЭПАБ, Арманском, Янском) инкубируют в аппаратах Аткинса расширенного вмещения. Личинок и молодь на Ольской ЭПАБ выдерживают и подращивают в рыбоводных бассейнах дальневосточного типа и круговых бассейнах, на Арманском ЛРЗ – только в круговых бассейнах. На Янском ЛРЗ личинок лососей выдерживают в аппаратах NORAD, а молодь подращивают в прямоточных бассейнах. Вследствие особенностей температуры водоисточников сроки и продолжительность кормления лососей на каждом ЛРЗ также различны. Специфика температурного режима воды на Ольской ЭПАБ и Арманском ЛРЗ такова, что инкубация икры и выдерживание личинок происходят при повышенной температуре воды основного водоисточника (порядка 10-12 °С). В результате этого происходит раннее (в декабре-феврале) поднятие молоди лососей «на плав». Далее фоновая температура воды резко снижается (до 0,4-0,8 °С) и возникает проблема, связанная с продолжительным периодом кормления молоди при низкой температуре воды. На Янском ЛРЗ температура воды практически всегда стабильна на уровне 4-6 °С. Все вышеперечисленные факторы влияют на то, что молодь при выпуске обладает теми качественными характеристиками, которые она приобрела в условиях содержания конкретного ЛРЗ.

Биологическое состояние молоди североохотоморских лососей, выращенных на ЛРЗ Магаданской области в технологический цикл 2021-2022 гг.:

Горбуша. Анализ полученных данных показал (см. таблицу), что молодь горбуши с Янского ЛРЗ значительно превосходила молодь горбуши с

Ольской ЭПАБ по размерно-массовым показателям. Среднее значение коэффициента упитанности в мае 2022 г. составило 1,05. Желточный мешок отмечали только у молоди горбуши с Ольской ЭПАБ, средняя относительная масса которого составила 0,82 %. Следует отметить, что только молодь горбуши происхождения р. Яна перешла на экзогенный тип питания. При этом индекс наполнения ЖКТ в среднем составил 157,4 ‰. Сравнительный анализ индексов внутренних органов показал, что у молоди с АЛРЗ отмечены высокий индекс сердца (0,39 %) и низкие индексы печени (1,31 %) и ЖКТ (3,1 %) по сравнению с молодь горбуши с других ЛРЗ (см. таблицу).

Кета. Как показано в таблице, самые высокие размерно-массовые показатели на момент выпуска отмечены у молоди кеты с Янского ЛРЗ. Средняя длина ее тела в июне 2022 г. составила 45,5 мм, масса – 0,941 г. Количество особей с остатками желточного мешка (12 %) оказалось минимальным среди всех отобранных проб молоди кеты. Средняя относительная масса желточного мешка составила 0,01 %. Все особи перешли на питание внешней пищей.

Молодь кеты с Ольской ЭПАБ и Арманского ЛРЗ имела схожие размерно-массовые показатели. У молоди кеты происхождения р. Ола отмечен самый низкий коэффициент упитанности по Фультону, его среднее значение составило 1,13. Количество рыб с остатками желточного мешка оказалось максимальным в пробе кеты происхождения р. Армань (100 %). При этом относительная масса желточного мешка также оказалась максимальной среди всей молоди и в среднем составила 2,17 %. В пробе кеты происхождения р. Ола на питание внешней пищей перешли 96 % особей. Питающихся особей в пробе кеты с Арманского ЛРЗ отмечено не было. Анализ индексов внутренних органов показал, что у молоди с Ольской ЭПАБ отмечен наибольший индекс печени – 1,52 %. Максимальное значение индекса сердца и индекса ЖКТ отмечено у молоди кеты с ЯЛРЗ. Средние значения данных показателей составили: сердца – 0,3 %, ЖКТ – 7,55 % (см. таблицу).

Кижуч. Сравнительный анализ биологических показателей молоди кижуча показал, что молодь с Янского ЛРЗ перед выпуском уступала молоди с Арманского ЛРЗ по массе и длине тела. Это явилось следствием более раннего выпуска молоди происхождения р. Яна в естественный водоем. Среднее значение длины тела молоди составило: 44,7 мм (АЛРЗ), 39,5 мм (ЯЛРЗ); массы – 1,128 г (АЛРЗ), 0,754 г (ЯЛРЗ). Рыб с остатками желточного мешка в пробе отмечено не было. Все особи с АЛРЗ перешли на питание внешней пищей. Индекс наполнения ЖКТ при этом оказался максимальным и в среднем составил 174,3 ‰. В пробе молоди с ЯЛРЗ доля питающихся особей составила 62 % (см. таблицу).

Биологические показатели заводской молоди тихоокеанских лососей поколения 2021 г. перед выпуском с ЛРЗ Магаданской области

Показатель	Кета			Горбуша			Кижуч	
	Ольская ЭПАБ	Янский ЛРЗ	Арманский ЛРЗ	Ольская ЭПАБ	Янский ЛРЗ	Арманский ЛРЗ	Янский ЛРЗ	Арманский ЛРЗ
Дата отбора проб молоди на анализ	01.06.2022 г.	15.06.2022 г.	01.07.2022 г.	20.05.2022 г.	05.05.2022 г.	01.07.2022 г.	04.07.2022 г.	05.09.2022 г.
Длина тела, мм	<u>36,5±0,51</u> 31,0-41,0	<u>45,5±0,69***</u> 37,0-57,0	<u>35,3±0,2*</u> 33,0-37,0	<u>30,2±0,11</u> 28,0-31,0	<u>32,2±0,26***</u> 29,0-35,0	<u>29,9±0,1*</u> 28,0-32,0	<u>39,5±0,57</u> 32,0-50,0	<u>44,7±0,43***</u> 38,0-50,0
Масса тела, г	<u>0,410±0,02</u> 0,223-0,624	<u>0,941±0,05***</u> 0,445-1,726	<u>0,403±0,008</u> 0,333-0,469	<u>0,165±0,002***</u> 0,137-0,204	<u>0,277±0,01***</u> 0,183-0,344	<u>0,190±0,003</u> 0,136-0,239	<u>0,754±0,044</u> 0,32-1,895	<u>1,128±0,042***</u> 0,519-1,776
Коэффициент упитанности по Фультону	<u>1,13±0,02***</u> 0,90-1,40	<u>1,27±0,019</u> 1,00-1,63	<u>1,28±0,015</u> 1,17-1,43	<u>0,82±0,010***</u> 0,64-0,96	<u>1,05±0,029***</u> 0,61-1,58	<u>0,87±0,01</u> 0,73-1,13	<u>1,59±0,03</u> 1,27-2,38	<u>1,64±0,028</u> 1,38-2,23
Доля особей с желточным мешком, %	82,1	12,0	100	94,0	0	0	0	0
Относительная масса желточного мешка, %	<u>0,25±0,05</u> 0-0,94	<u>0,01±0,004</u> 0-0,13	<u>2,17±0,27***</u> 0,67-5,81	<u>0,57±0,06</u> 0-1,76	-	-	-	-
Индекс сердца, %	<u>0,22±0,009</u> 0,13-0,29	<u>0,30±0,01***</u> 0,1-0,45	<u>0,23±0,012</u> 0,13-0,36	<u>0,27±0,012</u> 0,13-0,52	<u>0,29±0,006</u> 0,17-0,38	<u>0,39±0,006***</u> 0,3-0,46	<u>0,17±0,0071</u> 0,71-0,34	<u>0,20±0,007**</u> 0,10-0,37
Индекс печени, %	<u>1,52±0,05***</u> 1,0-2,06	<u>1,18±0,04</u> 0,65-1,86	<u>1,07±0,054</u> 0,62-1,79	<u>1,49±0,04</u> 0,98-2,21	<u>1,46±0,052</u> 0,9-2,38	<u>1,31±0,034*</u> 0,71-1,86	<u>1,44±0,058*</u> 0,88-2,83	<u>1,29±0,041</u> 0,66-1,89
Индекс желудочно-кишечного тракта, %	<u>6,39±0,20</u> 4,44-8,93	<u>7,55±0,16***</u> 4,9-10,04	<u>5,56±0,78</u> 2,81-24,11	<u>4,47±0,11</u> 2,76-6,26	<u>4,46±0,17</u> 2,85-8,25	<u>3,1±0,05***</u> 2,27-3,98	<u>7,73±0,193***</u> 4,69-11,35	<u>6,23±0,181</u> 2,07-8,24
Индекс наполняемости желудочно-кишечного тракта, ‰	<u>283,0±21,64</u> 0-561,7	<u>317,92±31,55</u> 11,46-872,73	-	-	<u>157,4±9,79</u> 65,95-507,25	-	<u>37,61±5,94</u> 0-156,1	<u>174,33±22,18**</u> * 18,05-580,42
Доля питающихся особей, %	96,4	100	0	0	100	0	62,0	100

Примечание. Отличия достоверны при * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.
Над чертой – ошибка средней, под чертой – min – max.

Следует отметить, что молодь кижуча происхождения р. Армань имела более высокое значение индекса сердца, но при этом меньший индекс печени и менее развитый ЖКТ. Среднее значение данных показателей в сентябре 2022 г. составило: сердца – 0,2 %; печени – 1,29 %; ЖКТ – 6,23 % (см. таблицу). По данным материалов рыбоводной документации, представленных Охотским филиалом ФГБУ «Главрыбвод», средняя навеска молоди кижуча из выростного пруда Ольской ЭПАБ в момент выпуска (27.07.2022 г.) составила 1,0 г.

В 2022 г. с ЛРЗ Магаданской области было выпущено 17,900 млн экз. мальков лососей (горбуша – 16,520 млн экз., кета – 1,080 млн экз., сеголетки кижуча – 0,300 млн экз.). Выпуск молоди лососей производился в базовые водоемы ЛРЗ – реки Ола (приток р. Угликан), Армань, Яна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2022 г. в водоемы Магаданской области было выпущено 17900 млн экз. молоди тихоокеанских лососей. В целом по итогам выполненных исследований можно заключить, что заводская молодь лососей (горбуша, кета, кижуч) (поколение 2021 г.), выращенная в условиях Магаданских ЛРЗ, соответствовала требованиям, предъявляемым к навеске молоди при выпуске, прописанном в Приказе Минсельхоза от 30.01.2015 г. № 25. Следует отметить, что молодь тихоокеанских лососей Янского ЛРЗ характеризовалась достаточно высокими линейно-массовыми и хорошими морфофизиологическими показателями. Исключение составила молодь кеты происхождения р. Армань с Арманского ЛРЗ. В настоящее время на Арманском ЛРЗ нет технических возможностей для улучшения биологических показателей молоди кеты. Улучшения качественных показателей молоди на этом ЛРЗ перед ее выпуском в море можно будет добиться путем использования природных водоемов для подращивания молоди лососей. Молодь кижуча с Арманского ЛРЗ по линейно-массовым показателям превосходила молодь кижуча с Янского ЛРЗ и Ольской ЭПАБ, это объясняется более поздним выпуском молоди кижуча в естественный водоем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Лакин, Б.Ф. Биометрия / Б.Ф. Лакин. – Москва: Высшая школа, 1980. – 294 с.

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. –

4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Применение метода морфофизиологических индикаторов в экологии рыб / В.С. Смирнов, А.М. Божко, Л.П. Рыжков, Л.А. Добринская // Труды СевНИОРХ. – 1972. – Т. 7. – 186 с.

Приказ Минсельхоза России от 30.01.2015 № 25 (ред. от 25.08.2015) «Об утверждении Методики расчета объема добычи (вылова) водных биологических ресурсов, необходимого для обеспечения сохранения водных биологических ресурсов и обеспечения деятельности рыбоводных хозяйств, при осуществлении рыболовства в целях аквакультуры (рыбоводства)» (зарегистрировано в Минюсте России 20.02.2015 № 36147).

Рокицкий, П.Ф. Основы вариационной статистики для биологов / П.Ф. Рокицкий. – Минск, 1961. – 223 с.

Чучукало, В.И. Руководство по изучению питания рыб / В.И. Чучукало, А.Ф. Волков. – Владивосток: ТИНРО, 1986. – 32 с.

Шварц, С.С. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных / С.С. Шварц, В.С. Смирнов, Л.Н. Добринский // Труды ин-та экологии растений и животных. УФ АН СССР. – 1968. – Вып. 58. – 387 с.

МОРФОГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ТРЕМАТОД РОДА *DIPLOSTOMUM* ЛОСОСЕВЫХ РЫБ РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЕМОВ РОССИИ

Г.В. Изотова^{1,2,3}, П.Г. Власенко^{1,2}, Г.Н. Маркевич¹,
Е.Н. Кашинская^{1,2}, М.М. Соловьев^{1,2}

¹Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН
(ИПЭЭ РАН), г. Москва

²Институт систематики и экологии животных СО РАН (ИСиЭЖ СО РАН),
г. Новосибирск

³ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»
(НГАУ), г. Новосибирск

Аннотация. Трематоды рода *Diplostomum* – паразиты глаз и головного мозга рыб, вызывающие нарушение пространственной ориентации и питания. Проведена идентификация диплостомид некоторых лососевых рыб методом ДНК-баркодинга на основе гена мтДНК *cox1* в трех озерах России: Кроноцкое (п-ов Камчатка), Телецкое (Республика Алтай) и Баунт (Республика Бурятия). Выявлено 5 клад видового уровня, 4 из которых идентифицируемые до вида. Проведены анализ и описание морфологии каждого вида.

Ключевые слова: оз. Кроноцкое, оз. Телецкое, оз. Баунт, ДНК-баркодирование, Diplostomidae.

ВВЕДЕНИЕ

Трематоды рода *Diplostomum* – широко распространенные дигенетические сосальщики. Первым промежуточным хозяином паразита выступают пресноводные моллюски семейства Lymnaeidae, обитающие на мелководье, где происходят эмиссия церкарий из моллюсков и последующее заражение второго промежуточного хозяина – рыбы. Окончательными хозяевами являются рыбацкие птицы, с которым паразиты способны распространяться между водоемами (Шигин, 1993).

Рыбы заражаются на мелководье, где церкарии проникают в мягкие ткани молоди рыб и мигрируют по направлению к глазам и головному мозгу, в ходе чего вызывают повреждения нервной и кровеносной систем. Трематоды локализуются в хрусталике, на сетчатке либо в стекловидном теле глаза или же в головном мозге, что негативно сказывается на ориентации хозяина в пространстве и влияет на особенности его питания, нанося существенный вред рыбному хозяйству, снижая темпы роста и упитанность зараженных рыб, в том числе лососевых. Один из ключевых вопросов в борьбе с диплостомозами – установление их видового состава и

особенностей жизненного цикла каждого отдельного вида (Фауна и экология..., 1986; Фрезе, 2002).

Ранние исследования, посвященные вопросу видового определения диплостомид, основываются на морфологическом подходе. Данный метод, ввиду недостатка и слабой выраженности морфологических признаков у данных трематод на стадии метацеркарии, недостаточно точен. В настоящий момент систематика диплостомид, обитающих на территории России, включает как невалидные, так и криптические виды (Фрезе, 2002; Шигин, 1993). Мы использовали метод ДНК-баркодирования по фрагменту митохондриального гена первой субъединицы цитохромоксидазы (мтДНК *cox1*), успешно применяющийся в исследованиях, которые посвящены видовому определению личиночных стадий трематод (Воронова, Буна, Курченко, 2012; Locke, Al-Nasiri, Caffara, 2015).

В данной работе рассматривается видовой состав диплостомид лососевых рыб трех олиготрофных горных озер – Кроноцкое, Телецкое и Баунт.

Озеро Телецкое расположено в горах Республики Алтай на высоте 436 м над уровнем моря и характеризуется высокими перепадами глубин с максимальной 325 м и средней около 180 м. В нем обитают 13 видов рыб, в том числе массовые виды лососевых рыб, такие как сиг Правдина, телецкий сиг, сибирский хариус, таймень и ленок. Ранее в озере диплостомиды фиксировались в глазах ельца и подкаменщика, но вид паразита установлен не был (Рыбы Телецкого озера, 1981; Титова, 1954).

Озеро Баунт входит в Ципо-Ципиканскую систему озер, расположенную на севере Республики Бурятия, в долине реки Ципа. Водоем расположен на высоте 1060 м над уровнем моря. Максимальная глубина озера составляет 33 м, средняя – 17 м. В нем обитают свыше 20 видов рыб, среди которых лососевые – три формы/вида сига, баунтовская ряпушка, таймень и ленок. В озере ранее диплостомиды были обнаружены в глазах ерша и налима и определены как вид *D. volvens* (Давыдов, 1955; Дугаров, Батуева, Бурдуковская, 2021).

Озеро Кроноцкое – самый большой пресноводный водоем п-ова Камчатка. Средняя глубина озера составляет 51 м, максимальная – 148 м. В нем обитают два вида лососевых рыб: кокань (карликовая форма нерки) и множество экотипов северной мальмы, среди которых выделяют пять основных форм: малоротый, большеротый, длинноголовый, носатый и белый гольцы. Ранее в глазах кокани и гольцов обнаруживались неидентифицированные диплостомиды, обозначенные как *D. sp. 1* и *D. sp. 2* (Бусарова, Кнудсен, Маркевич, 2016).

Таким образом, задачей нашей работы является определение видового состава диплостомид, паразитирующих в лососевых рыбах озер Кроноцкое,

Телецкое и Баунт, и установление гостальной специфичности идентифицированных видов паразитов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор материала проводился в 2019-2022 г. на базе научного стационара на оз. Телецкое и в полевых лабораториях на озерах Кроноцкое и Баунт. Всего в ходе работ на оз. Кроноцкое было осмотрено свыше 100 лососевых рыб, с которых было собрано 39 диплостомид. На оз. Телецкое в результате осмотра более 80 рыб было собрано 3 экз. диплостомид. С оз. Баунт в результате паразитологического осмотра свыше 50 баунтовских сигаов был собран 1 экз. трематоды. Исследование проводилось с использованием бинокля Zeiss Stemi DV4. После вскрытия глаза и головной мозг извлекались в отдельные чашки Петри, где проводился отдельный сбор паразитологического материала с внутренней среды глаз, ретины, хрусталика и головного мозга рыбы. Трематоды фиксировались последовательно в 70- и 96 %-ном спирте для дальнейшего изучения в лаборатории.

Выделение тотальной ДНК проводилось с применением 5%-го водного раствора ионообменной смолы Chelex (Bio-Rad) и добавлением протеиназы К для полного растворения мягких тканей. В качестве маркера использовался фрагмент митохондриальной ДНК первой субъединицы цитохромоксидазы *cox1*. Для амплификации применялись праймеры Dice1F (5'-CGT TTR AAT TAT ACG GAT CC-3') и Dice1R (5'-AGC ATA GTA ATM GCA GCA GC-3') и протокол амплификации (Stenkiste, Locke, Castelin, 2015). Очистка ампликонов и секвенирование проводилось в ЦКП «Геномика». Выравнивание полученных последовательностей на основе алгоритма ClustalW, встроенного в программу MEGA v. 11. Для построения консенсусного дерева, определения видов и их отношения друг к другу применялись программы MrBayes (Hulsenbeck, Ronquist, 2001) и MEGA v. 11 (2018), также в анализ были включены референсные последовательности *cox1* диплостомид из GenBank, для определения ближайших гомологичных последовательностей использован NCBI BLAST (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>).

Для установления морфологических признаков каждого вида использовались тринокуляр Olympus Vx40 и специализированное ПО для работы с цифровыми снимками – Olympus Vision. Отобранные для секвенирования трематоды фотографировали и измеряли перед выделением ДНК. В ходе анализа были исследованы 16 морфологических признаков диплостомид: длина А, ширина В, отношение длины к ширине АВ, длина и ширина ротовой присоски, длина и ширина псевдоприсосок, длина и ширина брюшной присоски, длины префаринкса, фаринкса и пищевода,

длины и ширина органа Брандеса, длина и ширина экскреторного пузыря (Фрезе, 2002).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате филогенетического анализа исследуемые последовательности диплостомид рыб образовали пять клад видового уровня, среди них четыре идентифицируемые – *D. sp. Lineage 5* (Locke, Al-Nasiri, Caffara, 2015), *D. mergi*, *D. pseudospathaceum* и *D. spathaceum*. Также присутствует один неидентифицируемый вид – *D. sp. 1*.

D. mergi оказался единственным видом, обнаруженным только в хрусталике исследуемой рыбы – телецкого сига. Тем не менее, в кладе *D. sp. Lineage 5*, в основном состоящей из диплостомид внутренней среды глаза кокани, большеротого, малоротого, белого и длинноголового гольцов, присутствуют две метацеркарии из оз. Телецкое, обнаруженные нами в хрусталике двух телецких сигов. Все остальные клады включают в себя только диплостомид внутренней среды глаз.

Виды *D. pseudospathaceum* и *D. spathaceum* в оз. Кроноцкое обнаруживаются во внутренней среде глаза гольцов и кокани. Данные два вида ранее нигде, кроме хрусталика, не регистрировались.

Далее приводится морфологическое описание обнаруженных нами видов по зафиксированным в спирте экземплярам (значения представлены в микрометрах, в скобках указаны средние значения для каждого вида).

D. sp. 1. Длина А и ширина В: 599-358 × 472-283 (530 × 406), отношение длины к ширине АВ 1,61-1,03 (1,32), ротовая присоска округлая 91-45 × 87-37 (67 × 63), фаринкс и префаринкс сходной длины 37-18 и 38-20 (28,61 и 28,84), пищевод в среднем в 1,4 раза длиннее фаринкса 50-31 (41), псевдоприсоски ушковидные, хорошо выраженные 69-43 × 88-36 (60 × 57), брюшная присоска эквивалентна ротовой 80-58 × 89-54 (65 × 66), орган Брандеса овальный 103-79 × 71-65 (100 × 68), экскреторный пузырь V-образный 115-65 × 130-140 (91 × 140).

D. sp. Lineage 5. Длина А и ширина В: 639-329 × 406-303 (482 × 364), отношение длины к ширине АВ 1,67-1,08 (1,31), ротовая присоска округлая 70-34 × 69-39 (56 × 59), фаринкс чуть длиннее префаринкса 34-22 и 31-23 соответственно (29 и 25), пищевод в среднем в 1,7 раза длиннее фаринкса 51-30 (47), псевдоприсоски ушковидные, слабовыраженные 66-41 × 59-44 (57 × 53), брюшная присоска чуть больше ротовой 70-44 × 73-48 (61 × 60), орган Брандеса округлый 143-67 × 134-64 (109 × 101), экскреторный пузырь V-образный 117-62 × 161-91 (93 × 130).

D. mergi. Длина А и ширина В: 512 × 401, отношение длины к ширине АВ 1,27, ротовая присоска округлая 56 × 57, фаринкс чуть длиннее

префаринкса 27 и 25 соответственно, пищевод в 1,5 раза длиннее фаринкса, псевдоприсоски ушковидные, слабовыраженные 62×55 , брюшная присоска одинакова в размерах с ротовой 59×55 , орган Брандеса округлый 121×138 , экскреторный пузырь округлый 125×138 .

D. pseudospathaceum. Длина А и ширина В: $376-261 \times 343-236$ (331×272), отношение длины к ширине АВ 1,32-1,07 (1,21), ротовая присоска вытянутая $75-48 \times 57-52$ (61×55), фаринкс значительно длиннее префаринкса 59-43 и 27-12 соответственно (46 и 21), пищевод одинакового с фаринксом размера 58-21 (45), псевдоприсоски ушковидные, хорошо выраженные $64-43 \times 67-47$ (58×55), брюшная присоска сходна по размерам с ротовой $67-57 \times 65-51$ (60×57), орган Брандеса округлый $127-99 \times 144-97$ (116×111), экскреторный пузырь V-образный $55-42 \times 75-56$ (48×65).

D. spathaceum. Длина А и ширина В: $404-395 \times 347-279$ (400×313), отношение длины к ширине АВ 1,41-1,16 (1,29), ротовая присоска вытянутая $62-49 \times 60-51$ (56×46), фаринкс в два раза длиннее префаринкса 49-43 и 26-23 соответственно (46 и 25), пищевод короче фаринкса 19-28 (24), псевдоприсоски ушковидные, вытянутые, хорошо выраженные $71-64 \times 63-56$ (67×66), брюшная присоска крупнее ротовой $67-65 \times 66-63$ (66×64), орган Брандеса округлый $98-96 \times 111-99$ (97×105), экскреторный пузырь V-образный $65-62 \times 83-76$ (63×80).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе филогенетического анализа изученные последовательности трематод рода *Diplostomum* лососевых рыб озер Кривоное, Телецкое и Байкал сформировали пять клад видового уровня. Среди этих клад четыре идентифицируются до вида. Для каждого вида был проведен морфологический анализ и дано описание. Таким образом, ДНК-баркодирование по митохондриальному гену *cox1* демонстрирует более высокую точность определения и больший уровень биоразнообразия трематод в данных водоемах.

Из пяти рассматриваемых клад видового уровня четыре сформированы паразитами рыб оз. Кривоное, что говорит о большем количестве видов в водоеме, чем было ранее указано в работе, основанной на морфологическом анализе. Важно отметить, что в данном озере виды, ранее регистрировавшиеся только в хрусталике глаза рыб, обнаруживаются в нетипичной локализации – во внутренней среде глаз. Последовательности двух экземпляров того же вида трематод из оз. Телецкое были обнаружены нами в хрусталике. Это говорит о необходимости дальнейшего изучения паразитофауны диплостомид оз. Кривоное.

Исходя из полученных результатов, следующим этапом нашей работы станет анализ видового состава диплостомид в данных водоемах методом NGS-секвенирования – метагеномного анализа для массовой идентификации диплостомид. Данный подход позволит нам установить не только качественный, но и количественный состав данных трематод в рыбах исследуемых озер и составить общую картину зараженности для дальнейшего изучения пути и распространения между водоемами как внутри России, так и за ее пределами.

Секвенирование выполнено при поддержке Российского научного фонда, проект № 19-74-10054. Метаанализ данных выполнен при поддержке Мегагранта № 220-6544-5338.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бусарова, О.Ю. Паразитофауна гольцов (*Salvelinus*) озера Кроноцкое, Камчатка / О.Ю. Бусарова, Р. Кнудсен, Г.Н. Маркевич // Паразитология. – 2016. – С. 409-425.

Воронова, Н.В. Последовательность гена субъединицы I цитохромоксидазы C в молекулярной таксономии животных: принципы, результаты и проблемы использования / Н.В. Воронова, С.В. Буна, В.П. Курченко // Труды БГУ. – Минск: БГУ, 2015. – Т. 7, ч. 1. – С. 22-42.

Давыдов, Л.К. Гидрография СССР (Воды суши) / Л.К. Давыдов. – Ленинград: Изд-во Ленингр. гос. ун-та, 1955. – 560 с.

Дугаров, Ж.Н. Паразитофауна обыкновенного ерша *Gymnoscephalus serpius* (L.) в Ципо-Ципиканских (Баунтовских) озерах (Забайкалье). Разнообразии почв и биоты Северной и Центральной Азии / Ж. Н. Дугаров, М.Д. Батуева, Т.Г. Бурдуковская // Материалы IV всероссийской конференции. – Улан-Удэ: Бурятский научный центр Сибирского отделения РАН, 2021. – С. 141-143.

Рыбы Телецкого озера / А.Н. Гундризер, Б.Г. Иогансен, В.В. Кафанова [и др.]. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1981. – 160 с.

Соусь, С.М. Паразиты рыб Новосибирской области / С.М. Соусь, А.А. Ростовцев. – Тюмень: Госрыбцентр, 2006. – 194 с.

Титова, С.Д. Паразиты рыб Телецкого озера / С.Д. Титова // Труды проблемных и тематических совещаний ЗИН. – Томск: Томский Гос. университет, 1954. – Вып. 4. – С. 70-84.

Фауна и экология паразитов рыб бассейна озера Малые Чаны / Т.А. Бочарова, Г.И. Гундризер, А.Н. Соусь [и др.] // Экология озера Чаны. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1986. – С. 108-117.

Фрезе, В.И. Метацеркарии трематод – паразиты пресноводных гидробионтов центральной России / В.И. Фрезе. – Москва: Наука, 2002. – 260 с.

Шигин, А.А. Трематоды фауны России и сопредельных регионов. Род *Diplostomum*. Мариты / А.А. Шигин. – Москва: Наука, 1993. – 208 с.

Blast: Basic Logical Alignment Search Tool [Электронный ресурс] <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>.

Hulsenbeck, J.P. Bayesian inference of phylogeny / J.P. Hulsenbeck, F. Ronquist // *Bioinformatics*, 17, 2001. – P. 754-755.

Kumar, S. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms / S. Kumar, G. Stetcher, M. Li, C. Knyaz, K. Tamura // *Molecular Biology and Evolution*, 35, 2018. – P. 1547-1549.

Locke, S.A. Diversity, specificity and speciation in larval Diplostomidae (Platyhelminthes: Digenea) in the eyes of freshwater fish, as revealed by DNA barcodes / S.A. Locke, S. Al-Nasiri F. S., M. Caffara // *International Journal for Parasitology*, 2015. – P. 841-855.

Steenkiste, V.N. New primers for DNA barcoding of digeneans and cestodes (Platyhelminthes) / V.N. Steenkiste, S.A. Locke, M. Castelin // *Mol Ecol Resource*, 2015. – P. 945-952.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХЕМОСЕНСОРНО ПРИВЛЕКАТЕЛЬНЫХ КОРМОВ В ПРАКТИКЕ КАМЧАТСКОГО ЛОСОСЕВОДСТВА

О.М. Исаева

*ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет»
(КамчатГТУ), г. Петропавловск-Камчатский*

Аннотация. Статья посвящена попыткам создания хемосенсорно привлекательных кормов для лососевых рыб путем использования отходов переработки морских гидробионтов.

Ключевые слова: вкусовые предпочтения, лососевые рыбы, аттрактанты.

ВВЕДЕНИЕ

Вкусовые предпочтения у рыб весьма разнообразны и видоспецифичны и не зависят от филогении, систематики или трофической категории рыб, индивидуального кормового опыта. Одно и то же вещество, пробуемое разными видами рыб, может стимулировать глотание у одних и отказ от пищи у других. Будучи генетически детерминированными, вкусовые предпочтения остаются стабильными на протяжении поколений и не меняются в различных условиях внешней среды. Ранее нами было показано, что даже у близкородственных видов карповых рыб, относящихся к одному роду, ярко проявляется специфичность вкусовых спектров (Исаева, 2007). Однако, не проводя предварительных экспериментов по исследованию вкусовых спектров того или иного вида рыб, невозможно заранее предугадать какую вкусовую окраску будет нести введенный в кормовую смесь компонент, так как для этого нужны предварительные исследования пищевой и вкусовой привлекательности каждого компонента корма.

Одним из факторов, тормозящих развитие производства рыбных кормов, стала рыбная мука. Практика использования фуражной рыбы в качестве источника белка в кормах для выращиваемых рыб, неустойчива и представляет собой одно из основных узких мест в области аквакультуры. Многие исследователи стремились найти новые, менее дорогие и более доступные источники белка, такие как побочные продукты пищевой промышленности и другое местное сырье. В Камчатском крае исследования такого рода актуальны, в них есть острая экономическая необходимость, имеется вторичное сырье морского и рыбного промысла, которое можно использовать в качестве основы для изготовления

усиливающих привлекательность пищевых экстрактов, что, таким образом, ведет к безотходной рыбопереработке. Потребителями данного продукта мы видим ЛРЗ (лососевые рыбозаводы), которые таким низко бюджетным способом смогли бы повысить качество уже существующих на рынке отечественных комбикормов.

Задача исследования – найти наиболее привлекательный вкусовой стимул из представленных экстрактов гидробионтов для кеты и кижуча.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужила молодь разных видов лососевых рыб, как «заводская», так и «дикая», отловленная в р. Авача. Заводская молодь кеты (200 особей) приобретена на ЛРЗ «Кеткино», молодь кижуча отлавливали живоловкой в р. Авача. Средняя длина тела молоди кеты составляла 3,75 см, средняя масса 0,8 г, молодь кижуча была крупнее (средняя длина тела до 7 см и масса 10 г) (рис.1). Эксперименты проводили в холодном помещении КамчатГТУ в лаборатории кафедры «Водные биоресурсы, рыболовство и аквакультура».

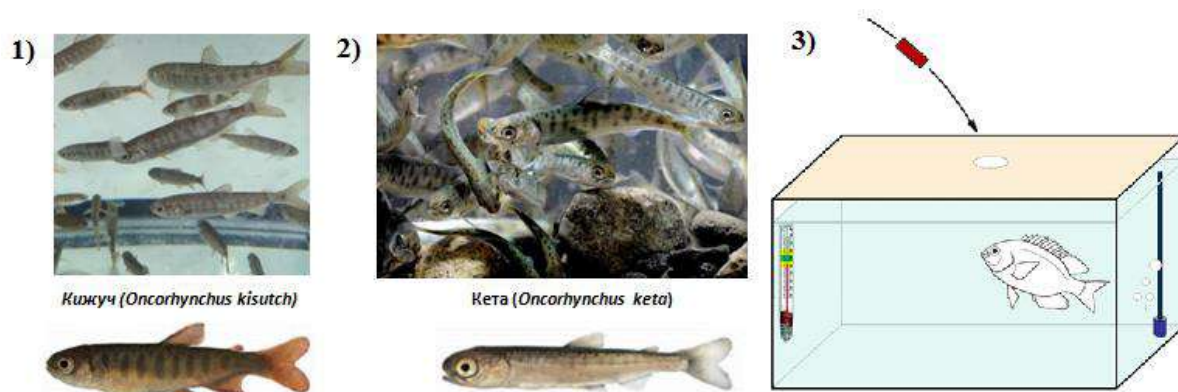


Рис.1. Молодь кижуча (1) и кеты (2) в экспериментальных условиях. Аквариумная установка (3)

Методика проведения экспериментов по поиску привлекательных экстрактов и действующих концентраций аттрактанта была выполнена на основании предыдущих работ с использованием методики поведенческих тест-реакций, описанных нами ранее (Касумян, Прокопова, 2001; Kasumyan, Isaeva, 2022).

После доставки в лабораторию рыб рассаживали по одиночным аквариумам (объемом 5 л). До проведения опытов рыб приучали схватывать подаваемые поштучно гранулы сухого гранулированного корма. В каждом опыте в аквариум вносили одну гранулу и регистрировали число ее схватываний рыбой, длительность удержания во рту при первом

схватывании и суммарно за все время опыта (с), потребление или отвергание гранулы к концу опыта (см. рис. 1(3)).

Исследования проводились с использованием живых (не замороженных) гидробионтов, краба-стригуна, креветки, водоросли ламинарии и мотыля (этот объект покупался в зоомагазине в замороженном виде).

Гранулы, отличающиеся по составу, подавали рыбам в случайном порядке с интервалом не менее 10-15 мин. Всего с экстрактами морских гидробионтов проведено 1669 опытов на молоди кижуча в 2020 г. и 193 опыта с экстрактом краба-стригуна на молоди кеты в 2021 г. (Окрестина, Исаева, 2020; 2021).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что вкусовые аттрактанты из отходов морских гидробионтов способны улучшать качества уже имеющихся на рынке отечественных кормов.

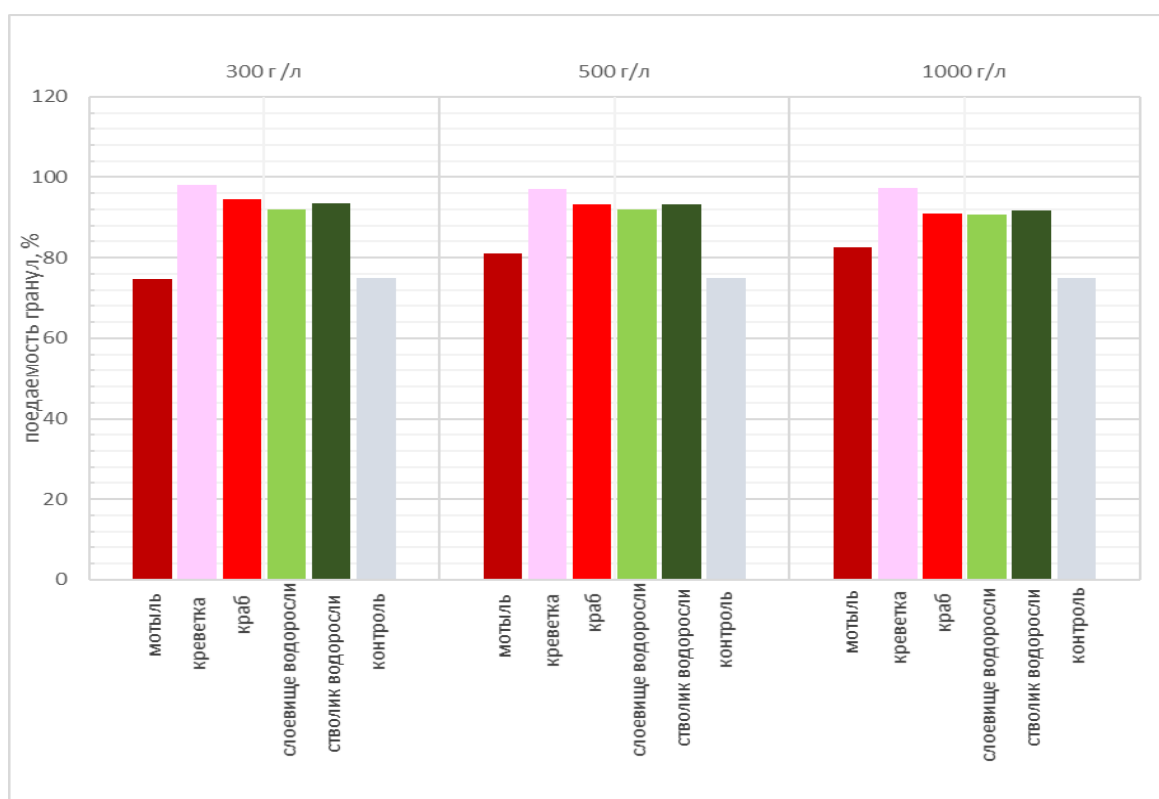


Рис. 2. Потребление кижучем гранул с водным экстрактом креветки *Pandaluseous* – более 97 %; краба-стригуна р. *Chionoecetes* – более 90 %; с водными экстрактами ламинарии (стволлик и слоевище) – более 90 %; с экстрактом из личинок мотыля (сем. Chironomidae) – 74,8-82,6 % (индифферентный стимул)

Поиск натуральных пищевых аттрактантов среди гидробионтов показал, что сырье переработки ракообразных (креветки, крабы), бурые водоросли (ламинария), личинки хирономид обладают привлекательным вкусом для лососевых рыб (кижуч, кета). Несмотря на то, что потребление гранул с водными экстрактами бурой водоросли сахарины *Saccharina bongardiana* (использовали стволик и слоевище, которые были протестированы отдельно) составило более 90 % (рис. 2), но они не являются характерным объектом питания для хищных рыб (Исаева, 2007; Окрестина, Исаева, 2020).

Поедаемость кижучем корма с экстрактом из стволика бурой водоросли сахарины была выше, чем поедаемость гранул с экстрактом слоевища – 93,5 % при минимальной концентрации 300 г/л (рис. 3). Отмечается, что все биологически активные вещества способны концентрироваться в разных частях растений, в частности в бурых водорослях большая часть БАВ (биологически активных веществ) содержится именно в слоевище ламинарии, а меньшая – в стволике (Уголев, Кузьмина, 1993; Титлянов, Титлянова, Белоус, 2011; Оценка эффективности синбиотического..., 2013).

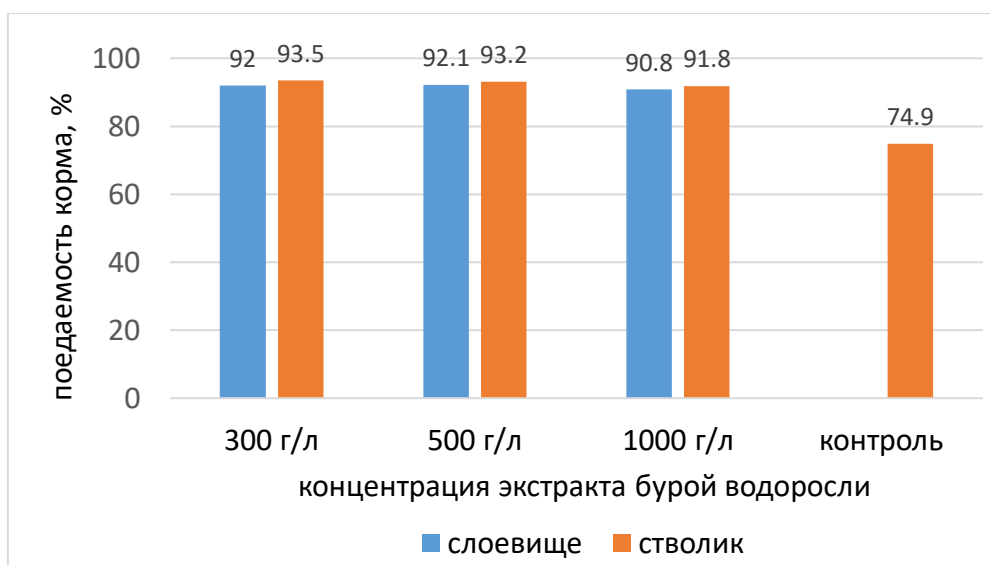


Рис. 3. Уровень поедаемости молодью кижуча кормовых гранул с экстрактом бурой водоросли (стволик и слоевище) (наши данные 2020 г.)

Возможность использования водорослей в кормах в аквакультуре лососей исследуется в последнее время очень активно (Технологии производства кормов..., 2020). Так называемая водорослевая мука производится из хлореллы, ламинарии, фукуса и других водорослей.

На основе экспериментов показано, что наиболее привлекательным по вкусу для молодежи рыб был корм, вымоченный в экстракте краба-стригуна,

рыба более активное его искала и поедала. Действующая концентрация экстракта 500 г/л, все остальные концентрации экстракта краба (более низкая и более высокая) показали более низкую эффективность действия вкусовых аттрактантов (рис. 4). С чем это может быть связано, нужно еще разобраться, но известно, что внутриротовые хеморецепторы весьма чувствительны и способны улавливать до 0,001 М вещества (Исаева, 2007). В целом, однако, отношение к вкусу сахаров отражает приспособленность к питанию растительной пищей не только у рыб, но и у других групп животных. Справедливость этого предположения подтверждается в ряде исследований. Положительная реакция на сахара характерна для насекомых, птиц и млекопитающих, питающихся растительной и смешанной пищей (Кассиль, 1972; Kasumyan, Prokopyova, 2001).

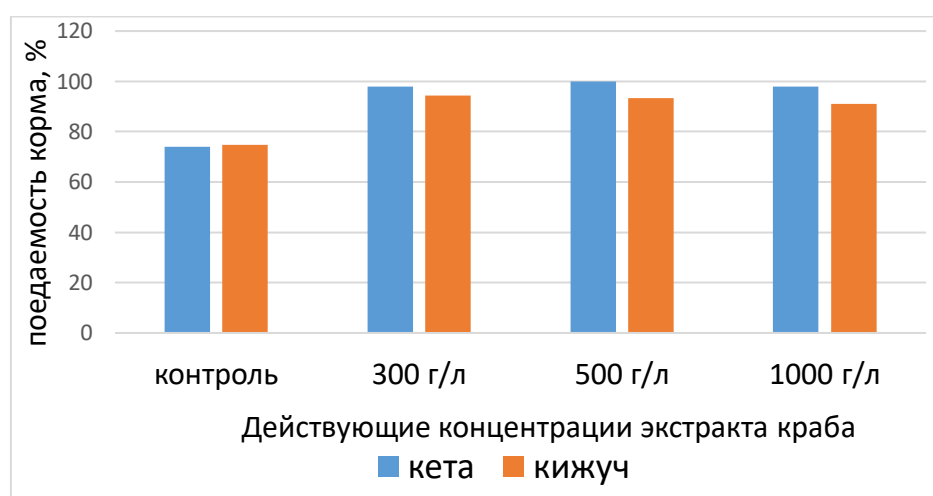


Рис. 4. Уровень поедаемости молодью кеты и кижуча кормовых гранул с экстрактом краба

Эксперименты, проведенные на близкородственных видах (кижуч *Oncorhynchus kisutsch*, кета *O. keta*), позволили выявить высоко привлекательные натуральные стимулы, общие для этих видов. Было доказано, что потребление кормов с хемосенсорно привлекательной составляющей сопровождается у рыб более интенсивной секрецией пищеварительных ферментов и более высокой степенью усвоения корма, что положительно сказывается на приросте рыб (рис. 5). Поэтому для рыбоводного опыта по сравнительной оценке эффективности выращивания молоди кижуча и кеты на различных комбикормах был использован наиболее привлекательный и высокоэффективный экстракт – краб-стригун в концентрации 300 г/л (для кижуча) и краб-стригун в концентрации 500 г/л (для кеты) (см. рис. 5).

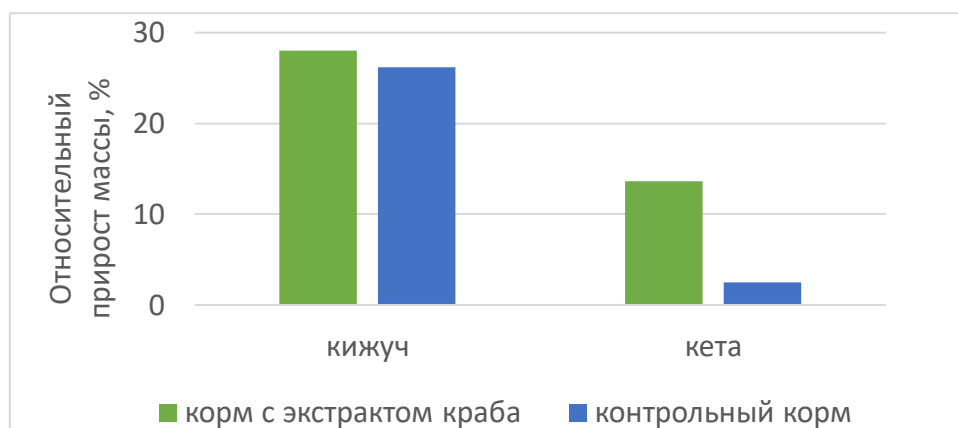


Рис. 5. Показатели роста массы молоди кижуча и кеты, выращенных на разных кормах (относительный прирост массы, %)

Более наглядным показателем для сравнения роста массы молоди служит показатель относительного прироста массы тела, который показывает, что и кижуч, и кета быстрее наращивали массу тела при потреблении корма с экстрактом краба, чем питаясь сухим комбикормом (см. рис. 5). Несмотря на то, что возраст и стадия развития молоди были разными, темп роста также различался, но в итоге относительный прирост массы тела показали группы рыб (и кижуча, и кеты), выращенные на хемосенсорно привлекательном корме, содержащем экстракт краба-стригуна (см. рис. 5).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наши исследования показали возможность утилизации отходов после разделки гидробионтов (сырье крабов, креветки, ламинарии) в виде получения жидких вкусовых добавок из доступного в Камчатском крае сырья. Эффективность использования таких кормовых добавок показана с применением поведенческой методики тестирования пищевых гранул и опыта выращивания рыбы на экспериментальном корме, разработанных рационов с применением новой жидкой вкусовой добавки к существующим комбикормам отечественных производителей. Интерес к исследованиям очень высокий, и мы намерены продолжать изучение возможностей использования безотходных технологий для производства вкусовых добавок для рыб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Касумян, А.О. Вкусовые предпочтения и динамика вкусового поведенческого ответа у линя *Tinca tinca* (Cyprinidae) / А.О. Касумян, О.М. Прокопова // Вопросы ихтиологии. – 2001. – Т. 41, № 5. – С. 670-685.

Исаева, О.М. Вкусовые предпочтения и вкусовое поведение карповых рыб: специальность 1.5.13 «Ихтиология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / О.М. Исаева. – Москва, 2007. – 25 с.

Кассиль, В.Г. Вкус. / В.Г. Кассиль // Физиология сенсорных систем. Ч.2. – Ленинград: Наука, 1972. – С.562-606.

Оценка эффективности синбиотического препарата «простор» в рационе молоди осетровых рыб / Н.А. Ушакова, С.В. Пономарев, В.Г. Правдин [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6-5. – С. 1174-1177.

Окрестина, Н.Ф. Использование вторичных сырьевых ресурсов в качестве аттрактантов в рационе кеты (*Oncorhynchus keta*) / Н.Ф. Окрестина, О.М. Исаева. – DOI 10.23947/aquaculture.2021.50-54 // Развитие и современные проблемы аквакультуры (Конференция «Аквакультура 2021»): сборник научных трудов международной научно-практической конференции (Ростов-на-Дону, 20-24 сент. 2021 г.) / Донской гос. технич. ун-т. – Ростов-на-Дону: ДГТУ-Принт, 2021. – С. 50-54.

Окрестина, Н.Ф. Поиск натуральных пищевых аттрактантов в рационе кижуча (*Oncorhynchus kisutch*) / Н.Ф. Окрестина, О.М. Исаева // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы XI национальн. (всероссийск.) науч.-практ. конф. (Петропавловск-Камчатский, 24-26 марта 2020 г.) / ФГБОУВО Камчатск. гос. технич. ун-т. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КГТУ, 2020. – № 11. – С. 95-99.

Технологии производства кормов для аквакультуры: аналит. обзор / Л.Ю. Коноваленко, Н.П. Мишуров, С.В. Пономарев, Ю.В. Федоровых. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 80 с.

Титлянов, Э.А. Полезные вещества морских бурых водорослей: химическое строение, физико-химические свойства, содержание, использование / Э.А. Титлянов, Т.В. Титлянова, О.С. Белоус // Известия ТИНРО. – 2011. – Т. 164. – С. 416-431.

Уголев, А.М. Пищеварительные процессы и адаптации у рыб / А.М. Уголев, В.В. Кузьмина. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 238 с.

Kasumyan, A.O. Taste preferences and the dynamics of behavioral taste response in the tench *Tinca tinca* (Cyprinidae) / A.O. Kasumyan, O.M. Prokopyova // J. Ichthyol. – 2001. – Vol. 41, № 5. – P. 640-653.

Kasumyan, A.O. Timeline of Orosensory Food Testing in Carp Fish (Cyprinidae) / A.O. Kasumyan, O.M. Isaeva // J. Ichthyol. – 2022. – Vol. 62. – P.1170-1189.

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОКАТНИКОВ ЗАПАДНОКАМЧАТСКОЙ ГОРБУШИ В ПРЕСНОВОДНЫЙ И РАННИЙ МОРСКОЙ ПЕРИОДЫ ЖИЗНИ В 2020 г.

Е.И. Кальченко¹, С.Б. Городовская¹, А.П. Лозовой¹, А.А. Попков²

¹*Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»),
г. Петропавловск-Камчатский*

²*Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток*

Аннотация. Исследование динамики биохимических и гистологических показателей молоди горбуши при миграции из рек западного побережья Камчатки в Охотское море позволило получить представление о физиологических перестройках, происходящих в организме рыб в ранний морской период жизни.

Ключевые слова: покотники горбуши, пресноводный и ранний морской периоды жизни, биохимические и гистологические показатели.

ВВЕДЕНИЕ

Горбуша относится к видам тихоокеанских лососей с коротким пресноводным периодом развития и мигрирует в море в год выхода из нерестовых гнезд на стадии личинки. Эстуарный и ранний морской периоды жизни молоди горбуши являются наиболее критическими в формировании численности поколений и отличаются повышенной смертностью (Карпенко, 1998; Волобуев, Изергина, Голованов, 2017). В эти периоды на выживаемость рыб влияют гидрологический режим, состояние кормовой базы и степень выедания хищными рыбами. Известно, что выживаемость покотников лососей в определенной степени зависит от их качественных показателей. По мнению В.И. Лукьяненко с соавторами (Лукьяненко, Касимов, Кокоза, 1984), под термином «выживаемость» следует понимать физиолого-биохимическую сформированность организма, определяющую способность его адаптации к абиотическим и биотическим факторам внешней среды.

Цель данной работы – оценка биохимических и гистологических показателей молоди горбуши в речной и ранний морской периоды жизни в 2020 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлась покотная молодь горбуши из рек западного побережья Камчатки (Большая, Пымта, Колпакова) и

прибрежной зоны Охотского моря. Районы сбора материала представлены на рис. 1.

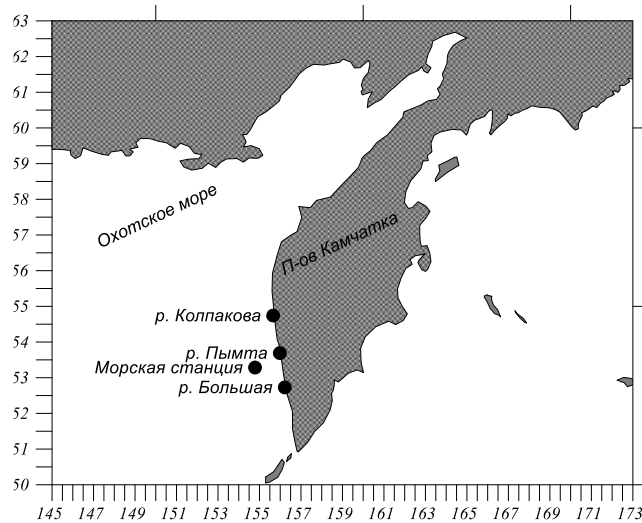


Рис. 1. Карта-схема станций сбора проб молоди горбуши в реках западного побережья Камчатки и прибрежной зоне Охотского моря в 2020 г.

Сбор проб молоди горбуши проводили в период учетных работ по скату в нижнем течении рек в мае 2020 г. На биологический анализ (длина, масса тела, масса остатков желтка, пол) зафиксированы 2254 экз. рыб в 4 %-ном формалине, на биохимический (содержание белков, липидов, состав жирных кислот) и гистологический (состояние воспроизводительной системы) анализы – мышечная ткань от 100 экз. рыб в растворе Фолча и 100 экз. рыб в жидкости Буэна.

Сбор проб молоди горбуши осуществляли при проведении траловой учетной съемки на НИС МРТК-316 у западного побережья Камчатки в районе от 51 до 54° с.ш. в июле-августе 2020 г. (Лозовой, 2020). Молодь горбуши была встречена в улове на одной морской станции (долгота 154°47'8, широта 53°17'2) в начале августа (см. рис. 1). Улов составил 67 экз. Рыб замораживали для последующего проведения биологического анализа и фиксации на биохимические исследования (30 экз.) в лабораторных условиях. На гистологический анализ зафиксировано 30 экз. рыб в жидкости Буэна.

Детальное описание биохимических и гистологических методов исследований представлено в ряде работ (Динамика состава жирных..., 2013; Городовская, Сушкевич, 2021).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Покатная миграция молоди горбуши в реках Западной Камчатки обычно происходит в мае-июне. В 2020 г. температура воды в период ската изменялась от 3,8 до 9,6 °С. Длина тела рыб составляла 2,7-3,8 см (средняя 3,3 см), масса тела – 0,10-0,34 г (средняя 0,23 г). Считается, что покатники горбуши при скате не питаются пресноводными кормовыми организмами. Питание у рыб эндогенное за счет поступления питательных веществ из желточного мешка в мышечную ткань. По данным В.В. Волобуева, Е.Е. Изергиной, И.С. Голованова (2017), некоторая часть горбуши при скате из рек переходит на экзогенное питание пресноводными кормовыми организмами, но при этом наполнение желудков у рыб незначительное. В 2020 г. количество особей с желточным мешком составляло 4,4-7,5 %, масса желточного мешка – 0,1-4,2 мг, доля желточного мешка от массы тела – 0,1-1,7 %. Показатели массы желточного мешка служат индикаторами скорости развития личинок горбуши и успешности их адаптации к морской воде. По литературным данным (Varnavsky, Kinas, Rostomova, 1993), покатники горбуши с остатками желточного мешка более 3 % от массы тела плохо адаптируются к соленой воде и в период перехода в морскую среду в большей степени подвергаются элиминации. Низкое количество рыб с желточным мешком в 2020 г. свидетельствовало о том, что молодь физиологически была подготовлена к миграции в море и ее выживаемость должна быть высокой.

Покатники лососей из рек западного побережья Камчатки на протяжении всех летних месяцев распределяются в пределах относительно узкой полосы вдоль берега. В июле-августе 2020 г. в прибрежной зоне Охотского моря температура в поверхностном слое воды составляла от 5,2 до 14,6 °С, соленость – от 28,0 до 32,6 ‰ (Лозовой, 2020).

Для горбуши как самого скороспелого вида тихоокеанских лососей в ранний морской период характерен очень быстрый рост. Длина тела рыб, пойманных в прибрежных водах Западной Камчатки, составляла 11,0-15,0 см (средняя 13,0 см), масса тела – 12,1-27,0 г (средняя 17,6 г). Увеличение размеров молоди способствует снижению пресса хищников.

На интенсификацию роста покатников горбуши в прибрежной зоне Охотского моря также указывало значительное увеличение содержания белков в мышечной ткани. Так, уровень белков у рыб в пресноводный период составлял 10,1-14,1 % от сырой массы ткани, в ранний морской, напротив, 18,4-20,6 %.

На возрастание энергетических потребностей у молоди горбуши в ранний морской период указывало снижение содержания липидов и мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК). Уровень липидов в мышцах

у рыб из рек находился в пределах 2,5-3,8 %, в Охотском море – 1,2-2,3 % от сырой массы ткани. В ранний морской период в составе ЖК общих липидов горбуши в 1,8 раза уменьшалась концентрация МНЖК. Эти кислоты играют ведущую роль в энергетическом метаболизме лососей и используются в процессе миграций (Динамика состава жирных..., 2013; Weber, Brichon, Zwingelstein, 2003). Несмотря на снижение количества липидов почти в два раза, калорийность мышечной ткани рыб в прибрежной зоне Охотского моря возрастала за счет значительного увеличения содержания белков. В этот период у молоди горбуши произошла перестройка состава ЖК в направлении «морского» типа. Для нее характерно повышение уровня полиненасыщенных ЖК (ПНЖК) ω -3 типа и снижение ПНЖК ω -6 типа (Henderson, Tocher, 1987). Соотношение ПНЖК ω -3/ ω -6 типов у поклатников в речной период составляло 10,3, ранний морской – 24,1. ПНЖК ω -3 типа (особенно эйкозапентаеновая и докозагексаеновая) являются ключевым инструментом в системе адаптаций рыб к условиям окружающей среды (Сидоров, 1983) и увеличение их содержания будет способствовать выживанию молоди горбуши.

Основной фактор, определяющий спектр ЖК липидов рыб, – состав ЖК потребляемой ими пищи (Акулин, 1969). ЖК рыб являются маркерами их пищевых источников (Мурзина, 2012). Так, маркеры морских ракообразных – копепод – МНЖК с 20-22 атомами углерода (20:1 ω -11, 20:1 ω -9, 22:1 ω -11, 22:1 ω -9). Увеличение доли этих кислот до 5,2% от суммы всех ЖК в составе липидов горбуши в Охотском море указывало на ее питание копеподами. По данным А.В. Морозовой (2010), основу питания молоди горбуши в ранний морской период нагула составляют копеподы, эвфаузиевые, личинки десятиногих раков, личинки и молодь рыб. Доля нектона в рационе горбуши в этот период может достигать 40-60 %. Потребление рыбной пищи (более легкоусвояемой, чем зоопланктон) способствует интенсивному росту и развитию рыб.

Проведена оценка степени развития воспроизводительной системы молоди горбуши в речной и ранний морской периоды жизни. Поклатники в речной период были представлены особями обоих полов, что свидетельствовало о начале оогенеза и сперматогенеза. В связи с явлением ювенильного гермафродитизма у горбуши семенники были развиты слабо и находились на начальной фазе I стадии зрелости. В яичниках присутствовали ооциты 1-й и 2-й ступеней превителлогенеза, размеры которых составляли соответственно 26,3-38,7 мкм и 42,4-44,1 мкм. Наличие клеток резервного фонда (5,0-7,8 %) указывало на возможность дальнейшего увеличения количества ооцитов в яичниках рыб в морской период жизни (рис. 2).

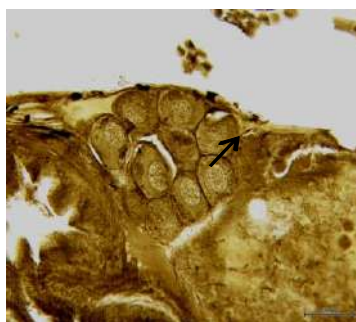


Рис. 2. Ооциты молоди горбуши в пресноводный период (р. Пымта) на стадии превителлогенеза

В ранний морской период для горбуши был характерен быстрый темп созревания половых клеток. В начале августа 2020 г. в яичниках рыб присутствовали ооциты 3- и 4-й ступеней превителлогенеза и половые клетки начальной фазы вителлогенеза с накоплением жировых вакуолей в цитоплазме по периферии ооцитов (рис. 3).

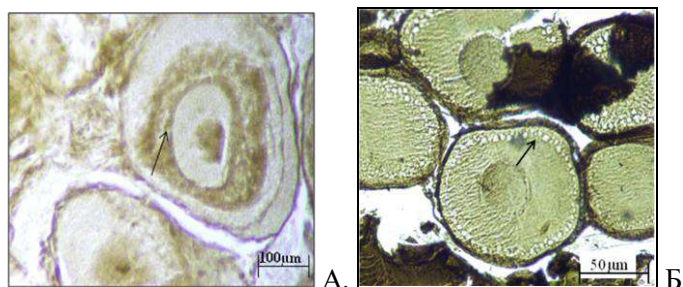


Рис. 3. Ооциты молоди горбуши в ранний морской период нагула 3-й степени превителлогенеза с периферическим кольцом (А) и ооциты вителлогенеза с жировыми вакуолями по периферии клетки (Б)

Средний диаметр ооцитов 3-й степени превителлогенеза составлял 131,4 мкм, 4-й степени – 147,9 мкм, начальной фазы вителлогенеза – 169,5 мкм. Доля ооцитов 3-й степени превителлогенеза – самых многочисленных клеток – составляла в среднем 60,9%, 4-й степени превителлогенеза – 29,1 %, начальной фазы вителлогенеза – 10,0% от всех просчитанных клеток. Наличие самых зрелых ооцитов на стадии вителлогенеза в количестве 10 % – показатель высокого темпа генеративного развития рыб в 2020 г. При исследовании гаметогенеза у молоди западнокамчатской горбуши в 2016-2018 гг. максимальное количество ооцитов на стадии вителлогенеза было обнаружено в 2017 г. (30 %), минимальное – в 2018 г. (3 %) (Городовская, Сушкевич, 2021). Следует отметить, что от покатников, скатившихся в 2017 г., были самые высокие возвраты за все годы. Так, в 2018 г. общий возврат поколения 2016 г. достиг 350 млн рыб.

Анализ физиологического состояния молоди горбуши в ранний морской период нагула в 2020 г. показал, что она имела высокий темп роста и генеративного развития, а следовательно, значительный потенциал к выживанию. Последнее подтверждает состоявшийся высокочисленный возврат горбуши Западной Камчатки в 2021 г., когда оцененная численность возврата составила 230 млн рыб. Данный уровень численности поколения (2019 г.) является максимальным в линии нечетных лет и вторым (после 2016 г.) за все годы наблюдений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стратегия нагула молоди горбуши в ранний морской период направлена на интенсификацию роста и развития с одновременным возрастанием энергетических трат и перестройки состава ЖК в направлении «морского» типа для обеспечения выживания рыб. Необходимо проводить комплексные исследования речного, эстуарного и морского периодов жизни молоди тихоокеанских лососей, включающие изучение гидрологических и трофических факторов, а также физиологического состояния рыб, что позволит получить более полное представление об условиях формирования их численности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Акулин, В.Н. Жирнокислотный состав фосфолипидов мышц и печени красной *Oncorhynchus nerka* и зоопланктона из оз. Дальнего / В.Н. Акулин // Вопросы ихтиологии. – 1969. – Вып. 6 (59). – Т. 9. – № 4. – С. 1094-1103.

Волобуев, В.В. Экология горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) Магаданского региона в пресноводный, эстуарный, начальный морской периоды жизни и основные факторы, определяющие ее выживаемость / В.В. Волобуев, Е.Е. Изергина, И.С. Голованов // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. – 2017. – № 1. – С. 67-79.

Городовская, С.Б. Темп формирования гонад молоди тихоокеанских лососей в раннеморской период жизни в прибрежье Охотского моря / С.Б. Городовская, А.С. Сушкевич // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2021. – Вып. 61 – С. 34-45.

Динамика состава жирных кислот молоди кеты и горбуши в процессе осенне-зимних морских и океанических миграций / Е.И. Кальченко, А.В. Климов, В.Г. Ерохин [и др.] // Исследования водных биологических

ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2013. – Вып. 30. – С. 89-99.

Карпенко, В.И. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей / В.И. Карпенко. – М.: Изд-во ВНИРО, 1998. – 165 с.

Лозовой, А.П. Траловые исследования в прибрежье Западной Камчатки в Камчатско-Курильской подзоне в июле-августе 2020 г. / А.П. Лозовой // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей, материалы XXI междунар. науч. конф. (Петропавловск-Камчатский, 18-19 нояб. 2020 г.). – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2020. – С. 218-221.

Лукьяненко, В.И. Возрастно-весовой стандарт заводской молоди каспийских осетровых / В.И. Лукьяненко, Р.Ю. Касимов, А.А. Кокоза. – Волгоград: Изд-во Института биологии внутренних вод АН СССР, 1984. – 228 с.

Морозова, А.В. Питание массовых видов рыб в прибрежных водах западной Камчатки в летний период / А.В. Морозова // Бюллетень № 5 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2010. – С. 250-261.

Мурзина, С.А. Влияние жирных кислот (маркеров пищевых источников рыб) на механизмы адаптации в условиях высоких широт / С.А. Мурзина, З.А. Нефедова, Н.Н. Немова // Труды Карельского научного центра РАН. – Петрозаводск, 2012. – № 2. – С.18-25.

Сидоров, В.С. Экологическая биохимия рыб. Липиды / В.С. Сидоров. – Л.: Наука, 1983. – 235 с.

Henderson, R. J. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish / R.J. Henderson, D. R. Tocher // Progress in Lipid Research. – 1987. – Vol. 26. – Iss. 4. – P. 281-347.

Varnavsky, V.S. Development of seawater adaptation in pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha*, during downstream migration: relationships to temperature and residual yolk / V.S. Varnavsky, N.M. Kinas, S.N. Rostomova // Environmental Biology of Fishes. – 1993. – Iss. 36. – P. 373-379.

Weber, J.M. Fatty acid metabolism in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) tissues: Differential incorporation of palmitate and oleate / J.M. Weber, G. Brichon, G. Zwingelstein // Can. J. Fish. and Aquat. Sci. – 2003. – Vol. 60, Iss. 10. – P. 1281-1288.

**СЛУЧАЙ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛЕРОЦЕРКОИДА
ЦЕСТОДЫ *HEPATOXYLON TRICHIURI*
У АНАДРОМНОГО ЛОСОСЯ В р. УМБА
(БЕЛОЕ МОРЕ, КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)**

А.Б. Карасев, М.Ю. Алексеев, А.Г. Потуткин
Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск

Аннотация. Сообщение информирует о первом случае обнаружения плероцеркоида океанической цестоды *Hepatoxylon trichiuri* у анадромного мигранта атлантического лосося в реке бассейна Белого моря.

Ключевые слова: атлантический лосось, анадромный мигрант, океаническая цестода, плероцеркоид.

ВВЕДЕНИЕ

Анадромные мигранты семги, или атлантического лосося (*Salmo salar* L., 1758) всегда несут в пресные воды морских паразитов, которые в реке по видовому составу уступают пресноводным (к примеру, в водоемах Кольского Севера 14 из 55 видов), но по характеру зараженности рыб значительно превосходят их (Митенев, Карасев, 2005). Почти все виды морских паразитов в реке, за исключением паразитической копеподы *Lereophtheirus salmonis* (Krøyer, 1838), представлены формами, приобретенными в период нагула при питании морским зоопланктоном и рыбой.

Настоящее сообщение содержит информацию о находке личиночной стадии (плероцеркоида) океанической цестоды *Hepatoxylon trichiuri* (Holten, 1802) – представителя ленточных червей отряда Трупанорхынча – у производителя-мигранта в устьевой зоне реки Умба (Кольский полуостров). Это первая достоверная регистрация названного вида гельминта в пресных водах субарктической области северо-восточной Фенноскандии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В нашем распоряжении оказался один экземпляр цестоды, обнаруженный в полости тела анадромного мигранта атлантического лосося при проведении общего биологического анализа. Рыба-хозяин имела следующие показатели: длина (AB) составляла 68,0 см, длина (AC) – 64,0 см, масса – 2993 г, возраст 3+1+, самец стадии развития гонад III. Семга

выловлена ставной сетью 28.07.2018 г. в реке Умба, в районе Умбского рыбоводного завода (Терский берег Кольского полуострова) (рис. 1).

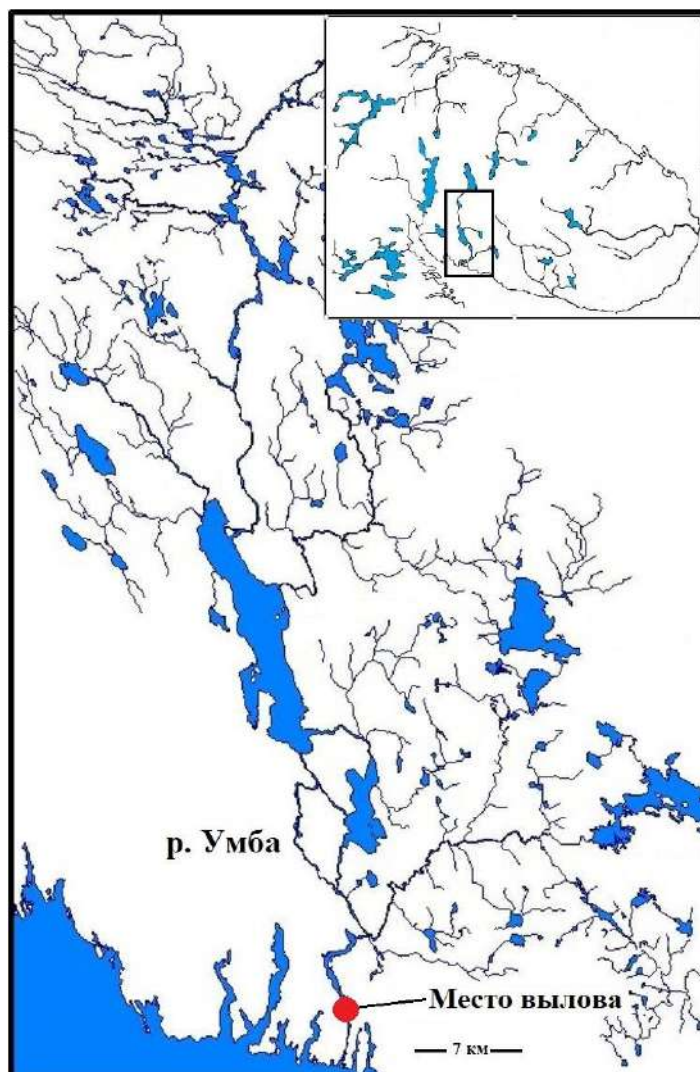


Рис. 1. Общий план места вылова (●) анадромной семги, зараженной плероцеркоидом *Hepatoxylon trichiuri* (широта 66°42'22,93" N, долгота 34°18'24,17" E)

Паразит локализовался на брыжейке печени лосося, для отрыва его потребовалось некоторое усилие. В процессе манипуляций червь делал медленные сократительные движения телом. В течение минуты после извлечения гельминт помещен в пробирку с 96° этанолом.

Изучение паразита проводили в лабораторных условиях под световым бинокулярным микроскопом Nikon SMZ 745T.

Предварительная видовая идентификация выполнена по «Определителю паразитов пресноводных рыб фауны СССР» (1987), детальное изучение обнаруженного плероцеркоида – по описаниям,

представленным в монографии «The Trypanorhyncha Diesing, 1863» (Palm, 2004).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Извлеченный из атлантического лосося червь оказался личинкой (плероцеркоидом) цестоды *Hepatoxylon trichiuri* (Holten, 1802) (рис. 2) – паразита спирального клапана хрящевых рыб. Первыми промежуточными хозяевами служат планктонные ракообразные. Плероцеркоидов находят в полости тела и мышцах многих морских костистых рыб и проходных лососевых, которые выступают в роли вторых или паратенических хозяев.

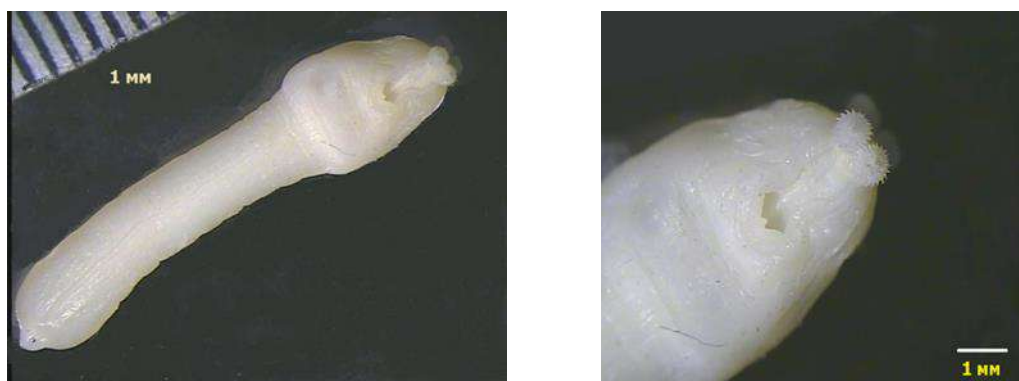


Рис. 2. Плероцеркоид *Hepatoxylon trichiuri* (общий вид и сколекс) из анадромного мигранта атлантического лосося (оригинал)

Род *Hepatoxylon* включает в себя два вида (второй – *H. megacephalum* (Rudolphi, 1819), отличается формой и меньшим числом крючьев на тентаклах). Оба вида – космополиты, но более тяготеют к тропическим и бореальным водам. Встречаются в широком диапазоне глубин как у глубоководных, так и у пелагических рыб (Palm, 2004).

Цестода *H. trichiuri* pl. отмечена разными авторами в полости тела и мускулатуре, на печени и мезентерии атлантического лосося и кумжи *Salmo trutta* L., 1758 в реках Германии, Ирландии, Великобритании, Исландии, Гренландии и Норвегии (Palm, 2004). В реках России встречена у лососевых в лиманах р. Амур и на Кольском полуострове в р. Кола (единственная находка Ю.К. Петрушевского без точного указания хозяина) (Определитель паразитов пресноводных ..., 1962).

В Баренцевом море представители цестод из отряда Trypanorhyncha Diesing, 1863 встречаются чрезвычайно редко (Карасев, 2003).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Систематических каталогах паразитов рыб водоемов Карелии (Румянцев, Иешко, 1997) и Мурманской области (Митенев, Шульман, 1999) отмечены факты обнаружения у лососевых рыб морских паразитов, характеризующихся высокой экологической пластичностью. Находку плероцеркоида цестоды *Hepatoxylon trichiuri* у анадромного мигранта атлантического лосося в беломорской реке Умба следует рассматривать как очень редкий случай. Тем не менее, это служит дополнительным убедительным доказательством того, что беломорская семга совершает дальние миграции в Северную Атлантику. Как отмечалось выше, находки *H. trichiuri* pl. у анадромных мигрантов лосося в реках Европы, Исландии, Гренландии, Канады не являются редкостью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Карасев, А.Б. Каталог паразитов рыб Баренцева моря / А.Б. Карасев. – Мурманск. – Изд-во ПИНРО, 2003. – 150 с.

Митенев, В. К. Паразиты рыб водоемов Мурманской области. Систематический каталог / В. К. Митенев, Б. С. Шульман. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1999. – 72 с.

Митенев, В.К. Экологические особенности паразитофауны атлантического лосося *Salmo salar* L. бассейнов Баренцева и Белого морей / В.К. Митенев, А.Б. Карасев // Лососевые рыбы Восточной Фенноскандии. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. – С.81-89. – URL: <http://www.krc.karelia.ru/publ?id=1425&plang=r>.

Определитель паразитов пресноводных рыб СССР. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1962. – 776 с.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т.3. Паразитические многоклеточные. Ч. 2. – Л.: Наука, 1987. – 583 с.

Румянцев, Е.Р. Паразиты рыб водоемов Карелии: Систематический каталог / Е.А. Румянцев, Е.П. Иешко. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1997. – 120 с.

Palm, H. W. The Trypanorhyncha Diesing, 1863 / H. W. Palm. – Bogor: PKSBL-IPB Press, 2004. – 710 p.

К ВОПРОСУ ЭТИОЛОГИИ И ПАТОГЕНЕЗА ЯЗВЕННОГО ДЕРМАЛЬНОГО НЕКРОЗА (UDN) У АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ *SALMO SALAR* L.

Т.А. Карасева

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск

Аннотация. Обобщены и проанализированы материалы по изучению язвенного дермального некроза – болезни анадромных мигрантов атлантического лосося *Salmo salar* неизвестной этиологии. Показано, что в развитии болезни важную роль играют бактерии и водные грибы-микросцисты. Сделано предположение о том, что первичным этиологическим агентом этого заболевания могут быть паразитические простейшие.

Ключевые слова: анадромные мигранты, атлантический лосось, Кольский полуостров, возбудители, патогенез, этиология, язвенный дермальный некроз.

ВВЕДЕНИЕ

В июле 2015 г. в р. Кола (бассейн Баренцева моря) были обнаружены погибшие особи анадромных мигрантов атлантического лосося (семги) с признаками неизвестного заболевания. В это же время больная рыба была изъята из ловушки Нижне-Тулумской ГЭС. У лососей наблюдалось геморрагическое поражение кожного покрова в виде кровоизлияний и кровотечений, а также сильное поражение водными грибами (Карасева, Голикова, 2021). Впоследствии болезнь была идентифицирована как язвенный дермальный некроз (ulcerative dermal necrosis, UDN, salmon disease) (Нейш, Хьюз, 1984; Workshop on salmonid..., 2007). Позже UDN был переименован и получил название «болезнь красной кожи» (Red skin disease..., 2019).

Язвенный дермальный некроз с середины XIX в. неоднократно отмечался в ареале атлантического лосося (Roberts, 1993). Несмотря на многочисленные исследования, этиология болезни до сих пор неизвестна, а механизм возникновения изучен недостаточно. Финские ученые К. Lounatmaa и J. Janatuinen (1978) при помощи электронной микроскопии обнаружили в очагах кожных поражений у лосося *S. salar* вирусоподобные частицы диаметром 30-33 нм, но связь между этими частицами и болезнью не была установлена. К.S. Pilcher и J.L. Fryer (1980) рассматривали UDN в разделе «болезни, у которых предполагается, но не доказана вирусная этиология». Вместе с тем в настоящее время многие исследователи разделяют гипотезу о вирусной этиологии болезни как наиболее вероятной

и предполагают, что первичные поражения у лосося могут быть вызваны эпителиотропным вирусом (Нейш, Хьюз, 1984).

Основной задачей настоящей работы является оценка этиологической роли микроорганизмов разных систематических групп на основе анализа фактического материала и обобщения многочисленных наблюдений за развитием язвенного дермального некроза у анадромных мигрантов атлантического лосося в реках Кольского полуострова.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2015-2022 гг. в реках Кола и Тулома (бассейн Баренцева моря) и 2019-2021 гг. в р. Умба (бассейн Белого моря). Ежегодно в период анадромной миграции атлантического лосося выполняли наблюдения за развитием симптомов и динамикой развития заболевания, поведением больных рыб, проводили клинические и патоморфологические исследования. Пробы патологического материала отбирали на рыбоучетных заграждениях Мурманского филиала ФГБУ «Главрыбвод» и рыбоходе Нижне-Туломской ГЭС. При выполнении работ использовали стандартные методы ихтиологии, ихтиопатологии, микробиологии, микологии и гистопатологии (Билай, 1980; Лабинская, 1992; Лабораторный практикум..., 1983; Правдин, 1966; Ромейс, 1953).

У рыб измеряли длину и массу тела (Инструкции и методические указания..., 2001). Посевы выполняли из красных пятен и геморрагических поражений на кожном покрове, жабр, головного мозга, сердца, печени, почек и селезенки. Для посевов использовали преимущественно плотные питательные среды: сердечно-мозговой, кровяной и картофельно-декстрозный агары. Асептически изготавливали мазки-отпечатки кожного покрова и внутренних органов, которые впоследствии окрашивали по Граму и Романовскому. Морфологию микромицетов изучали в водных препаратах. Микроскопию проводили с помощью светового микроскопа Leica DMR 2500 при увеличении 1500 х.

Образцы тканей рыб фиксировали в жидкости Буэна. Парафиновые срезы толщиной 3-5 мкм изготавливали вручную на санном микротоме и окрашивали гематоксилин-эозином (Ромейс, 1953). Срезы кожи и мышц дополнительно окрашивали метенамином серебра по Грокотт для выявления мицелия грибов (Хмельницкий, Хмельницкая, 2005). Для идентификации бактерий и грибов применяли международные определители (Определитель бактерий Берджи, 1997; Саттон, Фотергилл, Ринальди, 2001).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате наблюдений за развитием заболевания установлено, что общими в клинической картине были такие признаки и симптомы, как острое течение болезни, нарушение поведенческих реакций, геморрагические изменения и поражение грибами кожного покрова, летаргия и гибель больных рыб. В целом эти симптомы были характерны для язвенного дермального некроза в 2015-2020 гг.

В этом комплексе геморрагическое поражение кожи в виде очаговых покраснений, кровоизлияний и точечных кровотечений являлось единственной специфической патологией. По морфологии и гистологическому строению она представляет собой кольцевидную эритему красного или розово-красного цвета. Первоначально пятна появлялись на бесчешуйных участках в основании плавников, на голове, челюстях и жаберной крышке. Впоследствии эритема распространялась по кругу от центра и образовывала на туловище рыб очаги в виде красных пятен, более заметных на светлом брюшке рыб. Образование кольцевой эритемы, как правило, обусловлено локальным размножением возбудителя, поэтому классификация геморрагических поражений кожного покрова имеет важное значение для поиска патогенного организма, который также должен иметь специфические черты, быть специфическим (Струков, 1971).

Следует подчеркнуть, что в реках Кола и Тулома у рыб наблюдались как кольцевидная, так и округлая эритема (красные пятна), а также точечные и очаговые кровотечения. У атлантического лосося р. Умба в 2019 г. болезнь началась с множественных красноватых пятен. Единичные особи с тотальным покраснением больших участков кожи («болезнь красной кожи») встречались в р. Варзуга и реках Восточного Мурмана.

Результаты гистологического исследования показали, что патологические изменения кожного покрова у лососей отличались высокой вариабельностью в зависимости от степени развития и интенсивности болезни. Показано, что красные эритематозные пятна образуются в результате расширения кровеносных сосудов и застоя крови в глубоких слоях кожи с последующими дегенеративными изменениями в эпидермисе и скелетной мускулатуре.

Установлено, что в красных пятнах отсутствовал покровный эпителий. На отдельных участках эпидермис был дезорганизован или разрушен вплоть до слоя плотной соединительной ткани, которая имела признаки фибриноидного набухания и фолликулярной кисты. Прилежащие к пятнам мышцы обычно отечны и частично разрушены. В срезах эпителия встречался акантолизис – дистрофический процесс, который указывает на

потерю связи между клетками и шиповатым слоем дермы, исчезали слизистые клетки, базальная мембрана была плохо выражена.

Воспалительные реакции в кожном покрове и мышцах отсутствовали, в этих тканях преобладали некробиотические процессы. В соединительной ткани дермы и скелетной мускулатуры, под сарколеммой мышечных волокон и в межклеточном пространстве среди некротического детрита присутствовали паразитические клетки неустановленного систематического положения (*Protozoa incertae sedis*). На основании небольшого числа морфологических признаков предполагается, что они относятся к спорным внутриклеточным простейшим, которые всегда являются облигатными паразитами и, следовательно, способны вызывать в организме специфические изменения. Кроме того, паразиты периодически наблюдались в клетках головной почки и эритроцитах. Такая локализация может указывать, с одной стороны, на принадлежность обнаруженных организмов к кровепаразитам, а с другой – на системный характер инвазии.

Важную роль в этиологии и патогенезе язвенного дермального некроза играют бактерии и грибы, которые при этом заболевании рассматриваются как вторичные этиологические агенты. В 2015-2022 гг. подвижные бактерии *Aeromonas hydrophila* и *Aeromonas* sp. были выделены из пораженных участков кожи и внутренних органов практически у каждой исследованной рыбы. Все штаммы обладали гемолитическими и протеолитическими свойствами, а также ДНК-активностью, что свидетельствовало о высокой вирулентности бактерий и способности вызывать бактериальную геморрагическую септицемию (аэромоноз), которая осложняет течение основного заболевания. По мнению Л.Н. Юхименко (2021), подвижные аэромонады являются не только возбудителями секундарных (вторичных) заболеваний рыб, но и облигатными паразитами.

Неотъемлемая часть язвенного дермального некроза – сапролегниевые грибы, и длительное время болезнь лососей была ассоциирована с сапролегниозом (Нейш, Хьюз, 1984). Вред, наносимый сапролегниевыми грибами, выражается в некрозе ткани в прилегающих к гифам участках и последующей гибели рыбы. Время от заражения до гибели больных особей зависит от многих факторов: скорости роста гриба, локализации, количества пораженной ткани и состояния иммунной системы рыб. В случаях, когда сапролегниевая инфекция развивается на кожном покрове, фактической причиной гибели рыб является нарушение осморегуляции (Hargens, Perez, 1975).

В реках Кольского полуострова в первые годы эпизоотии (2015-2016 гг.) рыба тоже была заражена оомицетами рода *Saprolegnia*. В 2017 г. в ассоциации грибов, заселяющих кожный покров больных лососей,

произошла смена доминирующих видов. В посевах преимущественно стали встречались грибы *Mucor circinelloides* Tiegh (порядок Mucorales). Все исследованные штаммы этого гриба вызывали α -гемолиз эритроцитов барана на кровяном агаре и обладали ферментативной активностью (Карасева, 2022).

В настоящее время данных о патогенном влиянии *M. circinelloides* на рыбу нет, но известно, что этот гриб является возбудителем инфекции у лягушек и других земноводных и вызывает дерматиты (Саттон, Фотергилл, Ринальди, 2001). В отличие от сапролегниевых грибов, этот вид способен прорасти в кровеносные сосуды и развиваться в них, нарушая проницаемость стенки сосудов и вызывая закупорку капилляров (Хмельницкий, Хмельницкая, 2005).

Тот факт, что грибы каким-то образом связаны с заболеванием UDN, не представляет сомнений. Для их развития на рыбе необходимы серьезные нарушения общей резистентности и, особенно, изменения иммунного статуса организма рыб. Больную рыбу в реках распознают главным образом по наличию колоний грибов и некротическим язвам микотического происхождения, которые в воде выглядят светлыми пятнами. Возможно, что кровь на коже рыб представляет для микромицетов в силу их пластичности привлекательные условия и питательный субстрат для роста и размножения. В то же время результаты исследований показали, что основной причиной гибели лососей, пораженных язвенным дермальным некрозом, являются микозы. Так, в 2021-2022 гг. колонии грибов на кожном покрове рыб с геморрагическими поражениями не обнаружены, соответственно, в реках не наблюдались погибшие особи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Язвенный дермальный некроз у атлантического лосося характеризуется экссудативно-геморрагическими, дистрофическими и некротическими процессами, которые может инициировать широкий спектр возбудителей и факторов. При этом первичный возбудитель, подвижные аэромонады и микромицеты, по-видимому, оказывают на рыбу сходное патогенное воздействие, ориентированное не только на кожный покров, но также на кровеносную систему. Кожный покров мигрирующих лососей, резистентность которых снижена за счет гормонального дисбаланса, играет важную роль в газообмене и осморегуляции. Поражение его микроорганизмами приводит к нарушению одной или обеих этих функций и гибели больных особей.

В связи с тем, что на сегодняшний день участие вируса в возникновении язвенного дермального некроза у анадромных мигрантов

атлантического лосося и не подтверждено, и не исключено, нами сделано предположение о том, что первичным этиологическим агентом может быть представитель простейших паразитов, изучение которого проводится в настоящее время.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Билай, В.И. Основы общей микологии / В.И. Билай. – Киев: Вища школа, Головное изд-во, 1980. – 360 с.

Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в районах исследований ПИНРО / ПИНРО; сост. М.С. Шевелев, Ю.И. Бакай, С.М. Готовцев [и др.]. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2001. – 291 с.

Карасева, Т.А. Язвенный дермальный некроз (UDN) и влияние болезни на воспроизводство атлантического лосося (*Salmo salar* L.) / Т.А. Карасева, Л.Н. Голикова // Биология водных экосистем в XXI веке: факты, гипотезы, тенденции: тезисы докладов Всерос. науч. конф., посвящ. 65-летию Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук / Ин-т биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина РАН. – Борок, 2021. – С. 90.

Карасева, Т.А. Микروмицеты в патогенезе язвенного дермального некроза у атлантического лосося (*Salmo salar* L.) / Т.А. Карасева. – DOI 10.14427/cmr.2022.ix.07 // Современная микология в России / Нац. акад. микологии; гл. ред. А. Ю. Сергеев. – М., 2022. – ISBN 978-5-901578-36-0. – Т. 9: Материалы Пятого Съезда микологов России, Вып. 3: Паразитизм и симбиоз. Гл. 7. – С. 194-195.

Лабинская, А.С. Микробиология с техникой микробиологических исследований / А.С. Лабинская. – М.: Медицина, 1992. – 480 с.

Лабораторный практикум по болезням рыб / Под ред. В.А. Мусселиус. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. – 290 с.

Нейш, Г. Микозы рыб: пер. с англ./ Г. Нейш, Г. Хьюз. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 96 с.

Определитель бактерий Берджи. В 2-х т. – Т.1: Пер. с англ. / Под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уилльямса. – М.: Мир, 1997. – 432 с.

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Ромейс, Б. Микроскопическая техника / Б. Ромейс. – М.: Иностранная литература, 1953. – 718 с.

Саттон, Д. Определитель патогенных и условно патогенных грибов: пер. с англ. / Д. Саттон, А. Фотергилл, М. Ринальди. – М.: Мир, 2001. – 486 с.

Струков, А.И. Патологическая анатомия / А.И. Струков. – М.: Изд-во «Медицина», 1971. – 599 с.

Хмельницкий, О.К. Патоморфология микозов человека / О.К. Хмельницкий, Н.М. Хмельницкая. – СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2005. – 432 с.

Юхименко, Л.Н. Аэромоноз, бактериальная геморрагическая септицемия рыб и способы их профилактики: специальность – 06.02.02 «Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора ветеринарных наук / Л. Н. Юхименко. – М., 2021. – 43 с.

Hargens, A.R. Edema in spawning salmon / A.R. Hargens, M. Perez // J. Fish. Res. Bd. Can. – 1975. – Vol. 32. – P. 2538-2541.

Lounatmaa, K. Electron microscopy of an ulcerative dermal necrosis (UDN)-like salmon disease in Finland / K. Lounatmaa, J. Janatuinen. – DOI 10.1111/J.1365-2761.1978TB00041.X. // J. Fish Diseases. – 1978. – Vol. 1. – P. 369-375.

Pilcher, K.S. The viral diseases of fish: a review through 1978. Part 2: Diseases in which a viral etiology is suspected but unproven / K.S. Pilcher, J.L. Fryer. – DOI 10.3109/10408418009085076 // CRC Critical reviews in Microbiology. – 1980. – Vol. 8. – Iss. 1. – P. 1-24.

Red skin disease in Atlantic salmon. Background and frequently asked questions // Workshop on Atlantic salmon disease. – Oslo, Norway. – 2019. – Текст: электронный. – URL: <https://fms.scot/wp-content/uploads/2020/10/201001-Atlantic-salmon-skin-issues-Q-A-FINAL.pdf> (дата обращения 19.08.2020).

Roberts, R.J. Ulcerative dermal necrosis (UDN) in wild salmonids / R.J. Roberts. – DOI 10.1016/0165-7836(93)90003 // Fisheries Research. – 1993. – Vol. 17, Iss. 1-2. – P. 3-14.

Workshop on salmonid skin diseases: Book of Abstracts / D. Bruno, M. Crumlish, S. LaPatra [et al.] // Eur. Ass. Fish Pathol., 17-21 September 13th Internat. Conf. on Fish and Shellfish Diseases. – Grado, Italy. – 2007. – 328 p.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭПИЗООТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ФОРЕЛЕВЫХ ХОЗЯЙСТВ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.А. Карасева, Л.Н. Голикова

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск*

Аннотация. Представлены результаты ихтиопатологических исследований, выполненных в рыбоводных хозяйствах Мурманской области в 2014-2022 гг. Объектом исследования являлась радужная форель. Показано, что основными были инфекции, вызванные условно-патогенными микроорганизмами, которые широко представлены в составе микрофлоры природных водоемов, а также алиментарные заболевания, обусловленные низким качеством рыбных кормов.

Ключевые слова: аквакультура, Белое море, болезни, вибриоз, Имандровское водохранилище, микотоксикоз, радужная форель.

ВВЕДЕНИЕ

Радужная форель – традиционный объект товарного рыбоводства, биотехника выращивания которого была детально разработана ПИНРО (ныне Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО») (Альтов, 2002; Пестрикова, 2004). В настоящее время основной целью форелеводства является получение здоровой рыбы в наиболее короткий срок и с минимальными затратами. Как правило, это достигается за счет качественного посадочного материала и высокого уровня интенсификации производства (Рыжков, Кучко, Дзюбук, 2011).

Известно, что интенсивные приемы и методы способствуют эвтрофикации и бактериальному загрязнению водоемов, вследствие которых в водной среде увеличивается численность и активность потенциально опасных для рыб микроорганизмов (Каховский, Михайловская, Кузьмина, 1989; Ларцева, Пивоваров, 2007; Обухова, 2013). В связи с этим успешная деятельность рыбоводных хозяйств во многом зависит от экологически грамотной эксплуатации акваторий рыбоводных участков, соблюдения биотехнических нормативов, поддержания высокого качества водной среды и профилактики болезней рыб. Охрана здоровья гидробионтов на современном этапе развития аквакультуры – это актуальная и многоплановая проблема.

В условиях Мурманской области болезни радужной форели и эпизоотическое состояние форелевых ферм изучались в 1990-е годы. Было показано, что в тот период в аквакультуре Севера не было проблемных заболеваний, требующих применения карантинных мер и затрат на их

ликвидацию (Карасева, 2003). В последующие годы ихтиопатологические исследования были лишь эпизодическими, как правило, продиктованными необходимостью установления причин гибели рыбы в рыбоводных хозяйствах.

Основная задача настоящей работы – обобщение и анализ материалов о диагностике болезней культивируемой форели, полученных в результате многолетних исследований в двух рыбоводных хозяйствах Мурманской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2014-2022 гг. в форелевых садковых хозяйствах, размещенных в губах Палкина Кандалакшского залива Белого моря и Молочная Имандровского водохранилища, в зоне теплых сбросных вод Кольской АЭС. Объектом исследования являлась разновозрастная радужная форель *Parasalmo mykiss* Walb.

Пробы для оценки здоровья рыб ежегодно отбирали примерно в одно и то же время: при завозе посадочного материала форели в хозяйство и в период товарного выращивания с июня по октябрь. Ихтиопатологическому исследованию подвергали живую рыбу случайной выборки из садков. При выполнении работ были использованы стандартные методы ихтиопатологии (Ихтиопатология, 2003), микробиологии (Калина, Графова, 1980; Лабинская, 1978; Методы общей бактериологии, 1983) и гистопатологии (Ромейс, 1953).

Первичные микробиологические посева с плавников, поверхности тела, жабр и внутренних органов форели и мазки-отпечатки для микроскопии выполняли с соблюдением правил асептики. Для выделения и роста бактерий использовали кровяной и сердечно-мозговой агары, для выделения микроскопических грибов – картофельно-декстрозный агар. Для видовой идентификации культур микроорганизмов применяли международные определители.

Образцы патологически измененных тканей фиксировали в жидкости Буэна. Парафиновые срезы толщиной 3-5 мкм изготавливали вручную при помощи санного микротомы и окрашивали в основном гематоксилин-эозином и метенамином серебра по Грокотт в соответствии со стандартными методиками.

Изучение и фотографирование культур бактерий, грибов и гистологических препаратов проводили с помощью микроскопов Leica DMR 2500 и Olympus BX 41TF, фотокамеры ProgRes и программы анализа изображений Морфология 5.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Пресноводное рыбоводное хозяйство в губе Молочная Имандровского водохранилища осуществляет подращивание посадочного материала для зарыбления морских садков. Радужную форель преимущественно породы камлоопс со средней навеской 100 г завозят в сентябре-октябре из отечественных рыбопитомников.

В результате выполненных исследований установлено, что в пресной воде молодь форели, как правило, подвергалась контаминации бактериями и грибами. Наиболее часто рыбу инфицировали подвижные аэромонады (*Aeromonas hydrophila*, *A. sobria*), бактерии родов *Flavobacterium* (*F. breve*, *Flavobacterium* spp.) и *Pseudomonas* (*Ps. alcaligenes*), которые относятся к условно-патогенным микроорганизмам и широко распространены в водоемах. В этой ассоциации бактерий доминирующая роль принадлежала аэромонадам. Пик их развития приходится на период максимального прогрева воды (25 °С и выше), поэтому в летний период аэромонады могут вызывать бактериальную геморрагическую септицемию (аэромоноз). При этой болезни гибель рыб, как правило, не наблюдалась, но она отрицательно отражалась на иммунной системе и темпе роста молоди. Остальные виды бактерий играли второстепенную роль и характеризовались низкой вирулентностью.

Кроме бактерий, опасность для выращиваемой форели представляла *Saprolegnia* spp. (кл. Oomycetes). Сапролегниоз обычно рассматривается как вторичное заболевание, однако в рыбоводном хозяйстве болезнь наносит существенный вред. Независимо от времени года и температуры воды сапролегния поражала у форели травмированные участки тела, очаги кровоизлияний и плавники. Кожный покров и плавники больных рыб покрывались плотным ватообразным мицелием, который состоял из большого количества тонких переплетенных гиф. При сильном заражении сапролегнией форель, как правило, не выживала. Возникновение сапролегниоза в рыбоводном хозяйстве свидетельствовало о снижении резистентности рыб вследствие перевозок посадочного материала, длительного голодания, воздействия неблагоприятных климатических и гидрологических факторов, а также о повреждении кожного покрова бактериями.

Другим видом водных микромицетов, распространенных на акватории губы Молочная, является грибок *Phoma herbarum* (кл. Deuteromycetes). У молоди радужной форели этот грибок вызывал жаберный микоз. У рыб наблюдались анемия, отек и ослизнение жаберных лепестков. Жаберные крышки были оттопырены, край жаберных крышек имел темный цвет. Вдоль оснований жаберных лепестков была хорошо заметна темная полоса. Патология жабр, атрофия головной почки и селезенки

свидетельствовали о нарушении процессов кроветворения и недостаточной дыхательной функции, а рыба погибала от удушья.

Возбудитель болезни – гриб *P. herbarum* – был обнаружен при помощи гистологического метода и окраске срезов жабр метенамином серебра по Грокотт. Эта окраска позволила выявить своеобразные плодовые тела – пикниды и гифы гриба, которые окрашивались в интенсивно черный цвет и были хорошо видны в срезах. Предполагается, что возникновение болезни связано с неблагоприятными условиями содержания рыб в мелководной застойной зоне водоема (Карасева, Голикова, 2018).

Иная эпизоотическая ситуация наблюдалась в морском садковом хозяйстве. В губе Палкина Белого моря многие годы основную проблему представляет бактериальное заболевание вибриоз. Возбудителем болезни является подвижная бактерия *Vibrio anguillarum* – обычный обитатель морских вод. Вибрионы, выделенные от радужной форели, обладали гемолитическими и протеолитическими свойствами, разрушали эритроциты и вызывали лизис эпителия и мышц. Болезнь начиналась при температурах воды, превышающих 10 °С, и могла длиться вплоть до реализации товарной рыбы в октябре.

Следует подчеркнуть, что для сезонного выращивания форели в Белом море используется посадочный материал с навеской 500-800 г. В связи с этим вибриоз у такой крупной рыбы протекает преимущественно в хронической форме. Однако в отдельные годы при температурах воды выше 18 °С в садках встречались больные особи и с острой формой болезни.

К основным симптомам вибриоза относятся темная окраска тела, анемия жабр, односторонняя экзофтальмия, разрастание и изъязвление конъюнктивы пораженного глаза, очаговое ерошение чешуи, фурункулы и язвы, кровянистый экссудат в брюшной полости, анемия внутренних органов, воспаление слизистой кишечника, отек почек. Больная рыба не питается. Желудок и кишечник у нее заполнены водой. Клиническая картина, а также результаты гистологического исследования свидетельствуют о преобладании в организме рыб экссудативно-геморрагического воспаления, которое характеризуется многочисленными сосудистыми нарушениями, и некробиоза.

Экономический ущерб от вибриоза был обусловлен смертностью рыб, которая в разные годы составляла 5-20 %, снижением темпа роста, потерей рыбой товарного вида и, соответственно, выбраковкой больных особей, а также затратами на лекарственные средства.

В отличие от пресноводного форелевого хозяйства в морских садках рыба не подвергалась заражению водными грибами, сапролегниевые грибы в воде с соленостью 20-25 быстро отмирали, а пораженные некрозом

плавники восстанавливались. Тем не менее, при товарном выращивании форели используется большое количество гранулированных кормов, поэтому всегда существует риск возникновения микотоксикозов и микозов, возбудителями которых являются плесневые грибы. Так, в 2018 г. был диагностирован редкий для форели микотоксикоз, обусловленный грибами рода *Fusarium* (Галаш, 1990). Виды *F. dimerum* и *F. semitectum* были выделены из печени рыб и корма.

Гибель форели началась через несколько дней после начала кормления рыбы новым кормом. Температура морской воды от поверхности до дна была 23 °С, содержание кислорода составляло 6,8 мг/л.

В течение начального периода заболевания бессимптомно погибала наиболее упитанная рыба со средней массой 1070 г. Визуально определяемая патология печени и желтый цвет брюшка проявлялись через 40 дней после начала гибели форели.

В октябре при температуре воды 3 °С смертность рыб снизилась, в садках встречались только единичные экземпляры погибающей и погибшей рыбы. Средняя масса форели составила 1074 г при высоких колебаниях индивидуальной массы – от 578 до 2060 г, что указывало на плохой и неравномерный рост рыбы. У выживших особей была обнаружена опухоль печени и желчных протоков, классифицированная как холангиоцеллюлярная аденокарцинома. Опухолевые и предопухолевые процессы в печени рыб отмечались вплоть до 2019 г. Этот случай свидетельствует о том, что использование корма, зараженного токсикогенными грибами, не ограничивается единовременной гибелью рыб. Заболевание в хронической, вялотекущей форме длится в течение нескольких месяцев, рыба практически не растет, что приносит хозяйству значительные убытки.

Таким образом, результаты эпизоотического мониторинга показали, что видовой состав возбудителей болезней у выращиваемой радужной форели формировался в основном под воздействием экологических факторов. Губа Молочная Имандровского водохранилища является в Мурманской области единственным водоемом с положительными температурами в осенне-зимний период, обусловленными сбросом подогреваемых вод Кольской АЭС. Эта губа представляет собой небольшой залив длиной 5-6 км, шириной 2,0-2,5 км и средней глубиной 17,5 м. По характеру водного обмена она относится к слабопроточным водоемам. В связи с этим экологические особенности акватории способствуют интенсивному развитию бактерий и микроскопических грибов, которые являются постоянным компонентом биоценозов в пресноводных водоемах. Среди них есть виды, которые от сапротрофного образа существования способны переходить к паразитированию, иницируя у культивируемых

рыб патологические процессы и заболевания. В первую очередь, к числу таких заболеваний радужной форели можно отнести аэромоноз, сапролегниоз и вибриоз, которые характеризуются природной очаговостью (Ларцева, Пивоваров, 2007; Терехова, 2007).

Вместе с тем вибриоз одно из наиболее серьезных бактериальных заболеваний лососевых рыб, выращиваемых на морских рыбоводных фермах. В нашей стране в 1970-80-е годы вибриоз регистрировался только в хозяйствах Финского залива Балтийского моря (Лулла, Ыун, Щукина, 1982). В Кандалакшском заливе Белого моря этого заболевания не было (Карасева, 2003). Предполагается, что первая вспышка вибриоза произошла в 2004 г. В настоящее же время заболевание является одним из основных факторов, сдерживающих создание новых форелевых ферм в губах Белого моря.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты мониторинга эпизоотической ситуации в рыбоводных хозяйствах в губах Молочная Иmandровского водохранилища и Палкина Белого моря показали, что в этих хозяйствах отсутствуют карантинные болезни из списка Международного эпизоотического бюро (МЭБ). Проблему могут представлять болезни, для возбудителей которых характерны широкая распространенность в пресной или морской среде и природная очаговость. В связи с этим важно, чтобы рыбоводные участки для выращивания лососевых рыб выбирались с учетом гидрологических особенностей акваторий и риска возникновения болезней такого типа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Альтов, А.В. Особенности биотехники садкового культивирования радужной форели в прибрежных водах Белого моря: специальность 03.00.10 «Ихтиология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / А. В. Альтов. – Петрозаводск, 2002. – 22 с.

Галаш, В.Т. Диагностика и профилактика трихотеценовых микотоксикозов карпа / В.Т. Галаш // Рыбное хозяйство. Серия Рыбохозяйственное использование внутренних водоемов. – М.: ЭИ ВНИЭРХ, 1990. – Вып. 7. – С. 1-7.

Ихтиопатология / Н.А. Головина, Ю.А. Стрелков, В.Н. Воронин [и др.]; Под ред. Н.А. Головиной, О.Н. Бауэра. – М.: Мир, 2003. – 448 с.

Калина, Г.П. Методы исследования объектов окружающей среды и патогенного материала на аэромонады / Г.П. Калина, Т.И. Графова: Методические рекомендации. – М., 1980. – 11 с.

Карасева, Т.А. Санитарно-эпизоотическая ситуация в рыбоводных хозяйствах Мурманской области в 1990-1999 гг. / Т.А. Карасева // Проблемы

патологии, иммунологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов: тезисы докладов всероссийской научно-практической конференции (Москва, 16-18 июля 2003 г.). – М.: Россельхозакадемия, 2003. – С. 50-52.

Карасева, Т.А. Жаберный микоз у культивируемой радужной форели / Т.А. Карасева, Л.Н. Голикова // Успехи медицинской микологии. Т. 19 / Юбилейная конференция по микологии и микробиологии (г. Москва, 11-12 апр. 2018 г.). – М.: Национальная академия микологии, 2018. – С. 367-368.

Каховский, А.Е. Взаимосвязь интенсификации рыбоводства, условий обитания аэромонад и клинического состояния рыб / А.Е. Каховский, А.В. Михайловская, Л.В. Кузьмина // Интенсификация выращивания товарной рыбы в Молдавии: сб. науч. тр. Молд. НИРХС. – Кишинев, 1989. – С. 68-79.

Лабинская, А.С. Микробиология с техникой микробиологических исследований / А.С. Лабинская. – М.: Медицина, 1978. – 394 с.

Ларцева, Л.В. Экологическая эпидемиология: монография / Л.В. Ларцева, Ю.П. Пивоваров; Федеральное агентство по образованию, Астраханский гос. ун-т, Российский гос. мед. ун-т. – Астрахань: Астраханский ун-т, 2007. – 187 с.

Луллу, А.В. Вибриоз радужной форели и его диагностика (пособие для лабораторий ихтиопатологии) / А.В. Луллу, А.И. Ыун, И.Н. Щукина. – Таллин: УИВ МСХ ЭССР, 1982. – 47 с.

Методы общей бактериологии: пер. с англ. / Под ред. Ф. Герхарда [и др.]. – Т. 1. – М.: Мир, 1983. – 536 с.

Обухова, Е.С. Экологические особенности псевдомонад в составе аутофлоры радужной форели в условиях Карелии: специальность 03.02.08 «Экология», 03.02.06 «Ихтиология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Е.С. Обухова. – Петрозаводск, 2013. – 17 с.

Пестрикова, Л.И. Радужная форель как объект марикультуры прибрежной зоны Баренцева моря: специальность 03.00.10 «Ихтиология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Л.И. Пестрикова. – Петрозаводск, 2004. – 22 с.

Ромейс, Б. Микроскопическая техника / Б. Ромейс. – М.: Иностранная литература, 1953. – 718 с.

Рыжков, Л.П. Основы рыбоводства / Л.П. Рыжков, Т.Ю. Кучко, И.М. Дзюбук. – СПб.: Лань, 2011. – 528 с.

Терехова, В.А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем / В.А. Терехова. – Ин-т проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Ин-т экологического почвоведения МГУ. – М.: Наука, 2007. – 215 с.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОЛОДИ ЛОСОСЕЙ В НЕКОТОРЫХ ВОДОЕМАХ КАМЧАТКИ

В.И. Карпенко, А.А. Бонк

*ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет»
(КамчатГТУ), г. Петропавловск-Камчатский*

Аннотация. Представлены видовой состав и биологическая характеристика молоди лососевых рыб: пяти видов — кижуч, кета, нерка, чавыча и сима (род *Oncorhynchus*), микижи (р. *Parasalmo*), гольцов р. *Salvelinus*: мальмы и кунджи в некоторых водоемах Камчатки.

Ключевые слова: молодь лососей, видовой состав и биологические показатели.

ВВЕДЕНИЕ

Камчатка является единственным в России регионом, в пресных водоемах которого воспроизводятся все шесть видов тихоокеанских лососей, молодь которых нагуливается совместно с молодью других лососевых рыб. Причем в некоторых реках и озерах полуострова молодь этих рыб обитает в пресных водах в течение нескольких лет до ската в море, вступая в межвидовые пищевые отношения как пищевые конкуренты, так и в отношения «хищник-жертва».

Изучение пресноводного периода жизни молоди лососевых рыб на Камчатке началось в 1930-е годы, но лишь в некоторых водоемах оно проводится сейчас (оз. Курильское, в меньшей степени оз. Дальнее) (Крогиус, Фооль, Бараненкова, 1934; Лососи Камчатки..., 1947; Крогиус, Крохин, Меншуткин, 1987; Крохин, Крогиус, 1937; Семко, 1948, 1954). В других реках и озерах исследования выполняют лишь периодически, ограничиваясь сбором материалов о молоди тихоокеанских лососей. В первые десятилетия XXI в. запасы камчатских лососей достигли исторически высоких значений и оценка значения пресноводного периода жизни их молоди вновь повысилась. По этой причине любая информация о видовом составе лососевых и биологических показателях имеет определенное значение для оценки их роли в формировании численности взрослых рыб.

Краткой характеристике молоди лососевых рыб в некоторых водоемах Камчатки и посвящено настоящее сообщение.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для данной работы послужили сборы молоди лососевых рыб из двух озер – Налычевское, Дальнее (Восточная Камчатка) – и двух рек – Коль и Карымай (Западная Камчатка), отличающихся геоморфологическими и гидрологическими характеристиками, а также составом ихтиофауны (табл. 1).

Таблица 1

Основные параметры некоторых водоемов Камчатки

(Ресурсы поверхностных вод, 1966; Бугаев, Кириченко, 2008; Зорбиди, Бирюков, Травина, 2014; Крогиус, Крохин, Меншуткин, 1969, 1987; Состояние и мониторинг..., 2009; Материалы по биоразнообразию..., 2016)

Водоем	Характеристика	Кол-во отмеченных в уловах видов
Озеро Налычевское	Расположено на юго-восточном побережье Камчатского п-ова в нижнем течении р. Налычева на высоте 1,3 м над уровнем моря, площадь водного зеркала – 13,2 км ² , общая площадь водосбора примерно 64,0 км ²). Максимальная глубина в этом водоеме, по оценкам разных авторов, составляет от 4,0 до 4,8 м. В озеро впадают 12 небольших речек, а вытекает р. Озерная, соединяющая озеро с р. Налычева	2
Озеро Дальнее	Расположено в бассейне р. Паратунка, впадающей в Авачинскую губу на восточном побережье Камчатского п-ова на высоте 19,7 м над уровнем моря, площадь – 1,36 км ² , максимальная глубина – 60,5 м, средняя глубина – 31,5 м, площадь бассейна – 11,3 км ²	2
Река Коль	Берет начало в отрогах Срединного Камчатского хребта и впадает в Охотское море. Общая протяженность реки составляет около 130 км, ширина в устье 72 м, глубина 0,8 м в отлив и 2,5 м в прилив, площадь водосбора 1580 км ²	8
Протока Карымайская	Является одним из рукавов р. Быстрая, который начинается в 5-ти км выше п. Карымайский и обратно впадает в основное русло р. Быстрая в километре от с. Ковалеровское. Протяженность протоки около 18 км. Скорость потока 0,48-0,94 м/с	5

Лов молоди рыб осуществлялся с использованием мальковых неводов и ловушек в июле-августе 2010-2018 гг. (конкретные годы сборов в каждом водоеме указаны в таблицах). В озерах и протоке Карымайская состав уловов и биологические показатели рыб представлены по биотопам. Камеральная обработка собранных материалов выполнена по стандартным методикам (Правдин, 1966). Всего поймано и подвергнуто биологическому анализу 6309 экз. молоди.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В связи со сбором материалов в середине лета в исследуемые годы в водотоках практически отсутствовала молодь горбуши, которая к этому периоду обычно уже скатилась в морские воды. Кроме того, из некоторых водоемов также скатилась в море большая часть молоди кеты. Поэтому молодь лососевых рыб в основном включала представителей р. *Oncorhynchus* с длительным пресноводным периодом жизни (от 0 до 3+), а также жилых и проходных гольцов, кунджи и микижи, преимущественно аналогичных возрастных групп.

В оз. Налычевское основными воспроизводящимися видами лососей являются нерка *Oncorhynchus nerka* и кижуч *O. kisutch*, молодь которых составляла основу уловов (табл. 2), причем среди молоди кижуча доминировали более крупные особи, среди молоди нерки – мелкие. Уловы других представителей лососевых были редкими, поэтому биологические показатели не представлены.

Таблица 2

Биологические показатели молоди лососевых в оз. Налычевское в 2011 г.

Вид	Доля в улове, %	Длина (АС), см	Масса тела, г
Кижуч	77,4	3,2-11,7*	0,28-21,1*
		6,4	5,4
Нерка	22,6	3,4-6,0	0,5-2,0
		4,2	0,93

*Здесь и в табл. 3-5 над чертой – пределы колебаний, под чертой – средние значения.

В оз. Дальнее, хотя наиболее важным компонентом ихтиофауны является нерка (красная) *O. nerka*, которая представлена двумя сезонными проходными расами – весенней и летней, а также жилой «карликовой» формой (Крогиус, 1981, 1983), но в период наблюдений молодь этого вида лососей в уловах отмечена не была. Второй вид – кижуч, хотя и не воспроизводится непосредственно в озере, попадает сюда из рек Дальняя и Паратунка в качестве молоди, нагуливающейся здесь в литоральной зоне в течение 1-2 лет и часто доминирующей в уловах (Зорбиди, 2010) (табл. 3).

Третий вид – голец *Salvelinus alpinus* (в настоящее время *Salvelinus malma*) (Крогиус, Бооль, Бараненкова, 1934; Красная книга Камчатки, 2006, 2018), представлен тремя формами: озерной, жилой и хищной, которые являются эндемиками на внутривидовом уровне этой группы. Первая форма в настоящее время представляется отдельным видом – дальнеозерский голец *S. krogiusae*. Однако, как отмечает А.М. Токранов (2016), «по опросным данным с 2012 г. дальнеозерский голец не встречался в уловах местных рыбаков ни разу».

Таблица 3

Биологические показатели молоди лососевых в различных биотопах оз. Дальнее, включая устье реки в 2015 г.

Биотоп	Вид	Доля в улове, %	Длина (АС), см	Масса тела, г
Озеро	Кижуч	73,8	<u>4,9-12,5</u> 9,7	<u>1,5-22,7</u> 11,5
	Арктический голец	26,2	<u>8,3-14,3</u> 10,6	<u>5,8-32,7</u> 12,3
Река	Кижуч	23,1	<u>5,0-13,0</u> 8,8	<u>1,7-24,5</u> 8,6
	Арктический голец	76,9	<u>7,8-20,3</u> 12,4	<u>4,4-42,5</u> 25,3

В реке Коль в течение всего периода исследований доминировали молодь кижуча и мальмы *S. malma*. Среди представителей последнего вида в уловах встречались также и взрослые рыбы, как и среди микижи *Parasalmo mykiss* и кунджи *S. leucotaenis* (табл. 4). Кстати, среди молоди наибольшим размерным разнообразием отличались кижуч и чавыча *O. tshawytscha* (Материалы по биоразнообразию..., 2016; Карпенко, Бонк, Лозовой, 2018).

Сходное видовое и размерное разнообразие было характерно для ихтиофауны протоки Карымайская (табл. 5). Тем не менее здесь обычно доминировала молодь кижуча (до 100%), в уловах взрослых рыб не было (по-видимому, из-за использования для лова преимущественно ловушек). В некоторых местах доминировала молодь кеты *O. keta* и нерки (Особенности видового состава..., 2021).

Представленные данные несколько отличаются от опубликованных в 1930-1970 гг., что, вероятно, связано с изменением общей численности лососевых в последние годы, особенно представителей рода *Oncorhynchus*, а также с модернизацией орудий лова.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наши исследования позволяют заключить, что, несмотря на близкое соотношение по видовому разнообразию рек и озер Камчатки, включающих максимально 15 и 12 видов соответственно, в озерах в середине летнего периода 2010-2018 гг. обитают преимущественно 2-3 вида, тогда как в реках – 6-7. Основной характерный вид лососевых для озер – нерка, обычно в значительной степени обитающая в этот период года в открытой части озера; а у береговой черты встречаются только голец и скатившаяся из впадающих в озеро рек молодь кижуча. Эти же виды обычно доминируют в реках, хотя в отдельных частях речного потока отмечается молодь кеты и нерки.

Таблица 4

Биологические показатели молоди лососевых р. Коль в 2010-2016 гг.

Год	Вид	Доля в улове, %	Длина (АС), см	Масса тела, г
2010	Кижуч	20,4	<u>3,2–17,6</u> 7,6	<u>0,4–50,8</u> 8,4
	Чавыча	5,3	<u>4,1–9,8</u> 7,4	<u>0,7–27,8</u> 5,9
	Сима	0,3	<u>12,6–13,5</u> 13,1	<u>25,3–33,7</u> 29,1
	Кета	0,5	<u>4,8–6,5</u> 5,7	<u>0,7–3,2</u> 2,3
	Микижа	1,1	<u>9,2–45,5</u> 18,8	<u>10,2–1184,0</u> 180,7
	Мальма	53,6	<u>4,4–24,9</u> 14,4	<u>0,7–188</u> 36,3
	Кунджа	18,8	<u>6,7–24,9</u> 16,8	<u>5,3–181,5</u> 57,6
	Кижуч	68,5	<u>2,1–13,3</u> 3,5	<u>0,8–25,0</u> 1,7
	Чавыча	4,8	<u>5,6–6,9</u> 6,0	<u>1,9–3,7</u> 2,6
	Сима	0,2	<u>10,8–14,4</u> 12,6	<u>15,7–35,1</u> 25,6
2011	Кета	9,1	<u>3,6–7,7</u> 5,0	<u>0,4–2,1</u> 1,1
	Нерка	7,8	<u>2,8–6,4</u> 4,5	<u>0,2–2,0</u> 0,9
	Микижа	2,7	<u>3,2–5,9</u> 4,1	<u>0,4–2,2</u> 0,8
	Мальма	2,8	<u>3,3–19,9</u> 12,7	<u>0,4–52,8</u> 28,3
	Кунджа	4,0	<u>8,8–26,3</u> 14,4	<u>7,4–246,0</u> 63,9
	Кижуч	67,9	<u>2,4–13,9</u> 6,7	<u>0,2–37,5</u> 6,7
	Чавыча	0,3	<u>8,1–8,4</u> 8,2	<u>7,8–8,8</u> 8,3
2013	Нерка	0,2	6,9	4,5
	Микижа	0,8	<u>12,1–12,9</u> 12,5	<u>27,0–23,3</u> 29,7
	Мальма	30,3	<u>4,2–22,9</u> 12,4	<u>0,9–145,3</u> 26,3
	Кунджа	0,5	<u>16,2–18,5</u> 17,4	<u>50,1–81,3</u> 65,0
2016	Кижуч	24,4	<u>4,8–11,5</u> 9,5	<u>1,6–22,6</u> 12,9
	Сима	0,8	<u>11,3–12,2</u> 11,7	<u>21,4–23,6</u> 22,5
	Микижа	1,6	<u>17,3–18,5</u> 17,8	<u>68,0–119,0</u> 101,7
	Мальма	62,6	<u>10,5–23,0</u> 14,1	<u>11,2–158,0</u> 31,4
	Кунджа	10,6	<u>10,8–26,5</u> 19,2	<u>16,7–218,0</u> 93,8

Таблица 5

**Биологические показатели молоди лососевых в различных биотопах
в протоке Карымайская и других биотопах в 2017-2018 гг.**

Год	Биотоп	Вид	Доля в улове, %	Длина (АС), см	Масса тела, г
2017	Кл. Карымайский	Кижуч	100	<u>2,4–7,0</u> 3,3	<u>1,06–11,93</u> 2,7
		Кижуч	19,4	<u>2,3–7,5</u> 3,5	<u>0,6–12,55</u> 3,0
	«Лагуна»	Кета	66,3	<u>2,5–3,9</u> 3,5	<u>0,22–3,7</u> 1,15
		Нерка	9,4	<u>2,7–7,6</u> 4,5	<u>0,98–7,32</u> 2,7
		Мальма	4,9	<u>2,2–8,3</u> 5,2	<u>0,52–8,8</u> 6,4
	Протока Карымайская	Кижуч	39,9	<u>2,3–4,1</u> 3,2	<u>0,17–2,5</u> 1,05
		Кета	23,6	<u>2,4–3,9</u> 3,5	<u>0,2–1,67</u> 0,6
		Нерка	35,3	<u>1,4–6,3</u> 4,17	<u>0,14–3,62</u> 1,6
		Сима	0,4	<u>6,3–7,6</u> 6,7	<u>8,5–11,2</u> 9,8
		Мальма	0,8	<u>5,4–9,3</u> 7,3	<u>4,0–14,1</u> 9,2
		Кижуч	32,9	<u>2,4–7,1</u> 3,0	<u>0,21–12,18</u> 2,3
		Кета	44,6	<u>2,3–3,9</u> 3,2	<u>0,24–2,07</u> 0,7
	Протока Безымянная	Нерка	4,4	<u>3,4–8,1</u> 5,5	<u>0,9–8,6</u> 3,2
		Сима	0,2	<u>6,2–7,5</u> 6,7	<u>8,4–11,2</u> 9,7
Мальма		17,9	<u>5,1–10,9</u> 6,3	<u>5,3–19,2</u> 5,6	
Кижуч		87,2	<u>2,8–10,8</u> 5,8	<u>0,2–17,1</u> 3,1	
Кета		5,7	<u>2,7–3,9</u> 3,3	<u>0,2–0,65</u> 0,4	
Нерка		0,5	<u>4,3–5,8</u> 5,1	<u>0,8–3,6</u> 2,2	
Сима		2,2	<u>2,7–5,2</u> 3,9	<u>0,13–1,69</u> 0,7	
2018	Протока Безымянная	Чавыча	1,1	<u>4,3–10,5</u> 7,1	<u>1,02–15,2</u> 7,2
		Мальма	3,3	<u>4,8–11,7</u> 8,2	<u>0,85–19,15</u> 7,5

Размерные показатели молоди лососевых в реках имеют более широкий диапазон, чем в озерах, что, по-видимому, связано как со сроками нереста и длительностью нагула, так и с миграцией молоди с речных

нерестилищ в озерные просторы для нагула. По нашему мнению, этими же обстоятельствами обусловлены изменения видового состава и биологических показателей молоди лососевых в начале XXI в. по сравнению с периодом 1930-80-х годов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бугаев, В.Ф. Нагульно-нерестовые озера азиатской нерки (включая некоторые другие водоемы ареала) / В.Ф. Бугаев, В.Е. Кириченко. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2008. – 280 с.

Зорбиди, Ж.Х. Кижуч азиатских стад / Ж.Х. Зорбиди. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2010. – 306 с.

Зорбиди, Ж.Х. Биология молоди кижуча некоторых озерно-речных систем Камчатки / Ж.Х. Зорбиди, А.М. Бирюков, Т.Н. Травина // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2014. – Вып. 33. – С. 54-63.

Карпенко, В.И. Биологическая характеристика некоторых рыб в низовье реки Коль / В.И. Карпенко, А.А. Бонк, А.П. Лозовой // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2018. – Вып. 46. – С. 73-85.

Красная книга Камчатки. Т. 1. Животные / отв. ред. А.М. Токранов. – Петропавловск-Камчатский: Камч. печ. двор. Книжное издательство, 2006. – 272 с.

Красная книга Камчатки. Т. 1. Животные / Отв. ред. А.М. Токранов. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2018. – 196 с.

Крогиус, Ф.В. Роль карликовых форм в воспроизводстве проходной красной *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) / Ф.В. Крогиус // Вопросы ихтиологии. – 1981. – Т. 21, вып. 6. – С. 976-984.

Крогиус, Ф.В. Сезонные расы красной (*Oncorhynchus nerka* (Walb.)) и ее нерестилища в водоемах Камчатки / Ф.В. Крогиус // Биологические основы лососевого хозяйства в водоемах Камчатки. – М.: Наука, 1983. – С. 18-31.

Крогиус, Ф.В. Тихоокеанский лосось – нерка в экосистеме оз. Дальнего (Камчатка) / Ф.В. Крогиус, Е.М. Крохин, В.В. Меншуткин. – Л.: Наука, 1987. – 200 с.

Крогиус, Ф.В. Очерк биологии лососевых Камчатки / Ф.В. Крогиус, В.С. Бооль, А.С. Бараненкова // Бюл. рыбн. хоз-во Камчатки. – КОТИРХ, 1934. – С. 1–37.

Крогиус Ф.В. Сообщество пелагических рыб оз. Дальнего / Ф.В. Крогиус, Е.М. Крохин, В.В. Меншуткин. – Л.: Наука, 1969. – 88 с.

Крохин, Е.М. Очерк бассейна р. Большой и нерестилищ лососевых, расположенных в нем (из работ Камчатского отделения ТИНРО) / Е.М. Крохин, Ф.В. Крогиус // Известия ТИНРО. – 1937. – Т. 9. – С. 1-157.

Лососи Камчатки (научно-популярный очерк) / Ф.В. Крогиус, И.И. Лагунов, Р.С. Семко, Б.Л. Шишов. – М.: Пищепромиздат, 1947. – 34 с.

Материалы по биоразнообразию бассейна реки Коль (Западная Камчатка) / Лобков Е.Г., Карпенко В.И., Лобкова Л.Е. [и др.]; под ред. Е.Г. Лобкова, В.И. Карпенко. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс: КамчатГТУ, 2016. – 220 с.

Особенности видового состава и питания молоди лососевых рыб в протоке Карымайская в 2017-2018 гг. / А.А. Бонк, В.И. Карпенко, О.М. Исаева [и др.] // IX Всероссийская конференция «Чтения памяти профессора Владимира Яковлевича Леванидова» (22-24 марта 2021 г.). – Владивосток, 2021. – С.17.

Павлов, Д.С. Состояние и мониторинг биоразнообразия лососевых рыб и среды их обитания на Камчатке (на примере территории заказника «Река Коль») / Д.С. Павлов, К.А. Савваитова, К.В. Кузищин [и др.]. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. – 156 с.

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 20. Камчатка / Под ред. Н.Д. Шека; Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1966. – 267 с.

Семко, Р.С. О биоценологических взаимоотношениях тихоокеанских лососей и гольцов в нерестово-вырастных участках р. Большой (западное побережье Камчатки) / Р.С. Семко // Зоологический журнал. – 1948. – Т. 27, вып. 1. – С. 27-38.

Семко, Р.С. Запасы западнокамчатских лососей и их промысловое использование / Р.С. Семко // Известия ТИНРО. – 1954. – 109 с.

Токранов, А.М. Золотая рыбка озера Дальнего. Камчатское время / А.М. Токранов // «Камчатский рыбак». – 2016. – № 735. – С. 13.

ТРОФИЧЕСКАЯ ДИВЕРСИФИКАЦИЯ И РАЗНООБРАЗИЕ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ В РАЗЛИЧНЫХ СИМПАТРИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ

**Е.Н. Кашинская^{1,2}, Е.П. Симонов^{1,2}, П.Г. Власенко^{1,2},
А.В. Шокурова^{1,2,3}, Г.Н. Маркевич⁴, М.М. Соловьев^{1,2}**

¹Институт систематики и экологии животных СО РАН (ИСиЭЖ СО РАН),
г. Новосибирск

²Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН
(ИПЭЭ РАН), г. Москва

³ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»
(НГАУ), г. Новосибирск

⁴Кроноцкий государственный природный биосферный заповедник, г. Елизово

Аннотация. Проведена оценка разнообразия микробных сообществ желудочно-кишечного тракта различных симпатрических комплексов лососевых рыб с разным типом питания из разнотипных озер Сибири и Дальнего Востока.

Ключевые слова: микробиота, симпатрические комплексы, *Coregonus lavaretus* complex, *Salvelinus malma* complex, секвенирование Illumina MiSeq.

ВВЕДЕНИЕ

Особый интерес при определении механизмов формирования структуры симбионтной микробиоты водных организмов представляет анализ близкородственных групп, различающихся по характеру питания и топической принадлежности. В качестве такой модели могут служить варианты параллельной диверсификации у рыб в осях пелагиаль-бенталь, при которой две или несколько близкородственных форм занимают контрастные пищевые ниши в водоеме. Одни формы/виды обитают и питаются у дна (бенталь), другие – в толще воды (пелагиаль). На территории юга Западной Сибири (оз. Телецкое), севере Байкальской рифтовой зоны (оз. Баунт) и Дальнего Востока (оз. Кроноцкое) распространены постледниковые симпатрические группы лососевых рыб, относящиеся к родам *Coregonus* и *Salvelinus*. Представители этих групп отличаются друг от друга по ряду морфологических, биологических и экологических характеристик (Bochkarev, Zuykova, Katokhin, 2011; Markevich, Esin, Anisimova, 2018), при этом в каждом случае их разнообразие представлено как минимум одной парой форм. Подобная эволюционно возникшая пищевая и топическая специализация может являться существенным фактором, определяющим структуру микробиома хозяина, что связано как с спецификой кормовых условий придонных горизонтов и толщи воды, так

и с дифференциальной зараженностью различными видами экто- и эндопаразитов. Таким образом, цель исследования – изучить структуру микробных сообществ желудочно-кишечного тракта различных симпатрических комплексов лососевых рыб с разным типом питания из разнотипных озер Сибири и Дальнего Востока.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования из оз. Кроноцкое (Восточная Камчатка) выбран комплекс гольцов рода *Salvelinus* (Nilsson) Richardson, 1836, в состав которого входят семь форм, отличающихся по топической принадлежности и занимаемой пищевой нише. Большеротый и малоротый гольцы занимают нишу глубоководного бентофага, длинноголовый и белый – пелагические хищники, носатый голец (группы 1А, 1G, 2) является прибрежным бентофагом (Markevich, Esin, Anisimova, 2018).

Симпатрические формы/виды сигов рода *Coregonus* (Linnaeus, 1758) исследованы на примере сига Правдина *C. lavaretus pravdinellus* (планктофаг) и телецкого сига *C. l. pidschian* (бентофаг), обитающих в оз. Телецкое (Республика Алтай), и баунтовской ряпушки *C. l. baunti* sp. nova (планктофаг) и сига-пыжьяна *C. l. pidschian* (бентофаг), обитающих в оз. Баунт (Республика Бурятия).

Для определения состава бактериальных сообществ у всех особей в асептических условиях собраны образцы слизистой и содержимого желудка и кишечника. Выделение тотальной ДНК из образцов проводили с использованием коммерческого набора «ДНК-сорб В» (НекстБио, Россия). Секвенирование гипервариабельных участков V3, V4 гена 16S рРНК проводили на платформе «MiSeq Illumina» в компании «Евроген» (Москва).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам секвенирования V3-V4 региона гена 16S rRNA на платформе MiSeq Illumina в составе микробиоты, ассоциированной с желудочно-кишечным трактом (ЖКТ) различных форм/видов гольцов оз. Кроноцкое, прослеживались вариации в зависимости от типа питания и топической приуроченности. Микробиота слизистой ЖКТ пелагических хищников (длинноголовый и белый голец) достоверно отличалась от микробиоты глубоководных (малоротый и большеротый голец) и прибрежных (носатый голец N1A и N1G) бентофагов (тест ADONIS, $p < 0,05$). Исключение составил носатый голец N2, микробиота слизистой ЖКТ которого достоверно не отличалась от таковой микробиоты длинноголового гольца ($p > 0,05$). В то же время при сравнении микробиоты хищников – длинноголового и белого гольцов – достоверных отличий не

выявлено (тест ADONIS, $p > 0,05$). С высоким относительным обилием в составе микробиоты слизистой ЖКТ этих рыб отмечены *Cetobacterium*, *Clostridium sensu stricto 1*, *Flavobacterium*, *Mycoplasma*, *Serratia* и *Ralstonia*.

Достоверные отличия по составу микробиоты получены и для симпатрической пары сигов рода *Coregonus*, обитающих в озерах Телецкое и Баунт. Микробиота сига бентофага из оз. Телецкое была представлена *Luteolibacter*, *Pseudomonas* и *Mycoplasma*, микробиота сига планктофага – *Clostridium sensu stricto 1* и *Mycoplasma*. Доминирующими таксонами бактерий в ЖКТ сига бентофага из оз. Баунт были *Simkaniaceae* (Candidatus *Rhabdochlamydia*), *Silvanigrella*, *Clostridium sensu stricto 1*, *Ralstonia*, *Klebsiella* и *Erysipelothrix*, в то время как в ЖКТ планктофага – *Mycoplasma*, *Tyzzelerella* и *Pseudomonas*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований определена структура микробных сообществ слизистой ЖКТ семи форм/видов гольцов рода *Salvelinus* оз. Кроноцкое и двух форм/видов сигов из озер Телецкое и Баунт. Для каждой формы рыб выявлены особенности состава микробных сообществ, связанные со спектром питания и топической специализацией рыб. Ассоциированная микробиота рыб достоверно различалась при сравнении хищников и бентофагов (гольцы из оз. Кроноцкое), бентофагов и планктофагов (сиги из озер Телецкое и Баунт) между собой, а также в зависимости от топической специализации (литораль, пелагиаль, профундаль). Полученные результаты подтверждают эволюционно возникшую пищевую и топическую специализацию, являющуюся существенным фактором, который определяет структуру микробиома хозяина, что зависит от специфики кормовых условий придонных горизонтов и толщи воды.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 19-74-10054 (секвенирование микробных сообществ сигов из озер Телецкое и Баунт) и Мегагранта № 220-6544-5338 (секвенирование микробных сообществ из озера Кроноцкое).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Bochkarev, N.A. Morphology and mitochondrial DNA variation of the Siberian whitefish *Coregonus lavaretus pidschian* (Gmelin) in the upstream water bodies of the Ob and Yenisei rivers / N.A. Bochkarev, E.I. Zuykova, A.V. Katokhin // Evolutionary Ecology. – 2011. – Vol. 25. – P. 557-572.

Markevich, G. Basic description and some notes on the evolution of seven sympatric morphs of Dolly Varden *Salvelinus malma* from the Lake Kronotskoe Basin / G. Markevich, E. Esin, L. Anisimova // Ecology and Evolution. – 2018. – Vol. 8(5). – P. 2554-2567.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, МИГРАЦИИ И ПРОМЫСЕЛ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В ЭСТУАРИЯХ И ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ КАМЧАТКИ

М.В. Коваль¹, С.Л. Горин², О.Б. Тепнин¹, В.В. Коломейцев¹

¹Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»),
г. Петропавловск-Камчатский

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

Аннотация. На основании результатов многолетних комплексных исследований представлен краткий обзор основных абиотических, биотических и антропогенных факторов, влияющих на распределение, анадромные миграции и промышленное освоение тихоокеанских лососей в эстуариях и прибрежной зоне Камчатского края.

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, анадромная миграция, экологические факторы, прибрежный промысел, Камчатка.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленное освоение тихоокеанских лососей на Камчатке происходит во время их массовой анадромной миграции в прибрежной зоне моря, эстуариях и нижнем течении рек. Промысел – основной фактор популяционной смертности рыб, и от правильной его организации и регулирования зависит воспроизводство лососевых популяций. В связи с этим изучение основных экологических факторов, влияющих на миграции лососей и их промышленное освоение в эстуариях и прибрежной зоне моря, является важной и актуальной задачей как одна из основ для разработки мер рациональной эксплуатации и сохранения их запасов (Коваль, Тепнин, Горин, 2020; Оценка комплексного воздействия..., 2022).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для данного исследования послужили результаты многолетних комплексных исследований, выполненных в различных районах Камчатского края с 2010 по 2022 г. За это время прямыми наблюдениями (с той или иной степенью детализации) охвачены устья 15 рек, а также прилегающие участки прибрежной зоны (рис. 1).

Полевые исследования во всех экспедициях включали выполнение комплекса географических работ для оценки морфологического строения водных объектов и пространственно-временной изменчивости основных

параметров водной среды. Для этого использована обширная приборная база как российского, так и зарубежного производства.

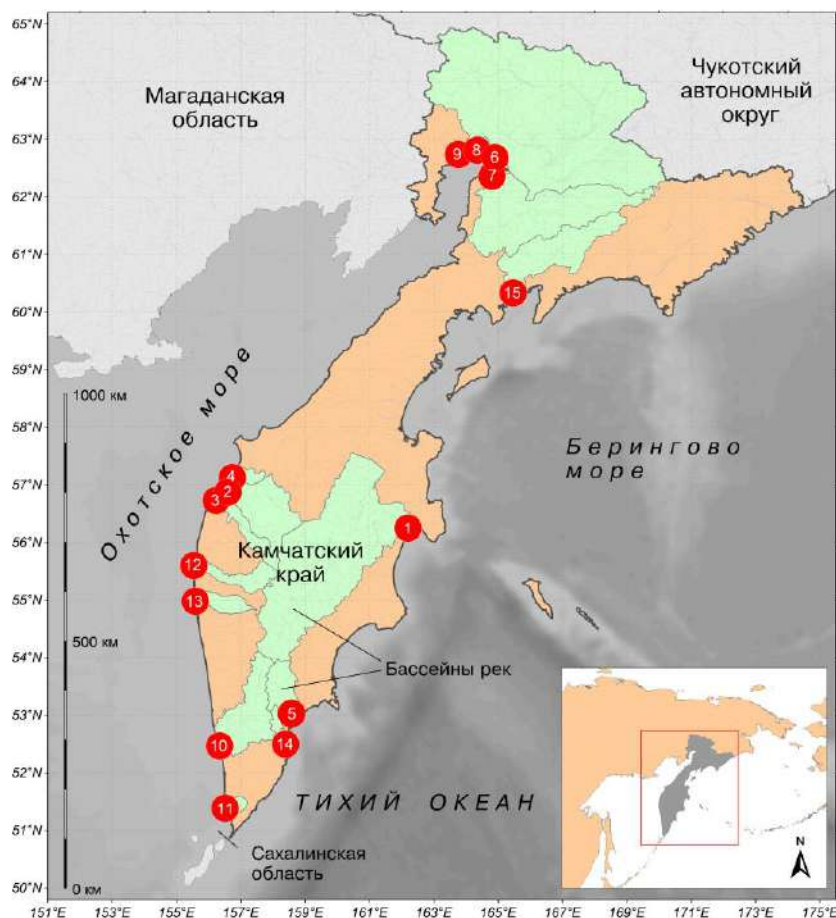


Рис. 1. Расположение устьев рек Камчатского края, охваченных исследованиями в 2010-2022 гг.: 1 – р. Камчатка, 2010, 2018-2020 гг.; 2 – р. Хайрюзова, 2012-2013 гг.; 3 – р. Белоголовая, 2012-2013 гг.; 4 – р. Ковран, 2012 г.; 5 – Авачинская губа, 2013, 2016 гг.; 6 – р. Пенжина, 2014-2016 гг.; 7 – р. Таловка, 2014-2015 гг.; 8 – р. Шестакова, 2015 г.; 9 – р. Микина, 2015 г.; 10 – р. Большая, 2016 г.; 11 – р. Озерная, 2017, 2019 гг.; 12 – р. Ича, 2018 г.; 13 – р. Крутогорова, 2018 г.; 14 – бух. Вилючинская, 2019 г.; 15 – р. Вывенка, 2021-2022 гг.

Изучение распределения и миграций рыб выполняли на основании данных контрольных и промысловых уловов, а также гидроакустических наблюдений с помощью цифрового научного эхолота BioSonics DT-X. Многолетнюю динамику состояния запасов лососей оценивали на основании статистических данных КамчатНИРО и Северо-Восточного территориального управления ФАР.

Все полевые исследования выполнены в основном стандартными методами, принятыми в соответствующих разделах наук (гидрология суши, океанология, промысловая гидроакустика, ихтиология, экология и др.). Детальное описание методов исследований приведено в работах

(Горин, 2012; 2013; Ихтиологические исследования эстуариев..., 2012; Многолетняя динамика и..., 2015; Условия среды и..., 2017; Коваль, Тепнин, Горин, 2018; Факторы, определяющие динамику..., 2020; Современный гидрологический режим..., 2015; Горин, Попрядухин, Коваль, 2019).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что распределение, миграции и промышленное освоение лососей в прибрежной зоне моря и эстуариях Камчатки обусловлены сложным взаимодействием комплекса разнообразных факторов, которые можно разделить на три экологические группы: абиотические, биотические и антропогенные (Factors affecting the..., 2008).

К *абиотическим* факторам следует отнести гидролого-морфологические процессы в устьевых областях рек, которые определяют пространственно-временную динамику всех гидрологических характеристик в эстуариях и прибрежной зоне Камчатки (Горин, 2012; 2013; Горин, Коваль, 2015; 2019; Горин, Коваль, 2019). Из них главными, влияющими на распределение и миграции лососей у побережья, следует считать распространение зоны речного стока, а в устьях рек – приливные колебания уровня воды. Так, например, в пределах зоны влияния речного стока обычно отмечаются максимальные скопления половозрелых рыб (рис. 2). Массовая миграция лососей из моря в реки наблюдается преимущественно в приливную фазу, когда течение в устьях рек замедляется (или поворачивает в обратную сторону), а глубины увеличиваются (Многолетняя динамика и..., 2015; Коваль, Горин, 2020).

Гидролого-морфологические условия в устьях рек Камчатки определяют также основные методы рыболовства, распределение рыболовных участков и орудий лова, береговую инфраструктуру рыбохозяйственного комплекса, особенности судоходства и, как следствие, эффективность освоения и промысловой нагрузки на отдельные стада и популяции лососей по побережью (Ихтиологические исследования эстуариев..., 2012; Многолетняя динамика и..., 2015; Коваль, Горин, 2020, 2021; Koval, Gorin, 2019). Часто эти условия являются также причиной правовых проблем организации лососевого промысла. Например, при определении положения устьев некоторых нерестовых рек, которые, согласно действующим Правилам рыболовства, являются отправной точкой при установке границ речных и морских рыболовных участков (Горин, Шевляков, 2013; Горин, Коваль, 2018).

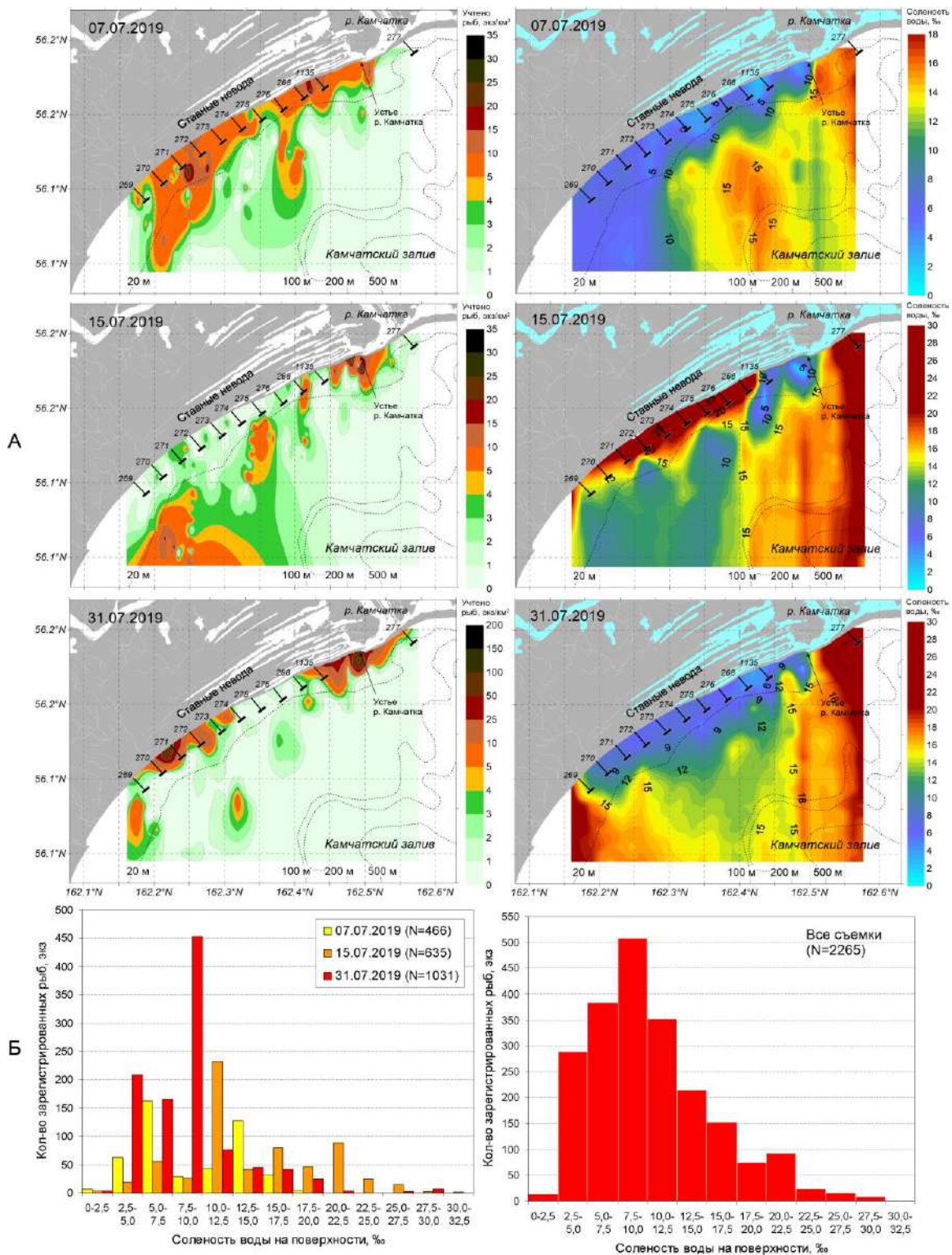


Рис. 2. Распределение относительной численности (А) тихоокеанских лососей (экз./км²) и солености воды на поверхности (‰), а также соленость воды (Б) на поверхности (‰) и общее количество зарегистрированных рыб (экз.) на трех гидролого-гидроакустических съемках, выполненных в районе расположения морских ставных неводов для прибрежного промысла лососей в Камчатском заливе в районе устья р. Камчатка в июле 2019 г.

Из *биотических* факторов следует отметить эффект хоминга, биологическое состояние и физиологическую готовность рыб для миграции в реки, а также межвидовые особенности миграционной активности рыб. Считается, что все реки отличаются друг от друга относительно стабильными во времени гидрохимическими особенностями, которые рыбы способны запоминать на ранних этапах жизни, а затем распознавать и реагировать на них при возврате на нерест (Hosier, Scholz, 1983; Sensitization of olfactory..., 1996). В результате, когда половозрелые рыбы подходят к побережью и попадают в зону влияния стока нерестовой реки, у них начинаются необратимые физиологические перестройки организма, которые задействуют механизм хоминга (Салменкова, 2016). Если рыбы, подошедшие к устью реки, физиологически не вполне готовы к нересту, они могут замедлять темп анадромной миграции и на какое-то время задерживаться на устьевом взморье, совершая локальные миграционные перемещения (Коваль, Горин, 2020). Половозрелые кижуч и горбуша в процессе анадромных миграций в море обычно подходят гораздо ближе к берегу, чем нерка и кета. С учетом этих особенностей, в частности, рекомендуется выбирать длину крыла морских ставных неводов от берега в сторону моря. Для лова кижуча такая рекомендованная длина составляет 100-150 м, горбуши – 250-400 м, кеты – 400-800, нерки – 800-500 м (Коваленко, 2005).

Основным *антропогенным* фактором на Камчатке следует считать промысел. Чрезмерная нагрузка на нерестовую часть популяций лососей во время прибрежного промысла может повлечь систематический недостаточный пропуск производителей на нерест в бассейны рек (Коваль, Тепнин, Горин, 2018; Коваль, Горин, 2020). Промысел также способен оказывать и прямое селективное воздействие на биологические показатели рыб, формирующих нерестовый запас (Оценка комплексного воздействия..., 2022). Помимо прямого воздействия, промысловая активность в районе устьев рек способна оказывать и косвенное негативное влияние на миграционную активность половозрелых лососей, нарушая динамику их нерестового хода в реки. Это может происходить за счет отпугивающего действия на рыб самих орудий лова или их отдельных элементов (Коваль, Горин, 2020). В результате рыболовная нагрузка может быть одной из ключевых причин, устанавливающих особенности нерестового хода лососей в реки, а также биологическую структуру и общее состояние их ресурсов в отдельных районах воспроизводства (Оценка комплексного воздействия..., 2022).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Специфика анадромной миграции и эффективность промышленного освоения тихоокеанских лососей в эстуариях и прибрежной зоне Камчатки определяется комплексом разнообразных экологических факторов как природного, так и антропогенного происхождения. Результат влияния этих факторов может существенно отличаться в зависимости от района воспроизводства и локальных физико-географических и социально-экономических условий (Коваль, Горин, 2020; Koval, Gorin, 2019). В отдельных случаях комплексное воздействие внешних условий может иметь негативные последствия для воспроизводства лососевых популяций и состояния их запасов (Коваль, Горин, 2020). Эти обстоятельства следует учитывать при разработке стратегии рационального промысла и обеспечения сохранения лососевых ресурсов в различных районах Камчатского края (Оценка комплексного воздействия..., 2022).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Горин, С.Л. Гидрологические процессы в лагунно-русловом эстуарии в теплый период года (на примере устья реки Большая, Западная Камчатка) / С.Л. Горин, А.А. Попрядухин, М.В. Коваль // Водные ресурсы. – 2019. – Т. 46, №1. – С. 2-13.

Горин, С.Л. Гидрологические процессы в эстуариях рек Ича и Крутогорова и в прилегающих водах Охотского моря в летний период / С.Л. Горин, М.В. Коваль // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2019. – № 55. – С. 147-173.

Горин, С.Л. О неопределенности правового статуса приливных осушек / С.Л. Горин, М.В. Коваль // Арктические берега: путь к устойчивости: материалы XXVII Международной береговой конференции (Мурманск, 24-29 сент. 2018 г.). – 2018. – С. 403-406.

Горин, С.Л. О проблеме разделения сфер ответственности контролирующих и надзорных органов рыбоохраны в устьевых областях рек / С.Л. Горин, Е.А. Шевляков // Рыбное хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 77-82.

Горин, С.Л. Современные морфологическое строение и гидрологический режим эстуария реки Камчатки / С.Л. Горин // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2013. – № 31. – С. 6-26.

Горин, С.Л. Состояние и перспективы исследований в эстуариях Камчатского края / С.Л. Горин, М.В. Коваль // Фундаментальные

проблемы воды и водных ресурсов: труды Четвертой всероссийской научной конференции с международным участием (Москва, 15-18 сент. 2015 г.) / ИВП РАН. – М., 2015. – С. 402-405.

Горин, С.Л. Эстуарии полуострова Камчатка: теоретические подходы к изучению и гидролого-морфологическая типизация. Итоги 10 лет исследований / С.Л. Горин // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2012. – № 27. – С. 5-12.

Ихтиологические исследования эстуариев рек Хайрюзова, Белоголовая и Ковран (Западная Камчатка) в июле-августе 2012 г. / М.В. Коваль, С.Л. Горин, К.В. Козлов [и др.] // Бюллетень изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2012. – № 7. – С. 91-106.

Коваленко, М.Н. Совершенствование лова лососевых рыб ставными неводами у побережья Камчатки: специальность 05.18.17 «Промышленное рыболовство»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / М.Н. Коваленко. – Петропавловск-Камчатский, 2005. – 26 с.

Коваль, М.В. Биологические ресурсы промысловых видов рыб и специфика их освоения в различных эстуариях Камчатского края / М.В. Коваль, С.Л. Горин // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность: тез. докл. междунар. науч. конф. (Севастополь, 13-18 сент. 2021 г.) / Институт биологии южных морей. – Севастополь: ФИЦ ИнБЮМ, 2021. – С. 568-569.

Коваль, М.В. К вопросу о гидрологическом режиме северной части Камчатского залива и возможности влияния ставных неводов на пропуск производителей нерки в р. Камчатка в путину 2018 г. / М.В. Коваль, О.Б. Тепнин, С.Л. Горин // Бюллетень изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2018. – № 13. – С. 222-228.

Коваль, М.В. Влияние физико-географических условий на состояние ресурсов анадромных рыб п-ова Камчатка / М.В. Коваль, С.Л. Горин: материалы всероссийской научн. конф. «Моря России: исследования береговой и шельфовой зон» (XXVIII береговая конференция) (21-25 сент. 2020 г., г. Севастополь). – 2020. – С. 411-412.

Многолетняя динамика и современное состояние ресурсов промысловых рыб рек Пенжина и Таловка (Северо-Западная Камчатка) / М.В. Коваль, С.Л. Горин, А.В. Бугаев [и др.] // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана (Река Пенжина и верхняя часть Пенжинской губы (Северо-Западная

Камчатка). Результаты комплексных исследований 2014 г.). – 2015. – № 37. – С.146-163.

Оценка комплексного воздействия промысла и гидрологических условий Камчатского залива на формирование нерестовых запасов тихоокеанских лососей р. Камчатка / А.В. Бугаев, О.В. Зикунова, О.Б. Тепнин [и др.] // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2022. – № 66. – С. 5-47.

Салменкова, Е.А. Механизмы хоминга лососевых рыб / Е.А. Салменкова // Успехи современной биологии. – 2016. – Т. 136, № 6. – С. 593-607.

Современный гидрологический режим нижнего течения реки Пенжины и первые сведения о гидрологических процессах в ее эстуарии (по результатам экспедиции 2014 г.) / С.Л. Горин, М.В. Коваль, А.А. Сазонов [и др.] // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана (Река Пенжина и верхняя часть Пенжинской губы (Север-Западная Камчатка). Результаты комплексных исследований 2014 г.). – 2015. – № 37. – С. 33-52.

Условия среды и биологическое сообщество гиперприливного эстуария рек Пенжина и Таловка (северо-западная Камчатка) в теплое время года / М.В. Коваль, С.Л. Горин, Ф.А. Романенко [и др.] // Океанология. – 2017. – Т.57, №4. – С. 597-610.

Факторы, определяющие динамику нерестового хода и современное состояние ресурсов нерки *Oncorhynchus nerka* р. Камчатка / М.В. Коваль, О.Б. Тепнин, С.Л. Горин [и др.] // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2020. – № 57. – С. 5-66.

Factors affecting the within-river spawning migration of Atlantic salmon, with emphasis on human impacts / E.B. Thorstad, F. Økland, K. Aarestrup, T. G. Heggberget // Rev. Fish. Biol. Fisheries. – 2008. – Vol. 18. – P. 345-371.

Hosier, A. D. Olfactory imprinting and homing in salmon: investigations into the mechanism of the imprinting process / A.D. Hosier, A.T. Scholz. – N.Y.: Springer Verlag, 1983. – 137 p.

Koval, M.V. The Role of environmental conditions in various types of estuaries for the productivity of Pacific salmon populations of Kamchatka / M.V. Koval, S.L. Gorin // NPAFC Technical Rep. (The Second NPAFC-IYS Workshop on Salmon Ocean Ecology in a Changing Climate). – 2019. – N 15. – P. 90-93.

Sensitization of olfactory guanylylcyclase to a specific imprinted odorant in coho salmon / A.H. Dittman, T.P. Quinn, G.A. Nevitt [et al.] // Neuron. – 1997. – Vol. 19. – P. 381-389.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ИНВАЗИИ МОНОГЕНЕЕЙ *GYRODACTYLUS SALARIS* МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ В БАССЕЙНЕ р. ТУЛОМА

С.А. Кращенко, А.А. Бессонов, В.С. Беликова
Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича),
г. Мурманск

Аннотация. Показаны результаты мониторинга инвазии молоди атлантического лосося моногенеей *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 1957 в бассейне р. Тулома. Впервые *G. salaris* отмечен здесь в 2015 г. До 2017 г. выявлен рост показателей инвазии, в 2018 г. паразит практически не встречен в реке. Но уже к 2020 г. уровень заражения молоди восстановился до значений 2017 г., и в последующие годы наблюдается рост показателей инвазии. За время исследования максимальные показатели инвазии молоди атлантического лосося отмечались осенью.

Ключевые слова: атлантический лосось, *Gyrodactylus salaris*, инвазия, мониторинг, река Тулома.

ВВЕДЕНИЕ

Gyrodactylus salaris Malmberg, 1957 – паразитический, живородящий плоский червь, относящийся к классу Monogenea, обитающий на поверхности тела атлантического лосося (*Salmo salar* L., 1758). Всемирной организацией по охране здоровья животных гиродактилез, вызываемый моногенеей *G. salaris*, признан особо опасным заболеванием атлантического лосося. Естественным ареалом паразита является бассейн Балтийского моря, включая Онежское озеро (р. Шуя), где он не вызывает заболеваемости у атлантического лосося (Влияние *Gyrodactylus salaris*..., 2001).

С 1970-х годов в результате рыбоводных работ занесен в норвежские реки, где вызвал катастрофическую потерю атлантического лосося. К настоящему времени обнаружен на молоди атлантического лосося в 51 реке (The surveillance programme..., 2020). В результате инвазии Норвегия потеряла около 15 % вылова атлантического лосося (Johnsen, Jensen, 1991).

На территории России *G. salaris*, за пределами естественного ареала, впервые отмечен в р. Кереть (Республика Карелия) в 1992 г. Существуют различные мнения о способе попадания в реку данного паразита, но наиболее вероятным считается внесение паразита в результате рыбоводных работ (Шульман, Иешко, Шуров, 1998). Это привело к сокращению стада взрослой семги более чем в 25 раз (Многолетние изменения эпизоотии..., 2008).

В 1993 г. «ПИНРО» им. Н.М. Книповича инициировал факультативный мониторинг молоди атлантического лосося на предмет заражения *G. salaris* в 17 реках Мурманской области, а с 2009 г. мониторинг проходит на постоянной основе в соответствии с приказами Росрыболовства № 844 от 22.09.2009 г. и № 648 от 25.08.2014 г. Целью мониторинга является своевременное обнаружение и контроль возможной инвазии *G. salaris* (Карасев, Мельник, Бессонов, 2017). В августе 2015 г. в р. Пак, приток р. Тулома, в результате мониторинговых работ впервые была обнаружена моногенея, морфологически сходная с *G. salaris* (Мельник, Бессонов, Мишопита, 2019).

Цель настоящей работы – обобщение и анализ результатов мониторинга инвазии молоди атлантического лосося моногенеей *G. salaris* в бассейне р. Тулома в 2015-2022 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе анализировали результаты мониторинга с момента обнаружения *G. salaris* на молоди атлантического лосося в 2015 г. в притоках р. Тулома. Исследованы реки Пак и Печа, а с 2017 г. к ним добавили реки Пяйве и Шовна. В каждом исследуемом притоке выбрали наиболее доступные станции (пороги) с максимальной плотностью скопления молоди атлантического лосося.

На станциях с помощью электроловильного аппарата отбирали молодь атлантического лосося, которую исследовали в живом виде. Исследование выполняли не реже 1 раза в год. Анализ рыб на наличие моногенеи *G. salaris* проводили по общепринятой паразитологической методике (Быховская-Павловская, 1985). Для обнаружения паразита микроскопическим методом применяли бинокулярный микроскоп Nikon SMZ 745T и МБС–10.

В статье «*Gyrodactylus salaris* Malmberg...» (2022) авторы доказывают принадлежность *G. salaris* от диких лососевых Мурманской области к гаплогруппе RBT, что и принято нами «a priori» при наших исследованиях. Подсчет особей *G. salaris* осуществляли на плавниках рыбы, за исключением жирового плавника. Обработку данных выполняли в MS Excel. Определяли экстенсивность и интенсивность инвазии, индекс обилия паразита (Parasitology meets ecology..., 1997).

Всего с 2015 по 2022 г. исследовано 517 экз. молоди атлантического лосося.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

При первом обнаружении *G. salaris* в 2015 г. на молоди атлантического лосося из р. Пак экстенсивность инвазии составила 36,7 %, интенсивность – 1-127 экз. и индекс обилия – 4,93 экз. (рис. 1). В 2016 и 2017 гг. наблюдается рост показателей инвазии. И к октябрю 2017 г. они составляют: экстенсивность – 100 %, интенсивность – 9-899 экз., индекс обилия – 125,1 экз. В 2018 г. пробы отбирались три раза, однако *G. salaris* не был обнаружен. В 2019 г. паразит снова был обнаружен в р. Пак только осенью со следующими показателями инвазии: экстенсивность – 50 %, интенсивность – 1-53 экз., индекс обилия – 11,7 экз. В течение 2020 г. показатели зараженности повышались: экстенсивность – от 43,7 до 71,4 %, интенсивность – от 1-44 до 1-1218 экз., индекс обилия – от 3,4 до 189,0 экз. В 2021 г. наблюдается незначительное уменьшение показателей инвазии, однако уже к осени 2022 г. заражение в р. Пак достигает максимальных значений за весь период наблюдений и составляет: экстенсивность – 100 %, интенсивность – 2-639 экз., индекс обилия – 262,8 экз.

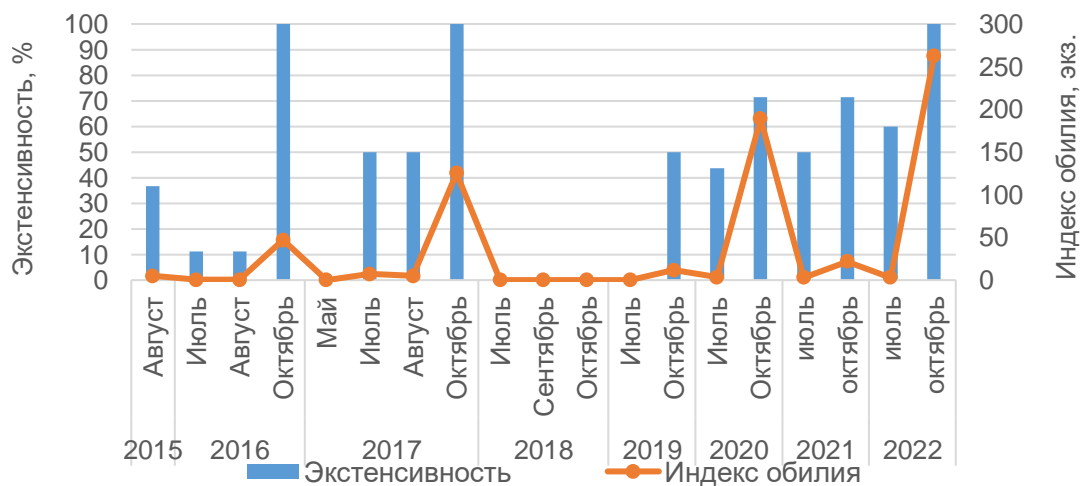


Рис.1. Межгодовая динамика показателей инвазии атлантического лосося моногенеей *G. salaris* в р. Пак

При первом обследовании р. Шовна в октябре 2017 г. был обнаружен *G. salaris*, экстенсивность инвазии составила 71,4 %, интенсивность – 1-347 экз. и индекс обилия – 60,7 экз. (рис. 2). В 2018 г. *G. salaris* отмечается только осенью с очень низкими показателями заражения: экстенсивность – 33,3 %, интенсивность – 1-7 экз. и индекс обилия – 1,2 экз. В 2019 г. в пробах моногенеея не обнаружена. *G. salaris* снова отмечен только в октябре 2020 г. и экстенсивность инвазии составила 100 %, интенсивность – 4-804 экз. индекс обилия – 404,0 экз. В 2021 г. показатели зараженности снижаются, а

в 2022 г. в р. Шовна не поймано ни одного экземпляра молоди атлантического лосося.

В реках Печа и Пяйве *G. salaris* не обнаружен, но, как показывает норвежский опыт (Johnsen, Jensen 1991), появление паразита в остальных реках бассейна р. Тулома – лишь вопрос времени.

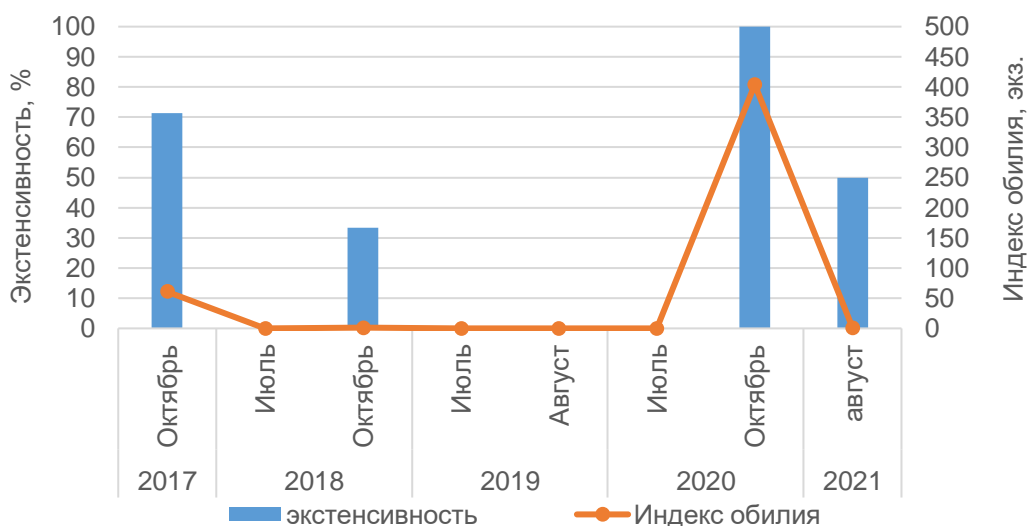


Рис.2. Межгодовая динамика показателей инвазии атлантического лосося моногеней *G. salaris* в р. Шовна

Также распространение паразита возможно не только в самой реке, но и в соседних реках через распресненные прибрежные воды, например, в р. Кола во время весеннего паводка, когда каскад Туломских ГЭС начинает сбрасывать значительные объемы воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ данных показал, что развитие инвазии делится на два этапа. В первый этап до 2017 г. шел значительный рост показателей инвазии. А в 2018 г. наблюдалось сильное уменьшение заражения. Это, по всей вероятности, связано с аномально жарким июлем, когда температура воздуха достигла абсолютного максимума и составила 31 °С при средних значениях 21,2 °С (среднегодовое значение в июле составляет около 14 °С). В 2019-2022 гг. снова отмечен быстрый рост численности паразита. Наибольшие показатели на протяжении всего исследуемого периода регистрировались поздней осенью, это связано с «холодолюбивостью» паразита, температурный оптимум жизнедеятельности которого лежит в промежутке 6,5-13 °С (Seasonal dynamics and persistence..., 2008). Все выше перечисленные изменения повторяют развитие инвазии в р. Кереть в начале 2000-х годов (Многолетние изменения эпизоотии..., 2008)

Полное отсутствие в р. Шовна молоди семги и отсутствие в р. Пак сеголеток может косвенно указывать на начавшуюся гибель рыб от *G. salaris*.

Очевидно, что необходимо продолжать мониторинг инвазии *G. salaris* в р. Тулома и сосредоточить усилия на осенних месяцах, включить в него все реки Кольского залива, как минимум, ближайшие к устью р. Тулома – низовья р. Кола и реки Большая и Малая Лавна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Быховская-Павловская, И.Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению / И.Е. Быховская-Павловская. – Л.: Наука. 1985. – 121 с.

Влияние *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 1957 (Monogenea: Gyrodactylidae) на популяцию атлантического лосося (*Salmo salar*) в реке Кереть и возможные меры борьбы с ним / Б.С. Шульман, И.Л. Щуров, Е.П. Иешко, В.А. Широков // Эколого-паразитологические исследования животных и растений Европейского Севера. – Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2001. – С 40-48.

Многолетние изменения эпизоотии молоди лосося (*Salmo salar* L.) в реке Кереть (бассейн Белого моря), вызванной вселением *Gyrodactylus salaris* Malmberg / Е.П. Иешко, Б.С. Шульман, И.Л. Щуров, Ю.Ю. Барская // Паразитология. – 2008. – Т. 6, № 42. – С. 486-496.

Карасев, А.Б. Паразитологический мониторинг зараженности молоди атлантического лосося диких популяций моногенеей *Gyrodactylus salaris* / А. Б. Карасев, В. С. Мельник, А. А. Бессонов // Мурманская область и север Карелии. Лососевые рыбы: биология, охрана и воспроизводство: материалы международной конф. (Петрозаводск, 18-22 сент. 2017 г.). – Петрозаводск, 2017. – С. 77-78.

Мельник, В.С. Результаты многолетнего паразитологического мониторинга зараженности моногенеей *Gyrodactylus salaris* молоди атлантического лосося в реках Мурманской области и реки Кереть (север Карелии) / В.С. Мельник, А.А. Бессонов, С.В. Мишопита // Проблемы Арктического региона: труды XVIII международной научной конференции студентов и аспирантов (Мурманск, 15-16 мая 2019 г.). – Мурманск, 2019. – С. 183-188.

Шульман, Б.С. Зараженность молоди семги (*Salmo salar* L.) *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 1957 в р. Кереть (Северная Карелия) / Б.С. Шульман, Е.П. Иешко, И.Л. Щуров // Паразиты и болезни морских и пресноводных рыб Северного бассейна. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1998. – С. 97-102.

Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited / A. Bush, K. Lafferly, J. Lotz, A. Shostak. – DOI 10.2307/3284227 // Journal of Parasitology. – 1997. – Vol. 4, Iss. 83. – P. 575–583.

Gyrodactylus salaris Malmberg, 1957 (Monogenea, Gyrodactylidae) spreads further – a consequence of rainbow trout farming in Northern Russia / H. Hansen, E. Ieshko, J.C. Rusch [et al.]. – DOI 10.3391/ai.2022.17.2.06 // Aquatic Invasions. – 2022. – Vol. 17, Iss 2. – P. 224-237.

The surveillance programme for *Gyrodactylus salaris* in Atlantic salmon and rainbow trout in Norway 2019 / S. Hytterød, G.J. Fornes, S. Larsen [et al.]. – Oslo: Norwegian Veterinary Institute. – 2020. – 5 p.

Johnsen, B.O. The *Gyrodactylus* story in Norway / B.O. Johnsen, A.J. Jensen // Aquaculture. – 1991. – Vol. 98 (1-3). – P. 289-302.

Seasonal dynamics and persistence of *Gyrodactylus salaris* in two riverine anadromous Arctic charr populations / A. C. Winger, M. Kanck, R. Kristoffersen, R. Knudsen. – DOI 10.1007/s10641-007-9274-x // Environmental biology of fishes. – 2008. – № 83. – P. 117-123.

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ РЕЖИМОВ ОСВЕЩЕНИЯ И КОРМЛЕНИЯ НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА И ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ РЕГУЛЯТОРОВ МИОГЕНЕЗА У СЕГОЛЕТОК АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (*SALMO SALAR* L.) В УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ

***М.В. Кузнецова, М.А. Родин, Н.С. Шульгина, М.Ю. Крупнова,
А.Е. Курицын, С.А. Мурзина, Н.Н. Немова***

*Институт биологии – обособленное подразделение Федерального
государственного бюджетного учреждения науки Федерального
исследовательского центра «Карельский научный центр Российской
академии наук» (ИБ КарНЦ РАН), г. Петрозаводск*

Аннотация. Исследовали активность ферментов энергетического и углеводного обмена в мышцах и печени, уровень экспрессии генов тяжелой цепи миозина *MyHC*, транскрипционных факторов регуляции миогенеза *MyoG* и *MyoD1a* в мышцах сеголеток лосося, искусственно выращиваемых при разных режимах освещения и кормления при постоянной температуре воды в регионе Северная Осетия – Алания. Приведены результаты, свидетельствующие о различиях в уровнях аэробного обмена и использования углеводов в биосинтезе, а также о различиях в процессах регуляции миогенеза у атлантического лосося в зависимости от фотопериода.

Ключевые слова: фотопериод, атлантический лосось, активность ферментов энергетического обмена, уровень экспрессии генов мышечных белков.

ВВЕДЕНИЕ

Свет – жизненно важный абиотический фактор, который оказывает существенное воздействие на развитие и рост рыб. Прямо или косвенно он влияет на пищевое поведение, плавательную активность, обучение, миграцию и размножение рыб, а у лососевых и на наступление периода смолтификации посредством влияния на эндогенные ритмы и уровни циркулирующих гормонов роста (Boeuf, Le Bail, 1999; Migaud, Davie, Taylor, 2010). В аквакультуре удлинение светового дня используется для увеличения скорости роста рыб. Ранее в исследованиях влияния фотопериода на молодь лосося при заводском выращивании в условиях северных широт было показано: постоянное освещение способствует ускорению роста особей, что сопровождается изменением аэробного и анаэробного обмена в мышцах, а также изменением уровня экспрессии генов мышечных белков (Muscle-specific gene expression..., 2020). В условиях южных регионов появляется возможность выращивания молоди лосося при температуре воды в диапазоне 8-18 °С, в отсутствие зимних

периодов низких температур, что позволяет рыбе питаться и расти круглый год. Исходя из этого, был поставлен эксперимент по влиянию постоянного освещения на рост и развитие сеголеток лосося *Salmo salar* L. (0+) в условиях аквакультуры в южном регионе России (Республика Северная Осетия – Алания).

Важными параметрами оценки состояния организма в онтогенезе являются энергетический обмен и темпы роста. Достаточный уровень синтеза аденозинтрифосфата (АТФ) определяет активный рост и развитие рыб, особенно в раннем онтогенезе и первые годы жизни, когда требуются высокие затраты энергии для синтеза структурных, функциональных и запасных соединений (Озернюк, 1985). Рост животных непосредственно связан с накоплением костной и мышечной тканей, причем последняя играет особенно важную роль в ростовых процессах у рыб, поскольку составляет больше половины массы их тела. Процессы регуляции мышечного роста, включающие экспрессию миогенных транскрипционных факторов, которые определяют интенсивность процессов гиперплазии (образование новых мышечных волокон) и гипертрофии (рост волокон), находятся в непосредственной зависимости от влияния внешних факторов, таких как фотопериод, температура, питание и другие (Johansen, Overturf, 2005, 2006; Bower, Taylor, Johnston, 2009).

Комплексное изучение показателей энергетического обмена и процессов роста мышц рыб, выращенных в условиях изменчивости внешних факторов (фотопериода и рациона кормления), позволит получить новые данные о биохимических и молекулярных механизмах, лежащих в основе роста рыб, и в частности о миогенезе. Целью данной работы было изучение активности ферментов энергетического и углеводного обмена в мышцах и печени, уровня экспрессии генов миогенеза в процессе роста и развития сеголеток атлантического лосося, выращиваемых в условиях постоянной температуры воды при воздействии двух режимов фотопериода (постоянного и естественного) в сочетании с разным режимом кормления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование влияния разных режимов освещения на рост и развитие сеголеток лосося проводили на предприятии ООО «Остров Аквакультура» (Республика Северная Осетия – Алания).

Сеголетки лосося (выклев 10-15 марта 2022 г., производитель Benchmark Genetics, Исландия) с августа до начала эксперимента (сентябрь) содержались в выростных лотках размером 4×1,2 м, объемом

2,5-2,7 м³ (изначально в количестве 4900 особей/лоток) в условиях непрерывного освещения. Кормление проводилось в круглосуточном режиме каждые два часа. С начала сентября сеголеток разделили на три экспериментальных группы по 2 лотка (при средней массе рыб 2,9 г в каждом лотке): группа № 1 (24С КК) – режим освещения постоянный (24С:0Т), кормление круглосуточное (КК); группа № 2 (ЕстФ КД) – экспериментальный – естественный фотопериод (ЕстФ), кормление в светлое время суток (с 06:00 до 18:00 в сентябре, с 08:00 до 18:00 в октябре, с 08:00 до 17:00 в ноябре), через каждые два часа (КД); группа № 3 – экспериментальный (24С КД), режим освещения постоянный (24С), кормление проводилось только в светлое время суток как у рыб из группы № 2 (КД).

Лотки с постоянным освещением были оборудованы светодиодными LED лампами (36W, 6500K). Температура воды была постоянной – 12,5 °С. Отход молоди рыб за весь период исследования составил 24, 33 и 19 % особей в группах 24С КК, ЕстФ КД и 24С КД соответственно. Для исследования отбирали сеголеток лосося 6 сентября (до эксперимента), 6 октября и 9 ноября; из каждой группы было взято до 15 особей из лотка.

Активность ферментов в пробах мышц и печени определяли спектрофотометрически (CLARIOSTAR, BMG Labtech). В мышцах определяли активность цитохром-с оксидазы (ЦО, КФ 7.1.1.9), лактатдегидрогеназы (ЛДГ, КФ 1.1.1.27) и альдолазы (КФ 4.1.2.13), в печени – активность ЦО, ЛДГ, альдолазы и пируваткиназы (КФ 2.7.1.40) (Smith, 1995; Bücher, 1955; Кочетов, 1980). Активность ферментов выражали в мкмоль/мин/ мг белка. Концентрацию белка определяли по методу Брэдфорда (Bradford, 1976). Уровень экспрессии генов тяжелой цепи миозина (*MyHC*) и транскрипционных факторов регуляции миогенеза (*MyoG* и *MyoD1a*) определяли методом ПЦР в режиме реального времени. Относительные уровни экспрессии исследуемых генов определяли по пороговому циклу (Ct) и нормализовали относительно *Ef-1α* (Livak, Schmittgen, 2001). Статистический анализ результатов проводили с использованием критерия Краскела-Уоллиса и последующим сравнением выборок по критерию Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки уровня энергетического обмена исследовали активность основных ферментов дыхательной цепи и гликолиза. Активность цитохром-с оксидазы (ЦО) дыхательной цепи митохондрий используется при оценке уровня аэробного обмена в тканях (Gauthier, Campbell, Couture, 2008). Лактатдегидрогеназа (ЛДГ) в белых мышечных волокнах

катализирует конечную реакцию анаэробного гликолиза, в связи с чем активность этого фермента указывает на уровень анаэробного обмена (Somero, Childress, 1980). Значения активности ферментов путей окисления глюкозы могут рассматриваться при характеристике уровня использования углеводов в биосинтезе и энергетическом метаболизме. Пируваткиназа является ключевым ферментом гликолиза, катализирует реакцию превращения фосфоенолпирувата в пируват, и уровень ее активности характеризует интенсивность этого процесса. Альдолаза (фермент гликолиза) катализирует образование дигидроксиацетонфосфата и глицеральдегид-3-фосфата, которые впоследствии участвуют в процессах гликолиза, глюконеогенеза и образования липидов (Cloning and unusual..., 1998).

Результаты исследования указывают на то, что постоянное освещение оказывало положительное влияние на прирост массы сеголеток лосося в процессе развития. Средний прирост массы на группу составил $14,1 \pm 0,1$ г, $12,2 \pm 0,2$ г, $13,1 \pm 0,2$ г у рыб с режимами 24С КК, ЕстФ КД и 24С КД соответственно. Установлено, что уровень активности всех исследуемых ферментов в мышцах рыб коррелировал с режимами освещения и кормления (принадлежность к экспериментальной группе). Уровень активности ЦО в мышцах особей был выше у особей из групп с постоянным освещением (24С КД и 24С КК), чем у рыб из группы ЕстФ КД (табл. 1). Это указывает на более высокий уровень аэробного обмена в мышцах особей из групп с постоянным освещением. Таким образом, возможно, что доступность корма и высокий уровень аэробного обмена позволяют рыбам, выращиваемым при постоянном освещении, использовать энергию не только для поддержания основного обмена веществ и физической активности, но и в процессах биосинтеза в мышцах. Установлено, что самые низкие по сравнению с группами с дополнительным освещением значения активности ЛДГ в мышцах рыб в ноябре были характерны для группы ЕстФ КД, при этом достоверные различия установлены для группы 24С КД (см. табл. 1). Таким образом, высокий уровень анаэробного обмена мышц коррелировал с высокой скоростью роста рыб при постоянном освещении.

Активность всех исследуемых ферментов в печени рыб, кроме ЛДГ, изменялась в зависимости от месяца исследования, а на активность пируваткиназы (ПК) оказывал влияние также фактор принадлежности к исследуемой группе. Уже через месяц после начала эксперимента (в октябре) активность ПК была ниже в печени сеголеток в группе ЕстФ КД по сравнению с печенью рыб из групп с круглосуточным освещением (см. табл. 1). Можно предположить, что у сеголеток при естественном

освещении ниже интенсивность образования пирувата и использования его в аэробном синтезе АТФ.

Таблица 1

Относительная активность ферментов в мышцах и печени атлантического лосося *Salmo salar* в группах, выращиваемых с разными режимами освещения и кормления

Месяц	Относительный уровень активности, мкмоль/мин/мг белка		
	24С КК	ЕстФ КД	24С КД
Мышцы			
ЦО			
Октябрь	0,017±0,001	0,014±0,001*	0,019±0,002 [#]
Ноябрь	0,022±0,002	0,019±0,001	0,022±0,001
ЛДГ			
Октябрь	4,92±0,21	4,92±0,16	5,67±0,44
Ноябрь	9,40±0,88	8,22±0,46	9,87±0,39 [#]
Альдолаза			
Октябрь	0,16±0,01	0,17±0,04	0,22±0,01
Ноябрь	0,29±0,02	0,45±0,02*	0,35±0,01* [#]
Печень			
ЦО			
Октябрь	0,074±0,006	0,055±0,004	0,066±0,006
Ноябрь	0,076±0,007	0,084±0,008	0,058±0,004 [#]
ПК			
Октябрь	0,018±0,001	0,014±0,001*	0,02±0,002 [#]
Ноябрь	0,025±0,001	0,023±0,002	0,023±0,001
ЛДГ			
Октябрь	1,28±0,08	1,19±0,07	1,34±0,06
Ноябрь	1,11±0,03	1,24±0,05	1,14±0,08
Альдолаза			
Октябрь	0,041±0,003	0,034±0,002	0,037±0,002
Ноябрь	0,017±0,001	0,022±0,001*	0,022±0,001*

*Примечание. Здесь и в табл. 2 24С КК – режим освещения постоянный, кормление круглосуточное; ЕстФ КД – естественный фотопериод, кормление в светлое время суток; 24С КД – режим освещения постоянный, кормление проводится только в светлое время суток. Различия достоверны при $p < 0,05$: * – в сравнении с группой 24С КК, # – в сравнении с группой ЕстФ КД.*

Совокупное действие режимов освещения и питания отражалось на перераспределении субстратов, используемых в энергетическом обмене. По уровню активности альдолазы в мышцах и печени особей различия между группами были установлены в ноябре (см. табл. 1). При этом значения активности этого фермента у рыб в группе 24С КК были самыми низкими, что указывает на снижение уровня использования углеводов в энергообеспечении мышц (в пользу других субстратов, например, липидов) и интенсивности глюконеогенеза в печени.

Установлены различия в уровнях экспрессии генов тяжелой цепи миозина (*MyHC*) и транскрипционных факторов регуляции миогенеза

MyoD1a и *MyoG*. Уровень экспрессии *MyHC* может быть использован как показатель, отражающий процессы синтеза белка и его накопления и темпы прироста мышечной массы в целом (Johansen, Overturf, 2006). Этот показатель был выше в мышцах особей из групп с постоянным освещением (24С КД и 24С КК), чем в мышцах рыб из группы ЕстФ КД (табл. 2), что соответствовало более высоким темпам их роста.

Таблица 2

Относительный уровень экспрессии генов *MyHC*, *MyoG* и *MyoD1a* в мышцах атлантического лосося *Salmo salar* в группах, выращиваемых с разными режимами освещения и кормления

Месяц	Относительный уровень экспрессии гена, ед.		
	24С КК	ЕстФ КД	24С КД
	<i>MyHC</i>		
Октябрь	46,84±2,65 [#]	34,74±9,13	49,96±7,02 [#]
Ноябрь	73,90±6,41 [#]	51,60±4,93	64,41±6,54 [#]
	<i>MyoG</i>		
Октябрь	43,79±4,20	37,71±3,30	46,34±8,57
Ноябрь	26,52±0,98	31,46±5,82	40,45±5,87
	<i>MyoD1a</i>		
Октябрь	53,60±7,21	40,20±4,13	60,07±9,85
Ноябрь	29,68±2,68	22,48±1,89	65,28±6,73* [#]

Постэмбриональный мышечный рост у рыб осуществляется за счет процессов гиперплазии и гипертрофии под контролем специфических миогенных регуляторных факторов – *MyoD1*, *Myf5*, миогенина (*MyoG*). По соотношению уровня экспрессии этих факторов можно оценить пути регуляции миогенеза, которые влияют на интенсивность процессов образования новых волокон или рост уже существующих (Johansen, Overturf, 2005). Установлено, что высокий уровень экспрессии гена *MyHC* согласовывался с повышенным уровнем экспрессии гена *MyoD1a*. Достоверные различия этого показателя были установлены для особей групп 24С КД и ЕстФ КД (см. табл. 2). Результаты указывают на различия в процессах регуляции миогенеза в зависимости от режима освещения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования указывают на то, что постоянное освещение оказывало положительное влияние на прирост массы сеголеток лосося в процессе развития, что согласовывалось с повышением уровня аэробного обмена в мышцах и усилением использования углеводов в гликолизе в печени рыб. Совокупное действие режимов освещения и питания отражалось на перераспределении субстратов, используемых в

энергетическом обмене. Особи, выращиваемые при постоянном режиме освещения, отличались более высокими уровнями экспрессии гена *MyHC* и *MyoD1a*, что указывает на влияние режимов освещения на темпы роста и процессы регуляции миогенеза.

Исследование выполнено на научном оборудовании ЦКП КарНЦ РАН. Работа проведена при финансовой поддержке проекта Российского научного фонда № 19-14-00081-П.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Кочетов, Г.А. Практическое руководство по энзимологии / Г.А. Кочетов. – М.: Высшая школа, 1980. – 272 с.

Озернюк, Н.Д. Энергетический обмен в раннем онтогенезе рыб / Н.Д. Озернюк. – М.: Наука, 1985. – 175 с.

Boeuf, G. Does light have an influence on fish growth? / G. Boeuf, P.Y. Le Bail. – Aquaculture. – 1999. – Vol. 177, Iss. 1-4. – P. 129-152.

Bower, N.I. Phasing of muscle gene expression with fasting-induced recovery growth in Atlantic salmon / N.I. Bower, R.G. Taylor, I.A. Johnston // Frontiers in zoology. – 2009. – Vol. 6. – P. 1-13.

Bradford, M.M. Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding / M.M. Bradford. – Anal. Biochem. – 1976. – Vol. 72. № 1-2. – P. 248-254.

Bücher, T. Pyruvate kinase from muscle / T. Bücher, G. Pfeleiderer // Methods in Enzymology. – 1955. – Vol. I. – P. 345-440.

Cloning and unusual expression profile of the aldolase B gene from Atlantic salmon / L. Llewellyn, G.E. Sweeney, V.P. Ramsurn [et al.] // BBA – Gene Structure and Expression. – 1998. – Vol. 1443, Iss. 3. – P. 375-380.

Gauthier, C. Physiological correlates of growth and condition in the yellow perch (*Perca flavescens*) / C. Gauthier, P. Campbell, P. Couture. – Comp. Bioch. Physiol. Part A. – 2008. – Vol. 151. – P. 526-532.

Johansen, K.A. Alterations in expression of genes associated with muscle metabolism and growth during nutritional restriction and refeeding in rainbow trout / K.A. Johansen, K. Overturf // Comp. Biochem. Physiol. Part A. – 2006. – Vol. 144. – P. 119-127.

Johansen, K.A. Quantitative expression analysis of genes affecting muscle growth during development of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / K.A. Johansen, K. Overturf // Marine biotechnology. – 2005. – Vol. 7, Iss. 6. – P. 576-587.

Livak, K.J. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta Ct}$ method / K.J. Livak, T.D. Schmittgen // Methods. – 2001. – Vol. 25, Iss. 4. – P. 402-408.

Migaud, H. Current knowledge on the photoneuroendocrine regulation of reproduction in temperate fish species / H. Migaud, A. Davie, J.F. Taylor // Journal of Fish Biology. – 2010. – Vol. 76, № 1. – P. 27-68.

Muscle-specific gene expression and metabolic enzyme activities in Atlantic salmon *Salmo salar* L. fry reared under different photoperiod regimes / M.V. Churova, N.S. Shulgina, A. E. Kuritsyn [et al.]. – Comp. Bioch. Physiol. Part B. – 2020. – Vol. 239, Art. 110330. – P. 1-11.

Smith, L. Spectrophotometric assay of cytochrome c oxidase / L. Smith // Methods in Biochem. Analysis. – 1995. – Vol. 2. – P. 427-434.

Somero, G.N. A violation of the metabolism-size scaling paradigm: activities of glycolytic enzymes in muscle increase in larger size fish / G.N. Somero, J.J. Childress // Physiol. Zool., 1980. – Vol. 53. – P. 322-337.

ФАКТОРЫ И МЕХАНИЗМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА УСЛОВИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛОСОСЕВЫХ РЫБ ПРИ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В.Н. Леман

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва*

Аннотация. Приводится краткая характеристика основных факторов негативного влияния различных способов добычи полезных ископаемых, выделены экологические проблемы в бассейнах лососевых нерестовых рек. Дано описание экологических механизмов, опосредующих воздействие на водные биоресурсы и среду их обитания. Приведены примеры количественной оценки негативного влияния.

Ключевые слова: лососи, техногенное воздействие, горная отрасль.

ВВЕДЕНИЕ

Особенно быстро в промышленный оборот вовлекаются россыпные и рудные месторождения благородных металлов, главным образом открытые разработки, которые наиболее распространены на малых и средних реках горных и предгорных районов. Эти районы, как правило, являются местами нерестово-выростных угодий лососевых рыб, при потере которых суммарный экономический эффект от разработки того или иного месторождения может оказаться существенно ниже заложенного в проекте.

При оценке воздействия горнодобывающих предприятий на речные экосистемы возникает ряд закономерных вопросов: каковы факторы воздействия, в чем это воздействие проявляется, насколько изменяются условия для воспроизводства рыб, обратимы ли эти изменения и как быстро происходит восстановление после ликвидации предприятия? Цель настоящей статьи – систематизация данных о воздействии горнодобывающей деятельности на речные экосистемы и лососевых рыб.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом послужили результаты исследований 1994-2016 гг. на россыпных и рудных месторождениях Камчатского края и Сахалинской области, дополненные литературными данными. Съёмки включали гидрологические, гидробиологические, ихтиологические и токсикологические работы, проведенные по общепринятым методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Масштаб и виды воздействий на речные экосистемы при разработке рудных и россыпных месторождений существенно различаются (см. таблицу).

Схема воздействия горнодобывающих предприятий на условия воспроизводства лососевых рыб

Фактор	Характер воздействия	Результат
<i>Речной водосбор и русло</i>		
Изъятие части водосборной площади	Нарушение водорегулирующей и водоохранной роли водосбора	Комплексное снижение биопродуктивности на прилегающих участках рек
Разработка золотоносных россыпей в русловых и пойменных аллювиальных отложениях	Изъятие участка реки в границах горного отвода. Строительство руслоотводов. Дражная добыча в реках	Потери нерестилищ и нагульно-кормовых угодий рыб в границах горного отвода. Снижение биологической продуктивности ниже-расположенных участков рек
<i>Водный режим</i>		
Сброс дренажных вод при осушении горных выработок	Локальное увеличение водности рек и ручьев	Снижение эффективности нереста за счет вымывания икры из гнезд при икрометании
Разгрузка грунтовых вод в шахты и карьеры	Нарушение вертикальной структуры подземных водоносных горизонтов. Перехват потока грунтовых вод, в норме разгружающихся в реках	Изменение локализации выходов грунтовых вод. Сокращение площади нерестилищ, расположенных на выходах грунтовых вод. Ухудшение водообмена и кислородного режима в нерестовых буграх лососей.
Глубинное бурение	Переток подземных вод между водоносными горизонтами. Изменение путей фильтрации грунтовых вод	Снижение выживаемости икры лососей
<i>Химический состав воды</i>		
Сброс рудничных (штольневых) вод	Увеличение содержания вредных элементов в воде и донных отложениях	Деградация водных экосистем при превышении предельно допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов:
Процессы выщелачивания на отвалах горных пород. Кислотный дренаж	Уменьшение рН воды. Вымывание рудных элементов (тяжелых металлов, мышьяка, селена и др.)	- сокращение видового состава, снижение численности и биомассы бентосных сообществ; - накопление в кормовом зообентосе тяжелых металлов

Фактор	Характер воздействия	Результат
Нарушение целостности торфяной залежи при вскрышных работах	Вымывание водорастворимых органических веществ. Повышение концентрации фенолов, нитритов, легких углеводов	
Поверхностный сток с загрязненной территории	Загрязнение вредными веществами, пролитыми на землю	
Просачивание цианидов из хвостохранилища (аварийная ситуация)	Загрязнение цианидами	Токсикоз и гибель гидробионтов
<i>Техногенный сток твердых наносов</i>		
Просачивание через дамбы отстойников тонких взвесей	Увеличение мутности рек за счет тонкодисперсной (неосаждаемой) фракции взвеси.	Обеднение перифитона. Уменьшение видового состава, численности и биомассы бентосных сообществ. Ухудшение кормовой базы.
Поверхностный сток загрязненных вод с селитебных территорий и площадок предприятий	Погребение и заиление естественных биотопов. Заиление нерестилиц лососей	Ухудшение водообмена и кислородного режима в нерестовых гнездах. Нарушение дыхания икры за счет адсорбции илистых частиц на оболочке. Снижение выживаемости икры в гнездах. Уменьшение плотности заселения заиленных участков рек молодь лососевых рыб. Иссечение жабр личинок и мальков рыб частицами минеральной взвеси кристаллического характера
Аварийные ситуации (прорыв дамбы отстойника и др.)		

Сформирован перечень факторов воздействия, которые относятся к неустраняемым или плохо регулируемым при разработке россыпных и рудных месторождений и которые трудно научно обоснованно учитывать при проведении расчетов ущерба водным биоресурсам.

Изменения ландшафта. Открытый способ разработки предполагает выемку и аккумуляцию горных пород, что изменяет гидрологические и гидрогеологические условия прилегающих территорий. При этом создается новый техногенный рельеф: отрицательные формы – карьеры, чередующиеся с положительными – отвалами пустой породы. Глубины карьеров, достигающие 400-500 м, приурочены к открытой разработке твердых полезных ископаемых.

Горные выработки, даже если они удалены от русла, могут влиять на водный режим рек. По мере расширения разработок все большая часть грунтовых вод выклинивается в карьерах, доля подземного питания рек снижается, а на отдельных участках возникает нисходящий режим фильтрации. На р. Левтыриновьям (Корякия) при перепаде отметок дна реки и карьера свыше 40 м суммарные потери поверхностного стока достигали 60-70 % меженного расхода. В пределах расположения карьеров градиент уменьшения водности был $0,05 \text{ м}^3/\text{с}\cdot\text{км}$ в руслоотводной канаве и $0,1 \text{ м}^3/\text{с}\cdot\text{км}$ в естественном русле. При этом карьерные выработки находились за границами водоохранной зоны. Ширина реки по ходу расположения горных выработок сокращалась в период низкой межени в 6 раз (1,1 м против 6 м).

Отстойники. Действующие системы очистки сточных вод от взвешенных частиц путем пропуска через каскад отстойников часто оказываются нерезультативными. По наблюдениям, в каскаде отстойников эффективность осаждения частиц размерами 0,1-0,01 мм составляет 75-95 %, размерами 0,01-0,005 мм – 25 %, тогда как более мелких (<0,005 мм) – всего до 2 %. Однако эти самые тонкие фракции, практически не осаждаемые в отстойниках, преобладают по объему (85-95 %), кроме того, они свободно просачиваются через дамбу отстойника.

Системы естественной очистки. Попытки осаждения илистых частиц путем сброса сточных вод на обширный болотный массив речной долины (шириной 20 км) дали положительный эффект только в первые несколько лет. За следующие 10 лет болотный массив покрылся иловыми отложениями, а загрязненные воды стали поступать напрямую в реку, причем содержание взвесей в них было 1000-2000 мг/л, что близко к исходной мутности сточных вод. Данный подход к очистке сточных вод показал свою неэффективность, так как задержка почвенно-растительным покровом минеральных частиц неизбежно приводит к его погребению и утрате фильтрующих свойств.

Глубокая очистка сбрасываемых вод современными методами и противоэрозионные мероприятия могут привести к столь высоким затратам, что сами работы по освоению месторождений могут стать нерентабельными.

О замкнутом водоснабжении. В проектах часто декларируются технологические схемы «бессточного замкнутого водоснабжения». Значительная часть России лежит в зоне избыточного увлажнения, обильной водоносности и большого подземного стока, что неизбежно приводит к переполнению отстойников. В результате распространяется практика намеренного спуска отстойников во избежание их переполнения. Как правило, это делается на фоне весеннего половодья и повышенной

мутности природных вод. Нередки аварийные сбросы из-за размыва дамбы или переполнения отстойников. Только в пределах разработок, расположенных в США, согласно доступной базе данных (Rico, Venito, Díez-Herrero, 2008; Reported tailings dam..., 2008), было зафиксировано более 180 случаев аварийных сбросов вод с высокой концентрацией взвеси.

Склоновый сток. Загрязнение рек мелкодисперсным материалом связано также с таким недооцениваемым фактором техногенного воздействия, как склоновый сток дождевых и талых вод с нарушенных земель. Зачастую воды склонового стока вообще не рассматриваются в качестве сточных. На разрабатываемых месторождениях на карьерные выемки и отвалы приходится до 90 % нарушенных земель, 10 % нарушенных земель связано с обеспечением добычи (дороги, линии электропередачи, мосты, хозяйственные и производственные сооружения). Все работы идут в долинах рек и ручьев, которые часто глубоко врезаются или имеют крутые склоны. Отвалы вскрываемых пород приходится размещать на склонах долин рек. Вся хозяйственная территория размывается в период дождей и таяния снегов и является мощным фактором загрязнения рек взвесями. Этот сток рассредоточен, практически не контролируется, развивается медленно, но устойчиво, усиливаясь от года к году. Специальные исследования показали, что модуль поверхностного смыва в период выпадения осадков на полигонах достигает 0,028 кг/км² сут, что более чем в 1000 раз превышает региональные значения этой характеристики.

Предельно допустимая концентрация. Нормирование поступления минеральных взвесей в водные объекты основано на рыбохозяйственных требованиях (Нормативы качества воды..., 2016): содержание взвешенных веществ не должно превышать природный фон в контрольном створе более чем на 0,25 мг/л для рыбохозяйственных водотоков высшей и первой категорий, а для водотоков, содержащих в межень природной взвеси более 30 мг/л, допускается их увеличение до 5 %.

Несомненной проблемой является то обстоятельство, что действующим законодательством «запрещается сбрасывать в рыбохозяйственные водотоки сточные воды, содержащие взвешенные вещества со скоростью осаждения более 0,4 мм/сек», что соответствует частицам размером приблизительно более 0,25 мм. Это требование введено для предотвращения заиления донных биоценозов. Получается, что более тонкие частицы размером менее 0,25 мм разрешаются к нормативному сбросу, хотя, как указывалось выше, в эту категорию попадают тонкие фракции, преобладающие в отстойниках. При попадании в реки такие

плохо осаждаемые частицы образуют хорошо различимый шлейф мутности, далеко распространяющийся вниз по течению.

Кислотный дренаж и сброс штольневых (шахтных) вод. Гидрохимические аномалии являются нормой практически во всех водотоках, дренирующих горнорудные месторождения, и поскольку фоновое содержание химических элементов часто превышает предельно допустимые концентрации для рыбохозяйственных водоемов, антропогенное загрязнение следует оценивать именно относительно этого естественного фона. С началом горных работ разрыхленные горные породы, рудные отвалы у штолен и штольневые воды становятся дополнительными постоянными источниками загрязнения. На месторождениях имеется тенденция к увеличению концентраций некоторых химических элементов с глубиной, поэтому вскрытие глубоких горизонтов подземными выработками приводит к увеличению их содержания в штольневых водах.

Один из методов оценки загрязнения речных экосистем токсичными металлами основан на способности гидробионтов к их накоплению (Лошкарева, 2009). Содержание металлов в тканях водных организмов находится в прямой зависимости от их концентрации в воде. Анализ содержания 10 тяжелых и переходных металлов в телах амфиботических насекомых (*Arctotipula* sp., *A. altaica*), собранных в зоне влияния штольневых вод на Агинском месторождении (Камчатка), показал, что по уровням накопления эти элементы можно разделить на две группы – с высоким (>1 мкг/г сырой массы) и низким (<1 мкг/г сырой массы) содержанием. К первой группе относятся Fe, Zn, Mn и Cu, ко второй – Cd, Ni, Pb, Cr и Co. Самые высокие концентрации наблюдались в гидробионтах, обитавших у устьев штолен, в частности содержание Zn, Cu, Cd, Pb и Cr здесь было в два раза выше, чем на чистых участках.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Добыча россыпного золота требует масштабных работ в руслах рек и ручьев, что на долгие годы выводит их из природного равновесия. Россыпи, обычно занимая все днище речных долин, требуют руслоотводных работ по всей длине их залегания. Мощная техника позволяет обрабатывать большие площади с незначительным удельным содержанием золота. Технологическая вода неизбежно загрязнена мелкодисперсными взвешенными частицами. Их осаждение при больших расходах воды представляет сложную техническую задачу. Схему оборотного водоснабжения с нулевыми сбросами и действующие нормативы по качеству воды выдержать трудно, так как в климатической

зоне избыточного увлажнения для их обеспечения необходимы большие площади отстойников, для строительства которых не всегда имеется достаточно места в горных условиях. На всех месторождениях отмечается загрязнение воды нижележащих участков рек минеральной взвесью. В результате численность рыб в границах горного отвода и на нижних участках рек с началом горных работ сразу и значительно изменяется, поэтому выделить вклад промышленной добычи россыпного золота в динамику численности рыб – относительно простая задача.

На рудных месторождениях, где нет русловых работ, ситуация иная. Их разработка сопровождается не прямым воздействием на нерестовые реки, а опосредованным – через изменение условий воспроизводства рыб. Внешне река остается нетронутой. Такое воздействие сложнее проследить и доказать. Здесь снижение численности может быть зарегистрировано не в год начала работ, а через несколько лет, когда подойдет на нерест соответствующее поколение лососей, испытавшее на себе воздействие, и еще может потребоваться несколько лет для накопления статистически достоверных рядов наблюдений.

В настоящее время в законодательной базе России отсутствует прямой запрет на разработку россыпных месторождений, обнаруженных непосредственно на нерестовых участках рек, причем даже для крупных нерестилищ. Принятие решений осуществляется на этапе согласования хозяйственной деятельности с территориальными управлениями Росрыболовства. И надо учитывать, что россыпи привязаны к руслам рек и их долинам, и для их отработки требуется отвод участков рек в сторону. Последующая рекультивация, т.е. возврат реки в прежнее русло, невозможна, так как не только самого русла уже нет, но и вся гидрологическая обстановка, на базе которой и существовали нерестилища лососей, полностью разрушается.

Во всех случаях цель мониторинга должна заключаться не в регистрации снижения рыбопродуктивности, а в ранней диагностике надвигающихся антропогенных перемен. Снижение рыбопродуктивности рек и тем более береговых уловов, – это слишком поздняя стадия деградации нерестовых рек, когда уже мало что можно изменить.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Лошкарева, А.А. Эколого-геологические условия Шанучского полиметаллического месторождения (Западная Камчатка), их трансформация при разведке и добыче полезных ископаемых и влияние на систему «река-водосбор»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2009. – 26 с.

Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552, с изм. на 10.03.2020).

Reported tailings dam failures: a review of the European incidents in the worldwide context / M. Rico, G. Benito, A.R. Salgueiro [et al.] // Journal of Hazardous Materials. – 2008. – Vol. 152, Iss. 2. – P. 846-852.

Rico, M. Floods from tailings dam failures / M. Rico, G. Benito, A. Díez-Herrero // Journal of Hazardous Materials. – 2008. – Vol. 154. – P. 79-87.

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ РИПУСА В ВОДОЕМАХ УРАЛА

А.В. Лугаськов, О.А. Трясцын

Уральский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («УралНИРО»), г. Екатеринбург

Аннотация. Попытки акклиматизации рипуса – крупной формы европейской ряпушки *Coregonus albula* – предпринимались на Урале в течение почти ста лет. К настоящему времени рипус натурализовался только в двух озерах Южного Урала – Увильды и Тургояк. В 2019 г. установлено существование самовоспроизводящейся популяции рипуса в Нижне-Качканарском водохранилище на Среднем Урале. На этом водоеме не ведется промысловый лов, регуляция численности и биологические характеристики зависят от сезонных колебаний уровня воды, влияющих на динамику развития кормовой базы, воздействия хищников и активности любительского рыболовства в зимний период. Различия водоемов по многим характеристикам и степень адаптации к условиям обитания в конкретном водоеме определяют особенности роста, созревания и эффективность естественного воспроизводства рипуса в водоемах Урала.

Ключевые слова: акклиматизация, рипус, ряпушка, естественное воспроизводство, плодовитость, натурализация.

ВВЕДЕНИЕ

На территории Урала (Челябинская, Свердловская, Курганская области) первые попытки акклиматизации сиговых рыб, включая европейскую ряпушку (рипуса), были предприняты, по сведениям Г.П. Померанцева (1957), почти 100 лет назад. Вселение новых видов проводилось в целях создания маточных стад (Померанцев, 1949, Корляков, 2014) и пастбищного товарного выращивания (Кудерский, 2001, Воронин, 2013). Однако большинство популяций вселенцев без повторных посадок резко снижало численность или полностью исчезало в течение нескольких лет. К настоящему времени самовоспроизводящиеся популяции рипуса сохранились в озерах Увильды и Тургояк в Челябинской области.

В 1960-70-х годах в результате проведенных рыбоводных работ в некоторых водоемах Свердловской области произошло формирование промысловых стад рипуса. Уловы рипуса в Свердловской области в эти годы, по данным Ю.А. Козьмина (1975), в оз. Таватуй достигали 72,6 т, оз. Шарташ – 20,0 т в год.

По результатам ихтиологических исследований, выполненных в 2005-2018 гг. на Нижне-Качканарском водохранилище на Среднем Урале, рипус в контрольных уловах не отмечался. В 2019 г. при контрольном облове водоема в прилове впервые были отмечены половозрелые особи

рипуса, готовые к размножению (Лугаськов, Силивров, 2020). Существующая популяция рипуса сформировалась за счет многократного выпуска личинок в период 2005-2007 гг.

Успешность акклиматизации рипуса в Нижне-Качканарском водохранилище определяется высоким качеством воды, наличием глубоководных зон, относительно слабым прогревом водоема, низкой проточностью, особенностями видовой структуры рыбного населения, наличием достаточных по площади участков для нереста.

По данным, полученным в 2019 г., показатели размерного роста, возрастной структуры и плодовитости рипуса из Нижне-Качканарского водохранилища близки к показателям рыб из оз. Увильды (Южный Урал). В 2021-2022 гг. повторяемость маловодных лет послужила причиной значительного снижения среднегодового уровня воды в водохранилище, что повлекло за собой сокращение площади открытой акватории в летний период, уменьшение объема, повышение температуры воды за счет прогрева мелководий. Следствием существенных негативных изменений условий обитания рыб, включая нагул и воспроизводство, стали снижение запасов кормовых организмов и нарушение преднерестового развития половых продуктов у рипуса. В настоящее время гидрологическое состояние водоема и условия обитания в нем гидробионтов следует рассматривать как чрезвычайную экологическую ситуацию, способную привести к утрате единственной самовоспроизводящейся популяции рипуса в Свердловской области.

Цель работы – всестороннее изучение различных сторон биологии акклиматизированной формы европейской ряпушки для определения путей стабилизации численности популяции и возможностей ее промыслового использования в Нижне-Качканарском водохранилище. Установленный факт натурализации рипуса в водохранилище указывает на актуальность акклиматизации этого вида в малых водохранилищах и незаморных озерах севера Свердловской области в целях увеличения их рыбопродуктивности за счет усложнения структуры ихтиоценозов и более эффективного использования кормовой базы водных объектов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данные о биологии рипуса, собранные при проведении контрольных обловов Нижне-Качканарского водохранилища в осенний период в 2019-2022 гг., легли в основу настоящей работы.

Водоохранилище расположено на р. Выя, принадлежащей бассейну р.Тобол, в 200 км на север от г. Екатеринбурга Свердловской области. Нижне-Качканарское водохранилище создано в 1963 г. для производственного водоснабжения Качканарского ГОКа, в каскаде с

Верхне-Качканарским водохранилищем оно регулирует срезки уровня паводковых вод и обеспечение г. Качканар технической водой.

Длина водоема около 8 км, ширина 1,12 км, площадь водного зеркала 8,95 км², полный объем при НПУ 85,5 млн м³. Средняя глубина составляет 9,55 м, максимальная – 33,5 м. Нижне-Качканарское водохранилище относится к числу холодноводных водоемов и по характеристикам полностью обеспечивает необходимые условия для естественного воспроизводства рипуса. Гидрологической особенностью этого водного объекта является слабая проточность, характерная для водохранилищ озерного типа.

Контрольные обловы разных участков Нижне-Качканарского водохранилища проводились разнорачейными орудиями лова в начале октября, в период образования преднерестовых скоплений. Наиболее успешно рипус отлавливался ставными сетями с ячейей 25-30 мм. Всего за время работы при контрольных обловах в качестве прилова было отловлено 74 рипуса в возрасте от 1+ до 3+ лет. Биологический анализ выполнен согласно методическим рекомендациям И.Ф. Правдина (1966). У рыб измеряли промысловую длину и длину тела по Смитту (мм), массу тела (г), массу гонад самок (г), определяли возраст по чешуе, коэффициент зрелости (КЗ) самок (отношение массы гонады к массе тела самки в %), рассчитывали индивидуальную абсолютную плодовитость (ИАП) (шт. икринок). Оценивали упитанность по Фультону, стадию зрелости половых продуктов, устанавливали соотношение полов.

Кроме рипуса, в контрольных уловах встречались лещ, плотва, окунь, щука и единично ранее вселенный чудской сиг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В выборке рипуса из контрольных уловов присутствовали главным образом половозрелые особи двух возрастных групп: рыбы в возрасте 2+ составляли 77,0 %, 3+ – 21,6 % и только в 2022 г. была отловлена 1 самка в возрасте 1+ лет.

Существующая в Нижне-Качканарском водохранилище популяция рипуса сформировалась за счет многократного выпуска личинок в период 2005-2007 гг. Биологические показатели рыб этой популяции впервые были изучены в 2019 г. (Лугаськов, Силивров, 2020). В последующие годы (2020-2022 гг.) ихтиологические наблюдения в осенний период стали регулярными. Постоянное присутствие разновозрастного рипуса в контрольных уловах указывает на успешную натурализацию вида в водохранилище с формированием самовоспроизводящейся популяции.

В 2019 г. в уловах присутствовали только готовые к размножению особи двух возрастных групп: 2+ и 3+. Средняя ИАП самок первой группы составила 7998 (6204-9763) шт. икринок, рыб второй группы – 14227 (8019-17820) шт. икринок. Начиная с 2021 г. в улове стали встречаться самки с недозревшими половыми продуктами (КЗ – 1,34-5,43 %), а в 2022 г. все добытые самки и значительная часть самцов этих возрастов по состоянию гонад готовились пропустить нерест (рис. 1).



**Рис. 1. Незрелые гонады самки рипуса в возрасте 2+. 05.10.2022 г.
(масса тела 73 г, длина 194 мм)**

Следует отметить, что в 2022 г. двухлетняя самка (1+) отличалась более развитыми гонадами (КЗ – 6,23 %), чем 3- и 4-летние особи, КЗ которых составлял 0,13-2,76 %, что может стать причиной снижения численности особей этих генераций в популяции рипуса в последующие годы.

В сравнении с 2019 г., одновозрастные особи в выборке из улова 2022 г. имели более низкие показатели роста (массу и длину тела), коэффициент зрелости гонад самок и упитанность у рыб старшего возраста. В наиболее многочисленной возрастной группе рыб (2+) соотношение полов изменилось в сторону увеличения доли самцов (табл. 1), роль которых в сохранении эффективности воспроизводства, по данным Г.В. Никольского (1974), может значительно возрастать при сокращении численности стада.

Причиной негативных изменений параметров популяции рипуса в 2022 г. могли быть: значительное падение уровня и сокращение почти на треть объема водохранилища в начале осени, обусловившие ухудшение условий питания рыб в результате снижения пищевой обеспеченности, изменение термического режима водоема в результате прогрева мелководий. Известно, что сигналом для ускорения созревания половых

продуктов у сиговых рыб является охлаждение воды до 6-8 °С, которое началось только со второй половины сентября.

Таблица 1

Биологические показатели рипуса Нижне-Качканарского водохранилища одного возраста в 2019 и 2022 гг. (средние значения и пределы их колебания)

Показатель	Возраст, лет			
	2+		3+	
	2019 г.	2022 г.	2019 г.	2022 г.
Масса тела, г	72 (57-106)	63 (48-79)	199 (158-215)	118 (93-137)
Длина, мм	207 (180-240)	193 (181-210)	259 (202-282)	242 (222-251)
Коэффициент зрелости, %	13,44 (6,62-18,27)	1,12 (0,13-2,76)	11,48 (4,80-15,64)	0,80 (0,20-1,58)
Упитанность по Фульгону	0,81 (0,53-1,05)	0,86 (0,58-1,00)	1,15 (1,02-1,19)	0,85 (0,70-1,10)
Соотношение самцов:самок	6 : 15	18 : 13	0 : 4	1 : 5
Кол-во, экз.	21	31	4	6

По нашим данным, средняя биомасса зоопланктона в вегетационный период 2022 г. была низкой (0,52 г/м³), что позволяет отнести водоем по классификации, представленной в работе «Краткая биолого-продукционная характеристика...» (1968), к малокормным.

Сравнение показателей роста рипуса из разных водоемов Урала показало, что рыбы из Нижне-Качканарского водохранилища в большинстве случаев превосходят по размеру тела одновозрастных рыб из озер Увильды и Щучье и сопоставимы в росте с рипусами из оз. Тургойк (табл. 2).

Таблица 2

Показатели роста рипуса в водоемах Урала

Водоем	Возраст, лет						Кол-во, экз.
	1+	2+	3+	1+	2+	3+	
	Длина, мм			Масса, г			
Оз. Увильды (2010 г.)*	176	196	225	56	72	109	151
Оз. Тургойк (2010 г.) *	141	227	265	78	123	180	135
Оз. Щучье (2011 г.)**	133	193	242	26	63	118	37
Нижне-Качканарское водохранилище (2019-2022 гг.)***	169	210	250	33	69	164	74

* Челябинская область, по данным К.А. Корлякова (2014).

**Курганская область, по данным В.П. Воронина (2013).

***Свердловская область, наши данные.

Созревание рипуса, как показали наблюдения, может быть растянуто на 1-3 года, а сроки начала и массового нереста будут определяться готовностью производителей, зависящей от эффективности нагула и температуры воды. Данные о величине коэффициента зрелости гонад самок указывают, что массовый нерест рипуса может проходить в первой половине ноября, в период установления ледового покрова, при достижении КЗ величины 20-25 %.

Если в 2021 г. мы говорили о вероятности пропуска нереста частью рыб, то полученные в 2022 г. данные указывают, что большая часть взрослых рыб не примет участия в размножении, а воспроизводство популяции рипуса в этом году может быть обеспечено за счет молодых впервые созревающих особей. В экстремальных ситуациях, по сведениям из работы Г.В. Никольского (1974), такая стратегия выживания (R-стратегия) часто встречается у короткоцикловых рыб с небольшой продолжительностью жизни.

По данным М.Л. Грандилевской-Дексбах (1957), отмечалось питание рипуса в озерах Таватуй и Белое придонными организмами (гаммарус, личинки тендипедид) в летний период, во время их массового развития. Обмеление водохранилища в 2022 г. позволило выявить огромные запасы затопленной древесины (рис. 2), которые могут быть продуктивными субстратами для донных животных, пригодных для питания рипуса при недостатке зоопланктона. Запасы эпифитного макрозообентоса в водоеме могли недоучитываться из-за сложности отбора проб на древесных субстратах.



Рис. 2. Обсохший берег Нижне-Качканарского водохранилища в районе впадения р. Деревянная (начало октября 2022 г.)

Неблагоприятные изменения экологического состояния Нижне-Качканарского водохранилища в 2022 г. поставили под угрозу существование популяции рипуса и других видов рыб.

Для восстановления численности одной из немногих на Урале самовоспроизводящейся популяции рипуса требуются разработка и выполнение специальных мероприятий, направленных на регуляцию численности стада, включая периодический выпуск в водоем личинок и подрощенной молодежи, сокращение плотности аборигенных видов рыб за счет мелиоративных обловов в целях повышения биомассы кормовых организмов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполненных в 2019-2022 гг. исследований установлено, что в Нижне-Качканарском водохранилище продолжительный период времени обитает самовоспроизводящаяся (натурализованная) популяция рипуса. Водоем до обмеления по лимнологическим и биопродукционным характеристикам полностью удовлетворял требованиям для обитания и естественного воспроизводства рипуса и других видов сиговых рыб.

По имеющимся оценкам кормовой базы рыб, это водохранилище в настоящее время следует отнести к малокормным водоемам. Как показали результаты ихтиологических наблюдений в 2022 г, критическое снижение уровня воды в водоеме, вероятно, явилось ключевым фактором ухудшения кормовой обеспеченности рипуса и негативно отразилось на готовности рыб к размножению.

Численность «качканарского» рипуса при отсутствии его промыслового изъятия регулируется внешними климатическими факторами, регламентом забора воды на технические нужды, интенсивностью зимнего любительского рыболовства и внутренними механизмами саморегуляции.

Для разработки научного обоснования по сохранению рипуса в Нижне-Качканарском водохранилище требуется выполнение оценки численности популяции и изучение сезонных аспектов питания рыб и контроля эффективности естественного воспроизводства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Воронин, В.П. Искусственное воспроизводство рипуса в периодически заморном озере Щучье / В.П. Воронин // Воспроизводство естественных популяций ценных видов рыб: материалы докладов 2-й

международной научной конференции (Санкт-Петербург, 16-18 апр. 2013 г.). / ГосНИОРХ. – Санкт-Петербург, 2013. – С.85-89.

Грандилевская-Дексбах, М.Л. Питание чудского сига, рипуса и их гибридов, акклиматизированных в озерах Урала / М.Л. Грандилевская-Дексбах // Известия ВНИОРХа. – 1957. – Т. 39. – С.181-207.

Козьмин, Ю.А. Состояние и перспективы промыслового использования местных и акклиматизированных на Урале рыб / Ю.А. Козьмин // Биологические основы рыбопродуктивности водоемов Урала / Труды Уральского отделения СибрыбНИИпроект. – Свердловск, 1975. – Т. 9, ч. 1. – С. 3-13.

Корляков, К.А. Натурализация европейской ряпушки *Coregonus albula* в водоемах Южного Урала / К.А. Корляков // Вестник Совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. – 2014. – № 2. – С. 7-18.

Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов Северо-Запада СССР / М.П. Пидгайко, Б.М. Александров, Ц.И. Иоффе [и др.] // Известия ГосНИОРХа. – 1968. – Т.67. – С. 205-228.

Кудерский, Л.А. Акклиматизация рыб в водоемах России: состояние и пути развития / Л.А. Кудерский // Вопросы рыболовства. – 2001. – Т. 2, № 1(5). – С.6-85.

Лугаськов, А.В. Сведения по биологии европейской ряпушки *Coregonus albula*, акклиматизированной в Нижне-Качканарском водохранилище (Средний Урал) / А.В. Лугаськов, С.П. Силивров // Вестник рыбохозяйственной науки. – 2020. – Т.7, № 3(27). – С. 45-50.

Никольский, Г.В. Теория динамики стада рыб / Г.В. Никольский // М.: Пищевая промышленность, 1974. – 448 с.

Померанцев, Г.П. Озеро Увильды и условия акклиматизации в нем сиговых / Г.П. Померанцев // Труды УралВНИОРХ. – 1949. – Т.4. – С. 59-63.

Померанцев, Г.П. Акклиматизация рипуса в озерах Урала и колебание численности его стада / Г.П. Померанцев // Известия ВНИОРХа. – 1957. – Т. 39. – С. 10-40.

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ В КАЧЕСТВЕ ДИСТАНЦИОННОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ ЧИСЛЕННОСТИ НЕРКИ р. ОЗЕРНАЯ

К.М. Малых

*Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»),
г. Петропавловск-Камчатский*

Аннотация. Представлены результаты натурных испытаний гидроакустических комплексов NetCor, DT-X и DIDSON, установленных на пути нерестовой миграции производителей нерки стада р. Озерная.

Ключевые слова: учет производителей тихоокеанских лососей, р. Озерная, оз. Курильское, нерка, гидроакустическая система, NetCor, DT-X, DIDSON.

ВВЕДЕНИЕ

Нерка относится к одному из наиболее ценных видов тихоокеанских лососей. В азиатской части ареала более 95 % запасов вида сосредоточено на Камчатке. Крупнейшие по численности стада воспроизводятся в бассейнах рек Камчатка и Озерная. По современным данным, в указанных водных объектах в среднем ежегодно добывали около 9 и 22 тыс. т производителей нерки соответственно, что составляет порядка 80-90 % от общего вылова вида на Камчатке. Важнейший элемент регулирования промысла тихоокеанских лососей в реках – обеспечение достаточного уровня численности производителей на нерестилищах для поддержания стабильного воспроизводства и рыболовства. Рациональное использование столь значимых биологических ресурсов требует особого подхода при организации мониторинга для управления их промыслом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При исследовании применяли метод натурных испытаний гидроакустических комплексов, установленных на пути нерестовой миграции производителей нерки.

Первый опыт освоения гидроакустического комплекса горизонтального зондирования для учета численности нерки получен в бассейне р. Озерная в 2010 г. при помощи многолучевого комплекса «NetCor» отечественной разработки. Результаты показали, что данные гидроакустической оценки числа прошедших рыб вполне представительны; производители нерки – крупные рыбы со средней длиной, превышающей 50 см, являются контрастными целями даже в условиях повышенного

уровня помех, характерных для мелководья нерестилищ (Опыт оценки численности..., 2012).

В 2011-2012 гг. работы в бассейне р. Озерная были продолжены на участке реки в 3,5 км ниже по течению, который более подходил под условия поставленной задачи, в том числе и по профилю сечения реки (рис. 1).

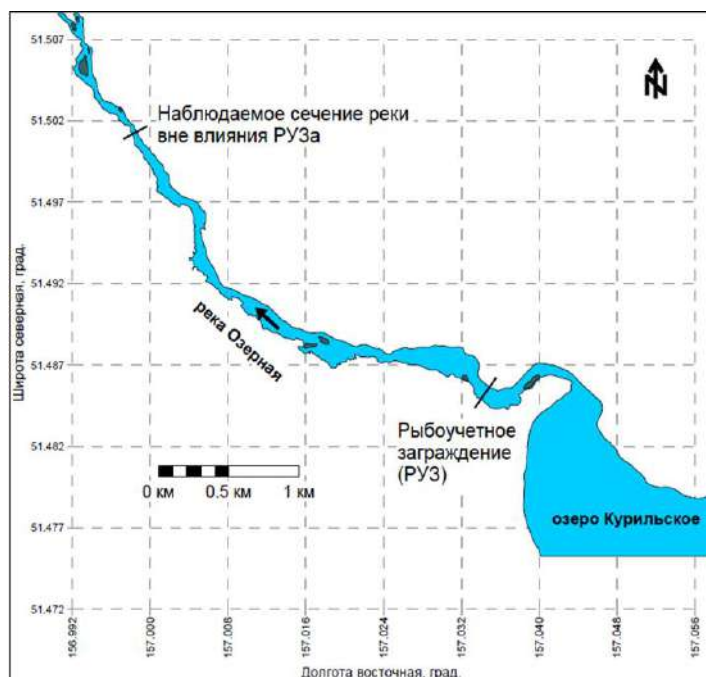


Рис. 1. Работы по гидроакустической регистрации производителей нерки в бассейне р. Озерная (2011-2012 гг.)

В 2017 г. работы в бассейне р. Озерная были продолжены, в качестве гидроакустических систем используется комплекс устройств – аналоговый звуковизор «DIDSON», обеспечивающий получение видимых изображений объектов с помощью звука, и цифровой однолучевой эхолот «DT-X» (Малых, Фадеев, 2017). Полигон для исследований находится выше всех промышленных рыболовных участков, на территории Южно-Камчатского заказника (рис. 2).

Сбор данных комплекса NetCor осуществлялся в программном продукте «NetCorIP.Экспедиция», обработка полученных данных — в программном продукте «NetCor. Process» (ООО «Промгидроакустика», Россия); запись подводной обстановки при использовании системы «DT-X» производилась в программном обеспечении Visual Acquisition ver. 6.4.1.12747 (BioSonics Inc., США), обработка эхограмм производилась в программном продукте Echoview ver. 8.0.105 (Echoview Software Pty Ltd, Австралия), сбор и обработка данных звуковизора – в программном

продукте DIDSON Control and Display вер. 5.26.40 (Sound Metrics Corp., США). Результаты обработки данных гидроакустических систем анализировали в программе Microsoft Excel 2007-2021 (Microsoft Corporation, США) с помощью стандартных средств и методик для работы со статистикой.



Рис. 2. Расположение гидроакустического полигона в бассейне р. Озерная (с 2017 г. по настоящее время)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В целом метод учета производителей тихоокеанских лососей с помощью гидроакустических комплексов в 2010 г. признали действующим и перспективным направлением. Появилась возможность в режиме реального времени получать оперативные оценки обилия рыб, мигрирующих на нерестилища, однако метод подразумевает использование дорогостоящей аппаратуры и, следовательно, его применение целесообразно только на значимых водотоках. Также метод требует тщательной подготовки и выбора места для установки. Пробные работы по гидроакустической регистрации производителей лососей были проведены в бассейнах рек Кихчик, Утка и Еловка, но установка и эксплуатация оборудования на этих водотоках оказалась технически сложной задачей и не позволила получить существенные результаты.

Звуковизор «DIDSON» имеет небольшой диапазон регистрации (до 10 м в режиме высокого разрешения), но при этом он эффективнее работает в условиях плотных скоплений рыб. Представляет собой устройство для получения изображения объектов при помощи ультразвуковых волн.

Однолучевые эхолоты производят регистрацию перемещения подводных целей и отображают их на эхограммах в виде прямых или изогнутых линий, как представлено на видеофрагменте в правой части. При этом толщина и цвет этих линий, контрастирующих на фоне «пустой воды», будут зависеть от отражательной способности, определяющейся размером объекта. Звуковизоры, в свою очередь, способны четко регистрировать перемещение объектов в условиях ограниченной видимости у дна, поверхности и в толще воды, как показано на видео в левой части.

Согласно публикациям по теме исследований, до недавнего времени применение звуковидения в России ограничивалось инструментальным обследованием и оценкой технического состояния подводной части конструкций гидротехнических сооружений и их отдельных частей, а также проведением поисково-спасательных работ силами МЧС и ПСС. Мы впервые в России адаптировали и внедрили данную технологию для регистрации мигрирующих производителей нерки и их количественного учета в реке. Звуковизор позволяет представить акустическое изображение в виде оптического и выделить не только направление перемещения объекта, но и его форму. В правой части представлен тот же фрагмент в ходе камерального анализа данных, с наложением слоя регистрации перемещения объектов, характеристики которых в дальнейшем используются для счета прошедших вверх по течению рыб.

Полигон на р. Озерная представляет собой участок реки шириной 45 м, где до 10 м от левого берега располагается зона регистрации звуковизора, поскольку здесь проходят до 46 % от всех учтенных производителей, а оставшиеся 35 м являются зоной регистрации эхолота «DT-X».

Для сравнительного анализа различных методов используются данные, получаемые на рыбоучетном заграждении в истоке р. Озерная, где ежегодно осуществляются работы по визуальному учету производителей нерки и с помощью авиаучетных исследований. В результате анализа выявлена линейная связь высокого уровня статистической значимости (рис. 3а), что позволяет говорить о сходимости результатов учета различными методами на р. Озерная, разнесенными по времени и расстоянию прохождения лососей через зоны регистрации. Анализ данных, полученных на полигоне и РУЗ в 2018-2022 гг. (см. рис. 3б, таблицу), показал, что количественная оценка тихоокеанских лососей на полигоне р. Озерная ведется на высоком уровне статистической значимости ($r^2=0,951$), что подтверждает репрезентативность работ. При пропуске от 1,4 до 2,3 млн производителей нерки разница между учетами составляла от 3 до 29 % (в среднем 18,8 %), что вполне допустимо, учитывая особенности разных методик.

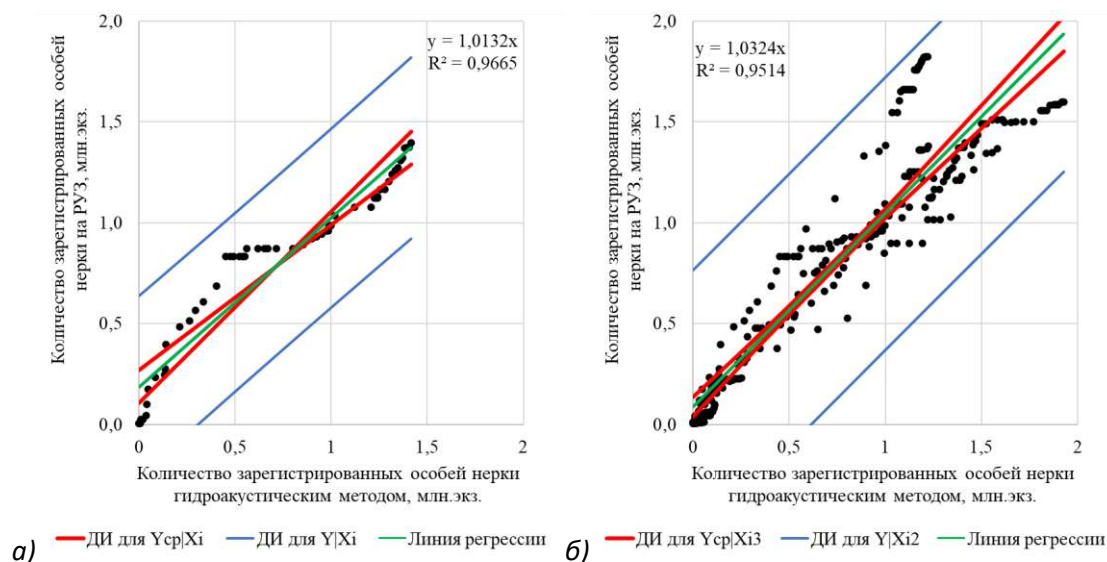


Рис. 3. Зависимость между результатами учета производителей нерки различными методами на р. Озерная в 2022 г. (а) и за период 2018-2022 г. (б)

Сравнительная оценка пропуска производителей нерки в р. Озерная гидроакустическим методом и на РУЗ в 2018-2022 гг., тыс. экз.

Год	Гидроакустический метод	РУЗ	Δ , %
2018	1778	1511	17
2019	1413	1824	29
2020	1400	1800	28
2021	1900	1623	17
2022	1434	1396	3

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование гидроакустической аппаратуры позволяет получать оценку численности производителей тихоокеанских лососей в режиме реального времени. В ходе работ по освоению приборов были разработаны уникальные методы оценки пропуска производителей на нерест.

На основе разработанных комплексных методов получена информация о динамике нерестового хода нерки в нижнем течении реки Камчатка и среднем течении р. Озерная. Данная информация позволяет разрабатывать стратегии управления промыслом и оперативно принимать решения для регулирования промысла тихоокеанских лососей в бассейнах исследуемых рек. Важнейшим фактором является обеспечение целевых ориентиров пропуска производителей нерки на нерестилища обеих рек, что позволяет соблюсти баланс эффективного воспроизводства и стабильного многолетнего рыболовства данных единиц запасов.

Результаты представленной системы мониторинга являются важнейшим информационным обеспечением при подготовке прогнозов динамики запасов нерки рек Озерная и Камчатка. В процессе подготовки прогнозов проводится сравнительный анализ полученных данных мониторинга и традиционных методов учета численности лососей на нерестилищах. Это позволяет методически дополнять информационный уровень оценок нерестовых запасов нерки в рассматриваемых водных объектах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Малых, К.М. Использование гидроакустических средств для количественного учета тихоокеанских лососей в период ската молоди и нерестовых миграций производителей / К.М. Малых, Е.С. Фадеев // Материалы отчетной сессии ФГУП «КамчатНИРО» по итогам научно-исследовательских работ в 2012 г. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2013. – С. 209-215.

Опыт оценки численности молоди и производителей тихоокеанских лососей гидроакустическим методом на путях миграции в пресноводных водоемах / А.И. Дегтев, Е.А. Шевляков, К.М. Малых, В.А. Дубынин // Известия ТИНРО. – 2012. – Т. 170. – С. 113-135.

БАКТЕРИАЛЬНАЯ ХОЛОДНОВОДНАЯ БОЛЕЗНЬ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ НА ЮГЕ РОССИИ

В.Н. Мальцев

Отдел «Керченский» Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО»,
г. Керчь

Аннотация. Приведена краткая научная характеристика бактериальной холодноводной болезни (BCWD), которая считается одним из наиболее значимых заболеваний лососевых рыб (Salmonidae), в том числе радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*), в мире. Ее строгий ветеринарный контроль регламентирован в России, но не выполняется в полной мере. Изложены результаты эпизоотических обследований двух форелевых хозяйств Крыма, в которых в декабре 2018 г. и сентябре 2019 г. при температурах воды около 10-12 °С произошли вспышки болезней, сопровождавшиеся массовой гибелью рыб разного возраста. В одном из хозяйств кумулятивная смертность молоди достигала 96 %. Собранные нами эпизоотические, клинические, патологоанатомические и светооптические данные свидетельствуют о том, что наиболее вероятными причинами этих гибелей были вспышки бактериальной холодноводной болезни. Возможными источниками инфекции для крымских хозяйств стали посадочные материалы (икра и молодь форели), завезенные из Краснодарского края. Предполагается существование очагов BCWD на юге России, снижающих экономическую эффективность форелеводства в этом регионе. Один из способов уберечься от бактериальной холодноводной болезни и иных опасных заразных болезней на юге России, по мнению автора, – создание полносистемных форелевых хозяйств, работающих на собственном посадочном материале и ограниченно контактирующих с другими хозяйствами.

Ключевые слова: бактериальная холодноводная болезнь (BCWD), радужная форель, Крым.

ВВЕДЕНИЕ

Бактериальная холодноводная болезнь считается одним из наиболее значимых заболеваний культивируемых и диких лососевых рыб (Salmonidae), обитающих в пресной холодной воде, в том числе радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*; *syn. Parasalmo mykiss*). Она наносит значительные прямые и косвенные экономические ущербы товарным лососевым хозяйствам и питомникам в различных регионах мира. Так, ежегодные потери от этой болезни в США при разведении кижуча (*Oncorhynchus kisutch*) и радужной форели оценивались в 1 млн долларов (LaFrentz, Cain, 2004; Antaya, 2008). Эта болезнь, несмотря на ее высокую социально-экономическую значимость, не соответствует некоторым критериям для включения в список (listed diseases) Международного эпизоотического бюро (МЭБ) (OIE – Aquatic Animal Health Code, 2022).

Поэтому бактериальная холодноводная болезнь не подлежит обязательному контролю и декларированию странами-членами МЭБ, что способствует ее дальнейшему распространению в ходе аквакультурной деятельности (международной торговли). В России это заболевание под общим названием «миксобактериозы лососевых и осетровых рыб» включено в список особо опасных и карантинных болезней (Об утверждении перечня заразных..., 2011). В 2019 г., а затем, уже в новой редакции, в 2021 г. утверждены ветеринарные правила, ограничивающие распространение и ликвидацию очагов этой болезни в стране (Об утверждении Ветеринарных правил..., 2021). Они предусматривают строгие требования к рыбоводным хозяйствам, в которых диагностируется это заболевание, а именно: введение карантина в очаге и на прилегающей территории, запрет на посещение хозяйства посторонними лицами, запрет на дальнейшие рыбоводные работы в нем до полного его оздоровления, запрет на вывоз из него рыбы и инвентаря, недопущение попадания инфицированных рыб в естественные водоемы и прочее. Введение и снятие карантина в неблагополучном хозяйстве осуществляет руководитель субъекта РФ.

В иностранной научной литературе бактериальная холодноводная болезнь (Bacterial Cold Water Disease, = BCWD) имеет несколько синонимичных названий, например, синдром мальков радужной форели (Rainbow Trout Fry Syndrome, = RTFS), холодноводная болезнь, синдром смертности мальков радужной форели и другие (Barnes, Brown, 2011). Все эти болезни вызываются одним возбудителем – грамотрицательными скользящими бактериями, тонкими палочками *Flavobacterium psychrophilum* (syn. *Cytophaga psychrophila*, *Flexibacter psychrophilus*), относящимися к семейству Flavobacteriaceae, отряда Flavobacteriales (Type strain of..., 2023). Их размеры 0,5-1,0 × 4-10 мкм; они зависят от возраста бактерий. Высокую патогенность *F. psychrophilum* связывают с их протеолитической активностью. Показана значительная генетическая и серологическая (не менее трех серотипов) гетерогенность *F. psychrophilum*, которая взаимосвязана с их вирулентностью (Barnes, Brown, 2011; Phenotypic and genetic..., 2021). По-видимому, это обстоятельство препятствует созданию эффективной коммерческой вакцины против данного заболевания; в этом направлении ведутся интенсивные экспериментальные работы (B. Austin, D. Austin, 2016; Efficacy of a polyvalent..., 2019; Assessment of cross-protection..., 2019).

Название синдром мальков радужной форели (RTFS) чаще применяют в Европе в случаях острого течения этой болезни среди личинок (на стадии желточного мешка) и ранней молоди радужной форели (массой 0,2-2 г). У заболевшей молоди отмечают анемию, эрозии и

геморрагии на коже, увеличенная селезенка, развивается бактериальная септицемия. Смертность в зараженной партии рыб может достигать 50-80 %, и даже 95 %. При остром течении у быстро погибших рыб внешние признаки болезни могут быть слабо выраженными (What should I do..., 1995; LaFrentz, Cain, 2004; Noga, 2010; Barnes, Brown, 2011). Название бактериальная холодноводная болезнь (BCWD) появилось и первоначально чаще использовалось в Северной Америке при подостром и хроническом течении этой болезни у сеголетков и подрастающих (массой 2-10 г) особей кижуча, радужной форели и стальноголового лосося (*O. mykiss*). В настоящее время считается, что все возрастные группы лососей восприимчивы к этой болезни, причем у более взрослых рыб она протекает хронически (Starliper, 2011). На коже, чаще в районе спинного плавника и хвостового стебля, образуются эрозии и язвы с признаками некроза кожной и мышечной тканей; чаще бывают разрушены жировой и спинной, иногда хвостовой плавники; окраска тела больных рыб темнеет; у некоторых развиваются пучеглазие и слепота. Кумулятивная смертность подрастающих рыб достигает 50 % (What should I do..., 1995). В ряде случаев образуются язвы на нижней челюсти рыб, происходят побледнение и некроз жаберной ткани, глубокие язвы на теле оголяют позвоночник, развиваются системные патологии внутренних органов (анемия и очаговые некрозы тканей печени, почки, селезенки, геморрагии на кишечнике, асцит). У больных рыб разного возраста отмечаются поведенческие аномалии – отказ от пищи, плавание по спирали, вялость, потеря равновесия, состояние удушья. Одним из характерных признаков длительного хронического течения BCWD считаются различные формы искривления позвоночника рыб (сжатие или изгибы в разных частях тела), обусловленные бактериальными повреждениями костной и хрящевой тканей. Рыбы с искривленными телами, достигшие товарного размера, теряют коммерческую ценность, что приводит к дополнительным экономическим потерям. При хроническом течении этой болезни кумулятивная смертность более взрослых рыб может составлять около 10-30 % (LaFrentz, Cain, 2004; Barnes, Brown, 2011; Starliper, 2011). Важно отметить, что BCWD иногда протекает совместно с другими инфекционными болезнями, например, йерсиниозом (возбудитель *Yersinia ruckeri*), бактериальной жаберной болезнью (возбудитель *Flavobacterium branchiophilum*), инфекционным гемопоэтическим некрозом (IHN), инфекционным панкреатическим некрозом (IPN), синдромом эритроцитарных телец-включений (EIBS) (LaFrentz, Cain, 2004; Noga, 2010; Starliper, 2011), что затрудняет диагностику и лечение этих болезней.

К болезни преимущественно восприимчивы лососевые виды рыб; кроме упомянутых раньше радужной форели и кижуча, атлантический

лосось (*Salmo salar*), чавыча (*Oncorhynchus tshawytscha*), горбуша (*O. gorbuscha*), нерка (*O. nerka*), кета (*O. keta*), американская паляя (*Salvelinus fontinalis*) и другие. Ее возбудитель регистрировался в Европе также у обыкновенного угря *Anguilla anguilla*, карпа *Cyprinus carpio*, линя *Tinca tinca*, золотого карася *Carassius carassius*, плотвы *Rutilus rutilus*, речного окуня *Perca fluviatilis* и других не лососевых видов рыб (LaFrentz, Cain, 2004; Starliper, 2011). Дикие рыбы служат резервуарами инфекции. Бактерии *F. psychrophilum* могут в течение нескольких месяцев (а по некоторым данным – до 300 дней) обитать в пресном водоеме вне организма рыб (в воде, на поверхности бассейнов и труб, на водорослях), сохраняя при этом патогенность (Starliper, 2011; Loch, Faisal, 2015). Однако основным источником заражения чаще служат больные, в том числе погибшие, и инфицированные клинические здоровые рыбы. Главным путем передачи инфекции считается горизонтальный ее перенос (от рыбы к рыбе через водную среду). Этому способствуют различные повреждения кожи и жабр, а также стрессы у рыб. Зараженная рыба выделяет в воду от 10 тыс. до 100 млн бактериальных клеток в час; погибшая рыб – еще больше (Barnes, Brown, 2011).

Бактерии *F. psychrophilum* холодолюбивы; болезнь развивается при температуре воды ниже 16 °С; более тяжелые и массовые ее вспышки у форели происходят при температуре около 10 °С (LaFrentz, Cain, 2004; Starliper, 2011). Повышение или понижение температуры снижает тяжесть болезни. В неблагополучном хозяйстве вспышки BCWD могут повторяться после стрессов у рыб, сочетаясь с сезонной динамикой температур (обычно весной и осенью). Высокие показатели смертности отмечаются у рыб, зараженных вирулентными штаммами бактерий, с которыми раньше эти рыбы не контактировали.

Считается, что бактерии *F. psychrophilum* распространены повсеместно в пресных водоемах умеренного климата. Интенсивная аквакультура (лососеводство, форелеводство) часто приводит к проникновению в местную экосистему высоко вирулентных штаммов *F. psychrophilum* и их укоренению в ней. Этому способствует недостаточная эффективность общепринятых методов дезинфекции икры (после стандартной обработки йодными препаратами до 2 % икры может оставаться зараженной); имеются экспериментальные данные о вертикальной передаче *F. psychrophilum* от родителей к потомству (LaFrentz, Cain, 2004; Barnes, Brown, 2011; Starliper, 2011). Болезнь и ее возбудитель регистрировались в Европе (Дания, Франция, Англия, Финляндия), Азии (Япония, Корея), Америке (США, Канада, Чили), Австралии и других странах (LaFrentz, Cain, 2004; Barnes, Brown, 2011). Генотипирование географических изолятов *F. psychrophilum* показало, что

они распространяются по миру преимущественно благодаря аквакультурной деятельности человека (Barnes, Brown, 2011).

В России под разными названиями (бактериальная холодноводная болезнь, миксобактериоз лососей, флавобактериоз и другие) эта болезнь или ее возбудитель выявлялись на Северо-Западе (Нечаева, Евсеева, Антипова, 2004; Кузнецова, 2009; Нечаева, 2015; 2017), Дальнем Востоке (Устименко, 2012), а также в южном регионе страны (Хотева, Моисеева, 2007). В Черноморском бассейне болезнь обнаруживали у радужной форели в Турции (Kayis, Carpin, Altinok, 2009; Boyacioglu, Akar, 2012; Serological and genetic..., 2018), Грузии (Palm, 2015), на Украине (Diseases of different..., 2019). Однако, несмотря на многочисленные научные публикации о встречаемости миксобактериозов (флавобактериозов) в России, официальная ветеринарная отчетность, собираемая по форме № 3-вет, практически «не замечает» этого заболевания в стране. Так, в 2014 г. из нескольких тысяч рыбоводных хозяйств страны лишь одно считалось неблагополучным по миксобактериозу (Наумова, Наумова, Логинов, 2016). На юге России, в Ростовской области, Ставропольском и Краснодарском краях и Крыму за период с 2015 по 2018 г. эта болезнь ветслужбой не регистрировалась (ответ на наш запрос из Департамента ветеринарии МСХ РФ; ноябрь 2019 г.). Сведения об обнаружении миксобактериозов (флавобактериозов) в рыбоводных хозяйствах страны отсутствуют в обобщенных ФГБУ «Национальный центр безопасности продукции водного промысла и аквакультуры» результатах государственного эпизоотического мониторинга предприятий аквакультуры в РФ в 2020-2022 гг. (Эпизоотическое состояние предприятий..., 2023). Официальная ветеринарная отчетность об эпизоотическом состоянии рыб (хозяйств аквакультуры) в РФ в отношении флавобактериозов не согласуется с результатами научных исследований бактериальных болезней лососевых рыб в регионах России. Настоящее исследование посвящено расследованию вспышек бактериальной холодноводной болезни в форелевых хозяйствах Крыма в контексте эпизоотической ситуации по данному заболеванию на юге России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основанием для проведения срочных эпизоотических исследований послужили обращения к нам руководителей двух форелевых хозяйств (ферм), одно из которых расположено в северной части Крыма, другое – в центральной его части. Сообщалось о внезапных вспышках заболеваний радужной форели, сопровождавшихся массовой гибелью рыб разного возраста. Экстренные выезды в эти хозяйства были выполнены нами в

конце декабря 2018 г. (в северную часть Крыма) и сентябре 2019 г. (в центральный регион Крыма). В каждом хозяйстве были опрошены рыбоводы (собран анамнез), осмотрены выростные бассейны, лотки с инкубируемой икрой и ранней молодью, в которых происходила гибель форели. Проведен массовый клинический осмотр погибших и умирающих рыб на месте (до 100 экз. в каждом хозяйстве). Показатели смертности учитывали согласно данным рыбоводов и результатам собственных наблюдений. В каждом хозяйстве отобраны пробы умирающих и недавно погибших форелей (не менее 15 экз.), имеющих внешние признаки болезни. Их упаковывали в полиэтиленовые пакеты и доставляли в лабораторию в охлажденном состоянии (в термосумке со льдом). От времени отбора до начала лабораторных исследований патологических материалов проходило до 24 ч, что обеспечивало хорошую их сохранность и качественную диагностическую обработку.

Патологоанатомические и микроскопические исследования рыб выполняли в лабораторных условиях. Перед обследованием рыб измеряли (с точностью 1-2 мм) и взвешивали (с точностью 0,1 г). Поверхность тела, плавники, органы и ткани рыб осматривали в отраженном и проходящем свете с помощью бинокля ST-6BT или МБС-10. Отмечали и документировали внешние и внутренние патологии у рыб, сопоставляя их с описаниями известных заразных болезней лососевых рыб (Noga, 2010; Bruno, Noguera, Porre, 2013). Свежие и фиксированные мазки, а также отпечатки органов микроскопировали в проходящем свете на увеличениях от 400 до 1000х с применением биологического микроскопа Микмед-6, укомплектованного фазово-контрастным устройством Фатек М 6-7, цифровой камерой TourCam (5 Мегапикселей) и окуляр-микрометром. Фазовый контраст повышал чувствительность микроскопических исследований неокрашенных свежих мазков. Точность измерений микроскопа с применением окуляр-микрометра составляла $\pm 0,5$ мкм, а при использовании программы Tour View 3.7 она возрастала до $\pm 0,1$ мкм. В некоторых случаях подсушенные мазки фиксировали в смеси спирта и формалина (40 %-ный формалин – 5 мл, этиловый спирт 96° – 95 мл), а затем окрашивали их метиленовым синим. Результаты исследований документировали с помощью цифровой портативной камеры Casio Exilim – P 700. Выделение бактерий на питательных средах не выполняли. При постановке диагноза руководствовались рекомендациями (LaFrentz, Cain, 2004; Noga, 2010; Starliper, 2011), согласно которым светооптическое обнаружение флавобактерий в совокупности с характерными клиническими и патологоанатомическими признаками флавобактериозов является достаточным основанием для рутинной диагностики этих болезней. Учитывали также, что флавобактерии вообще и в частности

F. psychrophilum трудно поддаются выделению в культуре даже в тех случаях, когда эти бактерии в большом количестве обнаруживаются у больных рыб микроскопически (Starliper, 2011; Loch, Faisal, 2015). В таких случаях светооптический диагноз на флавобактериоз является эффективным, быстрым и достаточно чувствительным методом постановки чаще предварительного, но иногда и окончательного диагноза.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследований форелевого хозяйства, работающего на артезианской воде в северной части Крыма, установлено, что посадочный материал – радужную форель навеской около 10 г и янтарную форель массой до 100 г – закупали в одном из питомников Краснодарского края. Сразу после завоза рыб в Крым, в августе 2018 г. при температуре воды выше 20 °С, у них отмечались признаки нездоровья (ежедневная повышенная гибель рыб). Лечебное кормление рыб с использованием антибиотиков (энрофлоксацин) дало положительный эффект. В декабре 2018 г., при понижении температуры воды в выростных бассейнах ниже 16 °С (после аварийной ситуации с водоподачей), смертность форели массой 10 г резко выросла (примерно в 10 раз). Болезнь охватила как радужную, так и янтарную форель. В конце декабря, при температуре воды около 11-12 °С, масштабы гибели рыб в этом хозяйстве резко выросли и составили более 100 кг с сутки (смертность в процентах не устанавливали). При клиническом осмотре рыб в бассейнах было видно, что форель была не энергичной (вялой) и плохо потребляла корм. На поверхности плавали умирающие экземпляры. На одной из линий водоподачи болезнь последовательно охватила рыб из нескольких расположенных рядом бассейнов. Это подтверждало заразную природу болезни. При лабораторных исследованиях рыб на их теле обнаружено избыточное количество серой слизи; плавники у оснований гиперемированные или разрушенные на концах; рты и жаберные крышки погибших рыб широко открыты; жабры бледные и сильно ослизненные. Некротические участки и язвы на теле и жабрах отсутствовали. Печень у некоторых рыб была темно-красного цвета, почка кровенаполнена, рыхлой консистенции, задняя часть кишечника сильно гиперемирована. При микроскопировании слизи с жабр обнаруживались многочисленные тонкие палочки (флавобактерии) размером 0,5 × 5 мкм. Во внутренних органах рыб число флавобактерий было небольшим. При обращении руководителей этого форелевого хозяйства в местную ветеринарную службу диагноз болезни не был установлен.

В ходе исследований форелевого хозяйства, расположенного на одной из горных рек в центральной части Крыма, установлено, что вспышке болезни предшествовал завоз молоди радужной форели навеской 8-10 г, а также партии икры янтарной форели из одного из частных хозяйств Краснодарского края. В предшествующие годы обследуемое хозяйство, имеющее собственный инкубационный цех, использовало для зарыбления своих производителей и полученную от них молодь форели; вспышек инфекционных болезней в нем в течение 5 лет работы не происходило. У завезенных в декабре 2018 г. из Краснодарского края рыб имелись явные признаки нездоровья: они были сильно разнородны по размерам и массе, у многих из них отсутствовали или были разрушены плавники, встречались экземпляры с искривлением тела, пучеглазием. Сразу после завоза началась гибель этих рыб. Завезенная икра при инкубировании дала очень большой отход (около 70 %); развитие эмбрионов было нестабильным; вылуплялось много уродцев. В апреле 2019 г. при температуре воды 10-12 °С смертность сеголетков радужной форели составляла около 20 % их численности; гибель рыб происходила сначала в бассейнах одной из линий водоподдачи, а потом распространилась на другую линию. В июне 2019 г. интенсивность гибели немного сократилась, при этом признаки болезни стали появляться в бассейнах с товарной форелью (400-500 г.). К 15 сентября 2019 г. отход товарной рыбы достигал около 90 кг в сутки. У заболевших взрослых рыб отмечались такие же внешние признаки болезни, как и у молоди: вялость, потемнение тела, поражение жабр, образование в них белых омертвевших участков, появление на жабрах обильной слизи, иногда вместе с кровью. Погибшие рыбы имели широко раздвинутые жаберные крышки и раскрытые рты, что свидетельствовало об их гибели от удушья. Кумулятивная смертность товарных рыб составляла около 10-15 %. Закупаемые в августе и сентябре 2019 г. дополнительные партии молоди радужной и янтарной форели навеской до 10 г, имевшие при завозе клинически здоровый вид, после нескольких недель выращивания заболевали и начинали массово гибнуть. В конце сентября 2019 г. месячные показатели смертности радужной форели составляли 36 %, янтарной форели – 96 %. Проведенные нами в конце сентября 2019 г. обследования хозяйства подтвердили масштабы непрекращающейся гибели молоди и товарных рыб. Температура воды в бассейнах в это время составляла 10 °С. При клиническом осмотре янтарной и радужной форели обнаружена значительная доля рыб с повреждениями плавников, искривлениями тела, пучеглазием, аномально раздвинутыми жаберными крышками, из-под которых виднелись воспаленные и ослизненные жабры. Больная рыба была вялой, плохо потребляла корм. При лабораторных

исследованиях больных рыб установлено, что поверхность их тела сильно ослизнена, особенно в районе плавников; из-за избыточной слизи тело рыб имело не яркую, а сероватую (матовую) окраску. Плавники некоторых рыб были воспалены, частично или полностью разрушены; наиболее часто были повреждены брюшные, спинной и хвостовой плавники. Язвы на теле отсутствовали. У молоди брюшко было слегка раздутым (признаки асцита), жабры распухшими (отечные), воспаленными и обильно покрытыми серой слизью. У некоторых молодых рыб вся жаберная ткань была омертвевшей (некротичной), представляя сгусток серой слизи. У отдельных рыб не только жабры, но и кожа нижней челюсти была омертвевшей. Печень имела серую или серо-розовую (бледную) окраску; ее края были гиперемированы. У мелких рыб патологии печени были сильнее выражены, чем у крупных. Селезенка часто увеличена в размере, рыхлой консистенции, содержала черноватые гемосидериновые включения. Почки радужной форели были переполнены кровью, с обильными гемосидериновыми включениями; у янтарной форели они чаще были анемичными с рыхлой тканью. Кишечник рыб был воспален либо в конечной части, либо по всей его длине; чаще он не содержал пищи и был заполнен желтой слизью, которая окрашивала брюшные стенки и жировую ткань полости тела. При микроскопировании мазков слизи с тела, жабр и внутренних органов в них обнаруживались многочисленные тонкие палочки (флавобактерии) размером $0,5 \times 5$ мкм.

Результаты патологоанатомических и микроскопических исследований больных рыб указывали на то, что мы имели дело с системной флавобактериальной инфекцией. Срочное применение против этой инфекции антисептических (перманганат калия) и антибактериальных ванн, а также использование кормов с антибиотиками (ципрофлоксацин, фуразолидон) дали быстрый положительный эффект. Интенсивность и масштабы гибели рыб после начала лечения резко сократились, но их гибель не прекратилась полностью. Введение в хозяйство более жестких санитарных мер (дезинфекция бассейнов и инвентаря, установка дополнительных дезинфекционных ковриков, рукомойников, обеззараживание спецодежды и прочее) помогло погасить очаг заболевания, однако не ликвидировало его полностью. Гибель форели с такими же клиническими признаками, но с меньшими масштабами (не более 5-10 % в бассейне) повторилась в этом хозяйстве в марте, а затем в сентябре 2020 г. При этом товарная продуктивность этого форелевого хозяйства в течение года после инфицирования снизилась примерно в два раза, что существенно уменьшило его экономическую эффективность.

Представленные выше результаты исследований показывают, что наиболее вероятной причиной острых вспышек заболеваний радужной

форели в Крыму является ее заражение вирулентными флавобактериями *F. psychrophilum* – возбудителями бактериальной холодноводной болезни. Возможна их ассоциация с возбудителями бактериальной жаберной болезни (флавобактериями *F. branchiophilum*); об этом свидетельствует тяжелое поражение, кроме кожных покровов, жабр рыб. Эти два патогена рыб имеют одинаковую морфологию и размеры клеток; вызывают болезни со сходными признаками. О вспышках BCWD в Крыму свидетельствует также то обстоятельство, что болезнь массово появлялась при температурах воды около 10-12 °С, которые являются оптимальными для этой болезни, и затухала при более высоких и низких температурах. В одном из хозяйств эта болезнь дала повторные сезонные вспышки, что характерно для BCWD.

В хозяйстве, расположенном в центральной части Крыма, болезнь протекала как в форме RTFS (массовая гибель личинок и ранних мальков), так и в форме BCWD (подострая и хроническая болезнь сеголетков и взрослых рыб). Зарегистрированные нами острые формы течения болезни у ранней молодежи рыб с показателями смертности до 90 %, хроническое ее течение у товарных рыб со смертностью около 15 %, а также клинические и патологоанатомические признаки болезни у молодежи и взрослых рыб во многом соответствовали научным описаниям бактериальной холодноводной болезни. В органах и тканях больных рыб светооптически хорошо обнаруживались многочисленные флавобактерии с характерными для *F. psychrophilum* размерами.

Предположение о вирусной этиологии болезни форели в Крыму (например, IHN, IPN, EIBS и других) было отвергнуто нами в связи с явным несоответствием наблюдаемых нами признаков болезней и таковых, свойственных упомянутым выше вирусным инфекциям. Версия о вспышке вирусной инфекции не поддерживается также тем, что заболевание форели в Крыму эффективно контролировалось антисептическими и антибактериальными лекарственными препаратами, чего при вирусных инфекциях не наблюдается.

В пользу поставленного нами диагноза также свидетельствует то, что у завезенных из Краснодарского края в Крым рыб, которые, на наш взгляд, стали источником инфекции, уже во время завоза имелись характерные для хронического течения BCWD признаки: искривление позвоночника, экзофтальм, потемнение тела, разрушение плавников и другие. Кроме того, к нам поступали устные сообщения из нескольких форелевых хозяйств Краснодарского края и Северной Осетии, сопровождаемые фотографиями, о том, что в этих хозяйствах в последние годы у рыб наблюдались массовые деформации позвоночника (у товарных рыб – до 25-30 % их численности). Это, а также результаты наших исследований дают нам

основания считать бактериальную холодноводную болезнь достаточно широко распространенной, а возможно и энзоотичной на юге России. О присутствии BCWD в черноморском регионе свидетельствуют также научные публикации о его частом обнаружении в форелевых хозяйствах Турции, подозрении на него в Грузии. Высокая тяжесть эпизоотий, наблюдаемых нами в форелевых хозяйствах Крыма, указывает на то, что в Крым могли попасть вирулентные штаммы *F. psychrophilum*, для которых иммунитет у местных популяций форели пока отсутствует.

У нас вызывает озабоченность то обстоятельство, что официальная ветеринарная отчетность не регистрирует очаги флавобактериозов рыб в России в целом и на юге страны в частности. По-видимому, именно это стало основанием для выдачи официальных ветеринарных сопроводительных документов на партии икры и молоди радужной форели, доставленные в Крым, которые, на наш взгляд, стали источником заражения для крымских хозяйств. Нужно иметь в виду, что завоз икры, хотя и уменьшает риски переноса опасных инфекций рыб, но даже после обработки лекарственными дезинфицирующими препаратами не гарантирует ее полное обеззараживание от возбудителей BCWD.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные в настоящей статье данные указывают на существование в южном регионе России, в Крыму и Краснодарском крае очагов бактериальной холодноводной болезни, способной вызывать масштабные эпизоотии и наносить форелеводству значительные ущербы. В южном регионе России (в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне) ежегодно выращивается около 800 т товарной форели; в этой индустрии задействованы более 20 товарных ферм. Их экономические потери могут быть обусловлены не только высокой смертностью рыб во время вспышек этой болезни у молоди (до 90 %), снижающей общую товарную производительность хозяйств (почти в два раза), но и обязательными противоэпизотическими (карантинными, диагностическими и лечебными) мероприятиями, предусмотренными для неблагополучных хозяйств новым ветеринарным законодательством РФ. Эта болезнь трудно поддается лечению, особенно учитывая ограниченность лекарственных препаратов, которые официально разрешены к использованию в России. Лечение рыб от флавобактериозов также затруднено способностью бактерий быстро вырабатывать устойчивость к применяемым антибиотикам. В этой связи основным методом контроля этого заболевания мы считаем его профилактику (предотвращение, недопущение проникновения в благополучное хозяйство). Это затрудняется отсутствием объективной эпизоотической

картины, достоверно характеризующей распространение флавобактериозов рыб в стране, которая должна быть (но не отражена) в официальной ветеринарной отчетности. Одним из способов уберечься от бактериальной холодноводной болезни и иных опасных болезней на юге России, на наш взгляд, является создание полносистемных форелевых хозяйств, работающих на собственном посадочном материале, дающем возможность минимально контактировать с другими потенциально небезопасными хозяйствами и питомниками, в том числе иностранными. Производителей (ремонтно-маточное стадо) желательно регулярно обследовать высокочувствительными методами молекулярной диагностики (скрининг) и своевременно выбраковывать инфицированных рыб. Мы не согласны с мнением о том, что флавобактериозы вообще, а холодноводная бактериальная болезнь в частности являются не основными, а вторичными инфекциями, а поэтому не заслуживают строгого ветеринарного контроля над ними (Воронин, Кудрявцева, Печенкина, 2022). Это точка зрения противоречит приведенным в настоящей статье результатам наших исследований и литературным данным, характеризующим международный опыт борьбы с этими болезнями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Воронин, В.Н. Миксобактериозы лососевых и осетровых рыб. Комментарии к приказу МСХ РФ № 644 от 22.09.2021 г. / В.Н. Воронин, Т.М. Кудрявцева, А.А. Печенкина // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2022. – № 1. – С. 38-41.

Кузнецова, Е.В. Болезни рыб в садковых хозяйствах Ленинградской области / Е.В. Кузнецова // Проблемы ихтиопатологии в начале XXI века (к 80-летию создания лаборатории болезней рыб ФГНУ «ГосНИОРХ»): сборник научных трудов Государственного НИИ озерного и речного рыбного хозяйства / Государственный НИИ озерного и речного рыбного хозяйства. – СПб., 2009. – Т. 338. – С. 110-115.

Наумова, А.М. Эпизоотологический мониторинг рыбоводных хозяйств и рыбопромысловых водоемов России / А.М. Наумова, А.Ю. Наумова, Л.С. Логинов // Труды ВНИРО. – 2016. – Т. 162. – С. 97-103.

Нечаева, Т.А. Флавобактериозы радужной форели в установках замкнутого водоснабжения / Т.А. Нечаева // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2015. – № 4. – С. 68-71.

Нечаева, Т.А. Эпизоотическое состояние форелевых хозяйств Северо-Западного региона России и современные методы их

оздоровления / Т.А. Нечаева // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2017. – №. 9. – С. 59-64.

Нечаева, Т.А. Бактериальные болезни радужной форели в условиях рыбоводных хозяйств Северо-Запада России / Т.А. Нечаева, Н.В. Евсеева, Н.А. Антипова // Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб: расширенные материалы Всероссийской научно-практической конференции (Борок, 16-18 июля 2003 г.). – Москва, 2004. – С. 420-429.

Об утверждении перечня заразных, в том числе особо опасных, болезней животных, по которым могут устанавливаться ограничительные мероприятия (карантин). Приказ Минсельхоза РФ № 476 от 19 декабря 2011 г. (с изменениями на 25 сентября 2020 года). – Текст: электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902324591> (дата обращения 31.01.2023).

Об утверждении Ветеринарных правил осуществления профилактических, диагностических, лечебных, ограничительных и иных мероприятий, установления и отмены карантина и иных ограничений, направленных на предотвращение распространения и ликвидацию очагов миксобактериозов лососевых и осетровых рыб». Приказ Минсельхоза РФ № 644 от 22 сентября 2021 г. – Текст: электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/726583027> (дата обращения 31.01.2023).

Устименко, Е.А. Бактериальные инфекции у тихоокеанских лососей при искусственном воспроизводстве на Камчатке: специальность 03.02.06 – «Ихтиология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Е.А. Устименко. – Петропавловск-Камчатский, 2012. – 22 с.

Хотева, Г.М. Эпизоотический мониторинг форелеводческих хозяйств южного региона России / Г.М. Хотева, Е.В. Моисеева // Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов-2: расширенные материалы Международной научно-практической конференции (Борок, 17-20 июля 2007 г.). – М: Россельхозакадемия, 2007. – С. 288-290.

Эпизоотическое состояние предприятий аквакультуры. – Текст: электронный // Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный центр безопасности продукции водного промысла и аквакультуры». – URL: <http://fishquality.ru/epizooticheskoe-sostoyanie-predpriyatiy-akvakultury/> (дата обращения 31.01.2023).

Antaya, C.L. Current eco-economical impacts of *Flavobacterium psychrophilum* / C.L. Antaya // MMG 445 Basic Biotechnology eJournal. – 2008. – Vol. 4. – № 1. – P. 16-21.

Assessment of cross-protection to heterologous strains of *Flavobacterium psychrophilum* following vaccination with a live-attenuated coldwater disease immersion vaccine / J. Ma, T.J. Bruce, P.S. Sudheesh [et al.]. – DOI 10.1111/jfd.12902 // Journal of fish diseases. – 2019. – 42 (1). – P. 75-84.

Austin, B. Bacterial fish pathogens: disease of farmed and wild fish / B. Austin, D.A. Austin. Sixth Edition. – Springer International Publishing Switzerland, 2016. – 732 p.

Barnes, M.E. A review of *Flavobacterium psychrophilum*: biology, clinical signs, and bacterial cold water disease prevention and treatment / M.E. Barnes, M.L. Brown. – DOI 10.2174/1874401X01104010040 // Open Fish Science Journal. – 2011. – Vol. 4. – P. 40-48.

Boyacioglu, M. Isolation of *Flavobacterium psychrophilum* causing rainbow trout fry syndrome and determination of an effective antibacterial treatment in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry / M. Boyacioglu, F. Akar. – DOI 10.9775/kvfd.2011.5254 // Kafkas Univ Vet Fak. – 2012. – 18(2). – P. 197-203.

Bruno, D.W. A colour atlas of salmonid diseases / D.W. Bruno, P.A. Noguera, T.T. Poppe. – Springer Science & Business Media. Second Edition, 2013. – 211 p.

Diseases of different aetiologies in salmonids in Ukraine / N. Matvienko, M. Maistrenko, L. Buchatsky, A. Didenko. – DOI 10.6001/biologija.v65i4.4121 // Biologija. – 2019. – Vol. 65, No 4. – P. 273-282.

Efficacy of a polyvalent injectable vaccine against *Flavobacterium psychrophilum* administered to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* L.) / R. Hoare, S.J. Jung, T.P. Ngo [et al.]. – DOI 10.1111/jfd.12919 // Journal of fish diseases. – 2019. – 42 (2). – P. 229-236.

Kayis, S. Bacteria in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the Southern Black Sea Region of Turkey – a survey / S. Kayis, E. Capkin, I.I. Altinok // The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh. – 2009. – 61(4). – P. 339-344.

LaFrentz, B.R. Bacterial coldwater disease. Department of Fish and Wildlife Resources and the Aquaculture Research Institute / B.R. LaFrentz, K.D. Cain. – University of Idaho, Moscow. – 2004. – 9 p.

Loch, T.P. Emerging flavobacterial infections in fish: a review / T.P. Loch, M. Faisal. – DOI 10.1016/j.jare.2014.10.009 // Journal of advanced research. – 2015. – Vol. 6. – № 3. – P. 283-300.

Noga, E.J. Fish diseases. Diagnosis and treatment / E.J. Noga. 2nd ed. – Wiley-Blackwell Publishing, 2010. – 519 p.

OIE – Aquatic Animal Health Code (2022). – Текст: электронный // World Organisation for Animal Health, Founded as OIE. – URL.: <https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/aquatic-code-online-access/> (дата обращения 31.01.2023).

Palm, R.C. Republic of Georgia – Rainbow Trout Production and Disease Management / R.C. Palm. – Manuscript, 2015. – 21 p.

Phenotypic and genetic characterization of *Flavobacterium psychrophilum* recovered from diseased salmonids in China / S. Li, J. Chai, C. Knupp [et al.]. – DOI 10.1128/Spectrum.00330-21 // Microbiology Spectrum. – 2021. – 9(2), e00330-21.

Serological and genetic characterization of *Flavobacterium psychrophilum* isolated from farmed salmonids in Turkey / I.B. Saticioglu, M. Duman, T. Wiklund, & , S. O. N. E. R. Altun. – DOI 10.1111/jfd.12901 // Journal of fish diseases. – 2018. – 41(12). – P. 1899-1908.

Starliper, C.E. Bacterial coldwater disease of fishes caused by *Flavobacterium psychrophilum* / C.E. Starliper. – DOI 10.1016/ j.jare.2010.04.001 // Journal of Advanced Research. – 2011. – Vol. 2. – № 2. – P. 97-108.

Type strain of *Flavobacterium psychrophilum* at BacDive – the Bacterial Diversity Metadatabase. – Текст: электронный // BacDive. The worldwide largest database for standardized bacterial information. – URL.: <https://bacdive.dsmz.de/strain/5529> (дата обращения 31.01.2023).

What should I do? A practical guide for fresh water fish farmer / H.J. Schlotfeldt, D.J. Alderman, F. Baudin-Laurencin [et al.]. – Published the European Association of Fish Pathologists. – Hannover, Germany, 1995. – 60 p.

РОЛЬ ОТДЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ В ФОРМИРОВАНИИ ЧИСЛЕННОСТИ ГОРБУШИ *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA*

С.Л. Марченко

*Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва*

Аннотация. Представлен обзор основных факторов, влияющих на формирование численности горбуши в пресноводный, ранний морской и морской (океанический) периоды жизни.

Ключевые слова: горбуша, численность, факторы среды

ВВЕДЕНИЕ

Горбуша – наиболее массовый вид тихоокеанских лососей, основной объект лососевого промысла в большинстве районов Дальнего Востока России. Влиянию различных факторов среды на формирование ее численности посвящено множество работ (Кагановский, 1949; Бирман, 1954, 1964, 1966; Леванидов, 1964, 1968; Костарев, 1964, 1973; Рухлов, 1968; Чупахин, 1973, 1975; Гриценко, 2002; Островский, 2011, 2014, 2018; Марченко, 2022; Wickett, 1958; Sheridan, 1962; McNeil, 1968; Raleigh, Nelson, 1985; Bonar, Pauley, Thomas, 1989; Bell, 1990; Levy, Slaney, 1993). Большинство исследований, за редким исключением, затрагивало только пресноводный период жизни горбуши. Вероятно, сосредоточенность на этом периоде обусловлена устоявшимся мнением о том, что конечная численность горбуши формируется в пресноводный и ранний морской периоды жизни (Шунтов, Темных, 2008, 2011; Условия нагула молоди..., 2021; Островский, 2022).

Несмотря на то, что изученность биологии и экологии горбуши находится на высоком уровне, до настоящего времени прогнозирование численности возврата этого вида остается наиболее сложным. Одной из причин ошибок промысловых прогнозов, без сомнения, следует считать недоучет разнообразных факторов среды, оказывающих прямое или опосредованное влияние на выживаемость горбуши на разных стадиях жизненного цикла. Отсутствие работы, обобщающей сведения о влиянии факторов среды на формирование численности горбуши, стало предпосылкой для подготовки настоящей статьи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Настоящая статья подготовлена на основании как литературных сведений, так и на анализе океанологических данных (материалов по скорости течений Мирового океана), метеорологических условий и результатов учетных траловых съемок на путях нагульных и преднерестовых миграций. Файлы, содержащие информацию о скорости течения Мирового океана, получены с сайта Центра данных по физической океанографии (Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PO.DAAC) (<https://podaac.jpl.nasa.gov>, дата обращения 15.10.2020), сведения о метеорологических условиях – с сайта Расписания погоды (<http://rp5.ru>, дата обращения 07.01.2023). Информацию о результатах учетных траловых съемок тихоокеанских лососей в 2006-2020 гг. представил Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (ТИНРО). Данные обработаны автором в электронных таблицах MS Excel и картографическом пакете ArcGIS с использованием оригинальных скриптов, написанных в Visual Basic for Applications и Model Builder.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Преферендумы. Термопреферендум молоди и производителей горбуши находится в пределах 2,5-15,5 °С (Смирнов, 1975; Bell, 1990). Верхний летальный предел температуры воды для горбуши равен 25,8 °С (Reiser, Bjornn, 1979), нижний – 0 °С (Bell, 1990).

Устойчивость к температурному стрессу определяется физиологическим состоянием рыб и зависит от ряда биотических и абиотических факторов, среди которых присутствие хищников и возбудителей болезней, наличие и выраженность течения, приток грунтовых или талых ледниковых вод, содержание в воде кислорода и других газов, а также длительность и интенсивность воздействия экстремальной температуры.

При температуре воды выше 17,0 °С миграционная и нерестовая активность горбуши снижается, выше 21,1 °С – приостанавливается (Bell, 1990; Smoker, Gharrett, Stekoll, 1998; Summary of technical..., 2001). Кроме того, при температуре воды выше 18 °С происходит стерилизация гамет (Smoker, Gharrett, Stekoll, 1998).

Для развития икры горбуши оптимальна температура воды от 4,5 до 12,8 °С (Bonar, Pauley, Thomas, 1989; Bell, 1990; Murray, McPhail, 1988; Summary of technical..., 2001). Прогрев выше 12,8 °С сопровождается увеличением смертности, а также ростом частоты встречаемости

отклонений в развитии эмбрионов, личинок и молоди (Лукина, 1966; Murray, McPhail, 1988; Bell, 1990).

Гибнет вся икра горбуши, отложенная при температуре воды 2 °С и ниже, а также икра, развивавшаяся в течение первых трех недель при температуре воды 16 °С и выше (Raleigh, Nelson, 1985).

После оплодотворения первые 20-30 сут икра горбуши должна развиваться при температуре воды не ниже 4,4 °С и набрать за это время не менее 190-215 градусодней, чтобы пройти критическую стадию в развитии – процесс эпиболии. Скорость прохождения эпиболии зависит от температуры воды. Например, при 12-14 °С этот процесс заканчивается через 9 (Енютина, 1972), 9,5 °С – через 13 (Смирнов, 1975), 5,0 и 3,5 °С – через 27 и 40 (Velsen, 1987) сут.

После завершения этой стадии икра становится резистентной к низким положительным температурам, вплоть до 0 °С (Смирнов, 1975; Городилов, 2003; Velsen, 1987).

Помимо термических условий, возможность прохода в реки и эффективность нереста определяются речным потоком. При высоком уровне воды нерестовой миграции препятствует мощный поток – горбуша не может преодолеть течение, скорость которого превышает 2,13 м/с (Bonar, Pauley, Thomas, 1989). При низком уровне воды (если глубина русла <0,18 м) перемещение по реке затруднено (Reiser, Bjornn, 1979). На нерестилищах производители образуют скопления максимальной плотности на участках рек глубиной 0,2-1,0 м (Двинин, 1952; Голованов, 1982; Raleigh, Nelson, 1985; Heard, 1991) и со скоростью течения 0,40-0,67 м/с (Крохин, Крогиус, 1937; Двинин, 1952; Голованов, 1982; Andrew, Geen, 1960).

В паводки усиливающийся речной поток снижает эффективность нереста горбуши. Например, возрастание скорости течения с 0,2-0,4 до 0,8 м/с и выше сопровождается увеличением в 1,6-2,2 раза количества икры, вымываемой из нерестовых гнезд (Рухлов, 1968). При скорости течения выше 1,1 м/с производители горбуши смещаются на периферию нерестилищ; гнезда, построенные на таких участках, обсыхают после снижения уровня воды. Икра, вымытая из нерестовых гнезд и находящаяся в обсохших после прохождения паводка нерестовых гнездах, погибает.

В паводки в воду поступает большое количество тонкодисперсных частиц как следствие размывания речного дна, разрушения берегов и затопления поймы, что приводит к росту мутности воды. Горбуша прекращает нерест при концентрации тонкодисперсных взвесей в воде свыше 220 мг/л и не заходит в водотоки, в которых концентрация взвешенных частиц превышает 1820 мг/л (Рухлов, 1968; Рослый, 2002). Механическое воздействие аллювия, вовлеченного в движение речным

потоком в паводки, приводит к тотальной гибели икры, не прошедшей эпиболию (Смирнов, 1975).

Есть мнение (Леванидов, 1964), что дождевые паводки не оказывают негативного влияния на икру, прошедшую эпиболию. Однако катастрофические паводки, изменяющие морфологию русел рек, негативно влияют на выживаемость развивающейся икры и личинок горбуши вне зависимости от стадии их развития. Например, в реках северо-восточного побережья Сахалина в начале октября 2015 г. прошел исключительно сильный паводок, вызванный мощным тайфуном (tr5.ru, дата обращения 07.01.2023). Ко времени его прохождения у развивающейся икры горбуши завершилась эпиболия, и она была устойчива к механическим воздействиям. Но экстремально мощный поток размыл или, напротив, «захоронил» обширные участки нерестилищ под древесными завалами и аллювием. В результате объем добычи дочернего поколения в 2017 г. был более чем в пять раз ниже вылова родительского поколения – 6,6 против 34,3 тыс. т.

Паводок фенологической весной является фактором, определяющим продолжительность покатной миграции молоди горбуши и срок выхода в морское побережье (Павлов, Михеев, Костин, 2019). Слабовыраженный паводок приводит к росту длительности миграции и задержке начала раннего морского периода жизни (Результаты естественного нереста..., 1962; Бакштанский, 1970; Смирнов, 1975; Ким, 2005; Полиморфизм покатной молоди..., 2016). Мощный речной поток вымывает из грунта и выносит в морские воды рыб, физиологически не готовых к смене среды обитания. Экспериментальными работами показано (Weisbart, 1968), что 50 % незрелой молоди горбуши (по морфологическим признакам соответствующей личинкам) в морской воде (31,8 ‰) погибает в течение 69-85 ч. Кроме того, усиление речного потока сопровождается ростом концентрации тонкодисперсных взвесей в воде.

С термическим и гидрологическим режимами тесно связано содержание кислорода в воде. В летнюю межень вследствие сезонного роста температуры концентрация кислорода в воде снижается. В ряде южных районов концентрация кислорода уменьшается до летальных для горбуши значений. Для производителей горбуши оптимально содержание в воде не менее 6,30-8,00 мг/л, для эмбрионов и личинок – не менее 6,00 мг/л, в период покатной миграции молоди — не менее 7,75 мг/л (Davis, 1975; Raleigh, Nelson, 1985). Минимальная пороговая концентрация кислорода для производителей, развивающихся эмбрионов и личинок, а также для покатной молоди равна 5,00; 3,00-4,00 и 4,25 мг/л (Doudoroff, Shumway, 1970; Davis, 1975; Heard, 1991).

Места нереста. Подавляющее большинство производителей горбуши размножается на проточных русловых нерестилищах*. Как правило, они расположены в руслах рек в конце плесов перед перекатами. На их акваториях избыточное гидростатическое давление создает условия для инфильтрации русловых вод в грунт и приводит к формированию подруслового потока, который омывает нерестовые гнезда горбуши.

Характерная особенность типичных нерестилищ горбуши – высокая изменчивость их гидрологического и термического режимов в течение года. Так, основной сток – до 45 % от годового – приходится на весеннее половодье. Его основу формируют, главным образом, талые воды, поступающие при распалении снега и льда, накопленных в речных бассейнах за холодный период года. Второй, как правило, менее выраженный пик – 30-35 % от годового – связан с обилием дождей и приходится на фенологическую осень. Снижение стока в зимнюю и летнюю межени связано как с отсутствием поступления талых и дождевых вод, так и с истощением вод, накопленных в аллювии и сезонно-талом (деятельном) слое почв в речных бассейнах соответственно в предзимний период и фенологической весной. Дополнительной причиной снижения стока в зимний период является отвлечение части вод на формирование грунтовых и покровных льдов, а также на образование наледей, которые перехватывают русла рек и отводят воду на дневную поверхность (Воскресенский, 1962; Ресурсы поверхностных вод..., 1970, 1973; Глотов, Глотова, 2013).

В формировании термического режима проточных русловых нерестилищ горбуши в безледовый период года наибольшее значение имеет тепло, поступающее извне – из атмосферы, а также за счет поглощения прямой и рассеянной солнечной радиации. Суточный ход температуры воды в теплый период года с небольшой задержкой повторяет ход температуры воздуха, что служит показателем интенсивного теплообмена между воздушной и водной средами (Важнов, 1976; Леман, 2003).

Максимальный прогрев проточных русловых нерестилищ наблюдается в июле, реже – в августе или июне. Осенью вслед за выхолаживанием атмосферы и уменьшением уровня солнечной радиации вода остывает до годового минимума в начале ледостава и находится на этом уровне до начала фенологической весны (Важнов, 1976; Erickson, Stefan, 2000).

В холодный период, когда температура воздуха понижается до отрицательных значений (по шкале Цельсия), а уровень солнечной

* Для горбуши описаны ключевые нерестилища, расположенные в реках (Иванков, 2011; Морфобиологическая разнокачественность и..., 2018) и озерах (Остроумов, 1985), однако в сравнении с русловыми нерестилищами их количество ничтожно мало.

радиации снижается до годового минимума, промерзанию рек препятствует течение*, а также ледовый и снежный покровы, которые выступают в роли теплоизоляторов и препятствуют обмену теплом между речным потоком и атмосферой (Важнов, 1976; Hirayama, Yamazaki, Tao Shen, 2002; Stickler, Alfredsen, 2005).

Турбулентность речного потока и небольшая глубина проточных русловых нерестилищ предупреждают стратификацию вод, а постоянная инфильтрация воды в грунт приводит к тому, что русловой и подрусовой потоки в течение года практически не отличаются по термическому режиму (Двинин, 1952; Васильев, 1959; Канидьев, 1967; Леванидов, 1968; Голованов, 1982; Леман, 2003).

Покатная миграция и нагул в морском прибрежье. В силу особенностей гидрологического и термического режимов проточные русловые нерестилища представляют собой малопригодный для нагула молоди биотоп, который, с одной стороны, практически полностью лишен укрытий, где молодь может отстаиваться на течении, добывать кормовые объекты, влекаемые потоком (объекты автохтонного и аллохтонного дрефта), и укрываться от хищников, с другой – проточные русловые нерестилища характеризуются низкой плотностью зообентоса и на их акватории отсутствуют сообщества зоопланктона (Леванидов, 1981; Е. Макаrenchенко, М. Макаrenchенко, 1981; Богатов, 1994; Дубовская, 2009; Чебанова, 2009; Марченко, 2022; Wipfli, Hudson, Caouette, 1998, 2004; The influence of..., 1999; Marine subsidies in..., 2003; Colonization and development..., 2008). Кроме того, на этих акваториях часть года термический режим воды выходит за пределы оптимума нагула и роста молоди горбуши (от 2,5-3,0 до 16,0-17,0 °С) (Смирнов, 1975; Banks, Fowler, Elliott, 1971; Brett, Clarke, Shelbourn, 1982; Bell, 1990; Summary of technical..., 2001) и, как правило, на протяжении всего года скорость течения превышает порог, при котором питается вся (менее 10,8 см/с) молодь горбуши или ее часть (от 10,8 до 19,8 см/с) (Bailey, Wing, Mattson, 1975).

Нестабильные в течение года термический и гидрологический режимы проточных русловых нерестилищ, а также их ограниченная пригодность к нагулу молоди предполагают низкую выживаемость поколений. Ключевой адаптацией к неблагоприятным условиям нагула в пределах русловых нерестилищ является смещение стартовой нагульной акватории молоди горбуши из рек в морское прибрежье. Для быстрой миграции в морское прибрежье покатная молодь использует транспортную силу речного потока, а быстрый переход из пресных вод в морские

*В том числе, за счет трения жидкости, движущейся со скоростью более 0,4-0,5 м/с (Чеботарев, 1975).

(Фроленко, 1983; Добрынина, Горшков, Кинас, 1988; Levy, Northcote, 1982) возможен благодаря смолтификации еще до выхода из грунта (Зуева, 1965; Weisbart, 1968; Варнавский, 1990; A novel pattern..., 2013). Раннюю готовность к пелагическому образу жизни в морском прибрежье подчеркивает отсутствие у молоди горбуши стадии пестрятки («parr») (Зуева, 1965).

В период покатной миграции молодь горбуши главным образом расходует внутренние энергетические запасы (остаток желточного мешка). Эта особенность накладывает ограничения на удаленность мест размножения горбуши от устьев рек. Исходя из расположения ее нерестилищ в крупных реках (например, Камчатка, Амур), предельное расстояние от нерестилищ до устья, которое молодь может преодолеть за счет внутренних резервов, по-видимому, не превышает 600-700 км, а верхняя граница положения основных нерестилищ – 350-400 км (Рослый, 2002; Рыбы реки Камчатка..., 2007). При этом в случае задержки покатной миграции в годы со слабо выраженным весенним половодьем молодь горбуши переходит на смешанное питание в реке, до выхода в море (Полиморфизм покатной молоди..., 2016).

Смещение стартовой нагульной акватории из пресных вод в морские предполагает, что для высокой выживаемости покатников горбуши к моменту их выхода из рек в морском прибрежье должны быть плотные поля кормового зоопланктона (Ecosystem controls of..., 2001; Ecological processes influencing..., 2001; Higher marine survival..., 2005). В то же время развитие зоопланктонных сообществ в морском прибрежье зависит от плотности фитопланктона (Лапшина, 1996; Plankton dynamics: observed..., 2001) и термических и гидрологических условий в конкретный год (Мордасова, 2014; Волков, 2018; Climate impacts on..., 2011; Climate-mediated changes..., 2014). Кроме того, с термическим режимом морского прибрежья связана выживаемость молоди горбуши, которая резко снижается при температуре воды ниже 2,5-3,0 и выше 16,0-17,0 °C (Смирнов, 1975; Марченко, 2022; Bell, 1990).

Морской (океанический) период жизни. Опираясь на результаты ежегодных экспедиций ТИНРО, были сделаны выводы (Шунтов, Темных, 2008, 2011; Шунтов, Темных, Иванов, 2017; Шунтов, Темных, Найдено, 2019; Заволокин, 2014; Условия нагула молоди..., 2021) о том, что изменения термического и гидрологического режимов, а также пищевой обеспеченности в морской (океанический) период жизни не оказывают негативного влияния на формирование численности тихоокеанских лососей.

Тихоокеанские лососи обладают хорошими локомоторными способностями (комплекс морфологических и физиологических адаптаций,

без которых невозможны протяженные миграции в тысячи километров) и, соответственно, имеют потенциальную способность покинуть акватории с неблагоприятными условиями. Тем не менее, согласно результатам учетных траловых съемок, выполненных как в периоды откочевки молоди в открытое море, так и во время преданадромной миграции производителей в 2006-2020 гг., распределение горбуши в Охотском море и северо-западной части Тихого океана зависело от термического режима. Так, 87,6 % особей нагуливались на акваториях с температурой воды от 3,5 до 11,5 °С. Кроме того, анализ скорости течения показал, что практически вся (95,5 %) горбуша держалась на акваториях со скоростью течения до 0,1 м/с. При этом допустимо предположить, что в период откочевки молоди в открытое море акватории со скоростью течения выше 0,1 м/с оконтуривают региональные группировки горбуши.

Нагул в морских (океанических) водах позволяет тихоокеанским лососям, а именно горбуше, достичь хороших качественных показателей (размеров и массы тела, содержания липидов в мышцах) благодаря высокой доступности незаменимого каротиноидного пигмента – астаксантина (Яржомбек, 1966, 1970). Его роль в жизнедеятельности тихоокеанских лососей многогранна: в частности, он обеспечивает устойчивость развивающейся икры и личинок к продуктам метаболизма, концентрация которых в нерестовых гнездах возрастает на фоне ослабления проточности в зимнюю межень (Соин, 1956; Яржомбек, 1970; Микулин, Соин, 1975; Система биохимических и..., 2016; Why are salmon..., 2008; Post-spawning sexual..., 2016). Исходя из этого, можно предположить, что выживаемость горбуши зависит не только от количественных, но и от качественных показателей объектов питания.

Астаксантин относится к липофильным веществам, поэтому наиболее ценными для тихоокеанских лососей являются кормовые объекты с высоким содержанием липидов – веслоногие (Copepoda) и эуфазиевые (Euphausiacea) раки (Яржомбек, 1970; Lotocka, Styczynska-Jurewicz, Bledzki, 2004). И их доминирование в рационе положительно сказывается на выживаемости рыб. Например, на Дальнем Востоке России в 2009 г. добыли 422 тыс. т горбуши. В зимне-весенний период 2009 г. в центральной части субарктического фронта (САФ) основу ее рациона составляли эуфазииды (69,7-72,6 %), а в западной части САФ – копеподы (65,3-97,4 %) (Питание тихоокеанских лососей..., 2010). В 2010 г. выловили 199 тыс. т горбуши. В западной части САФ в зимне-весенний период 2010 г. более 60 % рациона горбуши формировали объекты с низким содержанием астаксантина – рыбы, щетинкочелюстные (Chaetognatha), птероподы (Pteropoda) и амфиподы (Amphipoda). Вклад эуфазиевых и веслоногих раков – 10 и 25 % рациона соответственно (Найденко, Темных, 2016). В 2011 г. вылов

горбуши составил 389 тыс. т. Ее рацион в западной части САФ в зимне-весенний период 2011 г. более чем на 65 % состоял из эуфазиид и копепод. В 2010 г. из Охотского моря на зимовку в Тихий океан ушла молодь горбуши с низкой массой тела (107 г) и на этом основании было сделано предположение о ее повышенной смертности в морской период жизни (Найденко, Темных, 2016), что не подтвердили результаты промысла в 2011 г.

Корреляционный анализ показал, что максимальным выловом характеризовались поколения горбуши, которые в морской (океанический) период жизни нагуливались в условиях высокой плотности северных видов копепод, а также эуфазиид. Такая же зависимость, например, известна для нерки (*O. nerka*) (Coastal Distribution and..., 2015): выживаемость ее молоди возрастает в годы, когда на морских (океанических) нагульных акваториях преобладают северные сообщества копепод, характеризующиеся крупными размерами и высоким содержанием липидов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бакштанский, Э.Л. Скотт молоди горбуши и кеты и причина его задержки в реках Кольского полуострова / Э.Л. Бакштанский // Труды ВНИРО. – 1970. – Т. 74. – С. 129-142.

Бирман, И.Б. Динамика численности и современное состояние запасов кеты и горбуши в бассейне Амура / И.Б. Бирман // Тр. совещ. по вопросам лососевого хозяйства Дальнего Востока. – 1954. – М.: Изд-во АН СССР. – С. 22-37.

Бирман, И.Б. Некоторые данные к исследованию локальных стад и расового состава камчатской кеты / И. Б. Бирман // Вопросы географии Камчатки. – 1964. – Вып. 2. – С. 82-87.

Бирман, И.Б. Влияние климатических факторов на динамику численности горбуши [*Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.)] / И.Б. Бирман // Вопросы ихтиологии. – 1966. – Т. 6, № 2 (39). – С. 208-221.

Богатов, В.В. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока / В.В. Богатов. – Владивосток: Дальнаука, 1994. – 218 с.

Важнов, А.Н. Гидрология рек: [Учебник для ун-тов по специальности «География»] / А.Н. Важнов. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1976. – 339 с.

Варнавский, В.С. Смолтификация лососевых / В.С. Варнавский. – Владивосток: ДВО РАН, 1990. – 180 с.

Васильев, И.С. Об адаптивном значении строения нерестовых бугров лососей рода *Oncorhynchus* / И. С. Васильев // Журнал общей биологии. – 1959. – Т. 20, № 2. – С. 155-160.

Волков, А.Ф. Современное состояние весеннего планктонного сообщества северной части Охотского моря (1997-2017 гг.) / А.Ф. Волков // Известия ТИНРО. – 2018. – Т. 192. – С. 121-135.

Воскресенский, К.П. Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза / К.П. Воскресенский. – Л.: Гидрометиздат, 1962. – 546 с.

Глотов, В.Е. Влияние основания охотско-чукотского вулканоплутонического пояса на водные ресурсы зоны активного водообмена / В.Е. Глотов, Л.П. Глотова // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2013. – № 4. – С. 69-76.

Голованов, И.С. О естественном воспроизводстве горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) (Salmonidae) на северном побережье Охотского моря / И.С. Голованов // Вопросы ихтиологии. – 1982. – Т. 22, № 4. – С. 568-575.

Городилов, Ю.Н. О проблеме интродукции тихоокеанских лососей в моря европейской части России / Ю.Н. Городилов // Вестник СПбГУ. – 2003. – Сер. 3, вып. 4 (27). – С. 57-62.

Гриценко, О.Ф. Проходные рыбы острова Сахалин (систематика, экология, промысел) / О.Ф. Гриценко. – М.: Изд-во ВНИРО, 2002. – 248 с.

Двинин, П.А. Лососи Южного Сахалина / П.А. Двинин // Известия ТИНРО. – 1952. – Т. 37. – С. 69-108.

Добрынина, М.В. Влияние плотности концентраций скатывающейся молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* на выедание ее хищными рыбами в р. Утка (Камчатка) / М.В. Добрынина, С.А. Горшков, Н.М. Кинас // Вопросы ихтиологии. – 1988. – Т. 28, № 6. – С. 971-977.

Дубовская, О.П. Не связанная с хищниками смертность планктонных ракообразных, ее возможные причины (обзор литературы) / О.П. Дубовская // Журнал общей биологии. – 2009. – Т. 70, № 2. – С. 168-192.

Енютина, Р.И. Амурская горбуша (промыслово-биологический очерк) / Р.И. Енютина // Известия ТИНРО. – 1972. – Т. 77. – С. 3-126.

Заволокин, А.В. Пищевая обеспеченность тихоокеанских лососей в период морского и океанического нагула: специальность 1.5.13 «Ихтиология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / А. В. Заволокин. – Владивосток: ТИНРО, 2014. – 48 с.

Зуева, К.Д. Наличие процесса смолтификации у горбуши – *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) – при отсутствии стадии «рагг» / К.Д. Зуева // Вопросы ихтиологии. – 1965. – Т. 5, № 2(35). – С. 324-330.

Иванков, В.Н. Внутривидовая дифференциация и популяционная организация горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в различных частях ареала / В.Н. Иванков // Известия ТИНРО. – 2011. – Т. 167. – С. 64-76.

Кагановский, А.Г. Некоторые вопросы биологии и динамики численности горбуши / А.Г. Кагановский // Известия ТИНРО. – 1949. – Т. 31. – С. 3-57.

Канидъев, А.Н. Абиотические условия в нерестовых буграх горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum) / А.Н. Канидъев // Известия ТИНРО. – 1967. – Т. 61. – С. 94-103.

Ким Хе Юн. Особенности воспроизводства горбуши разных генеративных линий: специальность 03.00.32 «Биологические ресурсы»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Ким Хе Юн. – Москва, МГУТУ, 2005. – 23 с.

К обоснованию экологической емкости дальневосточных морей и субарктической Пацифики для пастбищного выращивания тихоокеанских лососей. Сообщение 4. Влияние фактора плотности на обеспеченность тихоокеанских лососей пищей и их роль в потреблении кормовой базы нектона / В.П. Шунтов, О.С. Темных, С.В. Найденко [и др.] // Известия ТИНРО. – 2010. – Т. 161. – С. 25-52.

Костарев, В.Л. Некоторые закономерности колебаний численности охотских лососей / В.Л. Костарев // Лососевое хозяйство Дальнего Востока. – М.: Наука, 1964. – С. 77-83.

Костарев, В.Л. Колебания выживаемости охотской горбуши / В.Л. Костарев // Известия ТИНРО. – 1973. – Т. 86. – С. 101-105.

Крохин, Е.М. Очерк Курильского озера и биологии красной *Oncorhynchus nerka* (Walb.) в его бассейне / Е.М. Крохин, Ф.В. Крогиус // Труды тихоокеанского комитета АН СССР. – 1937. – Т. 4. – М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР. – 187 с.

Лапшина, В.И. Внутрисезонная и межгодовая динамика в количественном распределении сетного фитопланктона в Охотском море и прикурильских водах океана / В.И. Лапшина // Известия ТИНРО. – 1996. – Т. 119. – С. 13-19.

Леванидов, В.Я. Закономерности динамики численности лососей в бассейне Амура и пути воспроизводства запасов / В.Я. Леванидов // Лососевое хозяйство Дальнего Востока. – М.: Наука, 1964. – С. 49-68.

Леванидов В.Я. О гидрологическом режиме нерестилищ кеты и горбуши / В.Я. Леванидов // Известия ТИНРО. – 1968. – Т. 64. – С. 101-125.

Леванидов, В.Я. Экосистемы лососевых рек Дальнего Востока / В.Я. Леванидов // Беспозвоночные животные в экосистемах лососевых рек Дальнего Востока. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. – С. 3-21.

Леман, В.Н. Экологическая и видовая специфика нерестилищ тихоокеанских лососей р. *Oncorhynchus* на Камчатке / В.Н. Леман // Чтения памяти В. Я. Леванидова. – 2003. – Владивосток: Дальнаука. – Вып. 2. – С. 12-34.

Лукина, О.В. О физиологической адаптации тихоокеанских лососей (*Oncorhynchus*) к условиям обитания на Крайнем Севере / О.В. Лукина // Вопросы ихтиологии. – 1966. – Т. 6, № 2. – С. 366-374.

Макарченко, Е.А. Биомасса и структура сообщества донных беспозвоночных реки Сомнительная (о. Врангеля) / Е. А. Макарченко, М.А. Макарченко // Беспозвоночные животные в экосистемах лососевых рек Дальнего Востока. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. – С. 44-58.

Марченко, С.Л. Горбуша *Oncorhynchus gorbuscha* (Salmoniformes, Salmonidae) материкового побережья Охотского моря. Сообщение 1. Производители / С.Л. Марченко // Известия ТИНРО. – 2022. – Т. 202, вып. 4. – С. 741-773.

Микулин, А.Е. О функциональном значении каротиноидов в эмбриональном развитии костистых рыб / А.Е. Микулин, С.Г. Соин // Вопросы ихтиологии. – 1975. – Т. 15, № 5 (94). – С. 833-844.

Мордасова, Н.В. Косвенная оценка продуктивности вод по содержанию хлорофилла / Н.В. Мордасова // Труды ВНИРО. – 2014. – Т. 152. – С. 41-56.

Морфобиологическая разнокачественность и особенности воспроизводства горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* из двух рек северо-востока острова Сахалин / Е.А. Кириллова, П.И. Кириллов, К.В. Кузицин [и др.] // Вопросы ихтиологии. – 2018. – Т. 58, № 6. – С. 670-683.

Найденко, С.В. Выживаемость тихоокеанских лососей в северной Пацифике в зимне-весенний период / С.В. Найденко, О.С. Темных // Известия ТИНРО. – 2016. – Т. 185. – С. 67-94.

Островский, В.И. Факторы, определяющие численность покатной молоди горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*) р. Иска / В.И. Островский // Известия ТИНРО. – 2011. – Т. 166. – С. 88-102.

Островский, В.И. Факторы, определяющие численность покатной молоди горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*) р. Мы / В.И. Островский // Известия ТИНРО. – 2014. – Т. 177. – С. 156-166.

Островский, В.И. Закономерности воспроизводства горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* р. Иска / В.И. Островский // Известия ТИНРО. – 2018. – Т. 194. – С. 54-67.

Островский, В.И. Факторы, определяющие численность поколений кеты *Oncorhynchus keta* в Охотском районе / В.И. Островский // Известия ТИНРО. – 2022. – Т. 202, вып. 4. – С. 810-827.

Остроумов, А.Г. Нерестовые озера Камчатки / А.Г. Остроумов // Вопросы географии Камчатки. – 1985. – Вып. 9. – С. 47-56.

Павлов, Д. С. Миграции молоди рыб в зарегулированных реках. Роль экологических барьеров / Д.С. Павлов, В.Н. Михеев, В.В. Костин // Вопросы ихтиологии. – 2019. – Т. 59, № 2. – С. 1-12.

Питание тихоокеанских лососей в зоне субарктического фронта в зимне-весенний период 2009 г. / С.В. Найденко, А.Н. Старовойтов, Е.В. Куренкова [и др.] // Известия ТИНРО. – 2010. – Т. 161. – С. 142-161.

Полиморфизм покатной молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в реке Индера (Кольский полуостров) / А.Е. Веселов, Д.С. Павлов, И.А. Барышев [и др.] // Вопросы ихтиологии. – 2016. – Т. 56, № 5. – С. 571-576.

Результаты естественного нереста горбуши в реках Кольского полуострова в 1961 г. / В.В. Азбелев, И.Н. Гринюк, Е.И. Суркова [и др.] // Науч.-тех. бюл. ПИНРО. – 1962. – № 4 (22). – С. 24-25.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 1. Кольский полуостров / Ю.А. Елшин, В. В. Куприянов (ред.). – 1970. – Л.: Гидрометеиздат. – 316 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 18. Дальний Восток. Вып. 4. Сахалин и Курилы / Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР / М.Г. Васьковский (ред.). – 1973. – Л.: Гидрометеиздат. – 264 с.

Рослый, Ю.С. Динамика популяций и воспроизводство тихоокеанских лососей в бассейне Амура / Ю.С. Рослый. – Хабаровск: Хабаровск. кн. изд-во, 2002. – 210 с.

Рухлов, Ф.Н. Речной период жизни сахалинской горбуши / Ф.Н. Рухлов // Рыбное хозяйство. – 1968. – № 12. – С. 15-17.

Рыбы реки Камчатка / В.Ф. Бугаев, Б.Б. Вронский, Л.О. Заварина [и др.]; под ред. д.б.н. В.Ф. Бугаева. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО, 2007. – 459 с.

Система биохимических и молекулярно-генетических показателей, используемая для оценки метаболизма молоди лососевых рыб в раннем онтогенезе / Н.Н. Немова, С.А. Мурзина, О.В. Мещерякова [и др.] // Эколого-биохимический статус молоди атлантического лосося *Salmo salar* L. из некоторых рек бассейна Белого моря. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2016. – 204 с.

Смирнов, А.И. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей / А.И. Смирнов. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – 334 с.

Соин, С.Г. О дыхательном значении каротиноидного пигмента в икре лососевых рыб и других представителей отряда сельдеобразных / С.Г. Соин // Зоологический журнал. – 1956. – Т. 35, вып. 9. – С. 1362-1369.

Условия нагула молоди горбуши в осенне-зимний период на примере сезона 2019/2020 гг. / С.В. Найденко, Г.В. Хен, А.Л. Фигуркин [и др.] // Вопросы рыболовства. – 2021. – Т. 22, № 4. – С. 96-115.

Фроленко, Л.А. Влияние паводка на подготовленность молоди кеты и горбуши к жизни в море / Л.А. Фроленко: тез. докл. 10 Всесоюз. симп. «Биологические проблемы Севера». – Магадан, 1983. – Ч. 2. – С. 220-221.

Чебанова, В.В. Бентос лососевых рек Камчатки / В.В. Чебанова. – М.: Изд-во ВНИРО, 2009. – 172 с.

Чеботарев, А.И. Общая гидрология (воды суши): учебное пособие / А.И. Чеботарев. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 544 с.

Чупахин, В.М. К характеристике естественного воспроизводства горбуши на о. Итуруп / В.М. Чупахин // Известия ТИНРО. – 1973. – Т. 91. – С. 55-67.

Чупахин, В.М. Естественное воспроизводство южнокурильской горбуши / В.М. Чупахин // Труды ВНИРО. – 1975. – Т. 106. – С. 67-77.

Шунтов, В.П. Об устойчивости стереотипов в представлениях о морской экологии тихоокеанских лососей (*Oncorhynchus* spp.) / В.П. Шунтов, О.С. Темных, О.А. Иванов // Известия ТИНРО. – 2017. – Т. 188. – С. 3-36.

Шунтов, В.П. Еще раз о факторах, лимитирующих численность тихоокеанских лососей (*Oncorhynchus* spp., сем. Salmonidae) в океанический период жизни / В.П. Шунтов, О.С. Темных, С.В. Найдено // Известия ТИНРО. – 2019. – Т. 196. – С. 3-22.

Шунтов, В.П. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах / В.П. Шунтов, О.С. Темных. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2008. – Т. 1. – 481 с.

Шунтов, В.П. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах / В.П. Шунтов, О.С. Темных; под общ. ред. В.П. Шунтова; Тихоокеанский науч.-исслед. рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр). – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2008 – Т. 2. – 2011. – 473 с.

Яржомбек, А.А. Динамика жира и астаксантина в гонадах лососей / А.А. Яржомбек // Вопросы ихтиологии. – 1966. – Т. 6, № 1(38). – С. 171-176.

Яржомбек, А.А. Каротиноиды лососевых и их связь с воспроизводством этих рыб / А.А. Яржомбек // Труды ВНИРО. – 1970. – Т. 69. – С. 234-267.

A novel pattern of smoltification in the most anadromous salmonid: Pink Salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) / Z.S. Gallagher, A.P. Farrell, C.J. Brauner [et al.] // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 2013. – Vol. 70, № 3. – P. 349-357.

Andrew, F.J. Sockeye and pink salmon production in relation to proposed dams in the Fraser River System / F.J. Andrew, G.H. Geen; Int. Pacific Salmon Fish. Comm. Bull. – 1960. – 11. – 259 p.

Bailey, J.E. Zooplankton abundance and feeding habits of fry of pink and chum salmon in Traitors Cove, Alaska, with speculations on the carrying capacities of the area / J.E. Bailey, B.L. Wing, C.R. Mattson // Fish. Bull. – 1975. – Vol. 73. – P. 846-861.

Banks, J.L. Effects of rearing temperature on growth, body form, and hematology of fall chinook fingerlings / J.L. Banks, L.G. Fowler, J.W. Elliott // Prog. Fish. Cult. – 1971. – Vol. 33. – P. 20-26.

Bell, M.C. Fisheries handbook of engineering requirements and biological criteria / M.C. Bell; U.S. Army Corps of Engineers, North Pacific Division, Portland, Oregon, 1990. – 290 p.

Bonar, S.A. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Pacific Northwest) – pink salmon / S.A. Bonar, G.B. Pauley, G.L. Thomas; U.S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. – 82(11.88). – U.S. Army Corps of Engineers, TR EL-82-4, 1989. – 18 p.

Brett, J.R. Experiments on thermal requirements for growth and food conversion efficiency of juvenile chinook salmon / J.R. Brett, W.C. Clarke, J.E. Shelbourn; Nanaimo, British Columbia: Department of Fisheries and Oceans. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. – 1982. – № 1127. – 29 p.

Climate impacts on eastern Bering Sea foodwebs: a synthesis of new data and an assessment of the Oscillating Control Hypothesis / G.L.Jr Hunt, K.O. Coyle, L.B. Eisner [et al.] // ICES Journal of Marine Science. – 2011. – Vol. 68, № 6. – P. 1230-1243.

Climate-mediated changes in zooplankton community structure for the eastern Bering Sea / L.B. Eisner, J.M. Napp, K.L. Mier [et al.] // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. – 2014. – Vol. 109. – P. 157-171.

Coastal Distribution and Consequent Factors Influencing Production of Endangered Snake River Sockeye Salmon / S. Tucker, M.E. Thiess, J.F.T. Morris [et al.] // Trans. Amer. Fish. Soc. – 2015. – Vol. 144. – P. 107-123.

Colonization and development of an Alaskan stream community over 28 years / A.M. Milner, A.L. Robertson, K.A. Monaghan [et al.] // Front. Ecol. Environ. – 2008. – Vol. 6. – P. 413-419.

Davis, J.C. Minimal dissolved oxygen requirements of aquatic life with emphasis on Canadian species: a review / J. C. Davis // J. Fish. Res. Bd. Can. – 1975. – Vol. 32. – P. 2295-2332.

Doudoroff, P. Dissolved oxygen requirements of freshwater fishes / P. Doudoroff, D.L. Shumway // FAO Fish. Tech. Pap. – 1970. – Vol. 86. – 291 p.

Ecosystem controls of juvenile pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) and Pacific herring (*Clupea pallasii*) populations in Prince William Sound, Alaska / R.T. Cooney, J.R. Allen, M.A. Bishop [et al.] // Fisheries Oceanography. – 2001. – Vol. 10. – P. 1-13.

Erickson, T.R. Linear air/water temperature correlations for streams during open water periods / T.R. Erickson, H.G. Stefan // Journal of Hydrologic Engineering. – 2000. – Vol. 5, № 3. – P. 317-321.

Ecological processes influencing mortality of juvenile salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in Prince William Sound, Alaska / T.M. Willette, R.T. Cooney, V. Patrick [et al.] // Fisheries Oceanography. – 2001. – Vol. 10. – P. 14-41.

Heard, W.R. Life history of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) / W.R. Heard; Pacific Salmon Life Histories. Groot C., Margolis L. (eds.). Vancouver, B.C.: UBC Press. – 1991. – P. 119-230.

Hirayama, K. Aspects of river ice hydrology in Japan / K. Hirayama, M. Yamazaki, H. Tao Shen // Hydrological processes. – 2002. – Vol. 16, № 4. – P. 891-904.

Higher marine survival associated with faster growth for pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) / J.H. Moss, D.A. Beauchamp, A.D. Cross [et al.] // Trans. Am. Fish. Soc. – 2005. Vol. 134. – P.1313-1322.

Levy, D.A. Juvenile salmon residency in a marsh area of the Fraser River Estuary / D.A. Levy, T.G. Northcote // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1982. – Vol. 39. – P. 270-276.

Levy, D.A. A review of habitat capacity for salmon spawning and rearing / D.A. Levy, T.L. Slaney; Resources Inventory Committee, Vancouver, BC. – 1993. – 51 p.

Lotocka, M. Changes in carotenoid composition in different developmental stages of copepods: *Pseudocalanus acuspes* Giesbrecht and *Acartia* spp. / M. Lotocka, E. Styczynska-Jurewicz, L.A. Bledzki // Journal of Plankton Research. – 2004. – Vol. 26, № 2. – P. 159-166.

Marine subsidies in freshwater ecosystems: salmon carcasses increase the growth rates of stream-resident salmonids / M.S. Wipfli, J.P. Hudson, J.P. Caouette [et al.] // Transactions of the American Fisheries Society. – 2003. – Vol. 132. – P. 371-381.

McNeil, W.J. Migration and distribution of pink salmon spawners in Sashin Creek in 1965, and survival of their progeny / W.J. McNeil // U.S. Fish Wildl. Serv. Fish. Bull. – 1968. – Vol. 66. – P. 575-586.

Murray, C.B. Effect of incubation temperature on the development of five species of Pacific salmon (*Oncorhynchus*) embryos and alevins / C.B. Murray, J.D. McPhail // Can. J. Zool. – 1988. – Vol. 66. – P. 266-273.

Plankton dynamics: observed and modelled responses to physical conditions in Prince William Sound, Alaska / D.L. Eslinger, R.T. Cooney, C.P. McRoy [et al.] // Fish. Oceanogr. – 2001. – Vol. 10 (Suppl. 1). – P. 81-96.

Post-spawning sexual selection in red and white Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) / S.J. Lehnert, D.D. Heath, R.H. Devlin [et al.] // Behavioral Ecology. – 2016. – Vol. 28, Iss. 1. – P. 1-10.

Raleigh, R.F. Habitat Suitability Index Models and Instream Flow Suitability Curves: Pink Salmon / R.F. Raleigh, P.C. Nelson; 1985. U.S. Fish and Wildlife Service. – Biological Report 82(10.109), 1985. – 36 p.

Reiser, D.W. Habitat requirements of anadromous salmonids / D.W. Reiser, T.C. Bjornn; Influence of forest and rangeland management on anadromous fish habitat in Western North America. – Gen. Tech. Rep. – PNW-GTR-096. – Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1979. – P. 1-54

Sheridan, W.L. Relation of stream temperatures to timing of pink salmon escapements in Southeast Alaska / W.L. Sheridan // Symposium on pink salmon. – H.R. MacMillan Lectures in Fisheries, University of British Columbia, Vancouver, B.C, 1962. – P. 87-102.

Summary of technical literature examining the physiological effects of temperature on salmonids / D. A. McCullough, S. Spalding, D. Sturdevant [et al.] // Issue paper 5. EPA Region 10 Temperature Water Quality criteria guidance development project. – EPA-910-D-01-005. – United States Environmental Protection Agency. Seattle, Washington, 2001. – 119 p.

Smoker, W.W. Genetic Variation of Return Date in a Population of Pink Salmon: A Consequence of Fluctuating Environment and Dispersive Selection? / W.W. Smoker, A.J. Gharrett, M.S. Stekoll // Alaska Fishery Research Bulletin. – 1998. – Vol. 5(1). – P. 46-54.

Stickler M. Factors controlling anchor ice formation in two Norwegian rivers / M. Stickler, K.T. Alfredsen; Proceedings of the 13th workshop on the hydraulics of ice covered rivers. CGU HS Committee on River Ice Processes and the Environment, Hanover, New Hampshire, 2005. – 14 p.

The influence of salmon spawner densities on stream productivity in Southeast Alaska / M.S. Wipfli, J.P. Hudson, D.T. Chaloner [et al.] // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 1999. – Vol. 56. – P. 1600-1611.

Velsen, F.P.J. Temperature and incubation in Pacific salmon and rainbow trout: Compilation of data on median hatching time, mortality, and embryonic staging / F.P.J. Velsen // Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci. – 1987. – Vol. 626. – 58 p.

Weisbart, M. Osmotic and ionic regulation in embryo, alevins and fry of the five species of Pacific salmon / M. Weisbart // Can. J. Zool. – 1968. – Vol. 46. – P. 385-397.

Wickett, W.P. Review of certain environmental factors affecting the production of pink and chum salmon / W.P. Wickett // J. Fish. Res. Bd. Can. – 1958. – Vol. 15. – P. 1103-1126.

Why are salmon eggs red? Egg carotenoids and early life survival of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) / S.T. Tyndale, R.J. Letcher, J. W. Heath [et al.] // Evol. Ecol. Res. – 2008. – Vol. 10. – P. 1187-1199.

Wipfli, M.S. Influence of salmon carcasses on stream productivity: response of biofilm and benthic macroinvertebrates in southeastern Alaska, U.S.A. / M.S. Wipfli, J. Hudson, J. Caouette // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* – 1998. – Vol. 55. – P. 1503-1511.

Wipfli, M. S. Restoring productivity of salmon-based food webs: contrasting effects of salmon carcass and salmon carcass analogue additions on stream-resident salmonids / M.S. Wipfli, J.P. Hudson, J.P. Caouette // *Transactions of the American Fisheries Society.* – 2004. – Vol. 133. – P. 1440-1454.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АКВАКУЛЬТУРЫ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

И.Н. Мухина, Т.А. Карасева

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск*

Аннотация. Представлен анализ развития аквакультуры в водоемах Кольского полуострова в 2018-2022 гг. Дана оценка современного состояния, указаны сопутствующие проблемы в рыбоводстве. Показано, что Мурманская область обладает значительным потенциалом для расширения масштабов промышленного рыбоводства. Объем производства продукции аквакультуры за 5 лет вырос в 4 раза и в 2022 г. составил 85,1 тыс. т. Доля марикультуры лососевых рыб в общей структуре производства рыбопродукции достигает 97 %. Зависимость предприятий Кольского полуострова от импорта посадочного материала и кормов остается на высоком уровне.

Ключевые слова: аквакультура, атлантический лосось, корма, ленский осетр, лососеводство, посадочный материал, радужная форель.

ВВЕДЕНИЕ

По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), аквакультура является одной из самых быстро развивающихся отраслей рыбного хозяйства. Благодаря росту производства в Чили, Китае, Норвегии в 2020 г. в мире был произведен рекордный объем продукции – 122,6 млн т (ФАО, 2022). По объему выращивания объектов аквакультуры на первом месте находится Азия – в этом регионе было произведено 91,6 % общемировой продукции.

Стимулом к развитию аквакультуры в России стало введение в 2014 г. продовольственного эмбарго, в рамках которого был запрещен ввоз рыбы и рыбной продукции из стран Евросоюза и Норвегии при высоком спросе отечественных потребителей на красную рыбу. По информации Росрыболовства и доступных данных интернет-ресурсов, Россия планирует за шесть лет заместить весь импорт собственной рыбой и к 2027 г. нарастить объем производства атлантического лосося и форели до 150 тыс. т (Ильин, 2021).

В 2022 г. рыбоводные предприятия Российской Федерации вырастили 383,5 тыс. т рыбы и морепродуктов и превзошли показатели прошлого года более чем на 7 %. Первое место в структуре производства заняли лососевые рыбы – 154 тыс. т, что на 12,6 % больше прошлогодних результатов. При этом доля форели и семги в общей структуре продукции аквакультуры превысила 40 %, хотя еще 10 лет назад она была меньше 5 %.

Кольский полуостров в силу особенностей географического положения и климата располагает значительным потенциалом для выращивания лососевидных рыб и увеличения объемов выпуска продукции.

Основная задача настоящей работы – анализ современного состояния и перспектив развития аквакультуры на Кольском полуострове.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполнен анализ многолетних данных Министерства природных ресурсов, экологии и рыбного хозяйства Мурманской области, статистических данных Североморского территориального управления Росрыболовства и материалов интернет-ресурсов по вопросам аквакультуры.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полувековая история культивирования лососевых рыб в водоемах Кольского полуострова началась с создания небольшого садкового хозяйства по выращиванию форели в оз. Имандра, которое располагалось в районе сброса теплых вод Кольской атомной станции (Воробьева, Карасева, 2021). В 1980-1990 гг. в Мурманской области выращивалось около 700 т, что составляло около 30 % всего объема выращивания форели в стране. Ретроспективный анализ показал, что в середине 1990-х годов произошел значительный спад производства, вследствие которого до 2000 г. рыболовные предприятия практически не развивались. Сейчас ситуация поменялась на диаметрально противоположную.

Для Кольского полуострова наиболее перспективной и экономически выгодной является технология садкового выращивания (Куранов, 2011; Тихомиров, 2018). Этому способствуют климатические условия, обширные акватории пресных и морских водоемов, энергообеспеченность и удобные транспортные связи, наличие специалистов и обслуживающего персонала. Садковое рыболоводство предполагает возможность его сочетания со всеми другими направлениями аквакультуры, особенно с озерным товарным и пастбищным рыболовством. Перспективным является применение комбинированных способов получения товарной продукции лососевых видов рыб, например, получение икры и посадочного материала в специальных модулях бассейнового типа или установках замкнутого водоснабжения.

Товарным выращиванием атлантического лосося в садках на морских фермах, расположенных в незамерзающих губах Баренцева моря, предприятия региона стали заниматься с 2001 г. При этом использовались

различные варианты норвежской биотехники, посадочного материала лосося (смолт), оборудования и кормов импортного производства.

До 2016 г. на Кольском полуострове действовали 13 рыбоводных предприятий различных форм собственности и ведомственной принадлежности, которые занимались выращиванием рыб. За 5 лет их число выросло почти вдвое. В 2021 г. товарное выращивание объектов аквакультуры осуществляли уже 24 предприятия. В настоящее время 29 организаций в регионе получили в пользование 75 рыбоводных участков. Некоторые предприятия получили участки, но к рыбоводной деятельности еще не приступили, поскольку ведут подготовительные работы по организации акваферм.

Наиболее перспективные рыбоводные участки расположены в незамерзающих губах Баренцева моря, прибрежной зоне Белого моря и крупных водохранилищах. В Баренцевом море под марикультуру не только рыб, но и беспозвоночных выделено около 50 рыбоводных участков общей площадью более 8,6 тыс. га, в Белом море и пресноводных водоемах – около 30 участков. Всего в регионе сформировано 83 рыбоводных участка общей площадью 9,9 тыс. га.

Традиционные объекты аквакультуры – атлантический лосось (семга) и радужная форель, которая выращивается как в пресной, так и в морской воде.

Последние пять лет индустриальные рыбоводные хозяйства в регионе успешно развиваются, отмечен устойчивый рост всех экономических показателей эффективности производства, наращивание темпов развития. Лидером российского лососеводства является ООО «ИНАРКТИКА Северо-Запад» (ранее – Группа компаний «Русское море» и «Русская аквакультура»), которая начала развивать этот сегмент аквакультуры на Кольском полуострове в 2007 г. Производитель выращивает товарного атлантического лосося и форель в Баренцевом море, радужную форель в озерах Карелии, владеет заводами по производству посадочного материала (смолта) в Норвегии и заводом по переработке рыбы в Мурманской области, мощность которого составляет не менее 30 тыс. т в год. В феврале 2023 г. «ИНАРКТИКА СЗ» объявила о продаже смолтовых заводов в Норвегии и приобретении Архангельского водорослевого комбината (ООО «АВК»). Сделка позволит диверсифицировать бизнес компании: развиваться в области аквакультуры водорослей и выйти на растущий рынок водорослей и продуктов их переработки. В планах компании строительство завода по производству кормов для лососевых рыб, крупного завода по производству посадочного материала (смолта) и создание закрытого бассейнового рыбоводного хозяйства мощностью до 7 млн особей в год, увеличение перерабатывающих мощностей. Общий объем потенциального

выращивания на 35 рыбоводных участках «Русской аквакультуры» составляет около 50 тыс. т лососевых рыб – это более 20 % всего объема российской продукции (Михайлова, 2022).

Крупнейшее предприятие аквакультуры на Кольском полуострове ООО «Русский лосось» (ГК «Балтийский берег» на рынке с 2005 г.) занимает второе место по объемам производства лососевых в стране – более 10 тыс. т в год. Фермы по выращиванию атлантического лосося по норвежской технологии расположены в губах Баренцева моря, Печенга, Амбарная, Малая и Большая Волоковая, Долгая Щель, Малонемецкая (Восточная и Западная); всего 10 рыбоводных участков. Компания в настоящий момент проводит работы по строительству новой высокотехнологичной фабрики, обеспечивающей замкнутый цикл безотходного производства рыбной продукции и расширяет деятельность за счет глубокой переработки выращенной продукции.

Предприятие ООО КФХ «Акваферма» является единственным в регионе прудовым хозяйством проточного типа, которое начало действовать в 2017 г. Осенью 2019 г. были выращены первые 28 т товарной продукции. Вода в выростные емкости хозяйства поступает самотеком из р. Ура, проходит через земляные пруды, очистные отстойники и возвращается назад в реку. Ферма рассчитана на одновременное содержание до 800 т разновозрастной рыбы.

Два рыбоводных хозяйства, размещенных на теплых сбросных водах Кольской АЭС, выращивают сибирского (ленского) осетра, икра которого впервые была завезена в 1998 г., и стерлядь. При этом ООО «БЛК-Фиш» получает икру и выращивает собственный посадочный материал осетров. Начиная с 2018 г. темпы выращивания этих ценных видов неуклонно растут – с 16,7 до 39,3 т в 2019 г. и до 63,6 т в 2020 г. В настоящее время объем выращивания осетровых на Кольском полуострове составляет 78,2 т (70,2 т – в 2021 г.).

Кроме культивирования рыбы, в 2020-2021 гг. началось выращивание мидий, пока в небольших количествах – 2,6 и 4,8 т соответственно. Продукция водорослей, полученных в прибрежной зоне северных морей, составила в 2018 г. 13,0 т и 12,1 т в 2022 г.

Посадочный материал форели выращивает ООО «Арктик – Салмон». Ежегодно рыбоводный завод поставляет около 1 млн малька в рыбоводные хозяйства Мурманской области для последующего товарного выращивания. Объемы производства посадочного материала в регионе за год снизились с 6,5 до 5,1 т в 2022 г.

По данным Министерства природных ресурсов, экологии и рыбного хозяйства Мурманской области, объем производства продукции товарной аквакультуры рыбоводными организациями в 2018 г. не превышал

21,2 тыс. т с учетом продукции марикультуры лососевых рыб (20,5 тыс. т). В 2020 г. доля марикультуры лососей в общей структуре производства составила 97 % всей выращенной рыбы и беспозвоночных в Мурманской области (52,3 тыс. т), за год культивирование лососевых рыб возросло на 56 % – с 32,6 до 50,8 тыс. т (Мухина, Карасева, 2021). В 2021 и 2022 гг. объемы выращивания атлантического лосося (семги) и форели в морской воде существенно выросли – до 69,7 и 83,0 тыс. т соответственно – и неизменно составили 97 % всей продукции.

Эти статистические данные свидетельствуют о динамичном развитии аквакультуры на Кольском полуострове. Важную роль в этом играют наличие в Мурманской области большого количества рыбоперерабатывающих предприятий, способных выпускать качественную и деликатесную продукцию из выращенной рыбы, и высокий уровень потребительского спроса.

Вместе с тем, существует ряд проблем, которые сдерживают развитие марикультуры и создание новых рыбоводных хозяйств. В первую очередь, к их числу следует отнести недостаточное количество собственного посадочного материала. Смолта атлантического лосося для морских ферм завозят преимущественно из Норвегии, радужной форели – из хозяйств Республики Карелия, Ленинградской, Смоленской и более южных областей, что создает серьезную угрозу заноса возбудителей новых заболеваний. При этом выживаемость молоди лососевых видов, выращенной в России, составляет 30-35 %, в то время как выживаемость импортного рыбопосадочного материала из Норвегии, Финляндии, США в 2 раза выше.

Другой проблемой является отсутствие собственного кормопроизводства и полноценных качественных отечественных кормов. В Мурманской области, как и в Карелии, где производится около 70 % всей российской форели, используют зарубежные корма, преимущественно из стран Северной Европы. Зависимость отечественного лососеводства от импортных поставок кормов и посадочного материала превышает 90 %. Из-за санкций в настоящее время произошла переориентация на поставщиков из дружественных стран, таких как Иран, Турция, Китай и др. Тем временем, корма в цене растут из года в год. В 2022 г. у производителей пресноводной форели существенно выросли расходы на закупку кормов, доля которых в конечной себестоимости продукции составляла 65 %. В январе 2022 г. стоимость импортного корма для форели варьировала от 250 до 300 руб./кг (в 2021 г. – 200-250 руб./кг), стартовые корма стоили от 350 руб./кг.

Следует подчеркнуть, что важным фактором, лимитирующим жизнедеятельность культивируемых рыб и периодически наносящим огромный материальный ущерб рыбоводным хозяйствам, являются болезни. С увеличением объемов выращиваемых рыб, интенсивности

рыбоводных процессов и в связи с многочисленными перевозками посадочного материала их негативная роль может возрастать, поэтому необходимо уже сейчас искать пути решения этой проблемы (Карасева, Мельник, 2019).

Одновременно с развитием аквакультуры идет развитие рыбопереработки, без которой затруднена реализация продукции. В настоящее время востребованы не только рыбоводы, но и технологи. Проблема кадров в регионе решается за счет подготовки специалистов в лицеях, специализированных колледжах и Мурманском государственном техническом университете, где планируют выпускать рыбоводов и переработчиков рыбы. Специалистов в области рыбоводства готовят многие университеты и колледжи в стране, однако в отрасли все равно не хватает ихтиопатологов, гидрохимиков, гидробиологов и инженеров-технологов по производству комбикормов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лососеводство – наиболее перспективное и динамичное направление товарной аквакультуры на Европейском Севере страны. Лидирующую позицию по садковому выращиванию ценных видов лососевидных рыб сохраняют за собой Мурманская область и Республика Карелия. Климатические условия Кольского полуострова, протяженная береговая линия, множество глубоководных озер и водохранилищ, высокая обеспеченность водными ресурсами обусловили высокие темпы развития аквакультуры в регионе наряду с высоким потенциалом для воспроизводства и товарного выращивания не только лососевых рыб, но и водорослей и беспозвоночных.

Результаты анализа показали, что основными факторами, в настоящее время сдерживающими развитие и внедрение новых объектов аквакультуры, являются отсутствие качественных и доступных комбикормов, недостаточное количество жизнеспособного посадочного материала рыб и надежных биотехнологий, учитывающих климатические условия Кольского полуострова, а также слабое взаимодействие науки, образования и производства.

Расширение спектра выращиваемых рыб за счет сиговых и других видов лососевых рыб, беспозвоночных и водорослей также позволит увеличить темпы развития предприятий индустриальной аквакультуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Воробьева, Н.К. Аквакультура / Н.К. Воробьева, Т.А. Карасева // ПИНРО. Путь к столетию / Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО»

(«ПИНРО» им. Н.М. Книповича). – 2-е изд. перераб. и доп. – Мурманск: ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2021. – С. 172-180.

Ильин, Ф. Россия планирует за шесть лет заместить весь импорт собственной красной рыбой / Ф. Ильин. – Текст: электронный // Ветеринария и жизнь. – 2021. – 19 июня. – URL: <https://vetandlife.ru/sobytiya/rossiya-planiruet-za-shest-let-zamestit-ves-import-sobstvennoy-krasnoy-ryboy> (дата обращения 29.12.2022).

Карасева, Т.А. Оценка здоровья диких и культивируемых рыб в бассейнах лососевых рек Кольского полуострова / Т.А. Карасева, В.С. Мельник // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: тез. докл. VII Всерос. науч. конф. с междунар. участием... (Апатиты, 16-22 июня 2019 г.) / Федер. исслед. центр «Кол. науч. центр РАН», Ин-т проблем пром. экологии Севера; отв. ред.: Е.А. Боровичев, О.И. Вандыш. – Апатиты, 2019. – С. 129-130.

Куранов, Ю.Ф. Тенденции развития аквакультуры на Кольском полуострове / Ю.Ф. Куранов // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2011. – № 4. – С. 104-107.

Михайлова, А. Прибыльный лосось. Аквакультура может стать основным драйвером развития рыбной отрасли страны / А. Михайлова. – Текст: электронный // Журнал «Агроинвестор». – 2022. – 4 февраля. – URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/37498-pribylnyy-losos-akvakultura-mozhet-stat-osnovnym-drayverom-razvitiya-rybnoy-otrasli-strany/> (дата обращения 09.01.2023).

Мухина, И.Н. Особенности развития аквакультуры Заполярья / И.Н. Мухина, Т.А. Карасева // Биология водных экосистем в XXI веке: факты, гипотезы, тенденции: тезисы докладов всерос. науч. конф., посвящ. 65-летию Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук / Ин-т биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина РАН. – Борок, 2021. – С. 142.

Тихомиров, Д.А. Состояние и перспективы развития аквакультуры Мурманской области / Д.А. Тихомиров // Современные научные исследования и разработки. – 2018. – № 3 (20). – С. 539-542.

ФАО. 2022. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2022. На пути к «голубой» трансформации. – Текст: электронный. – Рим. – ФАО. – DOI [org/10.4060/cc0463ru](https://doi.org/10.4060/cc0463ru). – URL: <https://www.fao.org/3/cc0463ru/cc0463ru.pdf> (дата обращения 27.12.2022).

ТЕХНИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОМЫСЛА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В ВОДАХ КАМЧАТКИ

А.А. Нагорнов, М.Н. Коваленко
Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»),
г. Петропавловск-Камчатский

Аннотация. Приведено краткое описание техники лова и конструкций орудий добычи (вылова) тихоокеанских лососей на Камчатке. Проанализированы данные о вылове лососей на рыболовных участках для промышленного рыболовства в зависимости от вида используемых орудий лова. Отмечены основные особенности и тенденции, характерные для промысла лососей различными орудиями лова.

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, промышленное рыболовство, жаберные сети, закидные и ставные невода, рыболовные участки, камчатские воды.

ВВЕДЕНИЕ

Камчатский край является основным местом воспроизводства запасов диких стад тихоокеанских лососей (*Oncorhynchus*) на Дальнем Востоке России. Прибрежная зона Камчатки имеет огромную протяженность, при этом вдоль всей береговой линии имеется разветвленная речная сеть, представляющая естественные нерестилища для лососей. Это, с одной стороны, создает прекрасные возможности для крупномасштабного лососевого промысла, а с другой – определяет необходимость использования разнообразных конструктивных особенностей и приемов организации и техники эксплуатации орудий добычи (вылова), учитывающих разнящиеся условия районов лова. Добычу тихоокеанских лососей на Камчатке осуществляют на речных и морских рыболовных участках (далее – РЛУ) в целях промышленного рыболовства, рыболовства коренных малочисленных народов или традиционного и любительского. Всего в пределах Камчатского края определено порядка 1 000 РЛУ, в том числе для промышленного рыболовства порядка 630 РЛУ, выполняя значительную социальную задачу по обеспечению занятости населения края.

Выбор способов лова и орудий добычи (вылова) обуславливается способностью эффективно облавливать конкретные виды гидробионтов в силу особенностей их поведения. В целях промышленного рыболовства в Камчатском крае для добычи (вылова) тихоокеанских лососей на морских рыболовных участках используются ставные и закидные невода и в отдельных районах – жаберные ставные сети, в реках – закидные невода, ставные и плавные жаберные сети. На долю вылова ставными неводами в

последние годы приходится порядка 73-85 %. В реках закидными неводами и жаберными сетями добывается порядка 14-26 % от общего вылова тихоокеанских лососей для промышленного рыболовства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для работы послужила информация технологии промысла тихоокеанских лососей различными орудиями добычи (вылова) в целях промышленного рыболовства на РЛУ в Камчатском крае, конструктивных особенностей средств добычи и способах их установки, собранная при проведении экспедиционных полевых исследований сотрудниками КамчатНИРО, а также из архивных материалов лаборатории промышленного рыболовства. Информация о РЛУ, находящихся на территории края, и опубликованная на официальном сайте Министерства рыбного хозяйства Камчатского края (<https://www.kamgov.ru/minfish>), с учетом последних изменений (по сентябрь 2022 г. включительно), а также статистические данные по вылову тихоокеанских лососей пользователями РЛУ, предоставленные Северо-Восточным территориальным управлением Росрыболовства.

Обработка и анализ данных проводились в программе Microsoft Excel 2007 с помощью стандартных средств и методик для работы со статистикой.

Все участки, задействованные в 2022 г. на промысле тихоокеанских лососей в целях промышленного рыболовства, в зависимости от используемых орудий лова были разделены на несколько групп: морские, где использовались только ставные невода либо ставные сети и закидные невода, и речные, на которых лов осуществлялся закидными неводами и сетями.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Жаберные сети. В Камчатском регионе для лова тихоокеанских лососей в основном используются одностенные ставные сети, выставляемые на якорях или специальных блоках-крестовинах, а также плавные жаберные сети.

Сетное полотно для сетей изготавливается из синтетической филаментной нити или монопнити. Для лова кеты, нерки и кижуча, как правило, используются сети с шагом ячеи 60-65 мм, лова горбуши – 50-55 мм, чавычи – 70-110 мм. На морских рыболовных участках и в больших реках высота сети в посадке составляет 6-8 м, что соответствует основному горизонту нерестовой миграции тихоокеанских лососей. Ставные сети в процессе лова жестко связаны с дном и берегом при помощи якорей и

загрузки нижней подборы. Способ установки в каждом случае определяется характером водоема и особенностями поведения объекта лова.

Продолжительность застоя сетей зависит от промысловой обстановки. Как правило, перебирают сети 1-2 раза в сутки, но при необходимости улов выбирают чаще. Переборку сетей осуществляют вручную с лодки, перемещаясь вдоль сетей и выпутывая рыбу. В реках после непрерывной работы ставных сетей в течение 2-3 дней их снимают во время или после переборки для ремонта или очистки. В море сети снимают, как правило, для их починки, а также при значительном ухудшении погодных условий либо на период проходных дней.

Доля вылова жаберными сетями на морских рыболовных участках до 2019 г. составляла 2-4 %, однако после введения в правила рыболовства ограничения использования жаберных сетей в прибрежных водах Камчатки в 2019 и 2021 гг. доля их вылова составила менее одного процента. В 2022 г. на территории края жаберные сети были задействованы всего на 7 морских РЛУ.

В целях рационального использования запасов тихоокеанских лососей в правила рыболовства в 2021 г. были внесены изменения, запрещающие осуществлять добычу (вылов) тихоокеанских лососей ставными сетями на рыболовных (рыбопромысловых) участках в прилегающих к территории Камчатского края внутренних морских водах и территориальном море Российской Федерации, за исключением Западно-Камчатской подзоны к северу от параллели 56° с.ш., где промысел тихоокеанских лососей другими орудиями добычи (вылова) или затруднен, или невозможен из-за большего перепада вод вследствие приливно-отливных явлений.

Плавные сети конструктивно отличаются от ставных только деталями оснастки. В целях промышленного рыболовства в основном используются плавные сети длиной в посадке 25-30 м на небольших реках, а на больших реках – длиной до 300-400 м, при этом высота сетей в посадке может достигать 5-8 м. Речными плавными сетями на Камчатке, как правило, облавливают наиболее ценные виды лососей при их ходе на нерест (чавыча, нерка, кета и кижуч).

Закидные невода. Лов тихоокеанских лососей закидными неводами на Камчатке наиболее распространен в реках, поскольку в них он менее зависим от погодных факторов, чем в морской литорали. При оптимальной организации промысла уловы тихоокеанских лососей закидными неводами вполне сопоставимы с уловами ставных неводов и в отдельных случаях могут даже превосходить их.

Размеры и форма закидного невода выбираются с учетом конкретных условий места его применения, а также грузоподъемности

используемых для работы плавсредств. В крыльях невода шаг ячеи выбирают максимальным, в приводах – средним, а в мотне (сливе) – минимальным. Кроме того, с уменьшением шага ячеи увеличивают толщину нитки в сетном полотне, что приводит к увеличению прочности сетного полотна от крыльев к мотне (сливу).

Закидным неводом работают на специально подготовленном рыболовном участке, называемом тоней. В речном рыболовстве ширина тони по правилам должна составлять не более 2/3 ширины реки, а длина зависит от протяженности участка, необходимого для удобной работы.

Выгрузка улова в реках Камчатки производится при небольших уловах вручную (руками или ручными каплерами) или улов переливают непосредственно из невода в лодку, при значительных уловах – каплером при помощи крана в кузов машины или куботейнеры, приспособленные для транспортировки рыбы или непосредственно в прорези через специальный вырез в борту. Когда улов полностью выгружен, невод укладывают в неводник, а другой неводник в это время опять идет на замет, делая процесс лова практически непрерывным.

Ставные невода. Установку ставных неводов производят на береговой линии Камчатки, которая разграничена на отдельные рыболовные участки. Исключение составляют северо-западная часть полуострова, где промысел ставными неводами затруднен из-за большой амплитуды приливов (до 13 м), и южная часть полуострова, где отсутствуют крупные реки, а промысловая деятельность запрещена условиями установленных заповедных территорий.

Возникновение ставного неводного лова в водах Камчатки относят к 1893 г. Для промысла лососевых японцами к тому времени была создана специальная конструкция ставного невода – «накануки-ами», что означает сеть, которую перебирают изнутри. Внедрение морских ставных неводов в рыболовство Камчатки сыграло большую роль в совершенствовании их конструкции. Промысел лососевых у побережья Камчатки отличался особо тяжелыми условиями. Частая штормовая погода, открытый, малонаселенный берег делают затруднительным постоянное пребывание людей на неводе. Это побудило рыбаков к поискам путей продолжительного удержания рыбы в неводе. В конструкцию невода «накануки-ами» начали вносить изменения. Прежде всего в ловушки стали устанавливать открылки в различных вариантах расположения, добиваясь сложного лабиринта для хода рыбы, так появились ставные невода с «щелевыми» входами в рабочие садки. Однако наибольший эффект дало применение «накладной» или, вернее, «наклонной» сети, которая позже стала называться подъемной дорогой. С помощью подъемной дороги рыба стала автоматически переводиться из двора ловушки в садок, откуда

выхода практически нет. Так, к 1920-1925 гг. был создан современный тип морского ставного невода «кайрио-ами», что в переводе с японского означает «последнее слово техники».

В конце 1920-х годов в нашей стране начала развиваться государственная рыбная промышленность, основной задачей которой было устранение существующего дефицита в продуктах питания в основном за счет увеличения вылова массовых видов рыб – лососевых и сельди. Началось наращивание количества наиболее эффективных орудий лова прибрежного рыболовства – ставных неводов. Уже к 1954 г. на Камчатке ежегодно выставлялось свыше 300 неводов, что определило резкий рост темпов вылова рыбы.

В 1950-е годы Япония начала стремительно развивать сетной промысел лососевых в открытом море, что оказало негативное влияние на состояние сырьевых ресурсов лососевых и быстро привело к потере существенного значения прибрежного рыболовства в рыбной отрасли Дальнего Востока. В результате количество ставных неводов уменьшилось в несколько раз и в 1960-70-е годы их число на Камчатке не превышало 80-100 ед.

Постепенное ограничение японского промысла лососевых в открытом море, а затем и ввод 200-мильной рыболовной зоны привели к росту численности горбуши, нерки и кеты. С увеличением подходов лососевых начал оживляться прибрежный лов. Так, уже в 1980 г. на Камчатке было выставлено 140 ставных неводов. В последнее десятилетие количество ежегодно выставляемых ставных неводов на Камчатке варьирует в пределах 275-374 ед. Общее количество неводов определяется главным образом подходами горбуши как наиболее многочисленного вида. Абсолютный максимум выставленных ставных неводов на Камчатке достигнут в 2021 г. – 374 невода, а средний вылов на один невод составил тогда 896,2 т. В путину 2022 г. было выставлено 357 ставных неводов, а средний вылов на один невод составил 290,9 т. Средний вылов на невод в Камчатском крае за последние 10 лет 590,2 т. Максимальный вылов на один ставной невод 5760,9 т отмечен в 2018 г. на западном побережье Камчатки, когда было выставлено по обоим побережьям 343 невода, а средний вылов на один невод составил 1124,7 т.

На Камчатке, несмотря на разнообразие условий промысла, используются в основном два типа невода – прибрежный и полуподвесной, что обусловлено сравнительно небольшими глубинами, на которых производится лов, не превышающими 7-9 м, за редким исключением 15-20 м (Камчатский залив и район р. Озерная-западная). В неводах прибрежного и полуподвесного типа крыло перекрывает всю толщу воды от поверхности до дна, а ловушка соответственно располагается на грунте

или над грунтом в подвешенном состоянии. Способ установки ставных неводов на Камчатке практически один. Он включает верхнее расположение центрального троса, установку дополнительной наружной рамы, внутри которой растягивается ловушка. Каркас невода закрепляется с помощью наклонных оттяжек.

Ловушки ставных неводов, применяемых на Камчатке в зависимости от конструкции, делятся на три основные группы:

- простые ловушки без садков;
- ловушки с садками с «щелевыми» входами в них;
- ловушки с садками с внутренними подъемными дорогами.

В последние годы в рыболовстве Камчатки наибольшее распространение получили ставные невода последней группы с двумя ловушками, основным достоинством которых является высокая удерживающая способность. При этом длина крыла таких неводов, по сравнению с одноловушечными, значительно возросла – до 1500-2000 м.

Начиная с 2020 г. на западном побережье Камчатки для промысла лососевых на морских РЛУ стали активно использоваться ставные невода с еще большим количеством простых ловушек, устанавливаемых на одном крыле. Эта конструкция ставного невода была заимствована на Сахалине. Крыло невода, как правило, выставляется на всю протяженность участка – 2000 м, а количество простых ловушек доводят до пяти.

Использование ставных неводов подобных крупногабаритных конструкций позволяет повысить в целом уловистость неводной установки прежде всего за счет облова наиболее ценных видов тихоокеанских лососей, мигрирующих на большем удалении от береговой линии. Этому способствовало и то обстоятельство, что в течение последних 18 лет на Камчатке в период лососевой путины не наблюдалось прохождения сильных тайфунов, как это имело место, например, в путину 2004 г. Тогда от воздействия сильного шторма на Западном побережье Камчатки 4-5 августа было сорвано или получило значительные повреждения, не позволившие продолжить промысел, 90% выставленных ставных неводов, причем это были в основном ставные невода с длиной крыла 250-400 м для лова горбуши. Поэтому увлечение неводами подобной конструкции всегда сопряжено с достаточно большой долей риска разрушения всей неводной установки от воздействия шторма из-за снижения их штормоустойчивости.

В последние годы на Камчатке отмечены положительные изменения в технологии ставного неводного лова, связанные с применением современных более прочных и износостойких материалов для изготовления орудий лова, использованием более удобных и безопасных надувных моторных лодок вместо гребных, а также с совершенствованием механизации процесса выгрузки рыбы из садков невода в прорези с

помощью механизированных каплеров вместо ручных. Дальнейшее совершенствование данного процесса мы видим в развитии гидромеханического способа выгрузки рыбы за счет использования плавучих вакуумных рыбонасосных установок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При современном уровне интенсивности промысла тихоокеанских лососей основной угрозой стабильности их естественных запасов является возможность «перелова», приводящая к дефициту производителей на нерестилищах. Очевидно, при облове рыб, мигрирующих вдоль береговой линии, регулирование интенсивности промысла должно включать как стратегические (общее и дифференцированное количество неводов, расстояние между неводами и т. п.), так и тактические (регламентация длины крыла, количества ловушек на одном крыле, наличие дополнительных «глухих» садков и т. д.) элементы. Сложившаяся система управления промыслом основывается на оценках величины нерестовых подходов и принятии оперативных управленческих решений для реализации основополагающего принципа – приоритет пропуска перед промыслом.

Одной из наиболее эффективных мер для обеспечения пропуска производителей тихоокеанских лососей к местам нереста следует считать режим проходных дней (периодов), активно используемый при регулировании промысла тихоокеанских лососей в Камчатском крае.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Перечень рыболовных участков на территории Камчатского края – Таблица электронная / Приложение к постановлению Правительства Камчатского края от 28.11.2022 № 66-П. – URL: <https://www.kamgov.ru/minfish/antimonopolnyj-komplaens/rybolovnye-ucastki?page=2> (дата обращения 20.10.2022).

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БПЛА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОДХОДОВ ГОРБУШИ В НЕРЕСТОВЫЕ РЕКИ О-ВА САХАЛИН В 2022 г.

А.И. Никифоров¹, И.И. Гордеев^{1,2}, А.В. Ридигер¹

¹ *Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва*

² *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ), г. Москва*

Аннотация. Проанализированы работы по проведению мониторинга подходов производителей тихоокеанского лосося горбуши (*O. gorbuscha*) в нерестовые реки южной и юго-восточной частей о-ва Сахалин с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА); рассмотрены некоторые вопросы формирования научных основ повышения качества и оперативности управления промыслом тихоокеанских лососей; обсуждены технические и организационные особенности использования БПЛА в ходе мониторинговых исследований анадромной миграции тихоокеанских лососей.

Ключевые слова: горбуша, *O. gorbuscha*, тихоокеанские лососи, анадромная миграция, мониторинг, БПЛА.

ВВЕДЕНИЕ

Мониторинг подходов производителей горбуши как наиболее массового вида тихоокеанских лососей в нерестовые реки Дальнего Востока – один из важнейших этапов при проведении комплексных прикладных научных исследований. Результаты, полученные в ходе этих работ, служат ценнейшим материалом, необходимым рыбохозяйственной науке для дальнейшего совершенствования методической базы прогнозирования объемов добычи (вылова) отдельных видов лососей (Антонов, 2007; Методики учета производителей..., 2013).

В отношении объемов вылова тихоокеанских лососей о-в Сахалин занимает одно из лидирующих мест в РФ по данному показателю. Так, за лососевую путину 2022 г. в этом регионе было добыто более 83 тыс. т тихоокеанских лососей, что составило почти третью часть от общего вылова этих рыб, зафиксированного в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне.

Следует отметить, что проведение визуальной оценки подходов тихоокеанских лососей в реках и ручьях о-ва Сахалин традиционным методом пешего обхода часто сильно затруднено в силу того, что берега водотоков покрыты густой труднопроходимой растительностью, а русла характеризуются сильным меандрированием. Также немаловажным фактором является значительная удаленность многих нерестовых рек от

возможных точек базирования исследовательских групп. В связи с этим в настоящее время одним из путей повышения эффективности и оперативности мониторинга подходов тихоокеанских лососей представляется возможность применения беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) различных конструкций, позволяющих проводить аэрофотосъемку фрагментов русла нерестовых водотоков (Свиридов, Коцюк, Подорожнюк, 2022; Remote sensing of..., 2014).

В то же время нельзя не отметить, что возможность применения БПЛА в мониторинговых исследованиях подходов тихоокеанских лососей в ряде случаев оказывается несколько ограничена (Модификации беспилотного учета..., 2022).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовательские работы по мониторингу подходов тихоокеанского лосося горбуши (*O. gorbuscha*) с применением БПЛА проводились сотрудниками Центрального института ФГБНУ «ВНИРО», а также Сахалинского филиала ФГБНУ «ВНИРО» в южной и юго-восточной частях о-ва Сахалин. В качестве объектов исследования были выбраны реки, традиционно используемые Сахалинским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» как реперные нерестовые водотоки при подготовке материалов по объемам прогнозируемых уловов. Наши исследования проводились на следующих нерестовых реках: Лазовая, Пугачевка, Фирсовка, Жуковка, Долинка, Вознесенка, Таранай, Урюм, Кура, Баченская, Игривая и Островка.

В ходе работ с определенной периодичностью осуществлялась аэрофотосъемка устьевых участков нерестовых рек с помощью БПЛА различных конструкций. Для непосредственного проведения аэрофотосъемки ФГБНУ «ВНИРО» привлекало операторов БПЛА подрядных организаций (АО «Юнайтед ТелеКом» и ООО «Аршин»).

Съемка выполнялась на высоте 50-250 м, обеспечивающей нужное ($\leq 1,5$ см/пикс) разрешение снимков, под углами, минимизирующими возникновение визуальных помех на поверхности воды (отражение, рябь, блики и т.д.). В работах были задействованы БПЛА квадрокоптерного типа нескольких конструкций: DJI Inspire 2; DJI Mavic 2 pro; DJI Mavic 3 с разрешением матрицы 20 Мп (рис. 1).

В целях недопущения получения некачественных снимков аэрофотосъемку проводили только в дневное время, при благоприятных погодных условиях (в отсутствие низкой облачности, осадков, шквального ветра, тумана и др.). Массив цифровых данных позволял получить сопутствующую информацию о высоте, скорости движения и

навигационных параметрах используемого БПЛА (курс, тангаж, крен и т.д.); также фотоматериалы были синхронизированы с географическими координатами (GPS/ГЛОНАСС).



Рис. 1. Внешний вид БПЛА квадрокоптерного типа DJI Inspire 2

В силу того, что в ходе проведения работ полеты осуществлялись как вдоль линейных объектов (русла рек), так и на определенных площадях (широкие устьевые участки некоторых рек), применялись разные подходы к составлению маршрутов БПЛА. Так, для линейных объектов (русла небольших рек) маршруты составлялись с учетом доступных для съемки участков обследуемых водотоков; также принималось во внимание наличие транспортной или пешей доступности участков ландшафта, пригодных для старта БПЛА. При проведении площадных обследований составлялись маршруты сплошного или избирательного обследования учетными галсами БПЛА (прямолинейными параллельными отрезками) с равным шагом между ними.

Следует отметить, что при съемке обеспечивалось частичное перекрытие фотоснимков, так как данный режим обеспечивает более точную идентификацию искомым объектов – производителей лососевых, совершающих анадромную миграцию в реке (рис. 2).

Присутствие экспедиционной группы из сотрудников Центрального института ФГБНУ «ВНИРО» и Сахалинского филиала ФГБНУ «ВНИРО» на каждой конкретной нерестовой реке позволяло также выполнять традиционную визуальную оценку подходов горбуши в исследуемых нерестовых реках пешим наблюдателем по стандартной методике (Методические рекомендации по..., 2013).

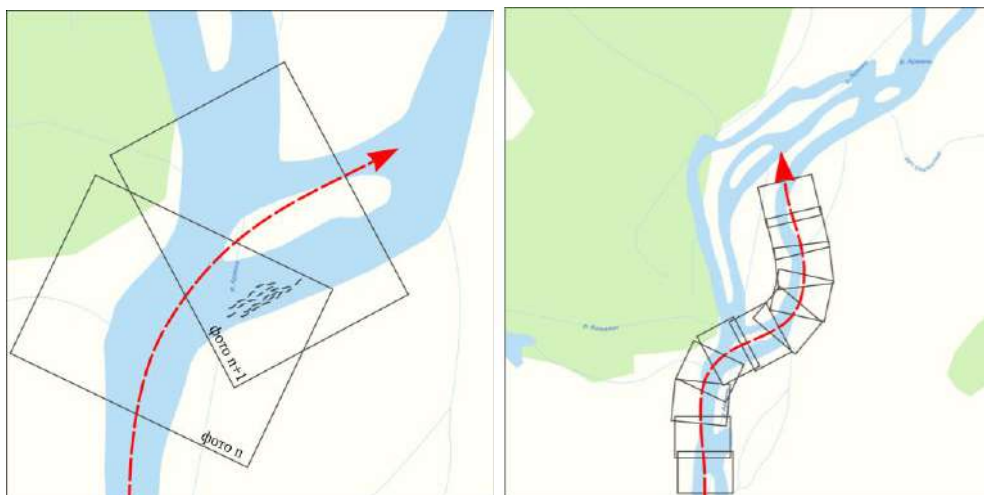


Рис. 2. Схема области перекрытия двух соседних кадров при проведении съемки

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе описываемых выше работ были получены массивы цифровых данных, включающих в себя следующие основные компоненты: комплекты фотоснимков обследованных фрагментов нерестовых рек; электронные файлы телеметрии фотоснимков; файлы электронных треков маршрутов; ведомость результативных фотоснимков. Кроме того, в массив входили: итоговая ведомость авиаучета; схемы обследованных акваторий; электронные треки маршрутов БПЛА, нанесенные на схемы обследованных акваторий. Безусловная ценность полученных материалов заключается не только в том, что они позволили видеть в динамике процесс подхода производителей горбуши в нерестовые водоемы и оценить его интенсивность, но и в возможности создания библиотеки образов устьевых участков обследованных рек.

Проведенные работы показали основные преимущества применения БПЛА квадрокоптерного типа для изучения динамики анадромной миграции лососевых рыб, в частности горбуши. В основном эти преимущества заключаются в автоматизации процесса учета мигрирующих особей горбуши, а также в исключении различного рода «человеческих факторов» из процесса исследования (неизбежных ошибок конкретного наблюдателя при пешем визуальном обследовании; преодолении объективной невозможности тотального учета рыбы наблюдателем из-за ширины, глубины, мутности водотока, а также из-за отсутствия возможности единовременной оценки численности рыб на всем протяжении реки; опасности встречи с медведем). Также, на наш взгляд, весьма важным преимуществом применения БПЛА является исключение влияния на получаемый результат (численность рыб) тех или иных

обстоятельств, способных оказать воздействие на фиксируемый пешим человеком-наблюдателем результат учета (имеется в виду возможная коррупционная составляющая).

Тем не менее считаем необходимым отметить, что особенности эксплуатационных характеристик БПЛА определяют и ряд ограничений в отношении возможности их использования в работах по учету тихоокеанских лососей на этапе подходов производителей в нерестовые реки. Так, разные конструкции БПЛА имеют различную толерантность к некоторым лимитирующим погодным условиям (облачность, туман, ветер, дождь), в связи с чем в ряде случаев становится невозможно проводить аэрофотосъемку. Впрочем, для облегчения визуального учета производителей лосося может быть успешно применен так называемый «метод контрастного фона», заключающийся в выстилании участка дна нерестовой реки каким-либо светлым однотонным материалом (синтетической тканью, заполненными песком белыми мешками и т.п.). Как показывает практика, подобный прием позволяет существенно повысить точность учета производителей тихоокеанских лососей – как визуально (наблюдателем), так и с помощью БПЛА (Модификации беспилотного учета..., 2022).

В то же время следует отметить, что пока не разработаны методы, позволяющие с достаточной степенью достоверности определить по фотографии численность скоплений производителей тихоокеанских лососей на глубоких местах водотока.

Также одной из сложностей (впрочем, вполне преодолимой при наличии достаточного профессионального опыта у оператора БПЛА) является сильное меандрирование русла реки в сочетании с развитой древесной растительностью и высокими берегами. Безусловно, проведение аэрофотосъемки становится практически невозможным в случае значительного (до 80 % и более) перекрытия поверхности водотока древесно-кустарниковой растительностью, что может иметь место в случае незначительной ширины нерестового водотока.

В рамках обсуждаемой проблемы следует отметить, что наземные наблюдатели могут проводить учет рыбы не только в условиях переменной облачности или дождя (что чаще всего исключает возможность эффективного применения БПЛА), но и в условиях сильного перекрытия поверхности водотока растительностью (как правило, в этом случае наблюдатель может оценить численность производителей, передвигаясь непосредственно по руслу реки пешком или на маломерном судне).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследовательские работы по мониторингу подходов тихоокеанского лосося горбуши (*O. gorbuscha*) с применением БПЛА, проведенные в 2022 г. на о-ве Сахалин, подтвердили возможность успешного применения аэрофотосъемки для получения актуальных данных о сроках и интенсивности анадромной миграции тихоокеанских лососей в начале нерестового хода. В ходе этих работ был выявлен ряд ограничений метода, способных существенно повлиять на результативность подобных работ в дальнейшем. Так, в случае сильного перекрывания русла реки околородной древесно-кустарниковой растительностью использование БПЛА объективно невозможно. В этом случае целесообразно применять учет с помощью пешего визуального обследования, в том числе и «метод контрастного фона», обеспечивающий вполне приемлемую точность глазомерного определения численности производителей тихоокеанского лосося.

На основании результатов наших исследований считаем необходимым отметить, что наиболее эффективное использование имеющихся технических возможностей БПЛА достижимо лишь при заблаговременном планировании графика полевых работ экспедиционных групп, использующих указанное оборудование, с учетом погоды, а также при наличии реестра нерестовых рек по степени пригодности их акваторий для применения БПЛА при оценке численности производителей тихоокеанских лососей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Антонов, А.А. Динамика численности горбуши зал. Анива (о. Сахалин) на современном этапе / А.А. Антонов // Динамика численности тихоокеанских лососей и прогнозирование их подходов: тезисы докладов межд. науч. конф. (Россия, г. Южно-Сахалинск, 3-5 окт. 2007 г.). – 2007. – С. 3-4.

Методические рекомендации по учету численности тихоокеанских лососей в реках Сахалинской области / СахНИРО; Сахалинрыбвод. – Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2013. – 30 с.

Модификации беспилотного учета производителей тихоокеанских лососей в реках Сахалинской области и Хабаровского края / В.В. Свиридов, Е.В. Подорожнюк, В.Д. Никитин [и др.]. – DOI.org/10.26428/1606-9919-2022-202-1015-1031 // Известия ТИНРО. – 2022. – Т. 202, вып. 4. – С. 1015-1031.

Свиридов, В.В. Беспилотный фотограмметрический учет тихоокеанских лососей посредством БПЛА потребительского класса / В.В. Свиридов, Д.В. Коцюк, Е.В. Подорожник // Известия ТИНРО. – 2022. – Т. 202, вып. 2. – С. 429-449

Шевляков, Е.А. Методики учета производителей тихоокеанских лососей на нерестилищах и путях миграций к ним / Е.А. Шевляков, С.В. Шубкин, В.А. Дубынин [и др.] // Бюллетень № 8 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2013. – С. 36-57.

Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 2: scientific and commercial applications / K. Whitehead, C.H. Hugenholtz, S. Myshak [et al.]. – DOI 10.1139/ juvs-2014-0007 // Journal of Unmanned Vehicle Systems. – 2014. – Vol. 2(3). – P. 86-102.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА ГОРБУШИ *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* В РЕКАХ МАТЕРИКОВОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА

В.И. Островский, Т.В. Козлова

Хабаровский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ХабаровскНИРО»), г. Хабаровск

Аннотация. Проанализирована связь численности половозрелых потомков горбуши, размножающейся в реках материкового побережья Татарского пролива (Хабаровский край), с численностью родителей. Показано, что дополнение модели Рикера факторными переменными, характеризующими изменчивость метеорологических факторов в местах размножения, увеличивает значение коэффициента детерминации почти вдвое.

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, динамика численности, горбуша, прогноз, модели.

ВВЕДЕНИЕ

Прогнозы подходов тихоокеанских лососей обычно основаны на зависимостях численности потомков от численности родителей, в которых многофакторный процесс формирования количества поколений описывается классическими однофакторными моделями «запас-пополнение», предполагающими относительную стабильность условий воспроизводства (Максименко, Антонов, 2003). При направленных изменениях условий воспроизводства прогнозы, основанные на классических моделях, неизбежно приводят к систематическим ошибкам и негативно сказываются на ведении промысла.

Надежность таких прогнозов можно существенно повысить за счет дополнения классических моделей трендовой составляющей динамики численности поколений (Островский, Пономарев, 2020). Данный метод не вскрывает природу факторов, формирующих тренд, а также (как и классические модели) включает в себя предположение о предстоящем состоянии условий воспроизводства.

Преодоление недостатков методов прогнозирования, связанных с неопределенностью предстоящего состояния условий воспроизводства, возможно только при выявлении роли конкретных факторов среды, влияющих на численность поколений, что и является целью нашего исследования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на примере горбуши из рек материкового побережья Татарского пролива (Хабаровский край). К настоящему времени мы располагаем непрерывным рядом пар наблюдений «родители-потомки» с 2000 г. и шестью разрозненными парами за 1980-2000 гг. (всего 27 пар). Метеорологические данные в районе исследования (г. Советская Гавань) приведены на сайте «Погода и климат». Использованы методы множественного нелинейного регрессионного анализа (Поллард, 1982; Дрейпер, Смит, 2007), значения коэффициентов уравнений подбирали итерационным способом.

Обозначения во всех уравнениях и таблице: $a-g$ – коэффициенты; R^2_c – скорректированный коэффициент детерминации; F – критерий Фишера; p – уровень значимости; s.e. – стандартная ошибка; A_s и E_x – асимметрия и эксцесс распределения остатков уравнений; D_r , D_c – остаточная и общая скорректированная сумма квадратов отклонений; k – число степеней свободы; M – среднее значение. Стандартные ошибки коэффициентов асимметрии (A_s) и эксцесса (E_x) для всех уравнений равны 0,866 и 0,447 соответственно. Т-критерий Стьюдента рассчитывали как отношение значений коэффициентов асимметрии и эксцесса к их ошибкам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Зависимость численности потомков горбуши (R , тыс. рыб) от численности родителей (P , тыс. рыб) удовлетворительно ($R^2_c=0,427$; $F=18,6$; $p < 0,000$, см. таблицу) описывает уравнение У.Е. Рикера (1979):

$$R = a \times P \times \exp(-P/b). \quad (1)$$

Попытки использовать с этой целью иные уравнения «запас-пополнение» (Максименко, Антонов, 2003), а также степенную или экспоненциальную функцию приводили к худшим результатам построения модели.

Подходы горбуши значительно отклоняются от прогнозируемых по уравнению (1) значений (рис. 1), что, кроме ошибок оценок численности родителей и потомков, может быть связано с изменчивостью условий воспроизводства.

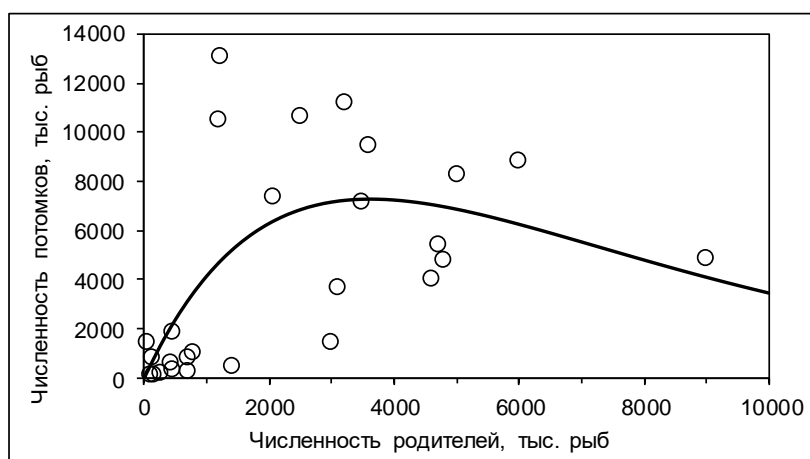


Рис. 1. Зависимость численности потомков горбуши от численности родителей, сглаженная уравнением (1)

Из климатических факторных переменных, имеющих в нашем распоряжении (среднемесячная температура воздуха, суммарное количество ежемесячных осадков и максимальное, выпавших за одни сутки в разные месяцы в годы нереста и годы покатной миграции), мы выбирали такие, которые приводили к наилучшему результату построения модели.

С учетом множества вариантов описания связей и переменных, количество возможных удачных и неудачных типов модели оказывается слишком большим для обсуждения, поэтому рассмотрим лишь вариант, наилучшим образом объясняющий изменчивость численности потомков. Кратность отклонений ($D1$) фактической численности потомков (R_f) от численности, рассчитанной по уравнению (1) (R_t) ($D1=R_f/R_t$), зависит (рис. 2) от суммарного количества осадков, выпадавших в январе и феврале в год инкубации икры (O , мм). Зависимость аппроксимировали уравнением:

$$D1 = a \times \exp(b \times O), \quad (2)$$

а совместное влияние на эту переменную численности родителей и количества осадков уравнением:

$$R = a \times P \times \exp(-P/b + c \times O). \quad (3)$$

Значения коэффициентов, результаты дисперсионного анализа и критериальная статистика всех уравнений приведены в таблице.

Дополнение уравнения Рикера переменной, характеризующей суммарное количество осадков в январе и феврале (см. рис. 2), статистически значимо ($F=12,4$; $p < 0,01$) уменьшает остаточную дисперсию зависимой переменной. Ее включение в модель увеличивает долю объясненной дисперсии численности поколений на 21,1 %, остатки уравнения ($-75,465 \pm 484,715$) практически равны 0, их распределение близко к распределению Гаусса (T_{As} и $T_{ex} < 3$). Таким образом, можно

сделать вывод о том, что уравнение (3) адекватно показывает изменчивость численности поколений горбуши.

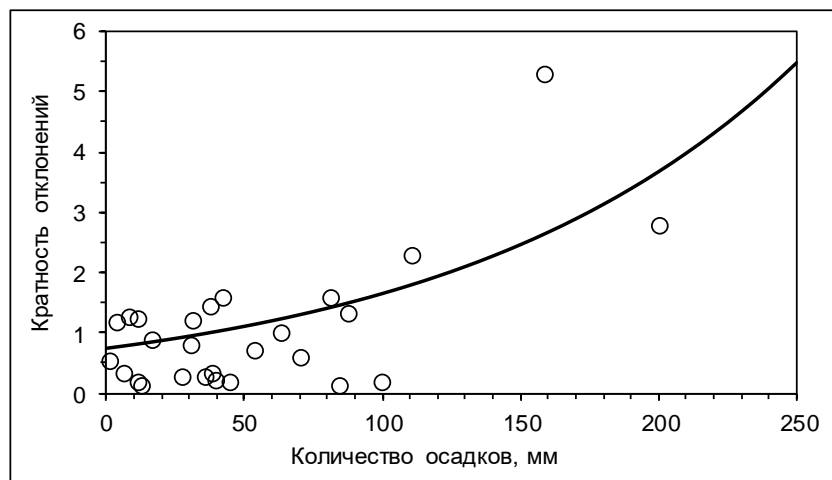


Рис. 2. Зависимость кратности отклонений уравнения (1) от суммарного количества осадков в январе и феврале во время инкубации икры, сглаженная уравнением (2)

Значения коэффициентов и результаты анализа уравнений (1-7)

Коэффици- циент	Уравнение (№)						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>a</i>	5,461	0,742	2,828	0,582	1,964	0,798	1,358
<i>b</i>	3618,920	0,008	4546,731	6,215	4755,478	1,596	4691,076
<i>c</i>	-	-	0,008	1,725	0,009	1,235	0,010
<i>d</i>	-	-	-	-	6,456	-	6,478
<i>e</i>	-	-	-	-	2,518	-	2,282
<i>f</i>	-	-	-	-	-	-	1,677
<i>g</i>	-	-	-	-	-	-	1,030
<i>Дисперсионный анализ уравнений</i>							
D_c	4,56E+08	29,872	4,56E+08	13,707	4,56E+08	10,803	4,56E+08
k_c	26	26	26	26	26	26	26
D_f	2,61E+08	19,832	1,65E+08	6,796	1,16E+08	8,966	8,20E+07
k_f	25	25	24	24	22	24	20
R^2_c	0,427	0,336	0,638	0,504	0,745	0,170	0,82
<i>F</i>	18,630	12,651	21,149	12,194	16,069	2,458	15,185
<i>p</i>	0,0002	0,0015	0,0000	0,0002	0,0000	0,1069	0,0000
<i>s.e.</i>	3298,573	0,909	2679,122	0,544	2352,020	0,624	2077,289
<i>Анализ остатков уравнений</i>							
<i>M</i>	-110,935	0,008	-75,465	0,002	-10,596	-0,007	-44,123
<i>s.e.</i>	609,519	0,168	484,715	0,098	406,796	0,113	341,636
<i>As</i>	0,762	0,790	0,048	0,814	0,498	0,640	0,855
T_{As}	1,703	1,766	0,108	1,821	1,114	1,431	1,913
<i>Ex</i>	0,830	1,781	0,076	0,205	0,952	0,443	0,753
T_{Ex}	0,958	2,057	0,087	0,237	1,099	0,511	1,913

Вероятно, количество осадков в самых холодных месяцах зимы определяет высоту снежного покрова, предохраняющего нерестовые гнезда от промерзания (Смирнов, 1947; Леванидов, 1954; Костарев, 1964), что при прочих равных условиях предполагает большую численность потомков.

Другой по значимости фактор – температура воздуха в мае в год покатной миграции (T). Этим фактором объясняется 50,4 % кратности отклонений ($D3$) фактической численности потомков от значений, рассчитанных по уравнению (3) (рис. 3, см. таблицу). Зависимость выразили:

$$D3 = a \times \exp(((T - b)/c)^2), \quad (4)$$

а совместное влияние всех трех факторов:

$$R = a \times P \times \exp(-P/b + O \times c + ((T - d)/e)^2). \quad (5)$$

Дополнение уравнения (3) факторной переменной T статистически значимо ($F=6,7$; $p < 0,05$) увеличивает долю объясненной изменчивости численности потомков уравнением (5). Скорректированный коэффициент детерминации модели увеличивается до 0,745 (см. таблицу).

Регрессионный анализ не дает ответа на вопрос о механизмах реализации выявленных связей, он позволяет установить лишь наличие или отсутствие связей, задавая перспективные направления будущих исследований. В данном случае (рис. 3) можно предположить, что с повышением температуры воздуха увеличиваются скорость таяния снега и величина паводков, уменьшающих выживаемость молоди (Чупахин, 1975; Каев, 2018). При температуре более 7 °С выживаемость оставшейся молоди улучшится за счет роста в реке или морском побережье (Карпенко, 1998; Каев, Чупахин, 2002; Бимиш, Невилл, 2021), компенсируя последствия паводка.

Последний фактор, дополняющий модель, – среднегодовая температура воздуха в год нереста ($T1$). Регрессия кратности отклонений уравнения (5) на изменчивость среднегодовой температуры воздуха (рис. 4) выражена относительно слабо ($R^2_c=0,170$; $p=0,1069$) и ее можно не включать в модель, но данный фактор статистически значимо ($F=5,7$; $p < 0,05$) увеличивает значение R^2_c до 0,820.

Связь кратности отклонений уравнения (5) ($D5$) со среднегодовой температурой воздуха описали уравнением, идентичным уравнению (4):

$$D5 = a \times \exp(((T1 - b)/c)^2). \quad (6)$$

Окончательный вариант модели:

$$R = a \times P \times \exp(-P/b + O \times c + ((T - d)/e)^2 + ((T1 - f)/g)^2). \quad (7)$$

Значение скорректированного коэффициента детерминации уравнения (7) почти вдвое увеличивает данный показатель уравнения

Рикера и относительно хорошо имитирует фактическую динамику численности потомков (рис. 5).

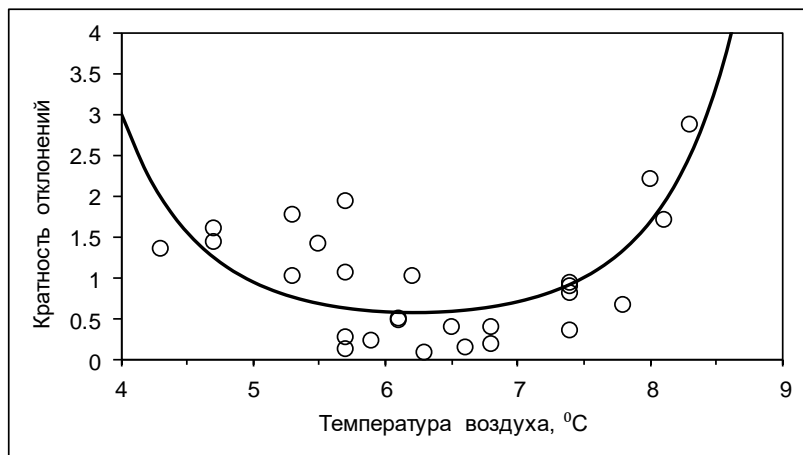


Рис. 3. Зависимость кратности отклонений уравнения (3) от температуры воздуха в мае в год покатной миграции, сглаженная уравнением (4)

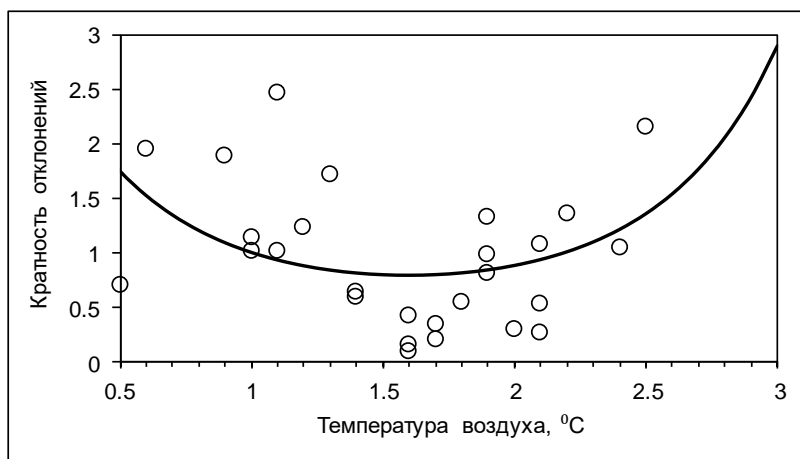


Рис. 4. Зависимость кратности отклонений регрессии (5) от среднегодовой температуры воздуха, сглажена уравнением (6)



Рис. 5. Динамика фактической и модельной численности потомков горбуши

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о том, что численность поколений рассматриваемой группировки горбуши в основном определяется численностью родителей и условиями воспроизводства в пресноводном периоде жизни. Они также демонстрируют принципиальную возможность улучшения надежности прогнозов и перспективность использования с этой целью множественного регрессионного анализа.

БЛАГОДАРНОСТИ

С 1980 г. по настоящее время численность рыб на нерестилищах и биологические параметры рыб оценивали многие сотрудники филиала «ХабаровскНИРО». Без их многолетней, кропотливой работы в полевых условиях приведенный здесь анализ был бы невозможен. Всем участникам сбора данных выражаем глубокую признательность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бимиш, Р.Д. Доказательства зависимости численности тихоокеанских лососей от роста молоди в первые месяцы жизни в океане / Р.Д. Бимиш, К.-Э.М. Невилл. – DOI 10.36038/0234-2774-2021-22-4-5-15 // Вопросы рыболовства. – 2021. – Т. 22, № 4. – С. 5-15.

Дрейпер, Н. Р. Прикладной регрессионный анализ / Н.Р. Дрейпер, Г. Смит. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 912 с.

Каев, А.М. Снижение численности горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*) в Сахалино-Курильском регионе как следствие действия экстремальных факторов среды / А.М. Каев. – DOI 10.26428/1606-9919-2018-192-3-14 // Известия ТИНРО. – 2018. – Т. 192. – С. 3-14.

Каев, А.М. Ранний морской период жизни горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* и кеты *Oncorhynchus keta* о. Итуруп / А.М. Каев, В.М. Чупахин // Труды СахНИРО. – 2002. – Т. 4. – С. 116-132.

Карпенко, В.И. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей / В.И. Карпенко. – М.: Изд-во ВНИРО, 1998. – 165 с.

Костарев, В.Л. О связи урожайности молоди кеты с высотой снежного покрова и температурой воздуха в зимний период / В.Л. Костарев // Рыбное хозяйство. – 1964. – № 9. – С. 28-30.

Леванидов, В.Я. Пути усиления воспроизводства кеты Амура / В.Я. Леванидов // Труды совещания по вопросам лососевого хозяйства Дальнего Востока. – М.: АН СССР, 1954. – С. 120-28.

Максименко, В.П. Количественные методы оценки рыбных запасов / В.П. Максименко, Н.П. Антонов. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО, 2003. – 256 с.

Островский, В.И. Зависимость численности потомков кеты *Oncorhynchus keta* Охотского района от численности родителей и условий воспроизводства / В.И. Островский, А.С. Пономарев. – DOI 10.26428/1606-9919-2020-200-605-617 // Известия ТИНРО. – 2020. – Т. 200, № 3. – С. 605-617.

Погода и климат. – Текст электронный. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/31770.htm> (дата обращения 13.07.2022).

Поллард, Дж. Справочник по вычислительным методам статистики / Дж. Поллард. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 344 с.

Рикер, У.Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб / Пер. с англ. В.К. Бабаяна; Под ред. Т.И. Булгаковой и Ю.Н. Ефимова. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 408 с.

Смирнов, А.Г. Состояние запасов амурских лососей и причины их численных колебаний / А.Г. Смирнов // Известия ТИНРО. – 1947. – Т. 25. – С. 33-53.

Чупахин, В.М. Естественное воспроизводство южнокурильской горбуши / В.М. Чупахин // Труды ВНИРО. – 1975. – Т. 106. – С. 67-77.

ЗООПЛАНКТОН р. ЧЕРНАЯ КАК КОРМОВАЯ БАЗА МАЛЬКОВ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ

Н.Г. Отченаш, А.В. Боровской, Г.М. Устюжинский
Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), г. Архангельск

Аннотация. Статья посвящена современному состоянию зоопланктонного сообщества р. Черная (Ненецкий автономный округ), являющейся местом естественного воспроизводства атлантического лосося. Дана характеристика трофического статуса реки и кормности водотока для личинок атлантического лосося. Рассмотрены видовой состав и продукционные характеристики зоопланктона.

Ключевые слова: личинки атлантического лосося, река Черная, Ненецкий автономный округ, зоопланктон, кормовая база.

ВВЕДЕНИЕ

Черная – река в Ненецком автономном округе (НАО), впадающая в восточную часть Чешской губы Баренцева моря. Она относится к Двинско-Печорскому бассейновому округу и имеет два наиболее значимых притока – рр. Малая Черная и Вырэй. Длина русла составляет около 54 км (Ресурсы поверхностных вод..., 1972). Река входит в перечень водотоков, являющихся местом нереста атлантического лосося (семга) (Приказ Минсельхоза России, 2022). В речной период жизни молодь лосося младших возрастных групп потребляет кормовые объекты широкого спектра, в том числе и зоопланктон (Круглова, Шустов, 1976). Зоопланктонные сообщества играют важнейшую роль в любой водной экосистеме, участвуя в ее самоочищении и являясь основной кормовой базой для молоди рыб и рыб-планктонофагов. Качественные и количественные показатели, структура популяций, доминирующие виды служат показателями состояния водной экосистемы и могут использоваться для биоиндикации и мониторинга качества среды (Андроникова, 1996).

Цель данной работы – изучить таксономический состав летнего зоопланктонного сообщества р. Черная, оценить его количественные и качественные показатели, определить трофность и кормность водотока, дать оценку обеспеченности кормовой базы молоди атлантического лосося.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор зоопланктонных проб в р. Черная осуществляли с 17 по 24 июля 2022 г. с поверхностного горизонта, процеживая 100 л воды через качественную планктонную сеть Апштейна, с последующей фиксацией

40 %-ным формалином. Обработку проб проводили камерально путем визуализации с использованием стереоскопического микроскопа «БиОптик CS-200» и лабораторного микроскопа «БиОптик С-300» (Руководство по гидробиологическому..., 1992). Видовую принадлежность зоопланктонных организмов определяли с помощью общепринятых источников (Мануйлова, 1964; Определитель зоопланктона и..., 2010; WoRMS, 2021).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Зоопланктонное сообщество в р. Черная в летний сезон 2022 г. было представлено 5 таксономическими единицами: Ostracoda – 1 вид, Cladocera (ветвистоусые рачки) и Copepoda (веслоногие рачки) – по 2 вида (см. таблицу).

Основные характеристики летнего зоопланктона в р. Черная в 2022 г.

Таксон	Кол-во видов, шт.	Средняя численность, экз./м ³	Средняя биомасса, мг/м ³
Ostracoda	1	13	0,24
Cladocera	2	27	0,72
Copepoda	2	7	0,023
Всего	5	47	0,983

Все идентифицированные организмы относились к обычным, широко распространенным видам – ветвистоусым рачкам *Bosmina (Eubosmina) coregoni*, *Bosmina longirostris* (рис. 1) и копеподам *Thermocyclops oithonoides*. Часть веслоногих рачков – младшие копеподиты и науплии. Представители осктракод до вида определены не были.



Bosmina longirostris



Bosmina (Eubosmina) coregoni

Рис. 1. Ветвистоусые рачки

Общие биомасса и численность зоопланктона в районе исследований колебались от 0,76 мг/м³ и 30 экз./м³ до 1,38 мг/м³ и 60 экз./м³ соответственно. Средние значения продукционных показателей составляли 47 экз./м³ и 0,983 мг/м³ (табл. 1).

Основу зоопланктонного сообщества в р. Черная в июле 2022 г. составляли мелкие ветвистоусые рачки *Bosmina (Eubosmina) coregoni* (50 % от общей численности и 64,1 % от биомассы), а также зарослевые обитатели *Ostracoda* sp., на долю которых приходилось 28,6 % от общей численности и 24,4 % от биомассы. Зоопланктонное сообщество оценивалось как кладоцерно-остракодно-копеподное (рис. 2).

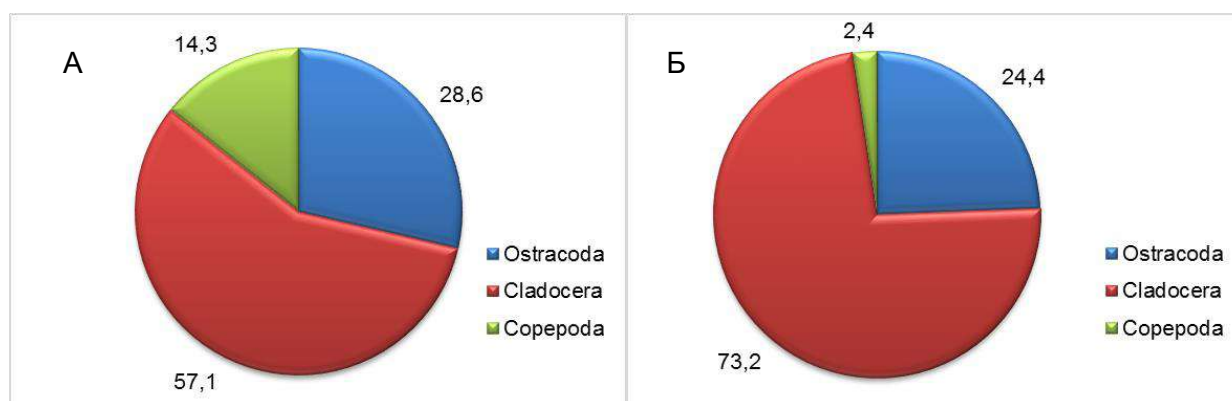


Рис. 2. Структура летнего зоопланктона в р. Черная в 2022 г.: доля таксономических групп в формировании численности (А) и доля таксономических групп в формировании биомассы (Б)

В целом зоопланктонное сообщество р. Черная летней генерации можно характеризовать как очень бедное, с крайне низкими продукционными показателями, позволяющими классифицировать водоток как α -олиготрофный, малокормный для рыб-планктонофагов (Краткая биолого-продукционная..., 1968; Китаев, 1984; Андроникова, 1996). Подобное присуще для малых водотоков Арктики (Куликова, 2010), где низкие продукционные показатели наблюдаются даже в летний период. Вышесказанное не означает, что молодь лосося не обеспечена питанием, достаточным для роста и развития. По типу трофической структуры молодь в речной период жизни является эврифагом. Можно предположить, что основу пищи мальков лосося в р. Черная составляют беспозвоночные дрифта и бентоса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В р. Черная летом 2022 г. у зоопланктонного сообщества оказались низкими показатели численности и биомассы, а также бедный видовой

состав, представленный широко распространенными организмами. Трофический статус водотока соответствовал самому бедному α -олиготрофному. Уровень продукционных показателей позволяет отнести р. Черная к водоемам, малокормным для рыб-планктонофагов, соответственно зоопланктонное сообщество не способно обеспечить необходимую кормовую базу личинкам семги.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Андроникова, И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов / И.Н. Андроникова. – СПб.: Наука, 1996. – 189 с.

Китаев, С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон / С.П. Китаев, отв. ред. Г.Г. Винберг. – М.: Наука, 1984. – 207 с.

Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов северо-запада СССР / М.Л. Пидгайко, Б.М. Александров, Ц.И. Иоффе [и др.] // Известия ГосНИОРХа. – Л., 1968. – Т. 67. – С. 205-228.

Круглова, А.Н. Планктосток некоторых рек бассейна Онежского озера и его роль в питании молоди лососевых / А.Н. Круглова, Ю.А. Шустов // Лососевые (Salmonidae) Карелии. – Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1976. – С. 146-149.

Куликова, Т. П. Зоопланктон водных объектов бассейна Белого моря/ Т.П. Куликова. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. – 325 с.

Мануйлова, Е.Ф. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР / Е.Ф. Мануйлова. – М.-Л.: Наука, 1964. – 327 с.

Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России / Российская акад. наук, Зоологический институт; под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолыхина. – СПб.: Зоологический ин-т РАН; М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. – Зоопланктон. – 2010. – 494 с.

Приказ Минсельхоза России от 13.05.2021 № 292 (ред. от 28.02.2022) «Об утверждении правил рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна» (Зарегистрировано в Минюсте России 31.05.2021 № 63687).

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Ин-т глобал. климата и экологии; [Подгот. В.А. Абакумов и др.]; Под ред. В.А. Абакумова. – СПб., 1992. – 317 с.

World Register of Marine Species (WoRMS). Accessible via: <http://www.marinespecies.org>. 30.08.2021.

БИЛАТЕРАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ ОТОЛИТОВ У ФОРМ АРКТИЧЕСКОГО ГОЛЬЦА В ОЗЕРАХ ЛАМА И КАПЧУК (ТАЙМЫР)

Д.А. Павлов, А.Г. Осинюв

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ),
г. Москва

Аннотация. Исследованы аномалии и билатеральная асимметрия отолигов у арктического гольца *Salvelinus alpinus* complex пяти основных форм озера Лама и Капчук, соединенных рекой.

Ключевые слова: арктический голец, отолиги, билатеральная асимметрия.

ВВЕДЕНИЕ

Регион Таймыра и плато Путорана представляют собой комплекс высоких плосковершинных горных массивов, разделенных глубокими и широкими каньонами, образованными в результате гигантских тектонических разломов. Плато являлось одним из центров последнего оледенения в Сибири. В результате сползания ледников углубились тектонические впадины и окончательно сформировались глубочайшие узкие и вытянутые озера. Озеро Лама – одно из самых крупных и глубоких водоемов региона (длина 80 км, ширина 10 км, глубина до 254 м). Озеро Капчук (длина 12 км, ширина 2,5 км, глубина до 30 м) соединяется с оз. Лама и р. Капчук длиной ~4 км.

В этих озерах обитают около 25 видов рыб, включая арктического гольца *Salvelinus alpinus* complex. До последнего времени количество форм гольца и таксономический статус оставались неясными. В результате генетических исследований установлено, что в озерах водятся особи пяти основных форм (табл. 1), из которых три (DR, GO и MA) образуют по две сестринские формы (Osinov, Volkov, Pavlov, 2022). Таким образом, обнаружено восемь репродуктивно изолированных форм, часть из которых выявлена только в одном из двух озерах.

Северо-западная граница оз. Лама находится на расстоянии ~70 км от Норильска и медно-никелевого месторождения, интенсивная эксплуатация которого ведется с конца 1930-х годов. В настоящее время концерн «Норильский никель» – крупнейший производитель никеля и палладия в мире. Многолетняя деятельность предприятия привела к огромным экологическим проблемам на значительной части п-ова Таймыр. Особую опасность представляют атмосферные выбросы, содержащие сульфаты и тяжелые металлы. Последние даже в малых концентрациях являются чрезвычайно вредными для живых организмов. Озеро Пясино,

находящееся в непосредственной близости от Норильска, почти полностью лишилось рыбы, а оставшиеся особи имеют аномалии и уродства внутренних органов (Румянцев, Измайлова, Крюков, 2018). Исследования, проведенные в 1990-х годах, показали, что в оз. Лама у всех рыб (включая гольцов) наблюдались аномалии в строении внутренних органов (Чеботарева, Савоскул, 1999).

Таблица 1

Длина (*FL*), масса (*W*) тела и возраст арктического гольца, используемого для анализа билатеральной асимметрии отолитов

Озеро	Форма	<i>FL</i> , мм			<i>W</i> , г			Возраст, лет	<i>n</i>
		lim	<i>M</i>	<i>SD</i>	lim	<i>M</i>	<i>SD</i>	lim	
Л, К	ВО	185-398	259	60	60-900	200	188	3+-6+	22
Л	DR	177-493	274	80	70-1190	348	297	3+-7+	30
Л, К	GO	180-455	277	81	60-890	245	190	3+-8+	29
Ка	МА	185-507	305	82	50-1180	294	271	3+-8+	46
Л, К	PU	140-442	315	74	30-1170	357	253	3+-8+	37
Л, К	HY	162-449	278	81	50-1700	337	426	3+-7+	19

Примечание. Л – оз. Лама; К – оз. Капчук; ВО – боганидская паляя; DR – голец Дрягина; GO – горный голец; МА – основная форма оз. Капчук; PU – пучеглазка; HY – гибриды F1; lim – пределы варьирования; M – среднее; SD – среднее квадратическое отклонение; n – количество особей.

Отолиты рыб, выполняющие функции обеспечения равновесия и слуха, являются билатерально симметричными структурами. Степень флюктуирующей асимметрии (ФА) – изменчивости различий между правой и левой сторонами или направленной асимметрии (ДА) – значение признака на одной из сторон в среднем больше, чем на другой – рассматривается как показатель стабильности онтогенеза (Захаров, 1987). Вместе с тем многочисленные данные о влиянии стрессирующих факторов на ФА или ДА отолитов рыб противоречивы (Otolith fluctuating asymmetry..., 2015). Воздействие тяжелых металлов на организмы непосредственно связано с их экологией и жизненным циклом (Effect of heavy..., 2021). Можно предположить, что в связи с репродуктивной изоляцией форм гольцов озер Лама и Капчук, их реакция на техногенное загрязнение различается.

Цель работы – оценить воздействие загрязнения на формы гольцов озер Лама и Капчук, используя анализ билатеральной асимметрии отолитов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

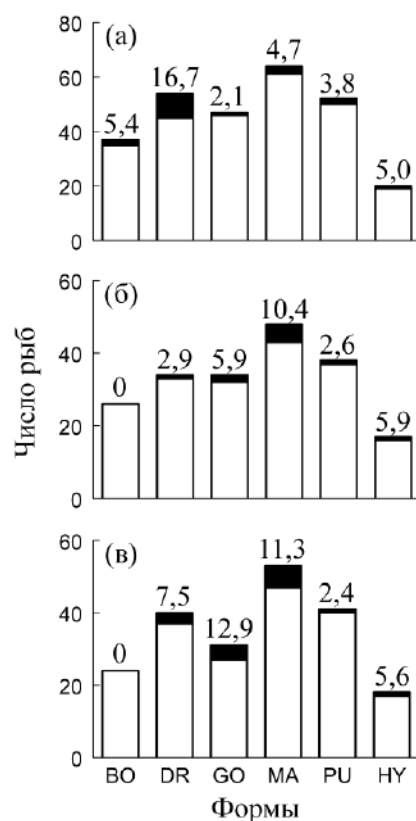
Материал собирали с июля по сентябрь 2019 г. Общее количество проанализированных рыб составило 274. Все особи идентифицированы на основе генетических данных (Osinov, Volkov, Pavlov, 2022; Pavlov, Osinov, 2023). Биологические показатели рыб, взятых для анализа билатеральной асимметрии отоликов (сагитты), представлены в табл. 1. Большинство выявленных гибридов F1 является потомством от скрещиваний между сестринскими формами. Методика анализа отоликов изложена ранее (Pavlov, Osinov, 2023). Для описания и сравнения контуров отоликов применен многомерный анализ коэффициентов, полученных в результате вейвлет трансформации. В целях увеличения размера выборок и повышения достоверности результатов только основные формы и гибриды использованы для анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Некоторые особи имели морфологические нарушения в строении хвостового плавника: глубокая медиальная вырезка разделяла плавник на две неравные части и достигала его мясистой лопасти. Аномалии в строении отоликов заключались в неполной кальцификации латеральной стороны сагитты и резко выраженной билатеральной асимметрии. У каждой особи аномальный отолит встречался, как правило, лишь на одной стороне головы. Доля особей с аномалиями в строении хвостового плавника, левого и правого отоликов составила соответственно 6,6; 5,1 и 7,2 %. Среди форм гольцов пропорция рыб с аномалиями хвостового плавника была наибольшей у DR, а с аномалиями отоликов – у MA. Последние аномалии полностью отсутствовали у BO (см. рисунок). Формы гольцов значимо не различались по величине FA промеров отоликов, но форма левого и правого отоликов значимо различалась у MA и NY, демонстрируя направленную асимметрию (DA) (табл. 2).

Аномалии в строении хвостовой лопасти, очевидно, формируются на ранних стадиях развития до перехода молоди на экзогенное питание при ее непосредственном контакте с загрязненным тяжелыми металлами нерестовым субстратом. Кальцификация отоликов продолжается на протяжении всей жизни рыбы. Можно предположить, что BO, являясь пелагической формой, с переходом к личиночному развитию избегает контакта с загрязненным грунтом. DA у MA и NY, по-видимому, связана соответственно с некоторыми (пока неизвестными) особенностями жизненного цикла и нестабильностью онтогенеза. Таким образом, DA может быть более репрезентативным показателем наличия факторов стресса, чем FA. Величину DA формы отоликов рыб предложено

использовать не только для оценки состояния популяций, но и в целях дифференциации группировок (Directional bilateral asymmetry..., 2021).



Количество нормальных особей (□) и особей с аномалиями (■) в хвостовом плавнике (а), левых (б) и правых (в) отолитах у арктического гольца. Указан процент аномалий у каждой формы. Обозначения форм здесь и далее см. в табл. 1. Общее количество особей: 274 (а), 197 (б), 207 (в)

Таблица 2
Различие между формой левых и правых отолитов у арктического гольца по данным вейвлет анализа

Форма	NOS, % (M (SD))	T^2	F	p	n
BO	1,8 (1,1)	1,149	0,244	0,909	22
DR	3,5 (2,7)	3,053	0,681	0,611	30
GO	2,3 (1,9)	10,174	2,271	0,090	29
MA	3,5 (2,8)	22,726	5,294	0,002*	46
PU	2,4 (1,8)	3,354	0,769	0,553	37
HY	2,6 (2,2)	18,685	3,737	0,034	16

Примечание. NOS – площадь неперекрывания между поверхностью правого и левого отолитов; M – среднее; SD – среднее квадратическое отклонение; T^2 , F , p – параметры парного критерия Хотеллинга; n – количество особей.

*Значимые различия между формой левых и правых отолитов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аномалии в строении хвостового плавника и отолитов в разной степени выражены у пяти основных форм гольцов озер Лама и Капчук.

Несмотря на резко выраженную билатеральную асимметрию отолитов у отдельных особей, пять форм гольцов и гибриды значимо не различаются по величине флюктуирующей асимметрии.

Направленная асимметрия формы отолитов, возможно, является более репрезентативным показателем нестабильности развития, чем флюктуирующая асимметрия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Захаров, В.М. Асимметрия животных (популяционно-феногенетический подход) / В.М. Захаров. – М.: Наука, 1987. – 216 с.

Румянцев, В.А. Состояние водных ресурсов озер арктической зоны Российской Федерации / В.А. Румянцев, А.В. Измайлова, Л.Н. Крюков. – DOI 10.30758/0555-2648-2018-64-1-84-100 // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2018. – Т. 64, № 1. – С. 16-32.

Чеботарева, Ю.В. Нарушения в строении рыб из водоемов с разным уровнем загрязнения / Ю.В. Чеботарева, С.П. Савоскул // Разнообразие рыб Таймыра. – М.: Наука, 1999. – С. 148-158.

Directional bilateral asymmetry in fish otolith: A potential tool to evaluate stock boundaries? / K. Mahé, K. MacKenzie, D. Ider [et al.]. – DOI 10.3390/sym13060987 // Symmetry. – 2021. – Vol. 13, Iss. 6. – Art. 987. – [13 p.].

Effect of heavy metals on fishes: toxicity and bioaccumulation / P. Garai, P. Banerjee, P. Mondal, N.C. Saha. – DOI 10.35248/2161-0495.21.s18.001 // Journal of Clinical Toxicology. – 2021. – Vol. 11, Iss. S18. – Art. 001. – [10 p.]

Otolith fluctuating asymmetry: a misconception of its biological relevance? / C. Díaz-Gil, M. Palmer, I.A. Catala [et al.]. – DOI 10.1093/icesjms/fsv067 // ICES Journal of Marine Science. – 2015. – Vol. 72, Iss. 7. – P. 2079-2089.

Osinov, A.G. Secondary contact, hybridization, and diversification in Arctic charr (*Salvelinus alpinus* (L.) species complex) from lakes of the Norilo-Pyasinskaya water system, Taimyr: How many forms exist there? / A.G. Osinov, A.A. Volkov, D.A. Pavlov. – DOI 10.1007/s10750-022-04869-x // Hydrobiologia. – 2022. – Vol. 849. – P. 2521-2547.

Pavlov, D.A. Differentiation of Arctic charr *Salvelinus alpinus* complex in lakes Lama and Kapchuk (Taimyr) based on genetic analysis, external morphology, and otolith shape / D.A. Pavlov, A.G. Osinov. – DOI 10.1134/S0032945223010101 // Journal of Ichthyology. – 2023. – Vol. 63, Iss. 1. – P. 22-40.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОПУЛЯЦИЙ НЕРКИ (*ONCORHYNCHUS NERKA*) ОЗЕР НАЧИКИНСКОЕ, АЗАБАЧЬЕ И КУРИЛЬСКОЕ (КАМЧАТКА)

О.А. Пильганчук¹, У.О. Муравская¹, В.В. Савенков¹,
А.Д. Денисенко¹, Д.А. Зеленина²

¹Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»),
г. Петропавловск-Камчатский

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

Аннотация. Представлены результаты исследования генетического разнообразия популяций нерки озер Начикинское, Азабачье и Курильское по семи микросателлитным локусам. Полученные результаты подтверждают различия между популяциями по данной системе маркеров. Значения попарных оценок генетической дифференциации F_{ST} показали различия между неркой ранней и поздней расы во всех популяциях из исследованных озер.

Ключевые слова: популяционно-генетическая структура, нерка (*Oncorhynchus nerka*), микросателлитные локусы, генетическая дифференциация.

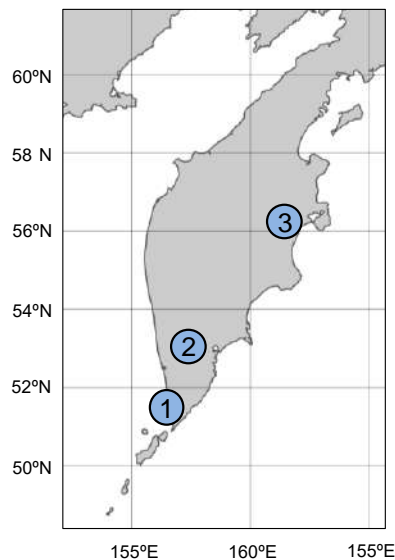
ВВЕДЕНИЕ

Нерка – один из наиболее ценных промысловых видов тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке России. Этому уникальному виду присущ ряд отличительных особенностей: моноцикличность, анадромность и «хоминг» (Алтухов, 2003). По времени хода и нереста нерка подразделяется на две сезонные расы: весенняя (ранняя) и летняя (поздняя) (Крогиус, 1983). Известно, что стада нерки с наиболее высокой численностью воспроизводятся в тех реках, где в бассейнах имеются крупные и достаточно глубокие озера (Бугаев, Кириченко, 2008). Важнейшими нагульно-нерестовыми озерами нерки на азиатской части ареала являются озера Курильское, Азабачье и Начикинское. Генетические исследования структуры данных популяций помогут понять закономерности их формирования, идентифицировать в смешанных скоплениях и эффективно управлять запасами.

Цель настоящего исследования – оценить генетическое разнообразие стад нерки озер Курильское, Азабачье и Начикинское по частотам микросателлитных локусов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал для генетических исследований нерки собирали на нерестилищах трех озер п-ова Камчатка – Курильское, Азабачье и Начикинское – в количестве 962 экз. (см. рисунок). Для популяционно-генетического анализа были выбраны семь микросателлитных локусов, разработанных для изучения лососевых рыб – *Oki1a*, *Oki1b*, *Oki6* (Smith, Koop, Nelson, 1998), *Ots107* (Nelson, Beacham, 1999), *OtsG68* (Williamson, Cordes, May, 2002), *One104*, *One109* (Olsen, Wilson, Kretschmer, 2000). Условия проведения ПЦР и электрофореза в акриламидном геле описаны ранее (Пильганчук, 2015).



Карта-схема сбора материала в озерах:
1 – Курильское; 2 – Начикинское; 3 – Азабачье

В программном пакете GDA рассчитывали частоту аллелей, ожидаемую H_e и наблюдаемую H_o гетерозиготности, среднее количество аллелей на локус, индекс фиксации f , генетические дистанции M . Нея, соответствие распределению Харди-Вайнберга (Lewis, Zaykin, 2001). Индекс Шеннона I и эффективное количество аллелей Ne определяли в программе GenAlEx6 (Peakall, Smouse, 2006). Оценки аллельного разнообразия, скорректированные для единого минимального объема выборки, вычисляли в FSTAT 2.9.3 (Goudet, 1995).

Для оценки информативности микросателлитных локусов вычисляли показатель уровня информационного полиморфизма (polymorphism information content, PIC) в программном приложении Cervus 3.0.7 (Construction of a genetic..., 1980). Показатель генетической дифференциации F_{st} рассчитывали с помощью программы Arlequin ver. 3.5 (Excoffier, Lischer, 2010).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Все исследованные микросателлитные локусы были полиморфны (табл. 1). Среднее количество аллелей в популяциях изменяется от 7,4 (оз. Начикинское) до 9,4 (оз. Азабачье). Суммарно по всем исследованным локусам в оз. Курильское выявлено 62 аллеля, оз. Начикинское – 52 и оз. Азабачье – 66. В оз. Азабачье обнаружено пять уникальных аллелей, оз. Курильское три и оз. Начикинское два. Отмечено особенное сочетание аллелей для каждого озера. Отклонения от равновесия Харди-Вайнберга наблюдались по локусу *Oki1b* в оз. Начикинское. В среднем по всем локусам показатель *PIC* составил 0,547, что указывает на высокую дискриминационную способность отобранных микросателлитных маркеров (см. табл. 1).

Таблица 1

Генетические характеристики микросателлитных локусов нерки из озер Курильское, Начикинское и Азабачье

Озеро	Локус	<i>A/Ar</i>	<i>He</i>	<i>Ho</i>	<i>f</i>	<i>HW</i>	<i>PIC</i>
Курильское	<i>Ots107</i>	6/4,0	0,269	0,269	-0,002	NS	0,258
	<i>Oki1a</i>	5/2,8	0,484	0,479	0,009	NS	0,384
	<i>Oki1b</i>	5/3,5	0,465	0,460	0,009	NS	0,390
	<i>One109</i>	14/11,6	0,878	0,850	0,032	NS	0,866
	<i>OtsG68</i>	5/3,2	0,551	0,554	-0,006	NS	0,448
	<i>Oki6</i>	5/3,5	0,435	0,423	0,028	NS	0,387
	<i>One104</i>	22/13,8	0,902	0,919	-0,019	NS	0,894
	Среднее	8,9/6,1	0,569	0,565	0,007	NS	0,518
Начикинское	<i>Ots107</i>	4/3,2	0,217	0,224	-0,032	NS	0,205
	<i>Oki1a</i>	4/3,2	0,540	0,526	0,027	NS	0,476
	<i>Oki1b</i>	4/3,2	0,454	0,301	0,337	***	0,402
	<i>One109</i>	11/8,9	0,839	0,846	-0,008	NS	0,818
	<i>OtsG68</i>	3/2,8	0,384	0,365	0,050	NS	0,321
	<i>Oki6</i>	7/4,7	0,409	0,388	0,050	NS	0,389
	<i>One104</i>	19/13,5	0,924	0,909	0,016	NS	0,916
	Среднее	7,4/5,7	0,538	0,508	0,055	NS	0,504
Азабачье	<i>Ots107</i>	5/4,3	0,400	0,405	-0,013	NS	0,371
	<i>Oki1a</i>	5/3,2	0,480	0,465	0,031	NS	0,402
	<i>Oki1b</i>	4/3,3	0,572	0,553	0,033	NS	0,478
	<i>One109</i>	14/10,3	0,873	0,847	0,029	NS	0,859
	<i>OtsG68</i>	8/4,3	0,581	0,574	0,012	NS	0,491
	<i>Oki6</i>	8/4,3	0,534	0,487	0,088	NS	0,458
	<i>One104</i>	22/14,7	0,913	0,903	0,010	NS	0,905
	Среднее	9,4/6,3	0,622	0,605	0,027	NS	0,566

Примечание. *A* – количество аллелей в локусе; *Ar* – количество аллелей в локусе, скорректированное на минимальный размер выборки; *He* – средняя ожидаемая гетерозиготность; *Ho* – средняя наблюдаемая гетерозиготность; *f* – индекс фиксации, *PIC* (*polymorphic information content*) – величина информационного полиморфизма; *HW* – уровень значимости теста на равновесие Харди-Вайнберга (*NS* – незначимо, *** – значимо при $p < 0,001$).

Аллельное и генетическое разнообразие исследуемых выборок представлено в табл. 2. Во всех изученных локальностях эффективное количество аллелей у нерки поздней расы было больше, чем у экземпляров ранней расы. Информационный индекс разнообразия Шеннона в популяциях также оказался выше у представителей поздней расы.

Таблица 2

Оценка аллельного разнообразия (среднее) в популяциях нерки озер Курильское, Начикинское и Азабачье

Озеро	Раса	N	N_e	I	H_o	H_e	f
Курильское	Ранняя	143,714	3,810	1,198	0,551	0,537	-0,023
	Поздняя	242,714	3,907	1,252	0,574	0,583	0,015
Начикинское	Ранняя	29,000	3,562	1,076	0,505	0,500	-0,004
	Поздняя	124,429	3,700	1,172	0,509	0,528	0,037
Азабачье	Ранняя	191,429	4,088	1,330	0,581	0,606	0,048
	Поздняя	220,429	4,161	1,340	0,626	0,628	0,000

Примечание. N – количество исследованных особей по микросателлитным маркерам; N_e – эффективное количество аллелей; I – индекс Шеннона; H_o – наблюдаемая гетерозиготность; H_e – ожидаемая гетерозиготность; f – индекс фиксации.

Значения попарных оценок генетической дифференциации F_{ST} варьировали от 0,008 до 0,096 и были значимы между всеми анализируемыми группами (табл. 3). Низкая дифференциация обнаружена между выборками нерки ранней и поздней форм нереста в озерах Курильское (0,009) и Азабачье (0,008). Для ранней расы наименьшие различия отмечены между выборками нерки из озер Курильское и Азабачье (0,017). Для поздней расы наименьшие различия также отмечены между неркой из озер Курильское и Азабачье (0,021).

Таблица 3

Значения попарных межвыборочных F_{ST} (под диагональю) и дистанции H_{ST} (над диагональю) при сравнении выборок нерки из озер Курильское, Начикинское и Азабачье (ранней и поздней расы)

Выборка из озера	1	2	3	4	5	6
Курильское (ранняя)		0,013	0,089	0,045	0,026	0,055
Курильское (поздняя)	0,009		0,081	0,060	0,023	0,034
Начикинское (ранняя)	0,062	0,050		0,099	0,153	0,173
Начикинское (поздняя)	0,033	0,041	0,072		0,065	0,090
Азабачье (ранняя)	0,017	0,013	0,088	0,043		0,017
Азабачье (поздняя)	0,037	0,021	0,096	0,058	0,008	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ изменчивости семи микросателлитных локусов (*Ok1a*, *Ok1b*, *Ok1c*, *Ots107*, *OtsG68*, *One104*, *One109*) нерки из озер Курильское,

Азабачье и Начикинское показал генетическое своеобразие каждой из исследованных популяций. Величины генетических различий между анализируемыми группами в единицах F_{ST} были значимы во всех вариантах попарных сравнений. Во всех озерных популяциях выявлены значимые различия между сезонными расами. Наибольшие различия (0,072 в единицах F_{ST}) наблюдались в оз. Начикинское. Показано, что для представителей поздней расы нерки характерны более высокие оценки уровня полиморфизма по сравнению с представителями ранней расы. Информационный индекс разнообразия Шеннона в выборках поздней расы также имел более высокие значения.

Выявленные генетические особенности исследуемых озерных популяций помогут в изучении закономерностей формирования их внутривидовой структуры, а также в организации эффективной промысловой эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Алтухов, Ю.П. Генетические процессы в популяциях / Ю.П. Алтухов. – М.: Академкнига, 2003. – 431 с.

Бугаев, В.Ф. Нагульно-нерестовые водоемы азиатской нерки / В.Ф. Бугаев, В.Е. Кириченко. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2008. – 277 с.

Крогиус, Ф.В. Сезонные расы красной *Oncorhynchus nerka* (Walb.) и ее нерестилища в водоемах Камчатки / Ф.В. Крогиус // Биологические основы развития лососевого хозяйства в водоемах СССР. – М.: Наука, 1983. – С. 18-31.

Пильганчук, О.А. Генетическая структура нерки, *Oncorhynchus nerka* (Walbaum), полуострова Камчатка: специальность 03.02.07 «Генетика»: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / О.А. Пильганчук. – Владивосток, 2015. – 135 с.

Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms / D. Botstein, R.L. White, M.H. Skolnick, R.W. Davis // Am. J. Hum. Genet. – 1980. – Vol. 32, Iss. 3. – P. 314-331.

Goudet, J. FSTAT (version 1.2): a computer program to calculate F-statistics / J. Goudet // J. Heredity. – 1995. – Vol. 86, Iss. 6. – P. 485-486.

Excoffier, L. Arlequin suite ver. 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows / L. Excoffier, H.E.L. Lischer // Mol. Ecol. Res. – 2010. – Vol. 10, Iss. 3. – P. 564-567.

Lewis, P.O. Genetic data analysis: computer program for the analysis of allelic data, version 1.0 (d16c) – 2001 / P.O. Lewis, D. Zaykin // Free program distributed by the authors over the internet from. – URL: <http://plewis.github.io/software> (дата обращения 21.02.2022).

Nelson, R.J. Isolation cross species amplification of microsatellite loci useful for study of Pacific salmon / R.J. Nelson, T.D. Beacham // *Animal Genetics*. – 1999. – Vol. 30, Iss. 3. – P. 228-229.

Olsen, J.B. Characterization of 14 tetranucleotide microsatellite loci derived from sockeye salmon / J.B. Olsen, S.L. Wilson, E.J. Kretschmer (and others) // *Mol. Ecol.* – 2000. – Vol. 9, Iss. 12. – P. 2185-2187.

Peakall, R. GENALEX 6: Genetic analysis in excel. population genetic software for teaching and research / R. Peakall, P.E. Smouse // *Mol. Ecol.* – 2006. – Vol. 6, Iss. 1. – P. 288-295.

Smith, C.T. Isolation and characterization of Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) microsatellites and their use in other salmonids / C.T. Smith, B.F. Koop, R.J. Nelson // *Mol. Ecol.* – 1998. – Vol. 7, Iss. 11. – P. 1614-1616.

Williamson, K.S. Characterization of microsatellite loci in Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and cross-species amplification in other salmonids / K.S. Williamson, J.F. Cordes, B. May // *Mol. Ecol. Notes*. – 2002. – Vol. 2, Iss. 1. – P. 17-19.

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ВЕРТИКАЛЬНЫХ МИГРАЦИЙ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В ПРИКУРИЛЬСКИХ ВОДАХ ОХОТСКОГО МОРЯ И СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА В ДЕКАБРЕ 2021 г. ПО ДАННЫМ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В.И. Поляничко, М.Ю. Кузнецов

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток

Аннотация. Представлены результаты акустических исследований НИС «Профессор Кагановский» в прикурильских водах Охотского моря и СЗТО в декабре 2021 г. Рассматриваются особенности пространственного и вертикального распределения тихоокеанских лососей, приводятся оценки их численности и биомассы.

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, горбуша, кета, гидроакустика, эхолот, численность, биомасса, пространственное распределение, вертикальные миграции.

ВВЕДЕНИЕ

Мониторинг состояния водных биологических ресурсов (ВБР), особенно ценных промысловых объектов, таких как лососи, и сообществ рыб в целом в настоящее время остается одной из главных задач рыбохозяйственной науки. Тихоокеанские лососи – традиционно важная промысловая группа рыб в рыболовстве России на Дальнем Востоке. По объему вылова в последние годы они занимают второе место после минтая. Основу вылова тихоокеанских лососей в прибрежном российском рыболовстве составляют три вида – горбуша, кета и нерка.

В рамках мониторинга ВБР в декабре 2021 г. на НИС «Профессор Кагановский» были проведены комплексные исследования по количественному учету тихоокеанских лососей в прикурильских водах Охотского моря и открытых водах северо-западной части Тихого океана (СЗТО). Такие исследования дают возможность получать информацию о закономерностях формирования и распределения численности лососей в морской период жизни, что, в свою очередь, позволяет прогнозировать состояние запасов и величину подхода лососей. Для оценки численности и биомассы тихоокеанских лососей в рыбохозяйственных исследованиях используются два метода: траловый и гидроакустический.

При траловом методе по заранее определенной сетке станций (точки взятия проб) проводятся траления, определяется видовой и размерный состав уловов. Численность и биомассу рыб по каждому исследуемому виду при оценке этим методом получают в результате экстраполяции

средней величины количества рыб в уловах на площадь района исследований.

Помимо тралового метода для исследований и мониторинга биоресурсов океана, широко используется гидроакустический метод. Он имеет ряд преимуществ по сравнению с другими инструментальными методами оценки численности рыб. В частности, акустические данные во время съемки регистрируются непрерывно, что позволяет изучать тонкую структуру зарегистрированных агрегаций, а также дистанционно измерять с высоким разрешением не только горизонтальное, но и вертикальное распределение гидробионтов.

Цель данной работы – учет тихоокеанских лососей, а также выявление особенностей их пространственного и вертикального распределения на обследованной акватории по данным дистанционного гидроакустического зондирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнялись со 2 по 21 декабря 2021 г. на НИС «Профессор Кагановский» Тихоокеанского филиала «ВНИРО» («ТИНРО»). Съемка выполнялась по схеме траловых станций, соответственно которой формировался и акустический галсовый маршрут (рис. 1). В период съемки было выполнено 46 тралений. В качестве учетного орудия лова использовался разноглубинный канатный трал РТ/ТМ 80/396 с мелкоячейной вставкой размером 10 мм дели в кутце.

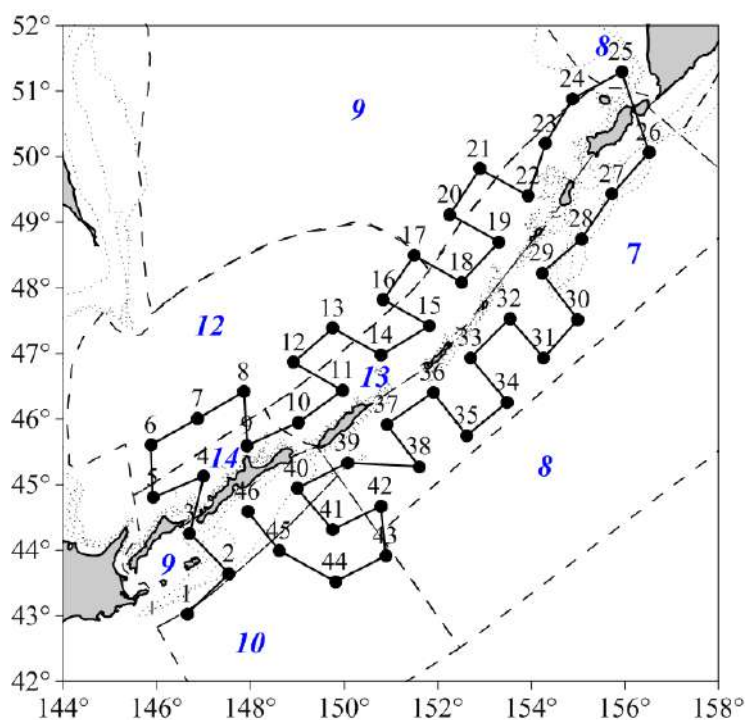


Рис. 1. Схема акустических галсов и траловых станций в прикурильских водах Охотского моря и СЗТО в декабре 2021 г.

В качестве гидроакустической измерительной системы использовался калиброванный научный эхолот SIMRAD EK-60 с рабочими частотами 38 и 120 кГц. Сбор (регистрация и накопление) гидроакустических данных производится круглосуточно в формате «сырых» (*.raw формат) данных на частотах 38 и 120 кГц с использованием программы ER-60 Simrad. Обработка данных выполнялась с учетом акустической «мертвой зоны» антенны эхолота, преимущественно в слое 8-100 м от поверхности. Верхняя граница слоя обусловлена глубиной установки антенн (5 м) и размером «ближней зоны» антенны (порядка 3 м на частоте 38 кГц).

Для визуализации и постпроцессорной обработки акустических данных использовался программный комплекс, включающий в себя интегрированную базу данных в среде Access и программу многовидовой обработки эхограмм SALTSE (Программный комплекс для..., 2021). Типовая структура выходных данных SALTSE представляется результатами обработки фрагментов акустических изображений по элементам сетки с задаваемым размером отдельного элемента сетки по дистанции 1 миля и 1 м по глубине в пределах, выделенных для обработки слоев. Полученные данные (значения коэффициента поверхностного рассеяния s_A , численности, биомассы, распределения биомассы и численности по размерным рядам и др.) совместно с географической привязкой сохраняются в виде файлов со структурой данных, доступной для последующей обработки в Excel.

Идентификация объектов, регистрируемых во время съемки на эхограммах, производилась в ходе контрольных тралений, которые выполнялись по регулярной сетке в приповерхностном (0-30 м) слое.

Для перехода к абсолютным оценкам численности и биомассы лососей использовались значения акустического сечения обратного рассеяния: $\sigma/\text{кг} = 50 \text{ см}^2/\text{кг}$ (для рыб длиной меньше 30 см) и $\sigma/\text{кг} = 15 \text{ см}^2/\text{кг}$ (для рыб длиной больше 30 см). Данные значения были получены при исследовании отражательных свойств одиночных особей лососей в естественных условиях обитания (*in situ*) (материалы гидроакустических и биологических измерений в СЗТО и Охотском море в 2015-2018 гг., неопубликованные данные).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В декабре 2021 г. в период исследований в водах Курильских о-вов из всех тихоокеанских лососей горбуша являлась самым многочисленным

видом (80 % всех лососей). Скопления посткатадромной молоди горбуши поднимались на север обследованной акватории вплоть до 49° с.ш., и ее распределение было неоднородным (рис. 2). Основные концентрации горбуши располагались в Охотском море в водах, прилегающих к южным Курилам. В этой части района учтено 92 % особей молоди горбуши. Область с повышенной плотностью скоплений (более 10 тыс. экз./миля²) была в районе о-ва Уруп между 46 и 48° с.ш. Другой локальный участок высокой концентрации особей этого вида находился у северной оконечности о-ва Кунашир. В тихоокеанской части района исследований можно выделить юг биостатистического района № 7, где скопления средней и высокой плотности. В северной части исследуемой акватории к востоку от о-ва Симушир молодь горбуши образовывала концентрации наименьшей плотности.

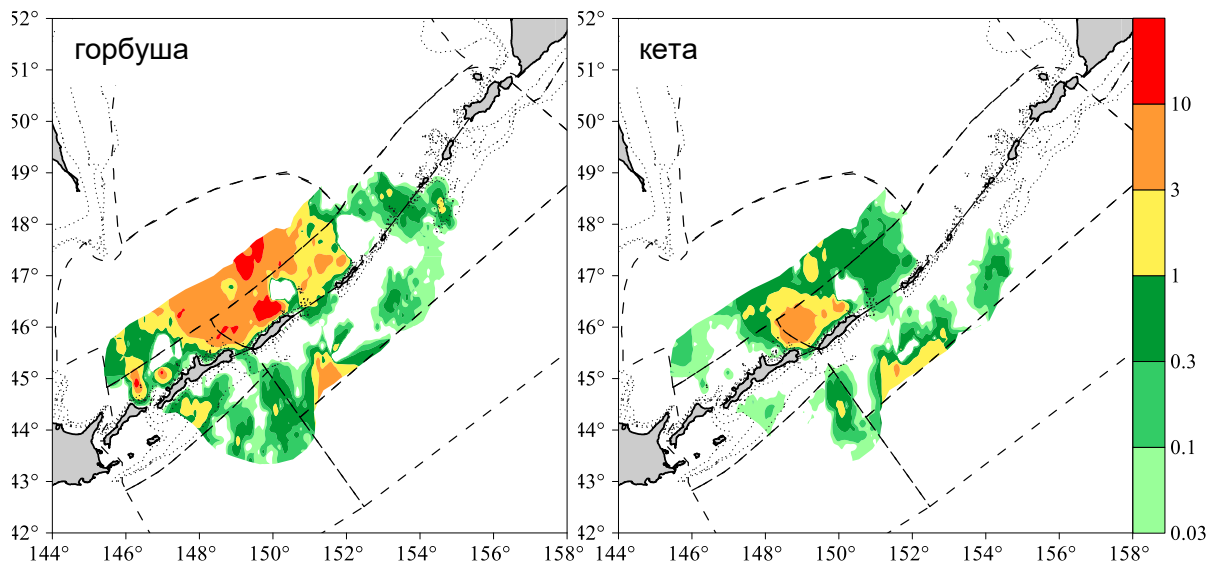


Рис. 2. Пространственное распределение численности горбуши и кеты (тыс. экз./миля²) в верхней эпипелагиали прикурильских вод Охотского моря и СЗТО в декабре 2021 г.

Размерный ряд молоди горбуши формировали рыбы длиной от 18 до 34 см ($L_{cp} = 27,3$ см) (рис. 3). Основу скоплений (72,4 % численности) составляли особи размером 26-29 см. В целом оценка численности и биомассы горбуши в прикурильских водах Охотского моря и СЗТО по результатам гидроакустических измерений составила 124,12 млн экз. и 24,69 тыс. т.

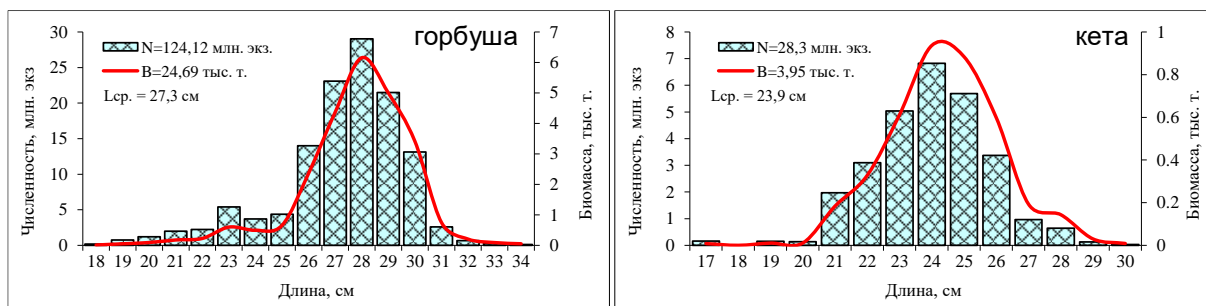


Рис. 3. Распределение численности и биомассы горбуши и кеты по размерному ряду в прикурильских водах Охотского моря и СЗТО в декабре 2021 г.

Кета зимой 2021 г. в районе съемки занимала второе место по численности (18,2 %) и биомассе (12 %) среди лососевых и была представлена в основном посткатадромной молодью. Длина молоди кеты изменялась от 17 до 30 см ($L_{cp} = 23,9$ см). Неполовозрелая кета размером от 60 до 63 см встречалась в нескольких тралах и составила около 1 % от всей численности кеты.

Посткатадромная молодь кеты встречалась в основном в охотоморской части обследованной акватории между 147 и 151° в.д. и составила 84 % от всей молоди. Максимальные концентрации молоди (от 3 до 10 тыс. экз./миля²) были зарегистрированы в водах у северной части о-ва Итуруп между 148 и $148^\circ 30'$ в.д., в тихоокеанской области скопления высокой плотности (от 1 до 3 тыс. экз./миля²) – на юге биостатистического района № 7 (см. рис. 2).

Основу скоплений сеголеток кеты формировали особи размером 22-26 см, что составило 84,8 % ее численности (см. рис. 3). Численность кеты – 28,3 млн экз., биомасса – 3,95 тыс. т.

Другие виды тихоокеанских лососей (нерка, чавыча и сима) за время учетной съемки встречались редко и в сумме составили около 2 % от всех зарегистрированных лососевых рыб. Общие численность и биомасса тихоокеанских лососей в прикурильских водах Охотского моря и СЗТО по результатам гидроакустических измерений в декабре 2021 г. равнялись 155,19 млн экз. и 32,85 тыс. т соответственно.

Гидроакустический метод также позволяет получать информацию о вертикальной структуре распределения рыб в течение суток (рис. 4). Вертикальные миграции тихоокеанских лососей обычно связывают с суточными перемещениями макропланктона, мелких мезопелагических рыб и кальмаров, являющихся объектами их питания. Однако в отличие от кормовых организмов, совершающих в течение суток крупномасштабные передвижения по глубине, диапазон вертикальных миграций абсолютного большинства лососей обычно ограничен пределами верхнего термически

квазиоднородного слоя. В летнее время диапазон обитания лососей, как правило, не превышает 50 м. В осенне-зимний период наблюдается увеличение верхнего термически квазиоднородного слоя и особи тихоокеанских лососей могут опускаться на глубину до 100 м.

Зимой 2021 г. в темное время суток в приповерхностных горизонтах в пределах слоя выше 20 м находилось 54,5 % численности горбуши. Другая ее часть (19 %) обитала в горизонтах 20-50 м. На глубине 50-80 м было зарегистрировано 15,9 % численности, а в слое глубже 80 м – 10,6 %. Средневзвешенная глубина обитания ночью составила 32 м. В светлое время суток значительная часть горбуши мигрировала в нижние горизонты глубин и в пределах 20-метрового слоя оставалось 25 % горбуши, в слое 20-50 м днем зарегистрировано 35 % численности, на глубине 50-80 м – 24,3 %, свыше 80 м опускалось 15,7 % горбуши. Средневзвешенная глубина днем составила 44,5 м. Таким образом, центр концентрации горбуши ночью был на 12,5 м выше, чем днем.

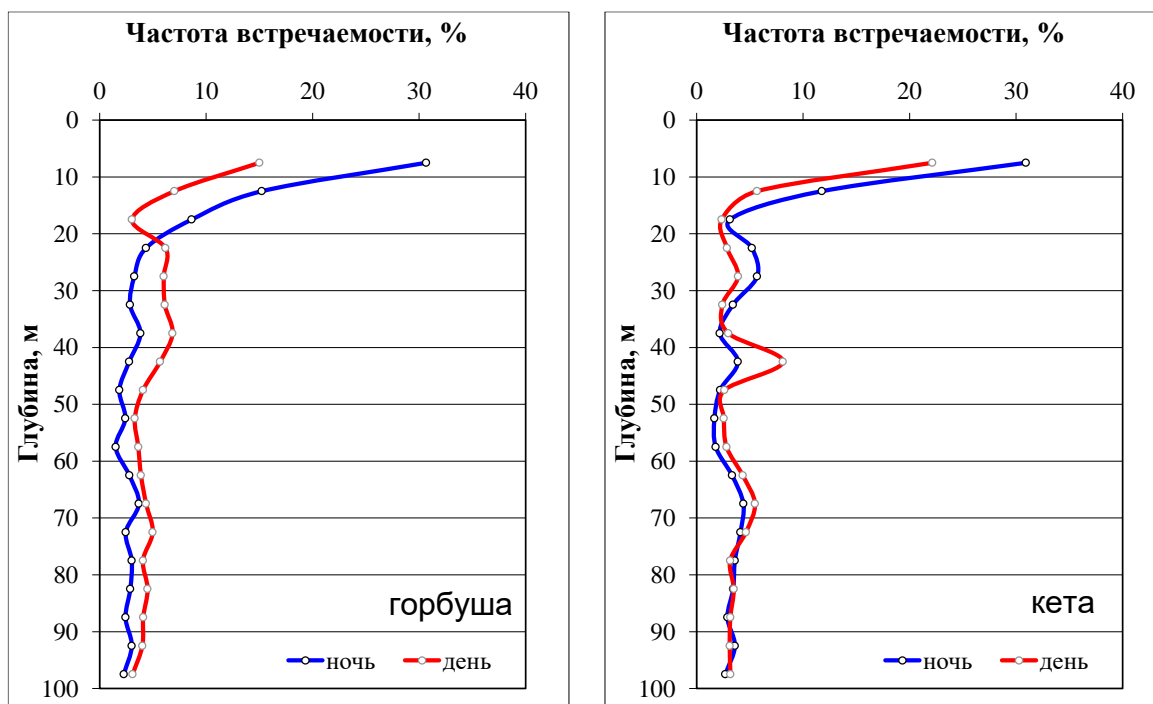


Рис. 4. Вертикальное распределение горбуши и кеты в светлое и темное время суток в прикурильских водах Охотского моря и СЗТО в декабре 2021 г.

В темное время суток в приповерхностных горизонтах в слое выше 20 м зафиксировано 45,9 % особей кеты, в слое 20-50 м – 22,6 %, на глубинах 50-80 м – 18,9 %, свыше 80 м – 12,6 % численности. Средневзвешенный горизонт обитания ночью составил 35,8 м. Днем в пределах 20-метрового слоя оставалось 30,2 % численности кеты, в слое 20-50 м – 22,9 %, на глубинах 50-80 м – 23 %, свыше 80 м – 13 % лососей

этого вида. Средневзвешенная глубина обитания днем составила 42,6 м. Диапазон суточных вертикальных миграций (смещения центров концентрации) молоди кеты – 6,8 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Зимой 2021 г. в районе исследований горбуша была самым распространенным и многочисленным видом. По данным гидроакустического зондирования, численность сеголеток горбуши составила 124,12 млн экз., биомасса – 24,69 тыс. т. Вторым по численности видом лососей является кета – 28,3 млн экз. и 3,95 тыс. т соответственно. Остальные лососи тихоокеанских видов составили суммарно менее 2 % численности всех лососевых рыб.

Диапазон вертикальных миграций лососей, по акустическим данным, был шире (отмечено заглубление особей до горизонта 100 м) по отношению к летнему периоду времени (обычно не превышает глубины 50 м) за счет увеличения толщины верхнего термически квазиоднородного слоя. В пределах приповерхностного слоя (до 50 м) в дневное время зарегистрировано 60 % особей сеголеток горбуши и 53 % сеголеток кеты, а ночью – 73,5 и 68,5 % соответственно. В ночное время средневзвешенная глубина обитания сеголеток горбуши составила 32 м, а сеголеток кеты – 35,8 м. Днем эта величина равнялась у сеголеток горбуши – 44,5 м, а у кеты – 42,6 м. Таким образом, диапазон суточных вертикальных миграций (смещения центров концентрации) сеголеток горбуши составил 12,5 м, а сеголеток кеты – 6,8 м.

Полученные гидроакустические данные совместно с результатами траловых уловов и фоновых измерений используются для уточнения характеристик горизонтального и суточного вертикального распределения массовых видов тихоокеанских лососей в зимний период в прикурильских водах Охотского моря и СЗТО.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Программный комплекс для визуализации, многовидовой обработки и хранения данных гидроакустических ресурсных съемок / М.Ю. Кузнецов, И.А. Убарчук, В.И. Поляничко, Е.В. Сыроваткин. – DOI 10.36038/ 2307-3497-2021-183-174-190 // Труды ВНИРО. – 2021. – Т. 183. – С. 174-190.

МИГРАЦИИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (*SALMO SALAR* L.) В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ У МУРМАНСКОГО БЕРЕГА

С.В. Прусов, А.Г. Потуткин

*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск*

Аннотация. Представлены материалы исследований нерестовых миграций атлантического лосося в прибрежных водах Баренцева моря в 2011-2022 гг.

Ключевые слова: атлантический лосось, Баренцево море, Мурманский берег, миграции, генетика.

Атлантический лосось (*Salmo salar* L.) североатлантической анадромной формы совершает продолжительные морские миграции из рек происхождения в районы нагула и обратно (Hansen, Jacobsen, 2000). Основные районы нагула лосося из рек восточной части ареала расположены в Северо-Восточной Атлантике от широты архипелага Шпицберген до района Фарерских о-вов (Svenning, Prusov, 2011). Благодаря применению электронных меток (DST и спутниковые) было продемонстрировано более широкое использование атлантическим лососем северной части Атлантического океана и западной части Северного Ледовитого океана, включая Баренцево море, чем считалось ранее (Redefining the oceanic distribution..., 2021).

В морской период жизни атлантический лосось – пелагическая рыба, которая проводит большую часть времени (~60%) в поверхностном слое на глубине 0-5 м (Behaviour of Atlantic salmon..., 2006). При этом лосось может совершать быстрые погружения на глубину более 100 м, которые редки или отсутствуют в течение первого лета жизни в море, но затем увеличиваются по частоте и продолжительности, особенно в конце зимы. Продолжительность большинства таких погружений не превышает 5 ч, но некоторые длятся до 33 ч. Считается, что глубоководные погружения связаны с питанием, поскольку мезопелагические рыбы могут быть важным пищевым объектом в рационе лосося в зимний период. Максимальная зарегистрированная глубина погружений особей, помеченных метками с датчиками глубины, варьировала от 419 до 1187 м (Deep-diving of Atlantic salmon..., 2018). В прибрежных водах общая продолжительность пребывания рыб в поверхностном слое на глубине 0-5 м увеличивается до 85 %. Здесь лосось также совершает нырки на 10-120 м (Depth use and migratory..., 2014).

Для изучения морских миграций лосося проводят учетные съемки, сбор проб из промысловых уловов, мечение рыб подвесными метками. Более детальные данные о миграциях лосося в океане были получены с помощью мечения рыб метками с датчиками глубины и температуры (DST), а также спутниковыми метками, записывающими траекторию миграций (Redefining the oceanic distribution ..., 2021). В последнее время генетические исследования выявили новые аспекты морских миграций и распространения лосося (Coastal migration patterns..., 2019; The early marine distribution..., 2021).

Атлантический лосось проводит в океане до 5 лет (Мартынов, 2007), при этом наиболее распространенный морской возраст до первого нереста – 1-3 года (1-3SW) (The Atlantic salmon, 2007). Известно, что взрослые особи атлантического лосося обладают четко выраженным хомингом – возврат на нерест в родную реку или приток речной системы, в котором обитает генетически уникальная популяция (Biodiversity and population..., 2007).

Нерестовая миграция атлантического лосося в прибрежных водах Баренцева моря начинается в начале мая (Coastal migration patterns..., 2019), а первые рыбы появляются в Кольском заливе в середине мая практически сразу на всем его протяжении (Солдатов, 1903). Заход производителей семги на нерест в баренцевоморские реки Кольского п-ова начинается в конце мая-начале июня и продолжается до октября, при этом основная масса рыб мигрирует в июне-июле (Состояние запасов и..., 2021), а пик миграции приходится на первую декаду июля (Лососевые реки Кольского..., 2003).

Нерестовые миграции взрослых рыб в прибрежных водах Баренцева моря на севере Норвегии, где широко распространен прибрежный лов лосося ставными сетями и неводами, достаточно хорошо изучены (Coastal migration patterns..., 2019; Application of the updated..., 2023), в то время как о миграциях производителей семги у Мурманского берега Кольского п-ова, где промысел атлантического лосося запрещен Правилами рыболовства, имеются лишь отрывочные сведения (Солдатов, 1903; Genetic structure of Atlantic..., 2014).

В настоящей работе мы обобщили данные о миграциях производителей атлантического лосося, собранные в 2011-2022 гг. в районе от губы Печенга до о-ва Малый Олений в различные периоды времени с мая по октябрь. Сбор материала в 2011-2013 гг. проходил в рамках проекта Kolarctic salmon (KO197) (Comprehensive microsatellite baseline..., 2017), с 2014 г. – при выполнении программы государственного мониторинга и хозяйственных договоров, в 2020-2021 гг. – также в рамках проекта CoASal (KO4178). Отлов рыбы проводили береговым способом с помощью ставных сетей с размером ячеи от 50 до 80 мм, высотой сетеполотна от 3 до 6 м и длиной сети от 30 до 60 м. Верхняя подбора находилась на поверхности

воды без притапливания. Время экспозиции варьировало от 4 до 18 ч и охватывало периоды как большой, так и малой воды. Сети выставлялись в период малой воды на литорали недалеко от устьев лососевых рек (рр. Большая Эйна, Моче, Белокаменка, Типункова), а также в зоне сублиторали от уреза воды до глубин 10-15 м перпендикулярно берегу (губы Печенга, Малая Волоковая, Ура, Кольский залив). Сбор и обработку ихтиологических материалов выполняли по стандартным методикам (Правдин, 1966; Инструкции и методические..., 2001). Идентификацию ушедшего с морских ферм лосося проводили на основе различий в структуре чешуи и морфологических особенностях (Fiske, Lund, Hansen, 2005). Всего было исследовано 242 экз. производителей атлантического лосося.

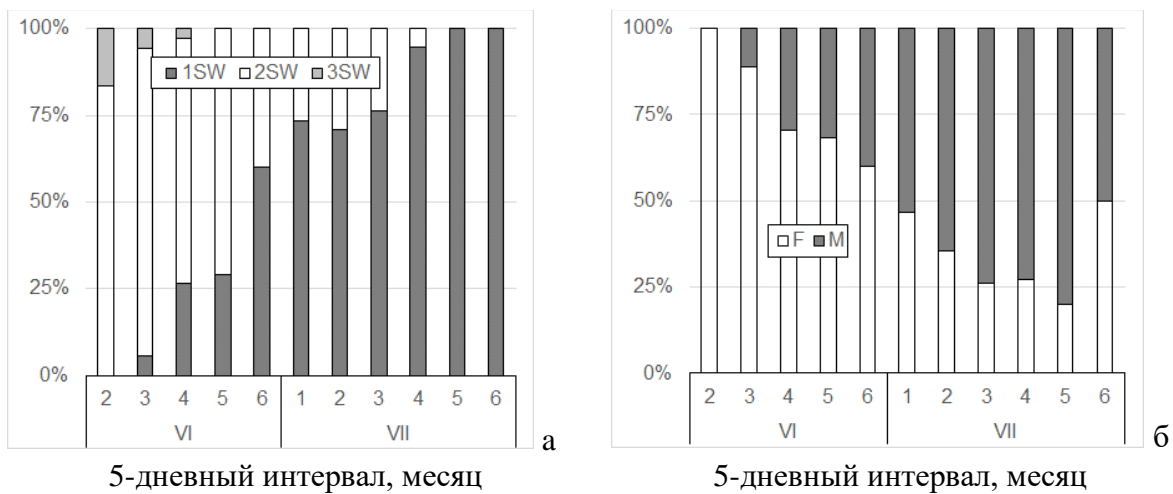
В период исследований наиболее массовые подходы лосося к берегу наблюдались в июне и июле. В мае, сентябре и октябре уловов не было, а в августе отмечались единичные поимки. Во время полной воды лосось мигрировал в стаях численностью от нескольких рыб до десятков особей вдоль береговой линии на расстоянии иногда всего в несколько метров от уреза воды, заходя в литоральную зону и устьевые участки лососевых рек, обсыхающие в период малой воды. Наиболее интенсивные подходы лосося к берегу отмечались во время прилива в период с полводы до полной воды. С началом отлива частота поимок лосося в зоне литорали снижалась. В верхней сублиторали лосось встречался недалеко от берега даже в период малой воды. Во время прилива мигрирующие вдоль берега рыбы иногда заходили в устья лососевых рек, а отдельные особи поднимались по руслу, но затем возвращались обратно в море.

По нашим данным, основную массу рыб, мигрировавших у Мурманского берега в июне, составили производители в возрасте 2 года по морю (2SW). Лососи в возрасте 3 лет (3SW) единично встречались в первой половине месяца, а рыба в возрасте 1 год по морю (1SW), которая начинала миграцию у берега в середине июня, постепенно замещала в уловах старшевозрастных производителей (см. рисунок а). Доля 1SW лососей в уловах в июне составила около 24 % (без 1-й пятинки, для которой данные съемок отсутствуют). В июле количество мигрировавших рыб в возрасте 1SW увеличивалось, а доля 2SW лососей снижалась с 26 % в первую половину месяца до нуля после 20 июля, когда вдоль берега мигрировали только 1SW лососи (см. рисунок а). Доля производителей в возрасте 1SW в уловах в июле составила более 80 %.

Наиболее распространенный возраст смолтификации – 3+ (50 %) и 4+ (40 %), также встречались рыбы с речным возрастом 2+ (4 %) и 5+ (6 %).

В июне производители лосося были представлены в основном самками (F), доля которых постепенно снижалась со 100 % в начале месяца

до 60 % в конце (см. рисунок б). Доля самцов (М) в уловах постепенно возрастала и в июле в среднем составила 68 %. Повторнонерестящихся рыб в уловах не обнаружено.



Возрастная (а) и половая (б) структура атлантического лосося, мигрирующего у Мурманского берега в июне и июле. Пояснения к легенде в тексте

Среди «диких» особей атлантического лосося встречалась рыба, ушедшая из хозяйств аквакультуры. Из 242 экз. атлантического лосося 7 особей были идентифицированы как лосось, сбежавший из садков. 2 экз. были пойманы в 2013 г. около устья р. Моче, 1 экз. – в 2021 г. недалеко от устья р. Типункова, 4 экз. – в 2022 г. на выходе из восточного рукава губы Ура. Все особи были отловлены в конце июня-начале июля. Масса садкового лосося варьировала от 2,6 до 4,8 кг, масса рыбы – 7,8 кг.

Несмотря на доминирование в реках Северной Атлантики, по крайней мере в историческом плане, в морской фазе атлантический лосось является относительно редким видом североатлантической пелагической зоны как по численности, так и по биомассе (Charput, 2012).

С подходом лосося к берегу в период нерестовых миграций плотность рыб здесь увеличивается, поскольку движение вдоль берега в прибрежных водах с низкой соленостью, формирующихся под действием материкового стока и опресненных прибрежных течений, вероятно, облегчает лососю ориентацию в поисках нерестовой реки.

Было показано, что лосось из рек, впадающих в Баренцево море, никогда не мигрирует в Белое море, но при этом подходы лосося к баренцевоморскому побережью отмечены на достаточно протяженной акватории, удаленной от устья нерестовой реки на сотни километров (Genetic structure of Atlantic ..., 2014).

Так, отдельные особи семги, происходящие из р. Кола, были пойманы в мае-июне у берегов провинции Нурланн (Норвегия). Наиболее массовые

подходы производителей лосося популяции р. Кола в водах северной Норвегии были отмечены в период с середины июня по конец июля в Варангер-фиорде, где в радиусе 20 км от центра фиорда было поймано 92 % всех рыб этой популяции, добытых в Норвегии в 2011-2012 гг. (Coastal migration patterns..., 2019). Следует отметить, что в 2011-2012 гг. прибрежные уловы атлантического лосося в Варангер-фиорде в границах муниципалитетов Вадсё и Нессебё (Норвегия) на 17 %, а в границах муниципалитета Сёр-Варангер (южный берег Варангер-фиорда) на 64 % состояли из семги баренцевоморских рек Мурманской области (Genetic structure of Atlantic..., 2014).

Пресная вода рек и ручьев, впадающих в море, – привлекающий фактор для лосося, мигрирующего вдоль побережья в поисках «родной» реки, и он может заходить в устьевую и приливно-отливную зоны водотоков, не являющиеся местом его происхождения. Это подтверждается результатами генетического анализа производителей лосося, пойманных на литорали около устья р. Большая Эйна в 2011 г.: 46 % рыб происходили из различных рек Мурманского берега, 43 % – из рек Восточного Финнмарка (Норвегия) (Genetic structure of Atlantic..., 2014).

Идущий на нерест лосось, прежде чем попасть в «свою» реку, на несколько суток задерживается в ее устьевой части, адаптируясь к смене соленой воды на пресную. Здесь рыба перемещается в приливно-отливных потоках воды. При оптимальных гидрологических условиях лосось может проходить зону смешения пресных и соленых вод очень быстро – за 5-10 ч (Поддубный, Малинин, 1988).

Миграции являются ключевым элементом в жизненном цикле атлантического лосося. В период морских миграций лосось подвергается разнообразным рискам, включая антропогенные факторы – промышленный вылов в прибрежных районах, прилов на промысле других видов рыб, хозяйственная деятельность на путях и в период нерестовых миграций. Понимание миграций атлантического лосося в прибрежных водах имеет важное значение для управления и сохранения этого ценного ресурса. Необходимо также понимание того, что управленческие решения в отношении как прибрежного лова лосося, так и промысла других видов в прибрежных водах, при котором в качестве прилова облавливаются мигрирующий на нерест атлантический лосось, могут иметь прямое влияние на состояние отдельных популяций семги.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в районах исследований ПИНРО. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2001. – 291 с.

Лососевые реки Кольского полуострова. Река Кола / А.В. Зубченко, С.И. Долотов, С.С. Крылова, Л.В. Лазарева; ПИНРО. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2003. – 66 с.

Мартынов, В.Г. Атлантический лосось (*Salmo salar* L.) на Севере России / В.Г. Мартынов. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 414 с.

Поддубный, А.Г. Миграции рыб во внутренних водоемах / А.Г. Поддубный, Л.К. Малинин. – М.: Агропромиздат. – 1988. – 224 с.

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Солдатов, В.К. Отчет по исследованию семузьего промысла Кольского залива и Восточного Мурмана в 1902 г. (Из отчета по мурманской научно-промысловой экспедиции за 1902 г.) / В.К. Солдатов. – СПб.: Тип. Исидора Гольдберга, 1903. – 152 с.

Состояние запасов и рыболовства анадромных рыб Мурманской области / С.В. Прусов, А.В. Зубченко, М.Ю. Алексеев [и др.]; Отв. ред. С.В. Прусов; Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича). – Мурманск: ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2021. – 72 с.

Application of the updated genetic baseline for genetic stock identification of Atlantic salmon in commercial fisheries in northern Norway / M.Yu. Ozerov, V. Wennevik, E. Niemelä [et al.] // Kolarctic CBC – Project KO4178. – 2023. – 46 pp.

Behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) recorded by data storage tags in the NE Atlantic – implications for interception by pelagic trawls / M. Holm, J.A. Jacobsen, J. Sturlaugsson, J.C. Holst // ICES CM documents. – 2006/Q:12.

Biodiversity and population structure / T.L. King, E. Verspoor, A.P. Spidle [et al.] // The Atlantic salmon: genetics, conservation and management / ed. E. Verspoor [et al.]. – Oxford: Blackwell Publ., 2007. – Chap. 5. – P. 117-166.

Chaput, G. Overview of the status of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the North Atlantic and trends in marine mortality / G. Chaput // ICES Journal of Marine Science. – 2012. – Vol. 69, № 9. – P. 1538-1548.

Coastal migration patterns of the four largest Barents Sea Atlantic salmon stocks inferred using genetic stock identification methods / M.-A. Svenning, M. Falkegard, E. Niemela [et al.]. – DOI 10.1093/icesjms/fsz114 // ICES J. Mar. Sci. – 2019. – Vol. 76, iss. 6. – P. 1379-1389.

Comprehensive microsatellite baseline for genetic stock identification of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in northernmost Europe / M. Ozerov, J.-P. Vaha, V. Wennevik, E. Niemela [et al.] // ICES J. Mar. Sci. – 2017. – Vol. 74, no. 8. – P. 2159-2169.

Deep-diving of Atlantic salmon (*Salmo salar*) during their marine feeding migrations / S.M. Einarsson, S. Guðjónsson, I.R. Jónsson [et al.]. – DOI 10.1007/s10641-018-0817-0 // Environ Biol Fish. – 2018. – Iss. 101 – P. 1707–1715.

Depth use and migratory behaviour of homing Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Scottish coastal waters / J.D. Godfrey, D.C. Stewart, J. Stuart [et al.]. – DOI 10.1093/icesjms/fsu118 // ICES J. Mar. Sci. – 2015. – Vol. 72, Iss. 2. – P. 568-575.

Fiske, P. Identifying farm escapees / P. Fiske, R.A. Lund, L.P. Hansen // In Stock Identification Methods; Applications in Fishery Science. Ed. by S.X. Cadrin, K.D. Friedland, J.R. Waldman. – Elsevier Academic Press, Amsterdam. – 2005. – P. 659-680.

Genetic structure of Atlantic salmon in the Barents region and genetic stock identification of coastal fishery catches from Norway and Russia / J.-P. Vähä, V. Wennevik, M. Ozerov [et al.]. – ENPI CBC, 2014. – 95 p. – (Kolarctic salmon project (KO197); genetic Report).

Hansen, L.P. Distribution and migration of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the Sea / L.P. Hansen, J.A. Jacobsen // The Ocean Life of Atlantic salmon: Environmental and Biological Factors Influencing Survival / Ed. D. Mills. – Blackwell Science Ltd.: Oxford, 2000. – Chap. 7. – P. 228.

Redefining the oceanic distribution of Atlantic salmon / A.H. Rikardsen, D. Righton, J.F. Strøm [et al.]. – DOI 10.1038/s41598-021-91137-y // Sci. Rep. – 2021. – Vol. 11, Iss. 1, Art. 12266.

Svenning, M.A. Atlantic salmon / M.A. Svenning, S.V. Prusov // The Barents Sea: ecosystem, resources, management. Half a century of Russian-Norwegian cooperation / IMR, PINRO; ed.: T. Jakobsen, V.K. Ozhigin. – Trondheim, 2011. – Chap. 5.14. – P. 363-372.

The Atlantic salmon / J. Webb, E. Verspoor, N. Aubin-Horth [et al.] // The Atlantic salmon: genetics, conservation and management / ed. E. Verspoor [et al.]. – Oxford: Blackwell Publ., 2007. – Chap. 2. – P. 17-56.

The early marine distribution of Atlantic salmon in the North-east Atlantic: A genetically informed stock-specific synthesis / J. Gilbey, K.R. Utne, V. Wennevik [et al.]. – DOI 10.1111/faf.12587 // Fish and Fisheries. – 2021. – Vol. 22. – P. 1274-1306.

ВИРУСОВЫДЕЛЕНИЕ НА КЛЕТОЧНЫХ ЛИНИЯХ РЫБ ИЗ ПРОБ ПАТОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ОТ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (СЕМГА) ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭПИЗООТОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА УЛЬЦЕРАТИВНОГО ДЕРМАЛЬНОГО НЕКРОЗА НА ТЕРРИТОРИИ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ В 2019-2021 гг.

В.А. Пыльнов, И.В. Бурлаченко

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

Аннотация. Приведены результаты вирусологического исследования с использованием клеточных линий рыб и первичной культуры клеток из проб патологического материала от атлантического лосося в период вспышки УДН на территории Мурманской области в 2019-2021 гг.

Ключевые слова: УДН – ulcerative dermal necrosis, ПКК – первичная культура клеток.

ВВЕДЕНИЕ

Ульцеративный дермальный некроз (УДН) – новое заболевание, вспышки которого регистрируют у диких атлантических лососей (семги) в бассейнах рек Баренцева и Белого морей с 2015 г. Впервые УДН зафиксирован в XIX столетии в 1868-1877 гг., тогда его назвали болезнью лосося. Затем оно исчезло и информации о новых вспышках не было до середины 1960-х годов. Вновь заболевание появилось на юго-западе Ирландии и постепенно распространилось почти во всех реках Британских о-вов и соседних районов. К середине 1970-х годов оно вновь исчезло (Roberts, 1993). Вспышки УДН наносят большой урон водным биологическим ресурсам Российской Федерации. Для изучения этиологии ульцеративного дермального некроза у дикого атлантического лосося в бассейне рек Баренцева и Белого морей предложена программа проведения эпизоотологического мониторинга на базе ихтиопатологических исследований. Одним из используемых методов является вирусовыделение на клеточных линиях рыб.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Платформой служили нормативные и методические документы в области ветеринарии и охраны здоровья водных животных, включая документы Международной организации защиты здоровья животных (МЭБ) (Aquatic Animal Health..., 2021), а также учебные и методические

материалы (Единые санитарно-эпидемиологические..., 2010; Лабораторный практикум по..., 1983).

Пробы от рыб формировали из следующих органов: селезенка, головной отдел почки, мозг, печень, сердце, фрагменты жаберных лепестков, пораженные участки кожи. Отобранные пробы в стерильных флаконах помещали на лед в термос, затем опечатывали (Методические рекомендации по отбору проб..., 2013). Для анализа в качестве исходного материала использовали 10 %-ную суспензию из тканей органов и кожи. Диагностировали рыб на наличие вирусов согласно методическим рекомендациям (Методические рекомендации по вирусвыделению..., 2013). Пробы брали отдельно по каждому органу для изучения возможной сравнительной концентрации вируса и тропизмов при дальнейших исследованиях. Для диагностических исследований вирусов рыб на первом этапе использовали перевиваемые клеточные линии рыб ЕРС, RTG-2, BF-2 с учетом особенностей условий культивирования. Культуры клеток поддерживали путем периодического пассирования. Для вирусвыделения применяли 96-луночные полистироловые плоскодонные планшеты фирмы «NUNC». Образцы патматериала титровали на планшетах одновременно с посевом клеток, согласно стандартной методике, на среде «Игла MEM» с двойным набором аминокислот и витаминов с добавлением 10 %-ной фетальной сыворотки крупного рогатого скота (КРС) и антибиотиков в стандартной концентрации. Впервые для возможного выделения вирусов рыб использовали первичные культуры клеток кожи и селезенки атлантического лосося, полученные от клинически здоровых рыб. Для этого до трипсинизации (для исключения контаминации бактериями и грибами) питательные среды, сыворотку, трипсин и другие растворы высевали на бактериальные среды. Лабораторную посуду и инструменты стерилизовали в автоклаве и суховоздушном стерилизаторе. С обработанной этиловым спиртом поверхности тела рыб снимали кожу, отбирали селезенку, измельчали и помещали в пластиковый или стеклянный матрас площадью 175 см². Затем ткани заливали смесью трипсина с версеном и питательной средой Игла, помещали в шейкер для инкубации. После первого цикла вымывания клеток клеточную суспензию из матрасов с измельченными тканями сливали в стерильные стеклянные флаконы объемом 0,5 дм³ через стеклянную воронку с вложенной внутрь стерильной марлей, сложенной в несколько слоев. В матрас вносили новую порцию раствора для вымывания клеток и ставили на инкубацию. Затем клеточную суспензию, полученную после второго цикла трипсинизации, сливали в другие стерильные стеклянные флаконы, которые центрифугировали в течение 20-30 мин при 1,5-2,0 тыс. об/мин. Таким образом, проводили три цикла вымывания клеток из кожи и

селезенки соответственно (Фрешни, 2010). Полученную клеточную суспензию фильтровали через ситечки с диаметром пор 40, 70 или 100 мкм. Стерильной пипеткой отбирали пробы объемом (1-2 см³) в пенициллиновый флакон для подсчета клеток, доводили до посевной концентрации 1-10 млн кл./см³. Полученную суспензию вносили в культуральные флаконы различной площади и культивировали при температуре 25±0,5 °С в течение 24-48 ч в термостате. Под микроскопом учитывали степень адгезии и образование клеточных колоний. Через 24-48 ч инкубирования в культуральных флаконах или планшетах заменяли культуральную среду на поддерживающую среду с добавлением фетальной сыворотки и суспензии эритроцитов, которые доводили до конечной концентрации (0,1-0,2 %) (Дьяконова, Ситькова, 2000). В процессе роста первичной культуры клеток, после смены среды и окончания культивирования, культуральные флаконы просматривали под микроскопом, оценивали скорость роста и качество сформированного монослоя, а также цвет питательной среды (Пинаева, 1988). Полученные первичные культуры клеток кожи и селезенки атлантического лосося использовали для выделения вирусов рыб из проб патологического материала от клинически больных рыб.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для установления этиологического агента и выявления природы возбудителя заболевания УДН ряд исследователей провели многократные эксперименты постановки биопробы, готовили гомогенаты пораженных тканей, которыми заражали здоровых рыб. В итоге 10 % рыб заболевали с похожими на УДН симптомами (Carbery, 1968). В других экспериментах для заражения использовали стерильный фильтрат пораженных тканей больного лосося, вследствие чего зараженные особи не заболевали УДН. Эксперименты указывали на то, что возможным этиологическим агентом УДН может быть возбудитель вирусной природы. Однако результаты исследований, проведенные с помощью методов электронной микроскопии, не подтвердили наличие в тканях вирусных агентов (O'Brien, 1974; Lounatmaa, Janatuinen, 1978). Попытки выделения возбудителя УДН при вспышках в дикой природе были предприняты и в XXI в. исследователями из разных стран. Однако доказать наличие вируса в организме рыбы не удалось. В связи с этим нами был предложен комплексный подход ихтиопатологического обследования для изучения УДН при регистрации эпизоотических вспышек в дикой природе на территории Мурманской области в течение двух лет (с 2020 по 2021 г.). Ихтиопатологические обследования и отбор проб от производителей

атлантического лосося *Salmo salar* L. были проведены в рр. Кола и Тулома бассейна Баренцева моря и р. Умба бассейна Белого моря в июле-августе 2020-2021 гг. В рр. Кола и Умба рыбу собирали из ловушки РУЗ, а в р. Тулома – из ловушки рыбохода Нижне-Тулумской ГЭС и РУЗов, установленных сотрудниками Мурманского филиала ФГБУ «Главрыбвод». Для исследований отбирали производителей, имеющих внешние признаки заболевания. Контрольные измерения производителей атлантического лосося показали, что средние длина и масса составили 70 см и 3500 г соответственно. Эти показатели соответствуют стандартам производителей атлантического лосося, идущего на нерест. Соотношение полов у отобранных производителей – самцы 20 %, самки 80 %. При внешнем осмотре у рыб было отмечено отсутствие слизи на поверхности кожи. Это обусловлено снижением функции слизистых клеток, и может рассматриваться как характерный признак заболевания, так как слизистый слой является основным барьером для внешних потенциальных патогенов. При осмотре ловушки РУЗ на р. Кола отмечено, что самцы поражены примерно в три раза чаще, чем самки. Также у самцов и самок отмечены различия в распределении на поверхности тела пораженных участков. Так, у самцов наиболее часто была повреждена дорсальная поверхность тела, включая передний конец спинного плавника и жировой плавник, у самок – дорсальная часть головы и хвостовой стебель. Основные клинические признаки заболевания – это геморрагические полосовидные кровоизлияния на брюшке, серо-розовые пятна на боках и спинке туловища рыбы (см. рисунок).



Характерные для начальной стадии УДН красные пятна у атлантического лосося

В 2021 г. по сравнению с 2020 г. клиническая картина болезни значительно изменилась. У рыб отсутствовали язвы и массивные

поражения грибами-микросциетами. Фактически единственными клиническими признаками болезни являлись геморрагии и красные пятна на кожном покрове.

Геморрагии и округлые покраснения располагались в основном на брюшной стороне тела рыбы и у основания анального, грудных и брюшных плавников. Серые округлые пятна чаще отмечали на спине и боках, выше боковой линии. Язвы и участки кожного покрова, пораженные грибами, не наблюдали. Основные клинические признаки заболевания – это геморрагические полосовидные кровоизлияния на брюшке, серо-розовые пятна на боках и спинке туловища рыбы.

Патологоанатомическая диагностика явных признаков изменений внутренних органов – печени, почек, селезенки – не выявила. Их отмечали в желудочно-кишечном тракте в средней и задней части кишечника.

В результате с помощью метода вирусыведения на гетерологичных клеточных линиях рыб и первичной культуре клеток кожи и селезенки атлантического лосося наличие вирусных агентов – вируса инфекционного некроза гемопоэтической ткани (ИНГТ), инфекционного панкреатического некроза (ИПН), вирусной геморрагической септицемии (ВГС), инфекционной анемии лососевых (ИАЛ) – не установили. В таблице представлены обобщенные результаты исследований выделения вирусов рыб и агентов вирусной природы на перевиваемых клеточных линиях рыб и первичных культурах клеток кожи и селезенки атлантического лосося из проб патологического материала и клеточных элюатов.

Результаты вирусологических исследований проб патологического материала от дикого атлантического лосося

Органы, ткани, биологические жидкости	Культуры клеток			
	ПКК*	BF-2**	RTG-2***	EPС****
Кожа	–	–	–	–
Жабры	–	–	–	–
Головной мозг	–	–	–	–
Почки	–	–	–	–
Селезенка	–	–	–	–
Печень	–	–	–	–
Сердце	–	–	–	–
Кишечник	–	–	–	–
Мышечная ткань	–	–	–	–
Жировая ткань	–	–	–	–
Кровь	–	–	–	–
Соскобы с пораженных участков кожи головы и туловища	–	–	–	–

*ПКК – первичная культура клеток.

**BF-2 – хвостовой стебель синежаберного солнечника.

***RTG-2 – гонады радужной форели.

****EPС – культура клеток эпидермальных образований боковой линии карпа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты наших исследований указывают на то, что на фоне общего снижения численности производителей атлантического лосося встречаемость рыб с признаками УДН на РУЗах рек бассейнов Баренцева и Белого морей была существенно меньше, чем в предыдущие годы. Комплекс вирусологических, в том числе с использованием первичной культуры клеток атлантического лосося, бактериологических и молекулярно-биологических исследований, проведенных в 2019-2021 гг., не позволил определить носителя заболевания. Этот факт является основанием для расширения поиска причин возникновения УДН, включая изучение экологических, климатических аспектов и возможных механизмов передачи болезни.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Болезни рыб в аквакультуре России: практическое руководство // В.Н. Воронин, Е.В. Кузнецова, Ю.А. Стрелков, Н.Б. Чернышева. – СПб.: ГосНИОРХ, 2011. – 263 с.

Дьяконова, Л.П. Живая клетка в культуре (методы и применение в биотехнологии) // Л.П. Дьяконова, В.И. Ситькова. – М.: Компания Спутник+, 2000. – 400 с.

Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 707 с.

Лабораторный практикум по болезням рыб / В.А. Мусселиус, В.Ф. Ванятинский, А.А. Вихман [и др.]; под ред. В.А. Мусселиус. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. – 296 с.

Методические рекомендации по вирусвыделению из патологического материала рыб в культуре клеток. – Владимир: ФГБУ «ВНИИЗЖ», 2013. – 21 с.

Методические рекомендации по отбору проб для вирусологического исследования на обнаружение вирусов геморрагической септицемии, инфекционного некроза гемопоэтической ткани лососевых, инфекционного панкреатического некроза, весенней виiremии карпа. – Владимир: ФГБУ «ВНИИЗЖ», 2013. – 14 с.

Пинаева, Г.П. Методы культивирования клеток / Г.П. Пинаева – Л.: Наука, 1988. – 313 с.

Фрешни, Р.Я. Культура животных клеток: практическое руководство / Р.Я. Фрешни: пер. с англ. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010. – 691 с.

Aquatic Animal Health Code [Electronic resource]. – URL: <http://www.oie.int/en/international-standard-setting/aquatic-code/access-online/>, (дата обращения 20.08.2021).

Carbery, J.T. Ulcerative Dermal Necrosis of salmonids in Ireland / J.T. Carbery // Symp. Zoo. Soc. London. – 1968. – Vol. 24. – P. 39-49.

Lounatmaa, K. Electron microscopy of an ulcerative dermal necrosis (UDN)-like salmon disease in Finland / K. Lounatmaa, J. Janatuinen // J. of Fish Diseases. – 1978. – Vol. 1. – P. 369-375.

O'Brien, D.J. Use of lesion filtrates for the transmission of UDN (ulcerative dermal necrosis) in salmonids / D.J. O'Brien // J. Fish Biol. – 1974. – Vol. 6. – P. 507.

Roberts, R.J. Ulcerative dermal necrosis (UDN) in wild salmonids / R.J. Roberts // Fisheries Research. – 1993. – Vol. 17(1). – P. 3-14.

**АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
И УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА, УРОВЕНЬ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ
РЕГУЛЯТОРОВ МИОГЕНЕЗА У СЕГОЛЕТОК РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ
(*ONCORHYNCHUS MYKISS WALB.*) ПРИ КОРМЛЕНИИ
КОММЕРЧЕСКИМИ КОРМАМИ ДВУХ ВИДОВ**

***М.А. Родин, М.В. Кузнецова, М.Ю. Крупнова, А.Е. Курицын,
С.А. Мурзина, Н.Н. Немова***

*Институт биологии – обособленное подразделение Федерального
государственного бюджетного учреждения науки Федерального
исследовательского центра «Карельский научный центр Российской
академии наук» (ИБ КарНЦ РАН), г. Петрозаводск*

Аннотация. Изучено влияние кормов двух видов на биохимические и молекулярно-генетические показатели сеголеток радужной форели. Приведены результаты, свидетельствующие об особенностях использования углеводов в биосинтезе, а также о различиях в процессах регуляции миогенеза радужной форели в зависимости от используемого корма.

Ключевые слова: радужная форель, мышечный рост, ферменты энергетического обмена, экспрессия генов, корм.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивная система выращивания рыбы, обычно применяемая рыболовными хозяйствами для достижения максимальной продуктивности, зачастую сопровождается негативными реакциями организма. В целях сведения к минимуму возникающих при этом стресс-индуцированных последствий применяются различные модификации стандартных технологий искусственного выращивания рыб. В частности, для улучшения показателей роста рыб и их физиологического состояния можно использовать специально разработанные корма. Для оценки влияния тех или иных факторов и различных условий выращивания на состояние и развитие рыб в аквакультуре необходимо учитывать количественные и качественные изменения биохимического метаболизма, которые позволят адекватно оценить воздействие на рост и развитие рыб в аквакультуре всего комплекса факторов, таких как питание, температура воды, плотность посадки, освещение, использование биодобавок и др. Одним из важнейших биохимических показателей состояния рыб в процессе роста и развития является уровень энергетического обмена (Озернюк, 1985). Изучение активности ферментов энергетического и углеводного обмена позволяет оценить важнейшие энергетические

процессы, связанные с аэробным и анаэробным синтезом АТФ, а также вовлечением углеводов в синтез различных промежуточных соединений. Основываясь на анализе активности ключевых ферментов, можно судить о функциональной активности органов рыб, особенностях метаболизма, обеспечивающих рост и адаптацию к определенным условиям среды.

Известно, что значительный процент массы тела рыб составляют мышцы. Их рост осуществляется как посредством увеличения размера волокон (гипертрофия), так и через образование новых (гиперплазия). Весь процесс мышечного роста происходит под контролем специфических миогенных регуляторных факторов (myogenic regulatory factors [MRF] – *MyoD1*, *Myf5*, *MyoG*, *MRF4*), последовательная экспрессия которых приводит к экспрессии генов мышечных белков (Muscle growth mechanisms..., 2019; Probiotic additive affects..., 2021). Основным белком является миозин, составляющий половину от всех мышечных белков и четверть от всех белков организма рыб (Watabe, Ikeda, 2006). Уровень экспрессии гена тяжелой цепи миозина (*MyHC*) используется как ключевой показатель синтеза белка и темпов прироста мышечной массы (Myosin heavy chain..., 2006; Myosin expression levels..., 2006). Изучение вышеперечисленных генов позволяет выявить особенности регуляции процессов миогенеза, изменения в которых могут привести к различиям в интенсивности гиперплазии и гипертрофии, что в дальнейшем может отразиться на пищевых качествах рыбы.

В данной работе исследовали активность ферментов энергетического и углеводного обмена (цитохромоксидазы, лактатдегидрогеназы, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы и 1-глицерофосфатдегидрогеназы) в мышцах и печени, уровень экспрессии генов миогенных регуляторных факторов (*MyoG*, *Myf5*) и гена тяжелой цепи миозина (*MyHC*) в скелетных мышцах особей радужной форели *Oncorhynchus mykiss* Walb., выращиваемых с использованием коммерческих кормов двух видов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования была радужная форель, выращиваемая в бассейнах на базе форелевой фермы в Северной Осетии – Алании. Изучали сеголеток форели в возрасте 5 мес. со средней массой 192 г в начале эксперимента, который начался в августе и длился в течение двух месяцев. В этот период сеголеток кормили 4 раза в день коммерческими кормами двух видов от разных производителей (корма № 1 и № 2). Согласно заявленному составу, соотношение сырых протеина – жира – клетчатки в кормах № 1 и № 2 составило 40-43 – 24-27 – 1-2,9 % и 45 – 25 – 2,8 % соответственно. В корм № 2, который использовали до начала

эксперимента, был добавлен комплекс витаминов. Масса особей в конце исследования составила 463,33 г в группе «корм № 1» и 424,80 г в группе «корм № 2». Пробы на анализ собирали через один и два месяца после начала эксперимента.

Активность ферментов (в мкмоль/мин/г белка) в пробах мышц и печени определяли спектрофотометрически (CLARIOSTAR, BMG Labtech): в мышцах – цитохромоксидазы и лактатдегидрогеназы (ЦО и ЛДГ), в печени – ЦО, ЛДГ, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы (Г6ФДГ) и 1-глицерофосфатдегидрогеназы (1-ГФДГ) (Кочетов, 1980; Smith, 1955). Концентрацию белка выявляли по методу Брэдфорд (Bradford, 1976). Мышечный рост рыб оценивали по уровню экспрессии генов MRF (*MyoG*, *Myf5*) и миозина (*MyHC*), а уровень экспрессии генов – методом ПЦР в режиме реального времени (Livak, Schmittgen, 2001). Относительные уровни экспрессии исследуемых генов определяли по пороговому циклу (C_t) и нормализовали относительно *Ef-1 α* с помощью метода $2^{-\Delta\Delta C_t}$. Результаты выражали в условных единицах относительной экспрессии.

Статистический анализ результатов проводили с использованием критерия Краскела-Уоллиса и последующим сравнением выборок по критерию Манна-Уитни. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлены различия в активности ферментов в мышцах особей между группами «корм № 1» и «корм № 2» (табл. 1). Ключевыми ферментами, характеризующими интенсивность аэробного синтеза АТФ и анаэробного гликолиза, являются ЦО и ЛДГ соответственно (Gauthier, Campbell, Conture, 2008; Somero, Childress, 1980). Более высокая активность ЛДГ в мышцах наблюдалась у рыб, питавшихся кормом № 2, через 60 дней. Результаты указывают на повышение уровня анаэробного энергетического метаболизма у рыб, питавшихся кормом № 2 (Johansen, Overturf, 2006). Уровень активности ЛДГ в мышцах форели из обеих групп оказался выше во второй месяц исследования относительно к первому, что может быть связано с усилением анаэробного обмена, необходимого для энергообеспечения плавательной рывковой активности у рыб с увеличением их размеров.

Зафиксированы различия между группами «корм № 1» и «корм № 2» по активности ферментов печени рыб (табл. 2). Активность ферментов Г6ФДГ и 1-ГФДГ отражает связь углеводного и липидного обмена. Г6ФДГ – ключевой фермент пентозофосфатного пути, в котором происходит образование пентоз и генерируется восстановитель в форме НАДФН, использующийся в реакциях биосинтеза липидов (Importance of

glucose-6-phosphate..., 1998). 1-ГФДГ катализирует реакцию образования 1-глицерофосфата, являющегося предшественником структурных и запасных липидов (Gauthier, Campbell, Couture, 2008). Активность Г6ФДГ у форели была достоверно выше в группе «корм № 2» через 30 дней эксперимента. Это, вероятно, связано с усиленным синтезом эквивалентов НАДФН, которые применяются в дальнейших путях биосинтеза, в частности в синтезе жирных кислот (Gauthier, Campbell, Couture, 2008). Активность 1-ГФДГ у форели через 60 дней эксперимента также была выше в группе «корм № 2», что может свидетельствовать о более высоком уровне употребления продуктов распада углеводов в липидном обмене. Исходя из полученных результатов, можно предположить, что высокий уровень активности данных ферментов у рыб, питавшихся кормом № 2, свидетельствует о более интенсивном использовании углеводов в данной группе и предпочтительном использовании в процессах биосинтеза липидов.

Таблица 1

Относительная активность ферментов в белых мышцах форели, питавшейся кормами от разных производителей

Время сбора проб	Относительная активность, мкмоль/мин/г белка	
	корм № 1	корм № 1
	<i>ЦО</i>	
30 дней	0,010 ± 0,0012	0,009 ± 0,0009
60 дней	0,010 ± 0,0011	0,009 ± 0,0014
	<i>ЛДГ</i>	
30 дней	1,86 ± 0,186	1,80 ± 0,166
60 дней	3,67 ± 0,115 [#]	4,18 ± 0,158 ^{*#}

Здесь и далее в табл. 2, 3 – *Различия между группами «корм № 1» и «корм № 2» достоверны.

[#]Различия между временными точками 30 и 60 дней в соответствующей группе достоверны ($p < 0,05$).

Найдены различия в уровнях экспрессии генов в мышцах форели между группами «корм № 1» и «корм № 2» (табл. 3). Так, экспрессия гена *MyHC* оказалась выше в мышцах особей, питавшихся кормом № 1 через 60 дней. Тяжелая цепь миозина является наиболее важным функциональным и структурным доменом молекулы миозина – основного мышечного белка – и, как следствие, ключевым определяющим фактором развития скелетных мышц (Divergent evolution of the..., 2007). Ранее было показано, что уровень экспрессии его гена (*MyHC*) может служить показателем, отражающим прирост мышечной массы у рыб (Исследование биохимических и..., 2016; Overturf, Hardy, 2001; Myosin heavy chain..., 2006). Таким образом, полученные результаты, вероятно, свидетельствуют о различиях в темпах мышечного роста рыбы между группами с

преимуществом для рыб, питающихся кормом № 1. Идентичные различия через 60 дней наблюдались в экспрессии генов *Muf5* и *MyoG*. Транскрипционные факторы последовательно регулируют стадии миогенеза: *MyoD* и *Muf5* необходимы для детерминации миобластов, тогда как *MyoG* участвует в их дифференцировке и слиянии при формировании миофибрилл (Watabe, 1999). Можно предположить, что интенсивность процессов пролиферации и дифференцировки миобластов у рыб, питающихся кормом № 1, была выше и мышечный рост включал в себя как процессы гиперплазии, так и гипертрофии (Johansen, Overturf, 2005; Muscle growth mechanisms..., 2019; Characterization of MRF..., 2021).

Таблица 2

Относительная активность ферментов в печени форели, питавшейся кормами от разных производителей

Время сбора проб	Относительная активность, мкмоль/мин/г белка	
	корм № 1	корм № 2
	<i>ЦО</i>	
30 дней	0,067 ± 0,0068	0,057 ± 0,0058
60 дней	0,060 ± 0,0043	0,063 ± 0,0076
	<i>ЛДГ</i>	
30 дней	1,05 ± 0,038	1,06 ± 0,080
60 дней	0,86 ± 0,091	0,91 ± 0,095
	<i>Г6ФДГ</i>	
30 дней	0,024 ± 0,0005	0,029 ± 0,0017*
60 дней	0,023 ± 0,0018	0,022 ± 0,0012 [#]
	<i>1-ГФДГ</i>	
30 дней	0,013 ± 0,0007	0,015 ± 0,0005
60 дней	0,012 ± 0,0015	0,017 ± 0,0010*

Таблица 3

Относительная экспрессия мРНК генов миогенных регуляторных факторов и тяжелой цепи миозина в белых мышцах форели, питавшейся кормами от разных производителей

Время сбора проб	Уровень экспрессии (у.е. относительной экспрессии)	
	корм № 1	корм № 2
	<i>MyHC</i>	
30 дней	23,03 ± 1,461	27,73 ± 4,745
60 дней	30,93 ± 4,535	20,09 ± 0,966*
	<i>MyoG</i>	
30 дней	1,37 ± 0,114	1,99 ± 0,210*
60 дней	3,15 ± 0,180 [#]	2,46 ± 0,156*
	<i>Muf5</i>	
30 дней	0,29 ± 0,037	0,42 ± 0,103
60 дней	0,84 ± 0,079 [#]	0,58 ± 0,065*

Определены различия в динамике экспрессии генов у исследуемых рыб в ходе эксперимента. Так, в мышцах форели из группы «корм № 1» к

концу эксперимента увеличивался уровень экспрессии генов *MyoG* и *Myf5* по сравнению с предыдущим месяцем, а у группы «корм № 2» эти значения оставались на том же уровне. Это может указывать на увеличение интенсивности процессов миогенеза у особей, питающихся кормом № 1, в течение экспериментального периода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования указывают на то, что используемые при выращивании радужной форели корма по-разному влияют на углеводный обмен и процессы регуляции миогенеза. Так, уровни активности ферментов Г6ФДГ и 1-ГФДГ в печени более высокие у рыб из группы «корм № 2» и указывают на различия в использовании углеводов в процессах биосинтеза. Обнаруженные различия в уровнях экспрессии генов миогенеза в мышцах рыб позволяют сделать предположение о том, что корм №1 в большей степени (по сравнению с кормом №2) способствует интенсификации процессов миогенеза и увеличению темпов прироста мышечной массы.

Работа выполнена на научном оборудовании ЦКП КарНЦ РАН, в рамках ГЗ КарНЦ РАН FMEN-2022-0006.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Исследование биохимических и молекулярно-генетических показателей темпа роста искусственно выращиваемой форели (*Parasalmo mykiss* Walb.) / М.В. Чурова, О.В. Мещерякова, А.М. Александрова [и др.] // Известия КГТУ. – 2016. – № 40. – С. 34-42.

Кочетов, Г.А. Практическое руководство по энзимологии: учебное пособие / Г.А. Кочетов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1980. – 272 с.

Озернюк, Н.Д. Энергетический обмен в раннем онтогенезе рыб / Н.Д. Озернюк. – М.: Наука, 1985. – 175 с.

Bradford, M.M. Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding / M.M. Bradford // Anal. Biochem. – 1976. – Vol. 72, № 1-2. – P. 248-254.

Characterization of MRF genes and their tissue distributions and analysis of the effects of starvation and refeeding on the expression of these genes in *Acipenser dabryanus* muscle / X.Wu, J.Lai, Y. Chen [et al.] // Comparative Biochemistry and Physiology, Part B. – 2021. – Vol. 256, Art. 110648. – P. 1-10.

Divergent evolution of the myosin heavy chain gene family in fish and tetrapods: evidence from comparative genomic analysis / D. Ikeda, Y. Ono, P. Snell [et al.] // *Physiol Genomics*. – 2007. – Vol. 32, Iss. 1. – P. 1-15.

Gauthier, C. Physiological correlates of growth and condition in the yellow perch (*Perca flavescens*) / C. Gauthier, P. Campbell, P. Couture // *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*. – 2008. – Vol. 151. – P. 526-532.

Importance of glucose-6-phosphate dehydrogenase activity for cell growth / W.N. Tian, L.D. Braunstein, J. Pang [et al.] // *J. Biol. Chem.* – 1998. – Vol. 273, Iss. 17. – P. 10609-10617.

Johansen, K.A. Alterations in expression of genes associated with muscle metabolism and growth during nutritional restriction and refeeding in rainbow trout / K.A. Johansen, K. Overturf // *Comp. Biochem. Physiol. Part A Mol. Integr. Physiol.* – 2006. – Vol. 144. – P. 119-127.

Johansen, K.A. Quantitative expression analysis of genes affecting muscle growth during development of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / K.A. Johansen, K. Overturf // *Mar. Biotechnol.* – 2005. – Vol. 7. – P. 576-587.

Livak, K.J. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta Ct}$ method / K.J. Livak, T.D. Schmittgen // *Methods*. – 2001. – Vol. 25, Iss. 4. – P. 402-408.

Muscle growth mechanisms in response to isoenergetic changes in dietary non-protein energy source at low and high protein levels in juvenile rainbow trout / H. Alami-Durante, M. Cluzeaud, D. Bazin [et al.] // *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*. – 2019. – Vol. 230. – P. 91-99.

Myosin expression levels and enzyme activity in juvenile spotted wolfish (*Anarhichas minor*) muscle: a method for monitoring growth rates / A.K. Imsland, N.R. Le Francois, S.G. Lammare [et al.] // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* – 2006. – Vol. 63. – P. 1959-1967.

Myosin heavy chain mRNA expression correlates higher with muscle protein accretion than growth in Atlantic salmon, *Salmo salar* / E.M. Hevrøy, A.-E.O. Jordal, I. Hordvik [et al.] // *Aquaculture*. – 2006. – Vol. 252, Iss. 2. – P. 453-461.

Overturf, K. Myosin expression levels in trout muscle: a new method for monitoring specific growth rates for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) on varied planes of nutrition / K. Overturf, R.W. Hardy // *Aquat. Res.* – 2001. – Vol. 32, Iss. 4. – P. 315-322.

Probiotic additive affects muscle growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) / V.V. Silva, R.A.S. Salomão, E.A. Mareco [et al.] // *Aquacult. Res.* – 2021. – Vol. 52, Iss. 5. – P. 2061-2069.

Smith, L. Spectrophotometric assay of cytochrome c oxidase / L. Smith // *Methods in Biochem. Analysis.* – 1995. – Vol. 2. – P. 427-434.

Somero, G.N. A violation of the metabolism-size scaling paradigm: activities of glycolytic enzymes in muscle increase in larger size fish / G.N. Somero, J.J. Childress // *Physiol. Zool.* – 1980. – Vol. 53. – P. 322-337.

Watabe, S. Diversity of the pufferfish *Takifugu rubripes* fast skeletal myosin heavy chain genes / S. Watabe, D. Ikeda // *Comp. Biochem. Physiol. Part. D Gen. Prot.* – 2006. – Vol. 1, Iss. 1. – P. 28-34.

Watabe, S. Myogenic regulatory factors and muscle differentiation during ontogeny in fish / S. Watabe // *J. Fish Biol.* – 1999. – Vol. 55. – P. 1-18.

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (СЕМГИ) В р. УМБА В 2022 г.

*С.Л. Рудакова¹, Л.К. Буданова², И.В. Самохвалов²,
Н.В. Бирюкова¹, Ю.П. Щелкунова³, Е.В. Оганесова¹,
И.Ю. Кропачева³, О.А. Иваницкая⁴, М.Е. Семенихина⁵*

¹*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва*

²*Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича),
г. Мурманск*

³*Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»
(«ВНИИПРХ»), пос. Рыбное*

⁴*ГОВБУ «Мурманская областная станция по борьбе с болезнями животных»
Мурманская обл., пгт. Молочный*

⁵*Мурманский филиал ФГБУ «Главрыбвод», г. Мурманск*

Аннотация. Представлены результаты натуральных вирусологических, гематологических, ихтиологических и гидрохимических исследований половозрелой семги и воды в р. Умба, а также анализ ретроспективной информации. Показано, что в 2022 г. признаки патологии, характерные для УДН, стали менее выражены по сравнению с 2019-2020 гг. На четырех перевиваемых линиях клеток признаков цитопатического эффекта, указывающих на репликацию вирусов из инокулированных проб, не обнаружено. У больных рыб в лейкоцитарной формуле выявлена острая лейкопения (0-30 %) и ярко выраженная нейтрофилия с преобладанием молодых форм нейтрофилов (до 100 %). Это свидетельствует о воспалительном процессе и иммунодепрессивном состоянии. В воде превышений ПДК по исследуемым показателям не отмечали.

Ключевые слова: семга, ulcerативный дермальный некроз, УДН, качество среды, болезни рыб.

ВВЕДЕНИЕ

Атлантический лосось (семга) высоко ценится в странах северной части Европы, Мурманской области и Карелии из-за высокого вклада в коммерческое и любительское рыболовство, а также его культурного значения, особенно для коренных народов. Однако численность популяций дикого атлантического лосося сокращается по всему ареалу из-за ряда причин. В данной работе мы остановимся на одной – заболевании ulcerативный дермальный некроз (Ulcerative Dermal Necrosis) (далее УДН). Название УДН (UDN) – предложили ученые Карбери и Стрикланд (Carbery, Strickland, 1968) для описания состояния дикого атлантического лосося, характеризующегося появлением маленьких серых эрозий, часто

симметрично расположенных на голове или жировом плавнике. Анализ литературы показал, что появление у лососей признаков УДН впервые отмечали в 1860-х годах и эпизоотии повторяются через определенные промежутки времени (Can Ulcerative Dermal ..., 2022).

На сегодняшний день основная причина/причины этого сложного состояния остается невыясненной. Некоторые исследователи считали, что грибы рода *Saprolegnia* являются первичным патогеном, ассоциированным с УДН, или что между неизвестным первичным патогеном и сапролегнией существовала тесная связь (Stuart, Fuller, 1968). Другие поддерживали предполагаемую бактериальную или вирусную этиологию (Carbery, Strickland, 1968). Это обусловлено тем, что на месте первичного поражения кожи заселялись грибы и бактерии, и их бурное размножение приводило к образованию обширных язв и часто к дальнейшей гибели рыб.

В Мурманской области большое количество исследований в 2015-2021 гг. было направлено на установление этиологического агента заболевания, результаты обобщения данной информации представлены ранее (Карасева, Голикова, 2021; Предварительные результаты комплексного..., 2022). Таким образом, признаки патологии, характерные для УДН, не ассоциируются ни с одним из известных в настоящее время науке патогеном рыб.

Несмотря на то, что проведено много исследований потенциального участия бактерий, оомицетов или вирусов, конкретные факторы, приводящие к возникновению характерных поражений УДН диких лососевых, еще предстоит выяснить.

В этой работе мы представим результаты исследования УДН в популяции семги в р. Умба в 2022 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В октябре 2022 г. в р. Умба для комплексных исследований отобрано 15 экз. половозрелой семги и 3 пробы воды на гидрохимическое изучение. Рыб брали непосредственно из садков для выдерживания производителей на Умбском рыбоводном заводе (УРЗ) Мурманского филиала «Главрыбвода».

Садки для выдерживания производителей семги расположены на Умбском рыбоводном заводе (N 66°42'19" E 34°18'50"), расстояние по течению до устья реки в Кандалакшском заливе Белого моря составляет 3 км. Температура воды в день взятия проб в р. Умба – 6,2 °С. Для работ использовали рыб, у которых уже изъяли половые продукты для воспроизводства.

Размерно-массовые показатели рыб определяли в соответствии с руководством по изучению рыб (Правдин, 1966): измеряли длину по Смитту, массу целой рыбы, пол и стадию зрелости. Перед отбором проб каждую рыбу визуально обследовали: кожный покров, плавники, ротовую полость, жабры, внутренние органы на наличие видимых паразитов и признаков патологии.

Гидрохимические исследования воды в водоеме проводили в соответствии с требованиями методик выполнения анализов. Определяли содержание фосфатного фосфора, аммонийного азота, нитритного и нитратного азотов, кремния, растворенного органического углерода, а также металлов в соответствии с общепринятыми методиками (РД 52.24.382; РД 52.24.383; РД 52.24.381-2017; РД 52.24.523; РД 52.24.377).

Вирусологические исследования выполняли в соответствии с методическими указаниями (Сборник инструкций по..., 1998). Пробы от каждой рыбы и органа брали индивидуально (головной отдел почек, селезенку, сердце, мозг и жабры). Для выделения вирусных агентов использовали четыре перевиваемые клеточные культуры: ЕРС (эпидермальные новообразования большого оспой карпа) и RTG-2 (гонады радужной форели), AS (внутренние органы атлантического лосося) и ASK (почки атлантического лосося). Культивирование линий клеток и инокуляцию проводили по общепринятым методикам (Сборник инструкций по..., 1998). Всего на каждую линию клеток инокулировали 60 индивидуальных проб из четырех органов.

Для гематологических исследований кровь брали из хвостового кровеносного сосуда шприцем, помещали в пробирки с капилляром Microvette ® 0,2 мл с антикоагулянтом К3 EDTA (Sarstedt AG&Co, Германия) по стандартным методикам (Методические указания по..., 1999; Иванова, 1983). Количество гемоглобина определяли с помощью анализатора Humalyzer Primus (Human, Германия).

В статистической обработке результатов применяли стандартный пакет программ Microsoft Excel (среднее арифметическое, стандартное отклонение, минимум и максимум).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным рыбоводов, ярко выраженных признаков патологии у рыб, использованных для искусственного воспроизводства, не наблюдали. Отмечали небольшие потертости и пятна на голове и теле без обрастания сапрофитными грибами. Однако после содержания производителей в садках и манипуляций по отбору половых продуктов мы наблюдали признаки патологии, в том числе характерные для УДН. Обнаружены

поверхностные пятна на теле без повреждения кожных покровов, но значительно поросшие мицелиями грибов, обширные (до 10 см) язвы на голове и челюстях с повреждением кожных покровов и разрушением хрящевой ткани вплоть до оголения костей.

С 2019 г. по сентябрь 2022 г. включительно было приостановлено искусственное воспроизводство семги на УРЗ, поскольку все рыбы, отсаженные для аквакультуры (рыбоводства), умирали с признаками УДН. До 2022 г. отлов производителей, как правило, проводили на РУЗ Малый Кривец р. Умба (расстояние до устья 15 км). У отсаженных в июле 2022 г. производителей семги также зафиксированы начальные признаки заболевания УДН. В первых числах сентября 2022 г. сотрудники УРЗ повторно начали работы по отсадке производителей семги с признаками нерестовых изменений. При отлове производителей семги для искусственного воспроизводства на УРЗ использовали принципиально иной подход – жаберные сети. Указанный опыт оказался успешным: в сентябре-октябре 2022 г. было отсажено 45 производителей, от 22 самок впоследствии получены половые продукты (икра).

В целом особи из р. Умба в 2022 г. в нашей выборке оказались несколько крупнее (средняя длина (АС) $65 \pm 5,7$ см, средняя масса 3100 ± 880 г) особей в 2011-2021 гг. по среднемноголетним данным (средняя длина 62 см, средняя масса 2,8 кг) (Состояние запасов и..., 2021; Адаптация и эволюция..., 1999). Это связано, вероятно, с особенностями отлова производителей для целей воспроизводства.

Нерестовые мигранты в р. Умба представлены рыбами двух биологических групп (рас) – летней и осенней. Как правило, их численность в обеих группах примерно одинакова. Возрастной состав летней семги типичен для рек бассейна Белого моря. Подавляющее большинство составляют особи в возрасте 3+1+ (Состояние запасов и..., 2021).

Вирусологические исследования проводили индивидуально от каждой рыбы и отдельно тестировали четыре органа на четырех перевиваемых линиях клеток, обладающих широким спектром чувствительности к известным вирусам рыб. Такой подход значительно увеличил шансы выявления вирусов в обследованных органах, в том числе и неизвестных, при условии чувствительности к ним использованных линий клеток. Тем не менее вирусологические исследования отобранного материала на перевиваемых линиях клеток не показали признаков цитопатического эффекта (ЦПЭ) ни в одной из проб.

Средние гематологические показатели у особей, отобранных во время нерестового хода осенью из р. Умба, составили: содержание гемоглобина – 137 %, гематокрита – 72 %, количество эритроцитов –

1,8 млн/мкл. На мазках крови наблюдали пойкилоцитоз и анизоцитоз эритроцитов по большой оси от 13 до 19 мкм, по малой оси – от 8 до 11 мкм. Большой разброс в размерах и у нейтрофилов – от 6,5 до 13 мкм. Лейкоцитарная формула выглядит следующим образом: лимфоциты – 0-30 %, моноциты – 0-4 %, нейтрофилы (исключительно миелоциты и метамиелоциты) – 70-100 %. К особенностям также можно отнести агрегации голоядерных лимфоцитов (7-9 мкм) в островки и большое количество овальных тромбоцитов. Такого рода нейтрофилия – преобладание молодых форм нейтрофилов – указывает на запрос организма в повышении уровня иммунной защиты. Отсутствие зрелых форм нейтрофилов – сегментоядерных – может означать их миграцию в поврежденные ткани, к месту поражения ввиду большой патогенной нагрузки и ускорение нейтрофилопоэза (A multi-biomarker study ..., 2021).

Анализ данных мурманского филиала «Главрыбвода» показал, что со времени появления признаков УДН в популяции атлантического лосося в р. Умба были годы, когда температура воды поднималась выше и опускалась ниже средних значений, и не оказывала прямого влияния на появление признаков патологии. Были проанализированы протоколы исследований воды в р. Умба в 2019-2022 гг., проведенных в ГОБВУ «Мурманская облветлаборатория». Выявлено, что значения показателей рН варьировали незначительно – от 6,2 до 7,8, перманганатная окисляемость и содержание тяжелых металлов не превышали ПДК, содержание кислорода в воде всегда было высоким.

Гидрохимические исследования в Мурманской области проводятся в рамках государственного мониторинга в ФГБУ «Мурманская УГМС». По предоставленной информации, вода в р. Умба с 2010 по 2021 г. оценивалась как «загрязненная» – За класс (письмо №305-50-07/4275 от 06.07.2022). В анализируемых пробах природной воды из р. Умба (октябрь, 2022 г.) по всем определяемым гидрохимическим показателям превышения нормативов качества воды для водоемов рыбохозяйственного значения нами также не обнаружены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщив результаты комплексных исследований, мы пришли к выводу, что учтенные абиотические факторы (температура и гидрохимические показатели воды) в 2019-2022 гг. не имели значительных изменений, флюктуация их значений не влияла на увеличение учтенных особей с признаками УДН в р. Умба. Вирусов, в том числе опасных для здоровья семги из перечня международного эпизоотического бюро, не

обнаружено. Других патогенов, которые ассоциировались бы с поражениями, типичными для УДН, не выявлено.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Адаптация и эволюция живого населения полярных морей в условиях океанического перигляциала / Под общ. ред. Г.Г. Матишова. – Апатиты: КНЦ РАН, 1999. – 471 с.

Иванова, Н.Т. Атлас клеток крови рыб / Н.Т. Иванова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 184 с.

Карасева, Т.А. Язвенный дермальный некроз (UDN) и влияние болезни на воспроизводство атлантического лосося (*Salmo salar* L. / Т.А. Карасева, Л.Н. Голикова // Биология водных экосистем в XXI веке: факты, гипотезы, тенденции: тезисы докладов Всерос. науч. конф., посвящ. 65-летию Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук / Ин-т биологии внутр. вод им. И.Д. Папанина РАН. – Борок, 2021. – С. 90.

Методические указания по проведению гематологического обследования рыб: утв. Минсельхозпродом России 02.02.1999 N 13-4-2/1487. – Текст: электронный. – URL: http://gov.cap.ru/home/65/aris/bd/vetzac/document/201_1.html (дата обращения: 25.09.2022).

Методические указания по идентификации вирусов и лабораторной диагностике вирусных болезней рыб: утверждены Департаментом ветеринарии Минсельхозпрода России 10.10.97 // Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб / Министерство сел. хоз-ва и продовольствия РФ. – М.: Отд. маркетинга АМБ-агро, 1998. – Ч. 1. – С. 60-75.

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Предварительные результаты комплексного эпизоотического обследования популяций половозрелого атлантического лосося (семги) в реках Кола и Тулома в 2022 г. / С.Л. Рудакова, Л.К. Буданова, И.В. Самохвалов [и др.] // Сборник научных трудов ВНИИПРХ / ВНИИПРХ, ВНИРО. – Астрахань, 2022. – Вып. 93: Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры. – С. 163-177.

РД 52.24.377. Методика выполнения измерений массовых концентраций алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах методом атомной адсорбции с электротермической атомизацией. – Росгидромет / ГУ «ГХИ». – Ростов-на-Дону, 2008. – 28 с.

РД 52.24.381-2017. Массовая концентрация нитритного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса. – Росгидромет / ГУ «ГХИ», 2017. – 25 с.

РД 52.24.382. Массовая концентрация фосфатов и полифосфатов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом. – Росгидромет / ГУ «ГХИ», 2006. – 30 с.

РД 52.24.383. Массовая концентрация аммиака и ионов аммония в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом в виде индофенолового синего. – Росгидромет / ГУ «ГХИ», 2005. – 36 с.

РД 52.24.523. Массовая концентрация нитратов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с сульфаниламидом и N-(1-нафтил) этилендиаминадигидрохлоридом после восстановления в кадмиевом редукторе. – Росгидромет / ГУ «ГХИ», 2009. – 30 с.

Состояние запасов и рыболовства анадромных рыб Мурманской области / С.В. Прусов, А.В. Зубченко, М.Ю. Алексеев [и др.]; отв. ред. С.В. Прусов; Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича). – Мурманск: ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2021. – 72 с.

A multi-biomarker study on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) affected by the emerging Red Skin Disease in the Baltic Sea / F.G. Weichert, C. Axen., L. Forlin [et al.] // *J. Fish Dis.* – 2021. – Vol. 44, № 4. – P. 429-440.

Can Ulcerative Dermal Necrosis (UDN) in Atlantic salmon be attributed to ultraviolet radiation and secondary *Saprolegnia parasitica* infections? / C. Henard, M.R. Saraiva, M.E. Scislak [et al.]. – DOI 10.1016/j.fbr.2022.02.002 // *Fungal biology reviews* 40. – 2022. – P. 70-75.

Carbery, J.T. Resistance of rainbow trout to ulcerative dermal necrosis / J.T Carbery, K.L. Strickland. – DOI.org/10.1038/2171158a0 // *Nature*. – 1968.

Stuart, M.R. Mycological aspects of diseased Atlantic Salmon / M.R. Stuart, H.T. Fuller // *Nature (London)* 217. – 1968. – P. 90-92.

К ОБОСНОВАНИЮ ГЕНЕТИКО-СЕЛЕКЦИОННОГО ЦЕНТРА ДЛЯ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ: РЕСУРСЫ, ИНФРАСТРУКТУРА, ВОЗМОЖНЫЕ ЭФФЕКТЫ

С.М. Русяев¹, Е.В. Есин²

¹Магаданский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («МагаданНИРО»), г. Магадан

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

Аннотация. Рассмотрена возможность создания генетико-селекционного центра (ГСЦ) в целях разведения маточного стада арктического гольца. Развитие товарного выращивания этого объекта аргументируется необходимостью повышения продовольственной безопасности регионов центральной и восточной Арктики, где планируется реализация крупных промышленных проектов. Сделан краткий обзор природных ресурсов, научного потенциала и имеющейся инфраструктуры в трех регионах Арктической зоны РФ и примыкающей к ней Магаданской области. Обоснована необходимость организации предприятия по образу Федерального ГСЦ, входящего в структуру ФГБУ «Главрыбвод». Сделано заключение о том, что ГСЦ будет способствовать коммерциализации накопленных знаний, повышению эффективности прикладных исследований на основе отраслевого перетока знаний, научной кооперации ФГБНУ «ВНИРО» с учреждениями РАН.

Ключевые слова: арктический голец, Арктическая зона РФ, генетико-селекционный центр, инновационное предприятие, продовольственная безопасность, переток знаний.

ВВЕДЕНИЕ

С 1980-х годов в отечественной аквакультуре используют радужную форель, с 2010 г. существенный вклад в развитие этого сектора рыбного хозяйства вносит выращивание атлантического лосося в морских хозяйствах Мурманской области. Однако потенциал дальнейшего развития лососеводства ограничивается рядом факторов, в том числе связанных с емкостью природной среды (озера, прибрежные участки моря), производством кормов и посадочного материала (Александрова, 2021). Для решения проблемы посадочного материала требуется создание специализированных предприятий, привлечение современных технологий и квалифицированных кадров, многолетняя планомерная научная работа. Также важно, чтобы производств посадочного материала было несколько, что снизит уязвимость сектора от эпизоотий, уменьшит риски от некачественного управления отдельными предприятиями.

Государственная политика, направленная на замещение импорта в семеноводстве, животноводстве и рыбоводстве (в том числе

экономические меры по стимулированию организации производств), создает предпосылки для создания центров в любом регионе России. В этой связи полезно рассмотреть возможности создания генетико-селекционного центра (ГСЦ), объектом которого могут быть рыбы рода *Salvelinus*. Хозяйственное значение гольцов было оценено отечественной наукой еще в прошлом веке (Савваитова, 1989). Географическое расположение ГСЦ в восточной части Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) (кроме рассматриваемых в работе факторов) в рамках работы диктуется направлениями государственной политики по развитию макрорегиона.

Для обоснования ГСЦ на предпроектном этапе необходимы анализ и оценка перспектив его производственной, научной эффективности и, соответственно, целесообразности инвестиций. Однако нетипичный, инновационный профиль ГСЦ требует выработки особого подхода для эффективности инвестиций, в первую очередь оценки природных и научных ресурсов. В рыбохозяйственной литературе вопросы создания и управления инновационным предприятием затрагиваются крайне редко (Новоселова, 2009; Черданцев, Маханьков, 2022). В то же время проблема организации производства на таких предприятиях (включая обоснование) является объектом повышенного внимания отечественной экономической науки, что указывает на актуальность исследования.

Очевидно, что постановка проблемы создания инновационного предприятия должна учитывать специфику региональных рыбопромышленных комплексов и в целом рыбного хозяйства России. Поэтому при обосновании ГСЦ целью работы стала аргументация ключевых элементов: природных и научных ресурсов на региональном уровне. Немаловажным представляется изучение производственной инфраструктуры на примере предприятий ФГБУ «Главрыбвод».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для оценки потенциала региональных научных учреждений на северо-востоке России выполнен сравнительный анализ наукометрических показателей (количество публикаций в базе Российского индекса научного цитирования – РИНЦ). Используются сведения о состоянии производственной деятельности предприятий «Главрыбвод». В целях изучения ресурсного потенциала для генетико-селекционных работ выполнен анализ опубликованных материалов по видовому разнообразию, экологии и биологии рыб рода *Salvelinus*.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ресурсный потенциал для генетико-селекционных работ. В качестве основного ресурса для ГСЦ в восточной части Арктики рассматриваются гольцы. Разнообразие гольцов, экологическая пластичность и возрастающее хозяйственное значение позволили отнести их к важным объектам экологических, эволюционно-биологических и рыбохозяйственных исследований. Публикуются монографии и сводки по технологиям разведения и выращивания гольцов. В странах-лидерах по искусственному разведению арктического гольца – Исландии, Норвегии, Канаде – работают над улучшением качества пород, полученных на основе местной фауны, при этом отечественное рыбоводство так и не подошло к товарному разведению арктического гольца (*Salvelinus alpinus*), пищевая и технологическая ценность которого очевидна (Русяев, Есин, 2018).

Сложность структуры разнообразия гольцов также сделала их моделью для отработки новейших молекулярно-генетических и геномных методов. Арктический голец – один из немногих видов животных с аннотированным геномом, что дает возможность выполнять селекционные работы и их контроль на самом современном эффективном уровне с привлечением технологий биоинженерии. Фактор наличия у гольцов региональных биологических адаптаций к местному климату и качеству воды, а также действие Конвенции о биологическом разнообразии ООН, не рекомендующей межрегиональные интродукции видов, определяет целесообразность селекционных работ с гольцами отдельно, по регионам.

Для российской Арктики гольцов можно разделить на три группы: северо-западные популяции (Мурманская, Архангельская область, ЯНАО), центрально-арктические (Красноярский край, Республика Саха) и северо-восточные (Чукотский автономный округ, Камчатский край). Наибольшее разнообразие гольцов отмечается именно на северо-востоке России. Необходимо добавить, что в северной части Охотского моря (побережье Магаданской области и Камчатского края), примыкающей к Чукотскому п-ову, обитают полупроходные особи – голец Леванидова *Salvelinus levanidovi*, кунджа *Salvelinus leucomaenis* и мальма *Salvelinus malma* (Есин, Маркевич, 2017). Учитывая, что в морской воде лососевые показывают более существенный темп роста, представляется полезным рассмотреть использование генетического материала видов рода *Salvelinus* для создания линий, максимально положительно откликающихся на выращивание в морской воде.

Значительный объем знаний, накопленный по биологии и экологии рыб рода *Salvelinus*, может быть коммерциализирован в отечественной аквакультуре России, где тема использования гольцов практически не

раскрыта. Так, количество публикаций по биологии, физиологии и экологии гольцов в два раза уступает количеству работ, посвященных радужной форели – хорошо изученному объекту аквакультуры. По нашим оценкам, именно создание ГСЦ позволит применить накопленные знания, подойти к их коммерциализации.

Научное обеспечение – ключевой фактор результативности ГСЦ. Для создания ГСЦ особенно важными являются научная деятельность, наличие квалифицированных кадров и производственных площадок для содержания маточных стад.

В регионах северо-востока России имеются три филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии «ВНИРО» (Красноярский, Магаданский и Якутский), а также Чукотский отдел Тихоокеанского филиала «ВНИРО», которые вносят определенный вклад в развитие тематики лососевых, в том числе и их выращивания. В этих регионах данная тематика также поддерживается исследованиями Сибирского федерального университета (СФУ), институтами РАН. Анализ работы региональных институтов РАН показал, что наиболее весомый вклад в тему исследований лососевых внесли учреждения Магаданской области (табл. 1).

Таблица 1

**Публикационная активность научных учреждений по теме лососевых рода *Salvelinus*
(дата обращения в базу РИНЦ 30.01.2023)**

Регион	Научные учреждения	Количество публикаций
Красноярский край	СФУ, Красноярский научный центр РАН, Красноярский филиал «ВНИРО» («НИИЭРВ»)	12
Республика Саха (Якутия)	Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутский филиал «ВНИРО» («ЯкутскНИРО»)	5
Магаданская область	Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, Магаданский филиал «ВНИРО» («МагаданНИРО»)	32

Среди указанных филиалов ВНИРО только в Магаданском существует лаборатория лососевых рыб и аквакультуры. Отметим тот факт, что в Институте биологических проблем Севера ДВО РАН (г. Магадан) функционирует лаборатория генетики, сотрудники которой изучают и разнообразие популяций лососевых рыб.

Большой вклад в исследования арктического гольца вносят сотрудники Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, их участие в этом проекте существенно усилит эффективность ГСЦ. Создание в «СахНИРО» (г. Южно-Сахалинск) сектора генетики лососевых рыб может помочь в развитии генетико-селекционного центра. В «ТИНРО» (г. Владивосток) ведется работа по созданию стартовых и

продукционных кормов для лососевых. Результаты этих работ также могут быть использованы для реализации проекта ГСЦ на северо-востоке России.

Наличие научных учреждений и направления исследований лососевых, в контексте реализации проекта ГСЦ, выделяет Магаданскую область среди других регионов северо-востока России, при этом очевидно, что научная кооперация (РАН-ВНИРО, межфилиальная работа «ВНИРО») может увеличить эффективность деятельности ГСЦ.

Организационные условия для создания ГСЦ. Рассматривая перспективу создания ГСЦ на базе рыбоводных заводов «Главрыбвод», уместно обратиться к опыту единственного Федерального ГСЦ в области рыбного хозяйства (пос. Ропша, Ленинградская область). Данное предприятие занимается воспроизводством арктического гольца (палии) для озер северо-запада России, что позволяет работать с племенным материалом (Арктический голец *Salvelinus...*, 2018). Соответственно есть возможность и для получения продуктивных линий, необходимых для товарной аквакультуры. Возможна ли такая модель на предприятиях, расположенных в северо-восточной части России?

В данных условиях, когда рыбоводные предприятия «Главрыбвод» участвуют не только в государственном заказе, но и осуществляют коммерческую деятельность, комбинирование направлений производства является вполне осуществимым. Так, на предприятиях «Главрыбвод» Магаданской области, помимо воспроизводства кеты и горбуши, осуществляется выращивание рыб сиговых видов по компенсационным мероприятиям. Совмещение нескольких видов рыб всегда осложняет работу предприятия, и в тоже время указывает на потенциал его деятельности. Существенным фактором для создания ГСЦ на базе «Главрыбвод» является наличие у предприятий техники, квалифицированных кадров и бригад для отлова гольцов-производителей.

Коммерческая составляющая на предпроектном уровне изучения перспективы ГСЦ в силу новизны темы не просчитана, поэтому более вероятным, чем создание нового коммерческого предприятия, выглядит реформирование в ГСЦ одного из рыбоводных предприятий «Главрыбвод». Такой вариант имеет меньшие финансовые риски новой деятельности, однако дает возможность повысить ее эффективность в другом формате.

Для Красноярского края наличие предприятия по воспроизводству арктического гольца открывает возможность создания товарного производства, которое увеличит синергию регионального рыбопромышленного комплекса (Русяев, Заделенов, Щербакова, 2020). В текущий период на территории Красноярского края, Республики Саха и Чукотского автономного округа (ЧАО) имеются только два предприятия

ФГБУ «Главрыбвод», что ограничивает возможности для иной деятельности. В Магаданской области, примыкающей к Арктической зоне РФ, работают четыре предприятия этого учреждения (табл. 2). Следует заметить, что некоторые из них являются малоэффективными в основной деятельности (Сафроненков, 2014). Относительно акваторий, подобных северной части Охотского моря (слабая изрезанность побережья), имеется мнение о наименьшем вкладе искусственного воспроизводства в поддержание численности лососевых рыб в местных реках (Леман, Смирнов, Точилина, 2015). Таким образом, эти аргументы усиливают логику изменения формата хотя бы одного из предприятий Магаданской области.

Таблица 2

Предприятия ФГБУ «Главрыбвод» в регионах северо-востока России

Регион	Предприятия ФГБУ «Главрыбвод» (завод)	Объект воспроизводства
Красноярский край	Норильский	Арктический голец
Республика Саха	Вилуйский	Сиговые
Магаданская область	Тауйский, Янский, Арманский, Ольская база	Кета, горбуша
ЧАО	Отсутствуют	

К экономической части обоснования. Создание ГСЦ для продукта аквакультуры – товарного арктического гольца – может быть частью актуальной задачи повышения продовольственной безопасности регионов восточной Арктики. Исследования по теме обеспеченности рыбной продукцией указанных регионов уже отражают отмечающийся дефицит рыбы (Русяев, 2021). В то же время в восточной Арктике анонсированы крупные промышленные проекты: Паяхское месторождение нефти и газа (Красноярский край), Баимская меднорудная зона (Чукотский автономный округ), Анабарское месторождение алмазов (Республика Саха), которые вызовут увеличение численности населения. К тому же в рамках государственной политики развития Арктики особое внимание уделяется экономическому развитию портопунктов Северного морского пути (СМП) в восточной Арктике (Леонов, Заостровских, 2019). Планы по созданию продовольственной базы для развития СМП и вышеуказанных проектов пока учитывают только традиционный «северный завоз».

Таким образом, создание ГСЦ и последующее развитие аквакультуры в восточной части АЗРФ может стать необходимой поддержкой рыболовных предприятий для обеспечения рыбой промышленных районов Арктики. Кроме того, рыбоводные предприятия могут способствовать укреплению экономической устойчивости

арктических агломераций, для которых особенно характерен дефицит производственных предприятий.

Вторым значимым элементом для экономической части обоснования ГСЦ на северо-востоке России видится повышение эффективности научных учреждений отрасли. Как указывалось ранее, в работе ГСЦ могут принять участие не менее четырех филиалов «ВНИРО». Межфилиальное взаимодействие позволит быстрее и результативнее реализовать задачи ГСЦ. Важной частью отраслевого интереса к ГСЦ может стать эффект от спилловера знаний (от английского *knowledge spillover*) относительно недавно осмысленной и развиваемой категории отечественной экономической науки (Унтура, Канева, Морошкина, 2020). Такой переток знаний в нашем случае может быть реализован в направлении «запад-восток» передачей информации, накопленной при выращивании гольца в Федеральном генетико-селекционном центре «Главрыбвод».

Инновационный профиль ГСЦ в условиях Арктики может генерировать дополнительные результаты, которые также полезно учитывать при экономическом обосновании проекта предприятия. Дополнительных эффектов можно добиться при создании управленческих и технологических инноваций (Русяев, 2022).

Совокупность всех действий от создания ГСЦ в восточной Арктике может быть выявлена с помощью мультипликативной экономической оценки. Такая оценка, выполненная для модельного рыбоводного предприятия в г. Певек (ЧАО), выявила суммарный мультипликативный результат в 4,2 млрд руб. (Тарасова, Русяев, 2021).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ресурсы и разнообразие лососевых рыб рода *Salvelinus* на северо-востоке России имеют достаточный потенциал для работы генетико-селекционного центра. Накопленные научные знания по гольцам позволяют перейти к обеспечению генетико-селекционных работ в целях создания продукта аквакультуры для восточной Арктики.

При создании ГСЦ необходимо учитывать опыт работы подобного центра на западе России и имеющиеся природные условия на северо-востоке России. Инфраструктура (предприятия «Главрыбвод»), квалифицированные рыбоводные и научные кадры для создания ГСЦ наиболее представлены в Магаданской области – регионе, непосредственно влияющем на развитие восточной части Арктической зоны Российской Федерации.

Экономическая часть обоснования ГСЦ может строиться на прогнозе развития крупных промышленных проектов в восточной Арктике и,

соответственно, на необходимости обеспечения их продовольственной безопасности.

Генетико-селекционный центр на северо-востоке России может стать интегратором знаний ряда учреждений рыбного хозяйства и институтов РАН, способствуя повышению общей эффективности их деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Александрова, М.А. Перспективы товарного выращивания лососевых на Европейском Севере России / М.А. Александрова // Труды ВНИРО. – 2021. – Т. 185. – С. 120-133.

Арктический голец (*Salvelinus alpinus* L.) – перспективный объект для аквакультуры севера России / В.Я. Никандров, А.А. Павлисов, Н.И. Шиндавина [и др.] // Арктика: экология и экономика. – 2018. – № 3(31). – С. 137-143.

Есин, Е.В. Гольцы рода *Salvelinus* азиатской части Северной Пацифики: происхождение, эволюция и современное / Е.В. Есин, Г.Н. Маркевич; Федеральное государственное бюджетное учреждение «Кроноцкий государственный природный биосферный заповедник». – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2017. – 188 с.

Леман, В.Н. Пастбищное лососеводство на Дальнем Востоке: современное состояние и существующие проблемы / В.Н. Леман, Б.П. Смирнов, Т.Г. Точилина // Труды ВНИРО. – 2015. – Т. 153. – С.105-120.

Леонов, С.Н. Потенциал восточной Арктики как катализатор развития Дальнего Востока России / С.Н. Леонов, Е.А. Заостровских // Арктика: экология и экономика. – 2019. – № 4 (36). – С. 4-15.

Новоселова, Е.С. Исследование факторов и условий развития инновационной деятельности на предприятиях марикультуры (на примере Приморского края) // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2009. – Т. 21. – С. 106-115.

Русяев, С.М. Арктический голец – перспективный объект товарного выращивания в Ямало-Ненецком автономном округе / С.М. Русяев, Е.В. Есин // Рыбное хозяйство. – 2018. – № 1. – С. 44-48.

Русяев, С.М. Региональные предпосылки развития товарного рыбоводства индустриального типа на Северо-Востоке России / С.М. Русяев // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование. : материалы XII Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. (28-29 апр. 2021 г.): в 2 ч. / КамчатГТУ; отв. за вып. Т.А. Ключкова. – Петропавловск-Камчатский, 2021. – Ч. 2. – С. 139-144.

Русяев, С.М. Инновационное рыбноводное предприятие для Норильского промышленного района: синергия в рыбном хозяйстве региона и возможность для применения современных практик управления / С.М. Русяев, В.А. Заделенов, Ю.А. Щербакова // Культура. Наука. Производство. – 2020. – № 5. – С. 68-73.

Русяев, С.М. Выявление инновационного потенциала модельного рыбноводного предприятия в российской Арктике и проблема его оценки / С.М. Русяев // Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения – 2022: материалы XI международной научно-практической конференции (Апатиты, 22-23 сент. 2022 г.) – Апатиты: ФИЦ КНЦ. – 2022. – С. 170-171.

Савваитова, К.А. Арктические гольцы (структура популяционных систем, перспективы хозяйственного использования) / К.А. Савваитова. – М.: Агропромиздат. – 1989. – 224 с.

Сафроненков, Б.П. Состояние лососеводства в Магаданской области. Обзор 30-летней деятельности / Б.П. Сафроненков // Отчетная сессия ФГУП «МагаданНИРО» по результатам научных исследований 2013 года: материалы докладов (28-31 янв. 2014 г.) / Магадан. науч.-исслед. ин-т рыбн. хоз-ва и океанографии; науч. ред. В.В. Волобуев. – Магадан: Типография, 2014. – С. 142-154.

Тарасова, О.В. Арктическое рыбноводство: поиск и оценка мультипликативных эффектов / О.В. Тарасова, С.М. Русяев // Актуальные вопросы экономики и социологии: материалы XVII осенней конференции молодых ученых в новосибирском Академгородке. – Новосибирск, 2021. – С. 85-87.

Унтура, Г.А. Феномен структурно-технологической близости и перетоки знаний в регионах России / Г.А. Унтура, М.А. Канева, О.Н. Морошкина // Экономика региона. – 2020. – Т. 16, № 4. – С. 1254-1271.

Черданцев, В.П. Управление предприятием рыбной промышленности в условиях перехода экономики к инновационным технологиям / В.П. Черданцев, Ф.В. Маханьков // Теория и практика мировой науки. – 2022. – № 1. – С. 2-4.

ОПЫТ ФОРМИРОВАНИЯ МАТОЧНЫХ СТАД ТУГУНА И НЕЛЬМЫ В ОБСКОМ БАССЕЙНЕ

С.М. Семенченко, Н.В. Смешливая

Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»), г. Тюмень

Аннотация. Описаны методы и обобщены результаты работ в 2015-2022 гг. по формированию маточных стад тугуна и нельмы в садках на оз. Волково (Тобольский район) в целях искусственного воспроизводства сиговых в Обском бассейне.

Ключевые слова: сиговые рыбы, искусственное воспроизводство, садковое рыбоводство, бассейны, садки, икра, личинки, мальки, производители рыб.

ВВЕДЕНИЕ

Нельма (*Stenodus leucichthys nelma*) и тугун (*Coregonus tugun*) относятся к наиболее ценным видам среди сиговых рыб. Большинство их популяций находится в депрессивном состоянии. В частности, промышленный лов нельмы в Обь-Иртышском бассейне запрещен с 2015 г., а ежегодный вылов тугуна в настоящее время составляет 10 т. Неудовлетворительное состояние запасов обуславливает необходимость организации массового искусственного воспроизводства этих рыб, прежде всего нельмы. Одним из факторов, существенно ограничивающих масштабы заводского воспроизводства, является малочисленность нерестовых стад в природе, что не позволяет выловить достаточное количество производителей для промышленного сбора икры. В сложившейся ситуации данная проблема может быть решена за счет формирования многочисленных маточных стад в индустриальных условиях с регулярным их пополнением из естественных популяций для сохранения генетического разнообразия. Однако в настоящее время соответствующая биотехника рыбоводного процесса нельмы и тугуна недостаточно отработана, так как эти сиговые являются сравнительно новыми объектами аквакультуры.

Цель исследования – отработка биотехники формирования и эксплуатации маточных стад нельмы и тугуна из популяций Обского бассейна.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2015-2022 гг. в Сузгунском инкубационном цехе Тобольского регионального рыбопитомника (г. Тобольск), в лаборатории Тюменского филиала ФГБНУ «ВНИРО»

(г. Тюмень) и на научно-производственном участке «Волково» (Тобольский район), являющемся научно-производственной базой Тюменского филиала ФГБНУ «ВНИРО». В экспериментальном садковом хозяйстве «Волково», расположенном на старице р. Иртыш, содержатся ремонтно-маточные стада сиговых рыб Обского бассейна. Материалом для исследований служили производители, икра, разновозрастная молодь тугуна и нельмы популяций бас. Северной Сосьвы (приток Оби). Изначально икру для формирования маточного стада тугуна собрали в 2017 г. на рыбоводной базе «Рахтынья», находящейся на р. Ляпин (Березовский район Ханты-Мансийского АО). Икру для создания первого в Западной Сибири маточного стада нельмы удалось получить от «одомашненных» рыб, выловленных в р. Ляпин, и выращенных в хозяйстве «Волково» до половозрелого состояния. В октябре 2010-2015 гг. неполовозрелых рыб массой 0,6-1,4 кг и икру пеляди доставили с базы «Рахтынья» в полиэтиленовых пакетах с кислородом (1-2 экз./пакет) на вертолете. С учетом неудачных попыток перевести «дикую» нельму на искусственные гранулированные корма ее кормили мелкой живой рыбой, отловленной в озере. С 2014 по 2020 г. каждый сезон созрели от 1 до 3 самок массой 3,3-4,9 кг и от 2 до 7 самцов массой 2,2-2,8 кг «одомашненной» нельмы, что позволило собрать икру для формирования пяти генераций маточного стада, которая была проинкубирована в Сузгунском цехе.

Выращивание ремонтно-маточных стад тугуна и нельмы осуществляли комбинированным бассейново-садковым способом (Методические рекомендации по..., 1991) по мере роста молоди в следующей последовательности: бассейны – каркасные металлические садки – делевые садки.

Выращивание личинок нельмы и тугуна проводили в двух бассейнах мини-УЗВ оригинальной конструкции (Патент № 210927..., 2011), смонтированных в аквариальной «Госрыбцентра». В технологическом процессе использовали водопроводную воду, очищенную путем обратного осмоса. Кормили личинок науплиями артемии с постепенным переводом на стартовый корм Início Plus G (BioMar) с размером гранул от 0,3 до 0,4 мм на этапе заполнения плавательного пузыря. Контрольные взвешивания и измерения личинок осуществляли дважды в неделю. Массу определяли поштучно с помощью весов AND GH-252 с точностью 0,01 мг после 5-секундного обсушивания личинки на фильтровальной бумаге. Измерения делали на живом материале.

Выращивали молодь нельмы и тугуна в садках двух типов: металлических каркасных и делевых. Каркасные садки выполнены из нержавеющей сетки с размером ячеек 2 мм. Габариты садка 3×1×1 м,

глубина погруженной части садка 0,7 м. У делевых садков габариты 4×4×4 м. Размер ячеек по мере роста рыбы увеличивали с 3,6 до 10 мм. Выращивали двухлеток нельмы в садках размером 4×4 и 8×4 м, с глубиной 5 м, ячейка делового полотна составляла 12 мм. Садок для двухлеток тугуна – 6,5×6,5 м с глубиной 5 м, размер ячеек 10 мм. Кормление мальков и сеголеток осуществляли с помощью ленточных механических кормушек с 8 до 20 ч. Двухлеток кормили вручную 4-8 раз в сутки равными порциями. Корректировали норму кормления дважды в декаду, исходя из текущей ихтиомассы рыбы и температуры воды. Двухлетки тугуна питались стартовыми кормами Inicio Plus G BioMar (Дания) с размером гранул 1,5 мм. До 15 июля при выращивании двухлеток нельмы использовали мальковый корм Royal Hercules 963106 с размером гранул 2,5 мм, затем корм Royal Vital red 963713 с размером гранул 3,5 мм производства финской компании RAISIOAQUA OY. Контрольное взвешивание молоди по 20-30 экз. проводили еженедельно на весах AND EJ-300 с точностью до 0,01 г, а двухлеток по 20-35 экз. – дважды в месяц, используя весы AND SK 5001 WP с точностью до 1 г. Измерение температуры и растворенного кислорода определяли с помощью термооксиметра HACH HQ30d ежедневно в 8 и 20 ч на глубине 2 м.

Выращивание нельмы ремонтных групп (2+-3+) осуществляли в садках размером 6,5×6,5 м с ячейкой делового полотна 14-16 мм. По сравнению с двухлетками биотехника выращивания нельмы ремонтных групп отличалась использованием более крупного корма Royal Vital red и Royal Silver OVA с размером гранул 5 и 7 мм. В июле-августе при прогреве воды в озере свыше 22 °С, а также снижении концентрации растворенного кислорода в феврале-марте ниже 5 мг/л кормление рыбы прекращали.

В период *преднерестового содержания и сбора икры* в сентябре-октябре производителей тугуна и нельмы не кормили. Сбор икры тугуна осуществляли общепринятым (традиционным, ручным) в сиговодстве методом, основанном на ручных манипуляциях с производителями и икрой (Черняев, 1982; Методические указания по..., 1987). Получение оплодотворенной икры нельмы проводили двумя принципиально различающимися методами: условно традиционным и экологическим. Сравнительно новый экологический метод основан на естественном нерестовом поведении производителей в специальных устройствах, позволяющих собрать оплодотворенную икру для последующей инкубации (Дзюменко, 1984; 2005). Для сбора икры нельмы использовали оригинальные 1-2 устройства садкового типа (Патент № 2267260..., 2006), предназначенные для эксплуатации в озерных условиях, с габаритами 7,0×7,0×5,5 м и объемом 184 м³. Определяли количество собранной икры у нельмы в каждой отдельной партии во время сбора стандартным весовым,

у тугуна – после завершения набухания икры объемными способами. О качестве собранной икры судили по ее оплодотворяемости прижизненно в каждой партии методом бокового микрокопирования на стадии среднеклеточной морулы (третьи-четвертые сутки развития) (Черняев, 1982).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выращивание личинок тугуна и нельмы в бассейнах. При комбинированном бассейново-садковом способе выращивания молоди сиговых рыб на первом этапе технологического процесса, как правило, в бассейнах выращивают личинок до перехода на мальковый этап с последующим переводом рыб на садковое содержание. Как показал предыдущий многолетний опыт выращивания посадочного материала, на ранних этапах личиночного развития сиговые существенно лучше растут и выживают на живом корме по сравнению с любыми искусственными стартовыми кормами. Поэтому личинок тугуна и нельмы первые 7 сут выращивания кормят исключительно науплиями артемии. Затем в начале суточного кормления дают стартовый корм с размером гранул 0,2 мм, постепенно увеличивая его долю в рационе. На этапе заполнения плавательного пузыря у личинок в основном завершается формирование кишечного тракта, что функционально выражается в повышении эффективности усвояемости искусственного корма, поэтому начиная с третьей недели выращивания личинок переводят в основном на питание комбикормом. Основные технологические параметры рыбоводного процесса и результаты выращивания в личиночно-мальковых бассейнах с рециркуляционной системой водообеспечения (лабораторная УЗВ) отражены в табл. 1. Выращенные в УЗВ личинки были перевезены в полиэтиленовых пакетах с кислородом 5 и 13 мая в экспериментальное хозяйство «Волково» и высажены в каркасные садки. Выживаемость после транспортировки составила около 99 %.

Основные результаты выращивания мальков, сеголеток и двухлеток тугуна и нельмы в садках приведены в табл. 2.

Обобщая 8-летний опыт выращивания тугуна и нельмы в условиях садкового хозяйства, можно выделить факторы, негативно влияющие на эффективность рыбоводного процесса. В частности, особенностью температурного и кислородного режимов оз. Волково является риск прогрева водных масс на глубинах постановки садков до сублетальной для сиговых рыб температуры (24-25 °С) в июле-августе, а также отмечаемое в отдельные годы снижение концентрации растворенного кислорода (до 3,5 мг/л) в феврале-марте. Периодическое прекращение кормления при неблагоприятных кислородных и температурных условиях отрицательно

влияет на сезонные приросты и выживаемость рыб. Кроме того, к негативным факторам следует отнести ряд заболеваний, периодически регистрируемых в хозяйстве: бактериальная геморрагическая септицемия, хилодениллез, эргазилез, аргулез. Необходимо отметить, что тугун в большей степени подвержен бактериальным заболеваниям по сравнению с нельмой. Спецификой выращивания тугуна является его склонность к аномально высокой жирности при использовании комбикормов всех испытанных рецептур даже при минимальных суточных рационах (до 0,1 % от массы тела), что отрицательно сказывается на его физиологическом состоянии и росте.

Таблица 1

Технологический режим и результаты выращивания личинок тугуна и нельмы в УЗВ в аквариальной «Госрыбцентра» в мае 2021 г.

Показатель	Тугун	Нельма
Полезный объем бассейна УЗВ, м ³	1,2	1,2
Количество отсаженных личинок, тыс. экз.	30,0	10,5
Средняя масса личинок при посадке, мг	2,9	10,3
Плотность посадки начальная:		
тыс. экз./м ³	25,0	8,8
кг/м ³	0,07	0,09
Период выращивания, сут	22	28
Средняя температура воды, °С	15,6	15,5
Концентрация кислорода в бассейне, мг/л	9-10	9-10
Кратность водообмена в бассейне, раз/ч	1,9 -2,2	1,9 -2,2
Подпитка свежей водой, л/мин	1,3	1,3
Светопериод, ч	12/12	12/12
Освещенность, лк	300-700	300-700
Суточная норма кормления, % от массы личинки	11	10
Количество выращенных личинок, тыс. экз.	28,3	10,1
Средняя масса личинок при выпуске, мг	27,7	142,5
Среднесуточный относительный прирост, % от массы личинки	11,4	10,5
Плотность посадки конечная:		
тыс. экз./м ³	23,6	8,4
кг/м ³	0,65	1,20
Выживаемость за период выращивания, %	94	84

Таблица 2

Результаты выращивания пополнения ремонтно-маточных стад тугуна и нельмы в садках на оз. Волково в 2021 г.

Показатель	Возрастная группа					
	мальки		сеголетки		двухлетки	
	тугун	нельма	тугун	нельма	тугун	нельма
Полезный объем садка, м ³	2,1	2,1	60,8	60,8	211,2	160,0
Количество отсаженной молоди, тыс. экз.	23,6	3,9	23,5	3,6	13,8	2,3
Средняя масса молоди при посадке, г	0,062	0,143	0,47	2,50	11,00	115,00
Плотность посадки начальная:						
тыс. экз./м ³	11,24	1,85	0,39	0,06	0,07	0,01
кг/м ³	0,70	0,26	0,18	0,15	0,72	1,68
Период выращивания, сут	19	34	92	79	112	112
Средняя температура воды, °С	17,1	17,6	19,5	19,5	19,2	19,2
Суточная норма кормления, % от массы молоди	10	10	3,5	6,5	0,2	1,7
Количество выращенной молоди, тыс. экз.	23,48	3,64	21,16	3,24	12,91	2,28
Средняя масса молоди в конце периода выращивания, г	0,5	3,0	8,8	58,8	21,0	287,0
Плотность посадки конечная:						
тыс. экз./м ³	11,2	1,7	0,35	0,05	0,06	0,01
кг/м ³	5,28	5,15	3,06	3,13	1,28	4,09
Выживаемость за период выращивания, %	99,2	93,8	87,1	88,9	93,7	97,5

Примечание. Мальков выращивали в каркасных садках, обтянутых металлической сеткой с размером ячеей 2 мм, сеголеток – в делевых садках с размером ячеей 4-12 мм.

За период выращивания средняя масса сеголеток тугуна в оз. Волково составила $8,6 \pm 1,0$ г, двухлеток – $18,8 \pm 1,1$ г, трехлеток – $33,0 \pm 5,7$ г. Темпы роста тугуна из садков оказались сравнимыми с наблюдаемыми в природе. Нельма аналогичного возраста имела массу 89 ± 32 , 324 ± 85 и 820 ± 85 г соответственно. Массовое половое созревание тугуна было отмечено у двухлеток, у нельмы – в возрасте 5 лет. Средняя масса впервые созревающих самцов нельмы (4+) в 2021 г. – 1,57 кг, самок – 2,01 кг, что в 2-5 раз меньше значений, отмечаемых в естественных нерестовых стадах обских популяций. Результаты сбора икры в 2022 г. представлены в табл. 3. В 2022 г. впервые в рыбоводной практике общий сбор икры нельмы достиг 54,7 млн шт. Первые опыты по массовому сбору ее икры экологическим методом можно считать успешными. В искусственных условиях нельма нерестилась активно. Дальнейшее совершенствование этой технологии должно быть направлено на повышение оплодотворяемости икры.

Таблица 3

Результаты сбора икры тугуна и нельмы в хозяйстве «Волково» в 2022 г.

Показатель	Виды рыбы		
	тугун	нельма	
Способ сбора икры	Ручной	Экометод	Ручной
Возраст производителей, лет	1+	5+	6+
Средняя масса самок, г	27	2087	2272
Средняя масса самцов, г	22	1734	1757
Количество использованных самок, экз.	354	748	313
Общий сбор икры, млн шт.	0,45	39,4	15,3
Средняя оплодотворяемость икры, %	76,9	57,1	85,4
Рабочая плодовитость, тыс. шт./экз.	1,27	52,7	49,0
Относительная рабочая плодовитость, тыс. шт./кг	47,2	25,2	21,6

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплекс работ, выполненных на научно-производственных участках Тюменского филиала ФГБНУ «ВНИРО», позволил создать уникальные маточные стада тугуна и нельмы в условиях Западной Сибири. Полученный рыбоводный опыт может тиражироваться в других рыбоводных хозяйствах региона для организации массового искусственного воспроизводства этих рыб в Обском бассейне.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Дзюменко, Н.Ф. Новая технология сбора икры байкальского омуля / Н.Ф. Дзюменко // Рыбное хозяйство. – 1984. – № 10. – С. 26-27.

Дзюменко, Н.Ф. Экологический метод сбора икры омуля на рыбоводных заводах в бассейне оз. Байкал / Н.Ф. Дзюменко; ФГУП «Востсибрыбцентр». – Улан-Уде: Изд-во Бурят. науч. центра СО РАН, 2005. – 82 с.

Методические рекомендации по биотехнике выращивания рыбопосадочного материала сиговых / ГосНИОРХ; сост. Л.М. Князева, В.В. Костюничев. – СПб.: ГосНИОРХ, 1991. – 30 с.

Методические указания по сбору и хранению икры сиговых рыб на временных рыбоводных пунктах, ее транспортировке и инкубации. – Москва: ИЭМЭЖ, 1987. – 82 с.

Патент № 2267266 Российская Федерация, МПК А01К 61/100 (2006.01). Устройство для нереста рыб: № 2267266: заявл. 11.06.2003: опубл. 10.01.2006 / С.М. Семенченко, Н.Ф. Дзюменко: заявитель Госрыбцентр. – 4 с.

Патент № 110927 Российская Федерация, МПК А01К 61/100 (2006.01). Установка для выращивания молоди рыбы: № 110927: заявл. 09.02.2011: опубл. 10.12.2011 / С.М. Семенченко, И.А. Тутулов, Н.В. Смешливая: заявитель Госрыбцентр. – 4 с.

Черняев, Ж.А. Воспроизводство байкальского омуля / Ж.А. Черняев. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 128 с.

ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДА ПЦР ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ИНФЕКЦИЙ У ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ НА КАМЧАТКЕ

Н.В. Сергеенко, Е.В. Бочкова, Е.А. Устименко
Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»),
г. Петропавловск-Камчатский

Аннотация. Представлены данные экспериментальных работ по выбору параметров ПЦР для выявления бактериальных инфекций у тихоокеанских лососей: оптимального способа экстракции ДНК, условий амплификации и визуализации ПЦР-продуктов.

Ключевые слова: полимеразная цепная реакция, тихоокеанские лососи, бактериальные патогены.

ВВЕДЕНИЕ

Для диагностики заболеваний рыб и обнаружения латентных инфекций все чаще применяют молекулярно-генетические методы, которые позволяют проводить скрининг рыб и определять видовую и региональную специфику распространения патогенных агентов.

В 2018 г. у кижуча, используемого для искусственного воспроизводства, обнаружили бактериальную почечную болезнь (First report of..., 2020). Для оценки распространенности возбудителя заболевания *Renibacterium salmoninarum* в популяциях лососей на Камчатке возникла необходимость скрининговых исследований. Выявить ренибактерий у бессимптомных носителей классическими бактериологическими методами крайне сложно, так как культивирование занимает до трех недель и не всегда приводит к успеху даже при использовании селективной питательной среды. Иногда необходимо подтверждение/уточнение видовой принадлежности других патогенов рыб, идентифицированных рутинными бактериологическими методами. Внедрение метода ПЦР – более быстрого и чувствительного – позволяет значительно сократить время на диагностику бактериальных заболеваний и выявление скрытых инфекций.

Как показывает опыт, стандартные протоколы проведения ПЦР, разработанные для готовых коммерческих наборов, необходимо адаптировать к условиям, реактивам и оборудованию конкретной лаборатории. Целью нашей работы был выбор параметров ПЦР для выявления бактериальных патогенов у тихоокеанских лососей с помощью универсальных праймеров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работы проводили в сентябре-ноябре 2022 г. В качестве материалов использовали культуры бактерий *R. salmoninarum* (грамположительные) и *Aeromonas hydrophila* (возбудитель геморрагической септицемии, грамотрицательные), а также по 6 образцов овариальной жидкости и гомогенатов почек и селезенки (по 100 мкл). Образцы внутренних органов и овариальной жидкости были случайным образом отобраны от половозрелой нерки без признаков заболеваний. Культуры бактериальных патогенов, выделенных от тихоокеанских лососей, хранили в питательных средах: SKDM (*R. salmoninarum*) и триптон-соевом бульоне (*A. hydrophila*) с добавлением 20 %-ного глицерина при температуре -70°C . Перед экспериментом микроорганизмы рекультивировали на указанных средах, посеы инкубировали при температуре 15 и 25°C соответственно. Эти же культуры использовали в качестве положительных контролей при тестировании тканей рыб. Пробы тканей собирали в летне-осенний период и хранили до исследований при температуре -80°C .

Экстракцию ДНК из бактериальных культур, разведенных в физиологическом растворе (0,9 % NaCl), и гомогенатов тканей рыб проводили с применением коммерческого набора «Проба-НК» (ДНК-Технология), для выделения ДНК из овариальной жидкости дополнительно брали «ДиатоМ» (ООО «Лаборатория Изоген») и «ДНК-сорб-В» (ООО «НекстБио»). Коммерческие наборы использовали согласно инструкциям производителей. Кроме того, из бактериальных культур ДНК экстрагировали нагреванием образца, разведенного в PBS (фосфатно-буферном растворе) или TE (1М Трис, рН-8,0+0,5М ЭДТА) буфере, в течение 3 мин в кипящей водяной бане или микроволновой печи на максимальной мощности. Затем образцы центрифугировали 15 мин при 12000 об/мин, супернатант применяли в дальнейших экспериментах (Рогатых, 2017).

При составлении реакционных смесей руководствовались стандартными методиками (Соловьева, Григорьева, Ризванова, 2011; AFS-FHS FHS blue book..., 2020). Полимеразную цепную реакцию с ДНК, выделенной из чистых бактериальных культур, проводили с разным количеством праймеров (табл. 1). На основании ее результатов для ПЦР с образцами внутренних органов и овариальной жидкости использовали только реакционную смесь I (см. табл. 1). Универсальные праймеры, кодирующие ген 16S рНК бактерий, – 27F и 1492R – добавляли в реакционные смеси без разведения в исходной концентрации (табл. 2). Общий объем одного образца для амплификации составил 50 мкл: 48 мкл реакционной смеси и 2 мкл образца ДНК.

Таблица 1

Состав реакционных смесей для амплификации ДНК

ПЦР-реагент	Количество на 1 образец, мкл	
	I	II
Дистиллированная вода	40	38,5
10× буфер для полимеразы	5	5
MgCl ₂	1,5	1,5
Дезоксинуклеотиды	1	1
Прямой праймер	0,4	1
Обратный праймер	0,4	1
Taq полимеразы	0,4	0,4
Образец ДНК	2	2

Таблица 2

Характеристика универсальных праймеров

Праймер	Концентрация	Последовательность
Прямой 27F	97 мМ	5'-GTT TGA TCM TGG CTC AG-3'
Обратный 1492R	98мМ	5'-TAC GGY TAC CTT GGT TAC GAC TT-3'

Амплификацию выделенных нуклеиновых кислот проводили в амплификаторе «БИС-2». Программа амплификации: начальная стадия денатурации при 94 °С 5', затем 30 циклов: 94 °С 30''; 52 °С 30''; 72 °С 1,5'; 72 °С 5'; 10 °С (температура хранения). Электрофорез образцов осуществляли в 0,8 %-ном агарозном геле в TBE буфере. Полученные результаты визуализировали и оценивали с помощью трансиллюминатора.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате серии ПЦР с чистыми бактериальными культурами положительные результаты получили только с реакционной смесью I (см. табл. 1), где концентрация праймера была меньше (табл. 3). В образцах с реакционной смесью II, как и в отрицательном контроле, ПЦР-продукты отсутствовали. Кроме того, результат реакции зависел от сочетания способа экстракции нуклеиновой кислоты и состава буфера в бактериальной суспензии. Так, при экстрагировании ДНК бактерий нагреванием в PBS ПЦР-продукты на геле визуализировались слабее (\pm), чем при других комбинациях буфер/экстракция. Оптимальными сочетаниями, по нашим данным, были TE/баня и PBS/Проба-НК как для грамположительных, так для грамотрицательных микроорганизмов, то есть вне зависимости от строения клеточной стенки бактерий (см. табл. 3).

В результате тестирования органов и тканей лососей ДНК бактерий выявили только в гомогенатах (табл. 4).

Таблица 3

**Данные о выявлении ПЦР-продуктов из бактериальных культур
с использованием двух реакционных смесей**

№ образца	Вид микроорганизма	Буфер/экстракция	Результат	
			I	II
1	<i>R. salmoninarum</i>	TE/ баня	+	–
2	<i>A. hydrophila</i>	TE/ баня	+	–
3	<i>R. salmoninarum</i>	PBS/М.п.	±	–
4	<i>R. salmoninarum</i>	PBS/ баня	±	–
5	<i>A. hydrophila</i>	PBS/ М.п.	±	–
6	<i>R. salmoninarum</i>	PBS/ Проба-НК	+	–
7	<i>A. hydrophila</i>	PBS/ Проба-НК	+	–
8	Вода без нуклеаз	PBS/ Проба-НК	–	–

Примечание. М.п. – микроволновая печь; ± – слабopоложительный.

Таблица 4

**Данные о выявлении ДНК бактерий в образцах внутренних органов
и овариальной жидкости тихоокеанских лососей методом ПЦР**

№ образца	Образец	Способ экстракции	Результат
1	Г/3	Проба-НК	+
2	Г/5	Проба-НК	+
3	Г/8	Проба-НК	+
4	Г/6	Проба-НК	+
5	Г/18	Проба-НК	+
6	Г/27	Проба-НК	+
7	ОЖ/12	Проба-НК	–
8	ОЖ/1	Проба-НК	–
9	ОЖ/12	ДНК-сорб-В	–
10	ОЖ/1	ДНК-сорб-В	–
11	ОЖ/12	ДиаТом	–
12	ОЖ/1	ДиаТом	–
13	Положительный контроль (<i>R. salmoninarum</i>)	Проба-НК	+
14	То же	TE-буфер+баня	+
15	Положительный контроль (<i>A. salmonicida</i>)	Проба-НК	+
16	Отрицательный контроль (вода без нуклеаз)	Проба-НК	–

Примечание. Г/8 – гомогенат внутренних органов/№ рыбы;
ОЖ/12 – овариальная жидкость/№ рыбы.

В овариальной жидкости ПЦР-продукты не выявили ни в одной пробе, что может свидетельствовать об очень незначительном количестве или отсутствии микрофлоры. Вероятно, следует концентрировать такие пробы перед экстракцией нуклеиновых кислот, например, центрифугированием и использовать для тестирования центрифугат (осадок).

Как показал эксперимент, выбранные параметры амплификации и состав реакционной смеси можно применять для получения и визуализации ПЦР-продуктов как из культур микроорганизмов, так и из

органов и тканей рыб. Следует отметить, что в настоящее время ПЦР с использованием универсальных праймеров к гену 16S рРНК бактерий получила широкое распространение благодаря возможности одновременного анализа комплексных проб различных микробных сообществ. Полученные при этом продукты амплификации можно далее применять как для секвенирования, так и для последующей ПЦР со специфичными праймерами к определенному патогену, что значительно повышает ее эффективность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные эксперимента послужат основой лабораторного протокола для идентификации бактериальных патогенов тихоокеанских лососей методом ПЦР. Внедрение этого метода позволит быстро и качественно проводить скрининг рыб, используемых для воспроизводства, на носительство особо опасных патогенов, а также получать ПЦР-продукты бактерий при изучении микробных сообществ, ассоциированных с лососями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Соловьева, В.В. Идентификация микроорганизмов с помощью молекулярно-генетического анализа нуклеотидной последовательности гена 16S рибосомной РНК: методическое пособие / В.В. Соловьева, Т.В. Григорьева, А.А. Ризванова; под общ. ред. В.В. Соловьевой; Казанский (Приволжский) федеральный университет. – Казань, 2011. – 44 с.

Рогатых, С.В. Химический состав сред для выделения ДНК из клеток хемолитотрофных микроорганизмов / С.В. Рогатых // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 8. – С. 24-29.

AFS-FHS FHS blue book: suggested procedures for the detection and identification of certain finfish and shellfish pathogens. – Текст: электронный. – URL: <https://units.fisheries.org/fhs/fish-health-section-blue-book-2020/> (дата обращения 12.10.2022).

First report of bacterial kidney disease in coho salmon *Oncorhynchus kisutch* in Russia / N.V. Sergeenko, E.A. Ustimenko, M.G. Eliseikina [et al.] // Dis. of aquat. org. – 2020. – Vol. 140. – P. 31-36.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЦЕНТРАТА *CHLORELLA VULGARIS* GKO ДЛЯ ИММУНОМОДУЛЯЦИИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ *PARASALMO MYKISS* В УСЛОВИЯХ САДКОВОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

Н.А. Сидорова

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» (ПетрГУ),
г. Петрозаводск

Аннотация. Представлены первичные данные о результатах кормления радужной форели комбикормом с использованием в качестве добавки концентрата *Chlorella vulgaris* GKO. Положительное действие биопрепарата подтверждено усилением эффективности защитных реакций организма, таких как активность лизоцима, бактерицидная активность сыворотки и гематологическими показателями.

Ключевые слова: активность лизоцима, бактерицидная активность сыворотки, бактерицидный индекс, иммуномодуляция, кормовые добавки, фитобиотик, *Chlorella vulgaris* GKO, *Parasalmo mykiss*.

ВВЕДЕНИЕ

Высокопродуктивное форелеводство напрямую связано с комплексом абиотических и биотических факторов окружающей среды, негативное действие которых может провоцировать развитие инфекционных заболеваний и нарушение функционирования иммунной системы рыб. Из-за влияния условий среды на здоровье рыб становятся особенно востребованными исследования, направленные на оптимизацию технологий выращивания форели, в том числе за счет разработок новых рецептур комбикормов и кормовых добавок. К малоизученным лечебным и профилактическим добавкам к комбикормам относят фитобиотики или фитогеники со свойствами биологической и иммуностропной активности. В литературных источниках они трактуются как биопрепараты растительного происхождения и комплексного действия с антибактериальным, противовирусным, иммуномодулирующим и противовоспалительным эффектами (Кошак, 2016). Рекомендуются они для замены кормовых антибиотиков при питании сельскохозяйственных животных и рыб в аквакультуре (Florou-Paneri, Christaki, Giannenas, 2020). По классификации Р.М. Хаитова и Б.В. Пинегина (2005) фитобиотики относят к группе экзогенных иммуномодуляторов, в которую, кроме растительных компонентов, входят микробные клетки и нуклеиновые кислоты. К экзогенным иммуномодуляторам относят и микроводоросли видов *Haematococcus pluvialis*, *Arthrospira (Spirulina) platensis*, *Chlorella* spp. и

другие, которые благодаря содержанию жизненно важных питательных веществ для рыб, считаются перспективными лечебными и профилактическими компонентами комбикормов (Microalgal aquafeeds as..., 2019). Ряд авторов (Evaluation of Microalgae..., 2020) считают, что микроводоросли могут также использоваться для разработки пероральных рекомбинантных вакцин в целях лечения и профилактики инфекционных заболеваний рыб, включая инфекции полимикробной этиологии.

Установлено, что микроводоросль *Ch. vulgaris* содержит до 61,6 % белков, 12,5 % жиров, 13,7 % углеводов, а также микроэлементы, витамины и минералы, которые обычно применяют в рационе рыб для стимуляции роста и иммунитета (Applications of microalga..., 2018). Согласно данным М. Kham с соавторами (The effect of..., 2017), присутствие *Ch. vulgaris* в комбикормах повышает в организме рыб активность IgM и лизоцима. Обнаруженные в *Ch. vulgaris*, *Ch. pyrenoidosa* и *Ch. ellipsoidea* комплексы глюкозы с галактозой, маннозой, рамнозой, N-ацетилглюкозамидом и N-ацетилгалактозамином обладают иммуностимулирующими свойствами и ингибирующим действием в отношении патогенов *Listeria monocytogenes* и *Candida albicans*. Иммунная стимуляция хлореллы проявляется в усилении активности НК-клеток, повышении продукции интерферона- γ , интерлейкина-12, а также интерлейкина-1 β -Th1-ассоциированных цитокинов.

Целью настоящей работы явилась апробация использования микроводоросли *Chlorella vulgaris* в качестве кормовой добавки к основному рациону радужной форели для иммуномодуляции, повышения эффективности защитных реакций организма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Возможность использования *Chlorella vulgaris* для иммуномодуляции радужной форели изучали в производственных условиях рыбоводного хозяйства, территориально расположенного в зал. Кирьявалахти Ладожского озера. Камеральные исследования выполняли на базе ООО «Микробиом» инновационного сектора Петрозаводского госуниверситета. Эксперимент по кормлению форели комбикормом с фитобиотиком длился 3 мес. В этот период форель в возрасте 1+ выращивали в садках, укомплектованных опытной и контрольной группой примерно по 1000 особей в каждой группе. Технологические параметры выращивания форели соответствовали рекомендациям, разработанным ВНИИПРХ (Инструкции по разведению..., 1985). Доступ рыбы к корму был свободным. Во время эксперимента применяли полнорационные комбикорма (углеводы – 17,5-18,0 %, протеины – 37,7-43,0 %, жир – 20-28 %, клетчатка – 1,2-2,7 %,

фосфор и витамины группы А, D₃, Е и С) с питательностью согласно рекомендациям по работе с форелью. Параметры окружающей среды, плотность посадки, фронт кормления в опытной и контрольной группах были одинаковыми. Радужная форель из контрольной группы получала традиционный рацион, без фитобиотика. В опытной группе концентрат *Chlorella vulgaris* ГКО производства ООО «Альготек» добавляли в виде кормовой добавки к основному рациону в соотношении 100:1 корм (г) / концентрат (мл). Суточную норму кормления форели рассчитывали исходя из массы рыбы и температуры выращивания. В период кормления с июня по август температура воды была 17-22 °С, содержание растворенного в ней кислорода – в пределах 6,9-8,2 мг/л.

Действие фитобиотика на неспецифическую резистентность рыб оценивали по литической активности лизоцима в составе слизистых покровов и бактерицидной активности сыворотки крови (БАСК). Активность лизоцима определяли по методу В.Г. Дорофейчука (1968), БАСК – по методу О.В. Бухарина и В.Л. Созыкина (1979), бактерицидные свойства сыворотки крови – по величине бактерицидного индекса (БИ), который рассчитывали как отношение значений БАСК в контроле и опыте. Положительным считали бактерицидный эффект при БИ>1,05 (Дьячкова, 2003). Дополнительно анализировали ихтиогематологические показатели, такие как СОЭ и встречаемость аномальных форм эритроцитов по стандартным методикам, принятым в рыбоводстве (Пищенко, 2002). Все измерения выполняли в начале и конце эксперимента, для этого в опытной и контрольной группах отбирали по 10 особей радужной форели. Результаты измерений обрабатывали статистически с использованием программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате выполненных исследований получены первичные данные о влиянии концентрата *Chlorella vulgaris* на показатели неспецифической резистентности радужной форели – активность лизоцима (рис. 1) и бактерицидную активность сыворотки крови (рис. 2). Наибольшая литическая активность лизоцима установлена для форели опытной группы, в которой усредненные данные (0,320 OD) отличались в 1,25 раз по сравнению со значениями активности лизоцима (0,417 OD) в контрольной группе. Полученные результаты активности лизоцима в опыте соответствовали максимальному бактерицидному эффекту лизоцима в составе слизистых покровов радужной форели. В этих вариантах эксперимента размножение тест-культуры *Micrococcus lysodeikticus* под действием лизоцима подавлялось наиболее усиленно, о чем

свидетельствовали минимальные значения оптической плотности реакционной смеси. В контрольной группе радужной форели активность лизоцима была ниже, что подтверждает более активное размножение тест-микроорганизма в присутствии такого естественного антибактериального фактора, как лизоцим слизистых покровов форели. Благодаря рассчитанным значениям бактерицидного индекса, в условиях опыта по кормлению выявлены антибактериальные свойства нативной сыворотки крови. В группе форели, получавшей рацион с концентратом хлореллы, в 5 вариантах из 10 БИ оказался выше 1,5 и находился в диапазоне 1,59-2,03. В контрольной группе форели только у 3 особей БИ имел положительные значения и был в пределах 1,53-1,63.

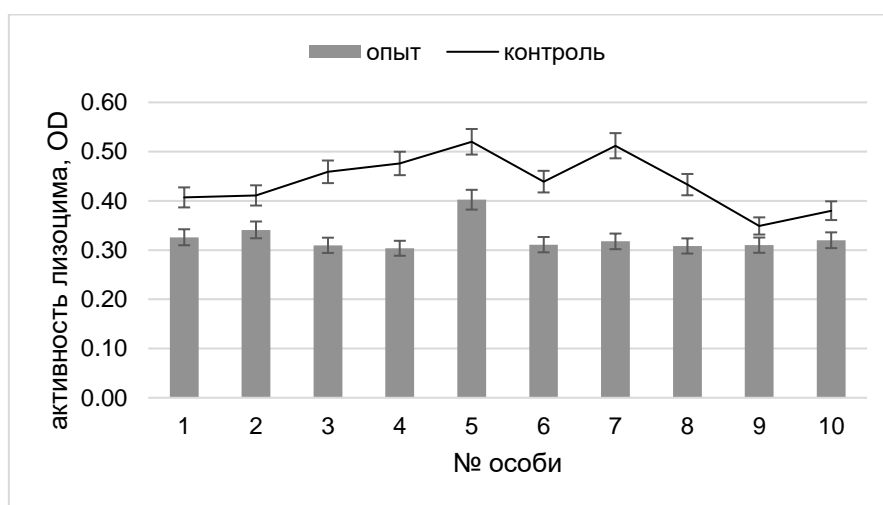


Рис. 1. Активность лизоцима в слизистых покровах радужной форели в опытной и контрольной группах

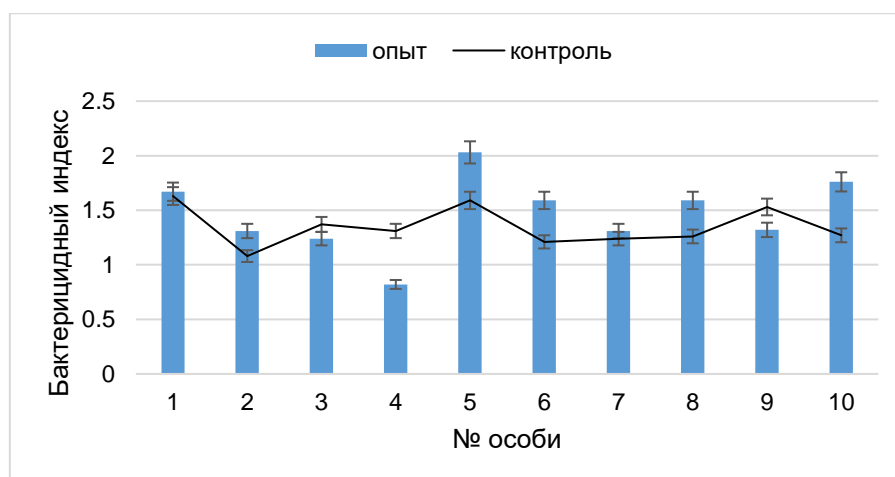


Рис. 2. Бактерицидный индекс сыворотки крови радужной форели в опытной и контрольной группах

Значения скорости оседания эритроцитов – в пределах физиологической нормы для радужной форели и соответствовали диапазону от 2 до 9 мм/ч. Однако средние и максимальные показатели СОЭ в контрольной группе превышали таковые в опыте в 1,3-1,5 раза, что позволяет судить о тенденции к увеличению исследуемого параметра крови как о показателе воспалительных процессов, протекающих в организме рыб. Анализ встречаемости аномальных форм эритроцитов в крови радужной форели опытной и контрольной групп выполнен по частоте обнаружения отклонений в ядерном аппарате клеток крови (хроматинолиз, пикноз, кариорексис), нарушений целостности эритроцитов (гемолиз) и изменений формы клеток крови (пойкилоцитоз). Среди клеток крови форели контрольной группы, получавшей традиционный рацион, выявлены все перечисленные аномалии. Наибольший процент встречаемости пришелся на гемолизованные эритроциты (87,4 %) и клетки крови с измененной формой (89,3 %). В случае использования традиционного рациона совместно с концентратом хлореллы выявлено только три вида аномалий: пикноз (19,4 % от исследованных клеток крови), гемолиз (68,5 %) и пойкилоцитоз (29,2 %).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показатели неспецифической резистентности и гематологические показатели радужной форели, выращенной в условиях опыта и контроля, оказались достаточно информативными для объективной интерпретации положительного эффекта на иммунную систему форели кормовой добавки в виде концентрата *Chlorella vulgaris* GKO производства ООО «Альготек». В условиях опыта доказано положительное влияние хлореллы на параметры естественного иммунитета, которое проявилось в общем усилении эффективности защитных реакций организма, таких как антибактериальный эффект лизоцима и нативной сыворотки крови. Целью применения биопрепарата может быть достижение профилактического или лечебного эффекта. Указанное свойство хлореллы имеет большое значение в связи с поиском альтернативных подходов к рациональной антибиотикотерапии в аквакультуре и разработкой и внедрением новых видов биопрепаратов с антистрессовыми и адаптогенными свойствами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бухарин, О.В. Фотонепелометрический метод определения бактерицидной активности сыворотки крови / О.В. Бухарин, В.Л. Созыкин // Факторы естественного иммунитета. – Оренбург, 1979. – С.43-45.

Дорофейчук, В.Г. Определение активности лизоцима нефелометрическим методом / В.Г. Дорофейчук // Лабораторная диагностика. – 1968. – № 1. – С. 28-30.

Дьячкова, С.Я. Бактерицидные свойства в исследованиях общей сывороточной бактерицидности, лизоцима, β -лизинов и чувствительности химиопрепаратов к микроорганизмам / С.Я. Дьячкова // Вестник ВГУ. Серия химия, биология, фармация. – 2003. – № 1. – С. 96-98.

Инструкция по разведению радужной форели / А.Н. Канидьев, Н.П. Новоженин, Е.А. Гамыгин, Е.Ф. Титарев. – М.: ВНИИПРХ, 1985. – 59 с.

Кошак, Ж.В. Бактерийные и биопрепараты в профилактике заболеваний рыб / Ж.В. Кошак // Белорусское сельское хозяйство. – 2016. – № 12. – С. 1-8.

Пищенко, Е.В. Гематология пресноводной рыбы / Е.В. Пищенко. – Новосибирск: Новосиб. гос. аграр. университет, 2002. – 48 с.

Хайтов, Р.М. Современные иммуномодуляторы. Классификация, механизм действия / Р.М. Хайтов, Б.В. Пинегин // Российский аллергологический журнал. – 2005. – № 4. – С. 30-43.

Applications of microalga *Chlorella vulgaris* in aquaculture / M.T. Ahmad, M. Shariff, F.M. Yusoff, Y.M. Goh, S. Banerjee. – DOI 10.1111/raq. 12320 // Rev. Aijuaadl. – 2018. – № 12. – P. 328-346.

Florou-Paneri, P. Feed Additive / P. Florou-Paneri, E. Christaki, I. Giannenas Editors. – London: Academic Press, 2020. – 368 p.

The effect of *Chlorella vulgaris* (*Chlorophyta, Volvocales*) microalga on some hematological and immune system parameters of Koi carp (*Cyprinus carpio*) / M. Kham, M. Soham, M.S. Mehrgan [et al.]. – DOI 10.22034/ijl.viil.210 // Iran. J. Ichthyol. – 2017. – № 1. – № 62-68.

Evaluation of Microalgae as Immunostimulants and Recombinant Vaccines for Diseases Prevention and Control in Aquaculture / K. Ma, Q. Bao'f, Y. Wu [et al.]. – DOI 10.3389/fboe.2020.590431 // Bioengineering and Biotechnology. – 2020. – Vol. 8. – P. 1-12.

Microalgal aquafeeds as part of a circular bioeconomy / J. Yiinuld, H. Karan, M. Oey, B. Hankamer. – DOI 10.1016/j. tplante.2019.06.005 // Trends Hani Sci. – 2019. – № 24. – P. 959-970.

МЕЧЕНИЕ МОЛОДИ МУКСУНА АЛИЗАРИНОМ КРАСНЫМ

Н.В. Смешливая, С.М. Семенченко

Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»), г. Тюмень

Аннотация. Экспериментально оценена возможность мечения отолитов личинок, мальков и сеголеток муксуна *Coregonus muksun* по мере их роста флуоресцентным красителем ализарином красным (АК). Рыб в опытах отсаживали в аквариумы с раствором АК с концентрациями 50, 100 и 200 мг/л при экспозиции 4 ч. В каждой серии опытов использовали рыб одного возраста и равной средней массы, которая последовательно возрастала с 7 до 4150 мг. За опытными и контрольными рыбами наблюдали в течение недели после мечения, учитывая погибших особей. Проведено 9 серий опытов. Формирование надежно регистрируемых через 7 сут флуоресцентных меток различной интенсивности отмечено во всех опытах. Чувствительность молоди к токсическому воздействию АК увеличивалась по мере роста рыб и с повышением концентрации красителя. При концентрации АК 50 мг/л негативное влияние мечения было обнаружено только в опытах с сеголетками массой 4,2 г. При концентрации АК 100 мг/л гибель не выявляли у личинок массой до 27 мг, при 200 мг/л – до массы 7 мг. С увеличением массы рыб во время мечения пропорционально возрастали размеры получаемой метки, что существенно повышало эффективность ее регистрации в последующем. При дальнейшей отработке методики мечения поздних личинок и мальков сиговых рыб при помощи АК перспективной является концентрация 50 мг/л. Вопрос о возможности мечения сеголеток остается открытым.

Ключевые слова: метка, ализарин красный, муксун, личинки, мальки, сеголетки, выживаемость.

ВВЕДЕНИЕ

Для оценки эффективности искусственного воспроизводства сиговых рыб необходимо осуществлять массовое мечение выпускаемой молоди. Один из способов решения данной задачи – формирование сохраняющейся флуоресцирующей метки на отолитах развивающегося организма за счет временного содержания в водном растворе ализарина красного (АК). Ранее методика мечения сиговых рыб отрабатывалась на эмбрионах, предличинках и однодневных личинках (Смешливая, Семенченко, 2022, Evaluating the effectiveness..., 1998; Eckmann, 2003; Marking and return..., 2011). Главным недостатком мечения на ранних стадиях онтогенеза является формирование мелкой метки, соответствующей размеру отолитов во время мечения, что осложняет ее обнаружение у крупной особи. Кроме того, мечение эмбрионов и ранних личинок при помощи флуоресцентного красителя не позволяет производить маркирование молоди для оценки эффективности работы различных заводов, осуществляющих искусственное воспроизводство сиговых в одном бассейне. Получить более

крупную, эффективнее регистрируемую метку, а также различные ее варианты можно за счет мечения рыб разной массы.

Цель работы – оценить принципиальную возможность мечения личинок, мальков, сеголеток муксуна ализарином красным с учетом факторов роста и развития.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в аквариальной Тюменского филиала ФГБНУ «ВНИРО» (Госрыбцентр) с мая по август 2022 г. Материалом служили личинки, мальки и сеголетки муксуна *Coregonus muksun*. Однодневные личинки были привезены из Сузгунского инкубационного цеха Тобольского регионального рыбопитомника. Рыбу выращивали в бассейне с частично замкнутым циклом водоснабжения (мини-УЗВ), установленном в аквариальной, при температуре $18,0 \pm 0,5$ °С. По мере роста молодь по случайному признаку отлавливали из бассейна и использовали в опытах.

В опытах оценивали влияние индивидуальной массы молоди на выживаемость, поведение рыбы и качество метки на отолите. Было проведено 9 серий, включающих в себя по три опыта в каждой с концентрациями АК 50, 100 и 200 мг/л при экспозиции 4 ч. Концентрации АК 100 и 200 мг/л и экспозиция 4 ч апробированы в предыдущих исследованиях (Смешливая, Семенченко, 2022; Marking and return..., 2011), АК 50 мг/л, по нашим предварительным данным, являлась минимальной при получении хорошо диагностируемой метки на отолитах личинок. Раствор АК готовили за 1 ч до опытов. Повышение рН до 7,9-8,0 ед. достигали за счет добавления гидрокарбоната натрия. Рыб в опытах отсаживали в аквариумы объемом 20 л с раствором АК определенной концентрации. Отличие каждой из серий опытов заключалось в средней массе рыб, которая последовательно увеличивалась по мере роста молоди. В каждом опыте одной серии средняя масса и возраст рыб были одинаковыми. Перед экспериментами рыбу выдерживали без корма в течение 12 ч. Температура в опытах составляла 17,5-18,0 °С. Средняя масса особей в разных сериях – от $7,1 \pm 0,2$ до 4150 ± 379 мг (см. таблицу). Численность рыб в опытах и контроле снижали по мере их роста с 25 до 5 экз. С рыбами контрольной группы совершали аналогичные манипуляции без добавления АК. Для оценки пролонгированного действия мечения после окончания окрашивания рыб из опытной и контрольной групп пересаживали из аквариумов в каркасные садки из мельничного сита объемом 20 л, установленные в бассейне мини-УЗВ. Рыбу кормили науплиями артемии ежедневно в течение 12 ч. Начинали кормление сразу после пересадки в садки в целях косвенной оценки физиологического

состояния молоди. Учет погибших особей и поддержание санитарного состояния в садках обеспечивали ежедневно. О результатах опытов судили по доле погибших рыб и отклонениям в их поведении в течение 7 сут после мечения, контролируя после завершения этого периода наличие метки на отолидах.

Средняя масса молоди муксуна в сериях и количество рыб в опытах

Показатель	Значение								
Серия опытов, № п/п	1	2	3	4	5	6	7	8I	9
Средняя масса молоди в серии, мг	7,1	13,0	27,4	96,3	262	707	1391	1910	4150
Ошибка средней (\pm), мг	0,2	0,9	1,5	5,3	24	54	110	138	379
Количество особей в опыте, экз.	25	25	25	10	10	10	10	10	5

Массу личинок и мальков определяли поштучно с помощью весов AND GH-252 с точностью 0,01 мг после 5-секундного обсушивания на фильтровальной бумаге, массу сеголеток – с помощью весов AND EJ-300 с точностью до 0,1 г. Для регистрации меток использовали флуоресцентный микроскоп Nikon SMZ1270 с флуоресцентным осветителем с длиной волны 540 нм. Измеряли отолиды (только сагиттальный) и метки окуляром микрометра микроскопа Nikon SMZ1270. Перед измерением и определением метки отолит вынимали путем препарирования черепа. Предварительной обработке отолиды перед регистрацией метки не подвергали. За период исследований было помечено 525 экз. молоди муксуна, препарировано 125 экз., масса определена у 215 экз.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выживаемость молоди в контроле во всех сериях была 100 %. При концентрации АК 50 мг/л в первых восьми сериях она тоже составляла 100 %. Снижение выживаемости до 20 % произошло только в последней девятой серии при средней массе сеголеток 4,2 г, при этом молодь погибла через одни сутки после окрашивания. При концентрации АК 100 мг/л выживаемость личинок в первых трех сериях была 100 %. Ее снижение до 90 % наблюдалось у личинок при достижении массы 96 мг в четвертой серии и до 80 % – в пятой. Однако при дальнейшем увеличении средней массы молоди до 1,9 г включительно в сериях опытов выживаемость оставалась на уровне 80-90 %. В девятой серии погибли все сеголетки. Гибель опытных рыб отмечали в течение первых двух суток после окрашивания. При концентрациях АК 50 и 100 мг/л в процессе окрашивания молодь не погибала, при АК 200 мг/л выживаемость личинок в первой серии составляла 100 %. Во второй серии после окрашивания молоди она уменьшилась до 88 %. В последующих сериях выживаемость постепенно

снижалась и к пятой серии при средней массе личинок 262 мг достигла 50 %. На уровне 50-60 % выживаемость молоди сохранялась до восьмой серии включительно (рис. 1), в девятой при средней массе сеголеток 4,2 г погибли все во время окрашивания. Во всех сериях при концентрации АК 200 мг/л гибель молоди отмечали в процессе окрашивания в течение первых двух суток после окончания опытов.

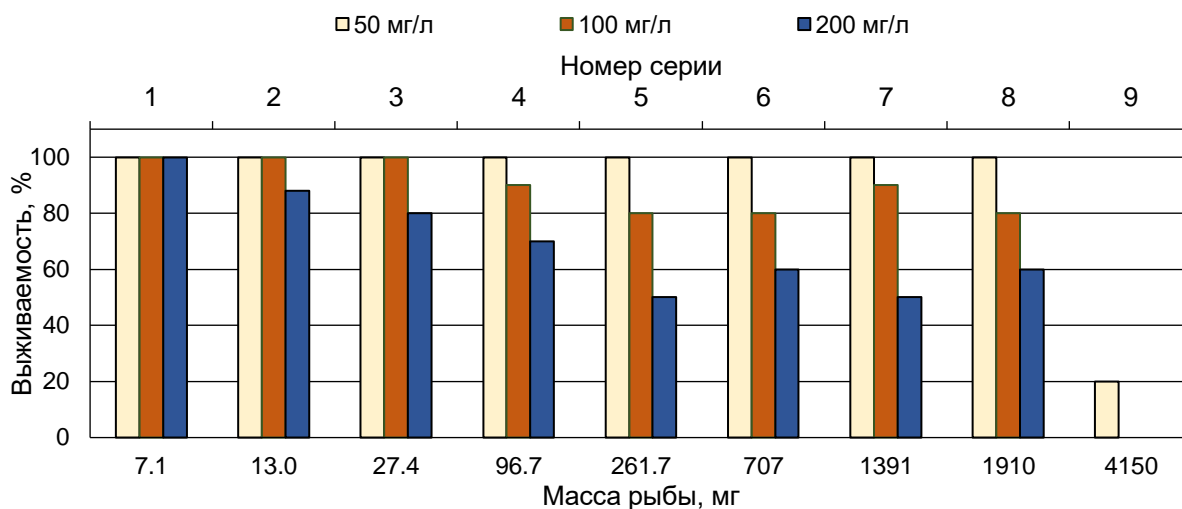


Рис. 1. Зависимость выживаемости молоди муксуна от массы при мечении АК в различных концентрациях и экспозиции 4 ч

Поведение рыбы. При концентрации АК 50 мг/л в первых восьми сериях сразу после окончания окрашивания и пересадки в чистую воду молодь, как и в контроле, реагировала на внешние раздражители, держалась в толще, активно потребляла корм. В девятой серии сеголетки массой 4,2 г после окрашивания были вялыми, отдельные особи заваливались на бок. Окрашивание АК при концентрации 100 мг/л в первых двух сериях личинки переносили хорошо, их поведение, реакция на корм и внешние раздражители не отличались от личинок в контроле. В последующих сериях после окрашивания АК при концентрации 100 мг/л молодь держалась в поверхностном слое воды в течение 1-2 ч, на корм и внешние раздражители реагировала слабо. Через несколько часов рыбы постепенно перемещались в толщу воды и начинали питаться. Сеголетки массой 4,2 г после опыта заваливались на бок, на внешние раздражители не реагировали. Окрашивание АК при концентрации 200 мг/л только личинки массой 7 мг в первой серии перенесли хорошо, без изменения в поведении и реакции на внешние раздражители и корм. В последующих сериях молодь после окрашивания АК при концентрации 200 мг/л держалась у поверхности, была вялой, не реагировала на корм и внешние раздражители, не пугалась тени, некоторые особи принимали вертикальное положение головой вверх или

заваливались на бок. Рыбы начинали потреблять корм через несколько часов после опыта. Как правило, молодь, заваливающаяся на бок или принимающая вертикальное положение, не восстанавливалась и погибала в течение суток.

Окрашивание тканей. При концентрации АК 50 мг/л покровы рыб в первых восьми сериях опытов не меняли окраску. Покровы сеголеток массой 4,2 г приобретали фиолетовый оттенок. Отолиты рыб во всех сериях сохраняли естественный цвет (рис. 2 Б.3). При концентрации АК 100 мг/л покровы тела личинок первой серии не меняли окраску, в последующих сериях у них был фиолетовый оттенок при естественном освещении и сохранялся около суток. Через неделю после окрашивания отолиты имели фиолетовый оттенок (рис. 2 В.3). При концентрации АК 200 мг/л покровы рыб во всех сериях принимали темно-фиолетовый оттенок. Цвет покровов выживших рыб восстанавливался в течение двух суток. Отолиты рыб через неделю после опыта были фиолетовые (рис. 2 Г.3).

Эффективность регистрации меток. Формирование на отолитах рыб надежно регистрируемых флуоресцентных меток различной интенсивности отмечено во всех вариантах опытов.

Во всех сериях флуоресцировали не только отолиты, но и покровы тела, лучи плавников, кости черепа. Даже при визуальном восстановлении у рыб естественной окраски покровы флуоресцировали в течение недели (рис. 2 Б.1, В.1, Г.1). В зеленом свете отолиты всех опытных групп имели яркую, хорошо различимую метку. Как и следовало ожидать, при концентрации АК 100 и 200 мг/л флуоресцирование метки было значительно интенсивнее, чем при концентрации АК 50 мг/л (рис. 2 Б.2, В.2, Г.2). Тем не менее метка, полученная при концентрации АК 50 мг/л, хорошо регистрировалась.

Для подтверждения преимущества регистрации крупной флуоресцентной метки нами были выращены несколько экземпляров молоди, помеченной при различной массе. Как и предполагалось, метки муксуна близкой массы (2,45-2,90 г) при сравнимых размерах отолитов (длина 2,0 и 2,3 мм соответственно) существенно отличались в зависимости от массы личинок во время мечения. Метка на отолите муксуна, помеченного при массе 96,7 мг на последнем этапе личиночного развития, по размеру и интенсивности свечения существенно превосходила метку муксуна, меченного на первом личиночном этапе при массе 7 мг (рис. 3). Длина флуоресцирующей зоны отолита (метки) у муксуна, помеченного в начале личиночного периода, составила 0,16 мм, ширина – 0,10 мм, в конце личиночного развития эти показатели были в 3,4-3,5 раз больше – 0,56 и 0,34 мм соответственно. Поскольку размеры отолита прямо пропорционально связаны с размером рыбы, можно утверждать, что чем

крупнее молодь в момент мечения, тем более крупная метка будет сформирована, что, безусловно, повышает эффективность ее обнаружения.

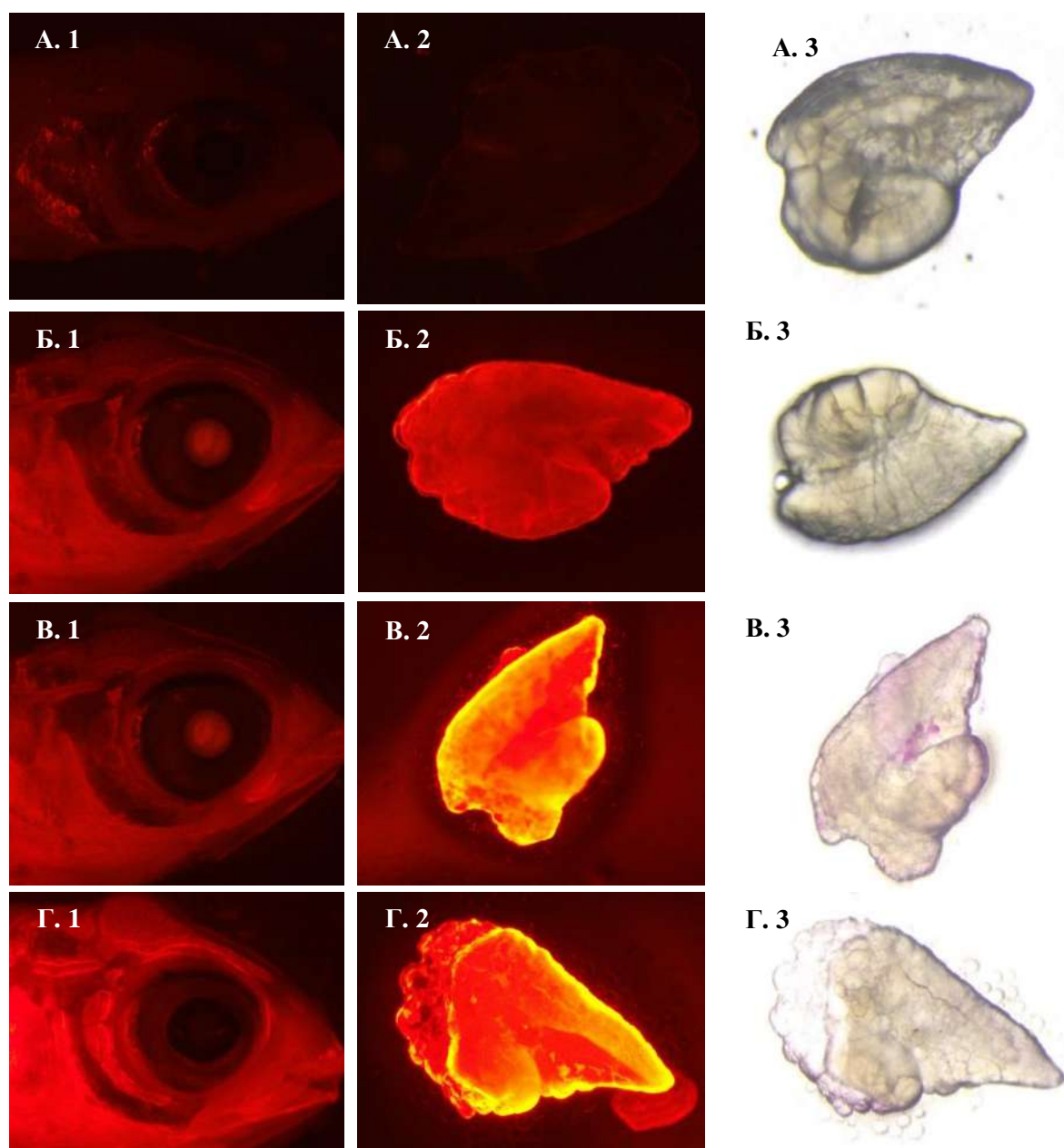


Рис. 2. Ткани головы и отолиты мальков муксуна средней массой 707 ± 54 мг в зеленом и проходящем белом свете через неделю после окрашивания при различных концентрациях АК и в контроле: А – контроль; Б – 50 мг/л; В – 100 мг/л; Г – 200 мг/л

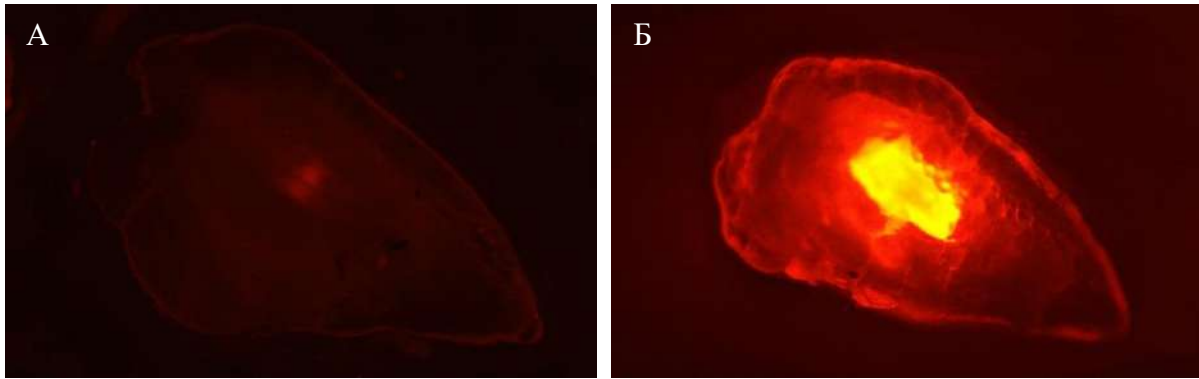


Рис. 3. Метки на отолитах муксуна массой 2,90 г (А), меченного при массе 7 мг, концентрации АК 200 мг/л, и муксуна массой 2,45 г (Б), меченного при массе 96,7 мг, концентрации АК 100 мг/л

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенная работа показала, что мечение АК крупных личинок, мальков и ранних сеголеток муксуна позволяет получить надежно регистрируемую метку на отолитах рыб. Окрашивание АК при концентрации 100 и 200 мг/л дает возможность регистрировать ализариновую метку на отолите в течение недели без специальной оптики, оборудованной флуоресцентным осветителем.

Чувствительность молоди сиговых к токсическому воздействию АК увеличивается по мере роста рыб. Мечение молоди массой до 2 г при концентрации АК 50 мг/л и экспозиции 4 ч не оказывает отрицательного влияния на выживаемость. Окрашивание АК при концентрации 100 и 200 мг/л молоди массой от 13 до 1910 мг приводит к гибели (10-20 и 40-50 % соответственно). Окрашивание сеголеток массой свыше 2 г при исследованных концентрациях ведет к гибели 80-100 % особей. По совокупности данных о выживаемости рыб в опытах в качестве рекомендуемой концентрации АК при дальнейшей отработке методики мечения крупных личинок и мальков сиговых рыб следует считать 50 мг/л. Вопрос о возможности мечения сеголеток остается открытым.

Мечение более крупных личинок и мальков существенно повышает эффективность обнаружения меток за счет увеличения их размеров. Возможность мечения АК молоди разной массы принципиально позволяет получать флуоресцентные метки прогнозируемого размера, что в перспективе является основой для идентификации молоди по происхождению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Смешливая, Н. В. Использование ализарина красного при мечении эмбрионов и личинок сиговых рыб / Н. В. Смешливая, С. М. Семенченко // Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление: сб. материалов II Всероссийской науч. конф., посвящ. 90-летию КамчатНИРО (Петропавловск-Камчатский, 4-6 апр. 2022 г.) / КамчатНИРО. – Науч. электронное изд. сетевого распространения. – Петропавловск-Камчатский, 2022. – С. 241-247.

Eckmann, R. Alizarin marking of whitefish, *Coregonus lavaretus* otoliths during egg incubation // Fisheries Management and Ecology. – DOI 10.1046/j.1365-2400.2003.00345.x – 2003. – Vol. 10 (4). – P. 233-239.

Evaluating the effectiveness of stocking vendace (*Coregonus albula* (L.) eleutheroembryos by alizarin marking of otoliths / R. Eckmann, P. Czerkies, C. Helms, K. Kleibs // Advances in Limnology. – 1998. – № 50. – P. 457-463.

Marking and return method for evaluating the effects of stocking larval vendace, *Coregonus albula* (L.), into Lake Wigry in 2000-2001 / P. Poczyczyski, K. Koziowski, J. Koziowski, A. Martyniak. – DOI 10.2478/v10086-011-0032-5 2011 // Arch. Pol. Fish. – № 19. – P. 259-265.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ПИЩЕВАРЕНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ *ONCORHYNCHUS MYKISS*, АККЛИМИРОВАННОЙ К РАЗЛИЧНЫМ ТЕМПЕРАТУРАМ ВОДЫ

М.М. Соловьев^{1,2}, *А.В. Шокурова*^{1,2}, *Е.Н. Кашинская*^{1,2},
В.А. Василенко^{1,2}, *Энрик Жизберт*³

¹*Институт систематики и экологии животных СО РАН (ИСиЭЖ СО РАН),
г. Новосибирск*

²*Институт проблем экологии и эволюции им А.Н. Северцова РАН
(ИПЭЭ РАН), г. Москва*

³*Институт технологий и исследований пищевой промышленности (IRTA),
г. Сант-Карлес де ля Рапита, Испания*

Аннотация. В экспериментальных условиях проведен анализ влияния температуры воды на ключевые характеристики (активность, температурный оптимум, рН оптимум) пищеварительных ферментов (пепсин, трипсин, химотрипсин, амилаза и липаза) и структуру энтеральной микробиоты. Выявлено достоверное влияние температуры на микробные сообщества кишечника и активность пищеварительных ферментов, но отсутствие подобного влияния на другие исследуемые параметры.

Ключевые слова: панкреатические ферменты, желудок, кишечник, пепсин, кишечная микробиота.

ВВЕДЕНИЕ

На физиологические реакции, а также спектр и основные характеристики молекул пищеварительных ферментов в желудочно-кишечном тракте рыб оказывает влияние большое количество биотических и абиотических факторов (Кузьмина, 2005). Для рыб как холоднокровных животных температура воды – один из основных факторов, запускающих и регулирующих различные поведенческие, физиологические и биохимические параметры, связанные с процессами питания и пищеварения (Volkoff, Rønnestad, 2020). Процесс пищеварения состоит из множества различных взаимосвязанных и взаимозависимых процессов и компенсационных механизмов, которые вместе обеспечивают энергию для развития организма. Во многих случаях температура воды в природных водоемах является непостоянным параметром и зависит от особенностей климата на данной территории, а также от гидрологических, морфологических и прочих особенностей водоема (Caissie, 2006). Учитывая значимость температуры воды, одной из главных задач в физиологии рыб можно назвать определение возможных видовых «границ» реакций процесса пищеварения для увеличения скорости роста рыб.

Цель исследования – проанализировать влияние двух различных температур воды (13-14 и 20-21 °С) на некоторые характеристики (значения рН, активность, температурные и рН оптимумы пищеварительных ферментов, а также структура микробного сообщества) пищеварительной системы форели.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперимент был поставлен на базе Института технологий и исследований пищевой промышленности (IRTA, г. Сант-Карлес де ля Рапита, Испания), объект исследований – радужная форель. Рыб акклиматизировали к тестируемым температурам в течение 10 дней. Затем перед началом непосредственного сбора образцов кишечника рыб покормили однократно и через 2, 5, 9, 12, 18, 26, 36, 48, 60, 84, 96 и 120 ч препарировали по пять-шесть штук для каждой температуры. Всем особям измеряли рН и фиксацию отделов кишечника для последующих биохимических и молекулярно-генетических анализов. Спектрометрическими методами определяли активность, рН и температурные оптимумы для пепсина (желудок), трипсина, химотрипсина, липазы и амилазы (кишечник). Измерения активностей ферментов проводились как при стандартных условиях (25 °С, рН 2,0 и 8,0 для желудка и кишечника соответственно), так и при актуальных значениях температуры воды и физиологических значениях рН в соответствующих отделах пищеварительного тракта. Температурные оптимумы ферментов выявляли в диапазоне значений температуры от 0 до 75 °С. Оптимумы рН измеряли для пепсина желудка в диапазоне рН от 1,5 до 7,0, а для ферментов кишечника – при рН от 6,5 до 10,5. Для определения структуры микробного сообщества кишечника форели из его слизистой выделяли тотальную ДНК с последующим секвенированием гипервариабельных участков V3-V4 16S рРНК бактерий. Статистическая обработка полученных данных выполнена с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel, STATISTICA 7.0 и Past 4.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На уровень значений рН в желудке достоверное влияние оказывал фактор «время после кормления» при обеих тестируемых температурах (two-way PERMANOVA $df=12$, $F=2,54$, $p=0,0043$ и $df=12$, $F=5,39$, $p=0,0001$ при 13 и 20 °С соответственно). Минимальные значения рН (при этих температурах) в желудке (3,2-3,5) достигались через 26-36 ч после кормления.

В переднем и среднем отделах кишечника значения рН достигали максимальных значений на 12-26 ч после начала кормления, в то время как для заднего отдела такая тенденция была менее выражена. Факторы «температура воды» и «время после кормления» оказывали достоверное влияние на значения рН во всех трех отделах кишечника.

Факторы «температура воды» и «время после кормления» оказывали также значимое влияние на активность пепсина в желудке как при стандартных, так и при актуальных значениях рН и температуры. Кроме того, влияние фактора «время после кормления» было значимым для активности во всех отделах кишечника при обоих способах измерения, тогда как температура воды оказывала значимое влияние на активность ферментов преимущественно во втором и третьем отделах кишечника. Оптимум активности пепсина желудка находился в диапазоне кислых значений рН 2,0-2,5. Температурный оптимум активности пепсина 40 °С. Для гидролаз кишечника оптимальная температура варьировала в широких пределах: трипсин – 65-70 °С, химотрипсин – 45 °С, амилаза – 25-30 °С и липаза 30-50 °С. Оптимум активностей панкреатических ферментов был в зоне щелочных значений рН 8,0-9,5. Температура воды не оказывала значимого влияния на температурные и рН оптимумы исследуемых ферментов.

Структура сообщества энтеральной микробиоты на уровне рода была очень разнообразна у рыб, содержащихся при температуре 13 °С, и более однородна у рыб, содержащихся при температуре при 20 °С. Доминантом при низкой температуре оказалось семейство *Mycoplasmataceae* (40,9±19,0 %), тогда как у рыб, содержащихся при высокой температуре, преобладало семейство *Enterobacteriaceae* (73,9±13,5 %).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пищеварение является ключевым физиологическим процессом, который необходимо учитывать при разработке искусственных кормов при выращивании рыб в условиях аквакультуры. В данной работе показано достоверное влияние температурного режима и времени, прошедшего с момента кормления, на работу ключевых пищеварительных ферментов, отвечающих за начало деполимеризации пищевых субстратов в пищеварительном тракте радужной форели. Полученные результаты позволяют понять направленность и степень влияния таких важных факторов, как температура и рН на работу пищеварительных ферментов у радужной форели.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда № 19-74-10054 (определение активности ферментов) и Мегагранта № 220-6544-5338 (биоинформационный анализ метагеномных данных по микробиоте).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Кузьмина, В.В. Физиолого-биохимические основы экзотрофии рыб / В.В. Кузьмина. – М.: Наука, 2005. – 300 с.

Caissie, D. The thermal regime of rivers: a review / D. Caissie. – DOI:10.1111/j.1365-2427.2006.01597.x // Freshwater Biology. – 2006. – Vol. 51. – P. 1389-1406.

Volkoff, H. Effects of temperature on feeding and digestive processes in fish / H. Volkoff, I. Rønnestad. – DOI 10.1080/23328940.2020.1765950 // Temperature (Austin). – 2020. – Vol. 7(4). – P. 307-320.

О ВЗАИМООТНОШЕНИЯХ ГОРБУШИ И СЕМГИ В БЕЛОМОРСКИХ РЕКАХ В НЕРЕСТОВЫЙ ПЕРИОД (ОБЗОР)

А.Н. Строганов¹, В.А. Беляев², Е.В. Пономарева¹

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ),
г. Москва

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

Аннотация. Рассмотрены причины снижения вылова атлантического лосося в регионе Баренцева и Белого морей. Отмечено, что, кроме гидростроительства, лесосплава, загрязнения лососевых рек бытовыми и промышленными стоками и влияния аквакультурной деятельности, в последнее десятилетие возникает опасность негативного воздействия акклиматизированной в регионе дальневосточной горбуши. Показано, что мониторинг состояния конкурентных популяций атлантического лосося и горбуши будет способствовать разработке эффективных технологий сохранения и восстановления природных популяций семги в условиях экспансии инвазийного вида.

Ключевые слова: атлантический лосось, горбуша, темп роста, жизненные стратегии, структура популяции.

Атлантический лосось, семга *Salmo salar* L. (Salmonidae) – крупная проходная рыба – обитает в северной части бассейна Атлантического океана, на нерест заходит в реки от западного берега Португалии до Балтийского и Северного морей, берегов Скандинавии, Северного Ледовитого океана, на восток до р. Кара. По североамериканскому побережью лосось распространен от Гренландии до м. Код (Никольский, 1971).

Эволюционно сложилась сбалансированная жизненная стратегия атлантического лосося, состоящая из кардинально отличающихся не только по экологическим характеристикам, но и по основным целям периодов онтогенеза: пресноводного и морского.

Основная цель пресноводного периода состоит в подготовке максимального количества покатников (учитывая относительно невысокую индивидуальную плодовитость атлантического лосося), которые по морфофизиологическим характеристикам обеспечат хорошую выживаемость в морских условиях. Достигается цель развитием крупной с большим запасом желтка икры внутри галечникового субстрата с защитой от хищников и достаточной вентиляцией подрусловым потоком, эффективным (безотходным) переходом крупной личинки на внешнее питание беспозвоночными, дрефта еще внутри галечникового субстрата,

смольтификацией и скатом крупной молоди (масса 25-30 г) (Новиков, 1953; Казаков, Мельникова, 1980; Казаков, 1982; Мартынов, 2007; Черняев, 2020).

Главная цель морского периода состоит в поддержании высокой численности группировки атлантического лосося в ареале за счет высоких показателей выживаемости крупных покатников, высокого темпа роста на фоне высокой трофности морских акваторий и высокой калорийности рыбы как основного объекта питания атлантического лосося (Реддин, 1998; Мартынов, 2007; Reddin, 1988; Reddin, Friedland, 1993; Thermal performance of..., 2001; Feeding of Atlantic..., 2006; Strøm, Thorstad, Rikardsen, 2020). Сложная внутривидовая структура с анадромными мигрантами разных возраста и сроков нерестового хода способствует обеспечению стабильности группировки атлантического лосося в ареале.

На основании данных статистики ИКЕС выделяются периоды по уровню добычи семги в бассейне Белого и Баренцева морей. Первый период (с 1956 по 1987 г.) со среднегодовым выловом от 1,5 до 2,9 тыс. т (в среднем 2,2 тыс. т), второй (с 1988 г. до конца 2000-х годов) – в среднем 1,0 тыс. т в год. Второе 10-летие нынешнего 100-летия характеризуется дальнейшим снижением объемов вылова до 77 т в год (Борисов, Пономаренко, Семенов, 2001; Зубченко, 2006).

Таким образом, во второй половине прошлого 100-летия и начале нынешнего произошло резкое снижение вылова атлантического лосося в регионе Баренцева и Белого морей. В основе такой ситуации – браконьерство и промышленное освоение территорий, причем последнее включает в себя целый спектр направлений. Так, строительство плотин для производства электроэнергии и обеспечения водой городов привели к сокращению площадей НВУ и деградации популяций атлантического лосося, например, таких рек, как Нива, Териберка, Воронья, Солза. В ряде водотоков ощущаются отрицательные последствия лесосплава (топляк, заиление НВУ, гидролиз целлюлозы), загрязнения бытовыми и промышленными стоками вблизи крупных населенных пунктов, объектов горнодобывающей и горно-металлургической промышленности. Также отмечается, что в некоторых реках Кольского п-ова по направлению с востока на запад нарастает содержание сульфатов и снижение щелочности, что может оказывать влияние на воспроизводство лососевых рыб (Формирование качества поверхностных..., 1996; Лососевые реки Кольского..., 2003).

Активное развитие аквакультуры вызывает прессинг на дикие популяции семги вследствие загрязнения среды обитания, распространения заболеваний (например, гиродактилез), возможного генетического загрязнения от убегающего из садков аквакультурного лосося.

В последнее десятилетие возникает опасность негативного воздействия демонстрирующей увеличение численности акклиматизированной в беломоро-баренцевоморском регионе дальневосточной горбуши.

Идея акклиматизации дальневосточных лососей (род *Oncorhynchus*) на европейском севере России была выдвинута в 1931 г. В 1959-1964 гг. проведены работы по выпуску горбуши в р. Кола Мурманской области, но положительного результата они не дали. Считается это следствием того, что более низкие, неблагоприятные температуры в североевропейских реках, способствовавшие замедлению раннего гаметогенеза, приводили к более позднему началу периода вителлогенеза ооцитов у самок и задержке их возврата на нерест (Дорофеева, 2009).

Второй этап акклиматизации горбуши в результате выпуска в 1985-1986 гг. в беломорский бассейн молоди от завезенной икры «магаданской» партии из рр. Олы и Яны привел к формированию самовоспроизводящейся популяции горбуши (Карпевич, Агапов, Магомедов, 1991) в бассейне Белого моря (в 2001 г. улов 156 тыс. экз.). Натурализация горбуши в конце прошлого – начале нынешнего столетий происходит по двум генеративно-изолированным линиям четных и нечетных лет. Из-за разницы в сроках созревания производителей нерест четной части популяции наступает позже, чем нечетной. В результате большая часть икры не успевает достигнуть холодоустойчивой стадии развития и погибает. В нечетные годы икра рыб, нерестящихся позднее, также погибает. Таким образом, отбор способствует формированию популяций горбуши с непродолжительным и ранним нерестом, среди которых нечетные группы нереста имеют наибольшее адаптивное преимущество (Дягилев, Маркевич; 1979; Рафиков, Захаров, 2019). На фоне роста численности натурализованной горбуши и тенденции к повышению теплосодержания арктических вод в начале нынешнего столетия произошло расширение ареала интродуцированной горбуши в восточном направлении до р. Кара и Байдарацкой губы Карского моря. Результаты проводившихся комплексных исследований показали, что горбуша нечетной линии, акклиматизированная в Белом море на протяжении 10 поколений, сохраняет устойчивые подходы производителей (это может свидетельствовать о формировании ранненерестящейся популяции), обнаруживает существенные морфобиологические и генетические сдвиги, которые на фоне устойчивых уловов позволяют судить о протекающих процессах адаптации формирующейся беломорской популяции горбуши. Формирование ранненерестящейся популяции реализуется в основном за счет адаптации в процессе полового созревания (у покатной молоди отсутствует замедление темпа раннего онтогенеза,

идушие на нерест самки готовы отнереститься в благоприятные для развития молоди сроки) (Дорофеева, 2009).

При этом если на основе ранее полученных данных исследователями отвергалась возможность формирования в беломорском бассейне конкурентных взаимодействий интродуцированной группировки горбуши с представителями аборигенной ихтиофауны (наиболее значимым из которых является семга) (Рафиков, Захаров, 2019), то в настоящее время на фоне роста численности группировки горбуши нечетных лет возможно ожидать даже угнетение популяций семги в ряде рек бассейна Белого моря. Существует мнение, что из-за более раннего нереста горбуша не может негативно влиять на нерест семги. Однако в условиях нерегулируемого роста численности горбуши и захода ее в реки могут возникать последствия экологического характера вследствие возникновения в реке «заморных» условий, во-первых, на фоне перезаполнения и концентрации особей горбуши с последующей преднерестовой гибелью и, во-вторых, на фоне биологически обусловленной тотальной посленерестовой гибели горбуши с разложением трупов и заражением реки.

Мониторинг состояния конкурентных популяций атлантического лосося и горбуши в соответствующих реках чрезвычайно важен для разработки эффективных технологий сохранения и восстановления природных популяций семги в условиях экспансии инвазивного вида. Так, на фоне прогнозируемых в 2023 г. высоких подходов горбуши нечетных лет формируются новые промысловые участки и вносятся соответствующие изменения в Правила рыболовства на Северном рыбохозяйственном бассейне для более эффективного ведения промысла горбуши и ограничения захода ее нерестовых особей на нерестилища семги.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Борисов, В.М. Биоресурсы Баренцева моря и рыболовство во второй половине XX века / В.М. Борисов, В.П. Пономаренко, В.Н. Семенов // Экология промысловых видов рыб Баренцева моря. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. – С. 139-195.

Дорофеева, Е.А. Морфобиологические адаптации горбуши в Белом море / Е.А. Дорофеева // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского севера: материалы XXVIII междунар. конф. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, – 2009. – С. 195-202.

Дягилев, С.Е. Разновременность созревания горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) четных и нечетных лет как основной фактор, определивший различные результаты ее акклиматизации на севере европейской части СССР / С.Е. Дягилев, Н.Б. Маркевич // Вопросы ихтиологии. – 1979. – Т. 19, вып. 2. – С. 230-245.

Зубченко, А.В. Особенности биологии, состояние и управление запасами атлантического лосося (*Salmo salar* L.) Кольского полуострова: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. – Петрозаводск, 2006. – 48 с.

Лососевые реки Кольского п-ова. Река Кола / А.В. Зубченко, С.И. Долотов, С.С. Крылова, М.А. Лазарева; ПИНРО. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2003. – 66 с.

Казаков, Р.В. Биологические основы разведения атлантического лосося / Р.В. Казаков. – М.: Легкая и пищевая промышленность, – 1982. – 144 с.

Казаков, Р.В. Зависимость размерно-весовых характеристик зародышей и личинок атлантического лосося *Salmo salar* L. от величины икринок / Р.В. Казаков, М.Н. Мельникова // Сб. науч. тр. ГосНИОРХа. – 1980. – Вып. 153. – С. 58-70.

Карпевич, А.Ф. Акклиматизация и культивирование лососевых рыб-интродуцентов / А.Ф. Карпевич, В.С. Агапов, Г.М. Магомедов; ВНИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии. – М.: ВНИРО, 1991. – 207 с.

Мартынов, В.Г. Атлантический лосось (*Salmo salar* L.) на Севере России / В.Г. Мартынов. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 414 с.

Формирование качества поверхностных вод и донных отложений в условиях антропогенных нагрузок на водосборы арктического бассейна / Т.И. Моисеенко, И.В. Родюшкин, В.А. Даувальтер [и др.]. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1996. – 263 с.

Никольский, Г.В. Частная ихтиология / Г.В. Никольский. – М.: Изд-во Высшая школа, 1971. – 472 с.

Новиков, П.И. Северный лосось – семга / П.И. Новиков. – Петрозаводск: Госиздат КФСР, – 1953. – 135 с.

Рафиков, Р. Р. Горбуша *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) в реках европейского северо-востока России / Р.Р. Рафиков, А.Б. Захаров // Вестник ИБ Коми НЦ УрО РАН. – 2019. – № 2. – С. 16-20.

Реддин, Д.Г. Особенности морского периода жизни атлантического лосося / Д. Г. Реддин // Атлантический лосось. – СПб., 1998. – С. 266-286.

Черняев, Ж.А. Жизнь нерестилищ семги. Особенности размножения и развития семги (*Salmo salar* L.) и ее симбиотические отношения с пресноводной жемчужницей (*Margaritifera margaritifera* L.) / Ж.А. Черняев. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2020. – 145 с.

Feeding of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) post-smolts in the Northeast Atlantic / M. Haugland, J.C. Holst, M. Holm, L.P. Hansen. – DOI 10.1016/j.icesjms.2006.06.004 // ICES Journal of Marine Science. – 2006. – Vol. 63. – P. 1-13.

Thermal performance of juvenile Atlantic salmon / B. Jonsson, T. Forseth, A.J. Jensen, T.F. Næsje. – DOI 10.1046/j.0269-8463.2001.00572.x // *Functional Ecology*. – 2001. – Vol. 15, No. 6. – P. 701-711.

Reddin, D.G. Ocean life of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the Northwest Atlantic / D.G. Reddin // *Atlantic Salmon: Planning for the Future*, 1988. – P. 483-511.

Reddin, D.G. Marine environmental factors influencing the movement and survival of Atlantic salmon / D.G. Reddin, K.D. Friedland (Ed. D. Mills) // *Salmon in the sea and new enhancement strategies*. – 1993. – P. 79-103.

Strøm, J.F. Thermal habitat of adult Atlantic salmon *Salmo salar* in a warming ocean / J.F. Strøm, E.B. Thorstad, A.H. Rikardsen. – DOI.org/10.1111/jfb.14187 // *J. Fish. Biol.* – 2020. – Vol. 96. – P. 327-336.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПЛАСТИЧЕСКИЙ ОБМЕН НА ЭТАПАХ ЭМБРИОНАЛЬНОГО И ПОСТЭМБРИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ КЕТЫ (*ONCORHYNCHUS KETA*)

А.Н. Строганов¹, А.А. Смирнов^{2,3},
М.В. Пономарева¹, Е.В. Пономарева¹

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ),
г. Москва

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

³ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет» (СВГУ),
г. Магадан

Аннотация. Рассмотрены особенности влияния температуры на выживаемость, размерно-массовые характеристики, аллометрический рост кеты в раннем онтогенезе. В результате проведенных работ показана устойчивость кеты в раннем онтогенезе к температуре от 5 до 15 °С, ее снижение до 1,5 °С на выживаемость не влияло, а повышение до 18 °С вызывало 100 %-ную смертность. Не выявлены тенденции к изменению определявшихся морфометрических индексов ни на исследуемом отрезке онтогенеза, ни в ответ на температурное воздействие. Обсуждены особенности формирования температурной устойчивости во внутривидовых формах кеты: летней и осенней.

Ключевые слова: кета, ранний онтогенез, температурная устойчивость, структура популяции.

ВВЕДЕНИЕ

Кета (*Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792)) – представитель рода тихоокеанских (или дальневосточных) лососей (Никольский, 1971), обитает в северной части Тихого океана – от г. Сан-Франциско до Берингова пролива по североамериканскому побережью и от бухты Провидения до зал. Петра Великого по азиатскому побережью. В бассейне Северного Ледовитого океана кета заходит на нерест в сибирские реки – Лену, Колыму, Индигирку, на Аляске – р. Маккензи.

Описаны несколько внутривидовых форм кеты. Наиболее известными и интересными с точки зрения адаптации в раннем онтогенезе являются летняя и осенняя формы (Волобуев, Марченко, 2011). Они различаются по численности, срокам нерестового хода и размножения и местам размножения (Основные элементы биологической..., 2020). Необходимо отметить, что эти формы отличаются от одноименных у атлантического лосося, так как осенняя кета нерестится в том же году и

входит в реки на нерест позже летней. Различны морфология и экология (температурный и кислородный режимы) нерестилищ летней и осенней кеты. Летняя для размножения выбирает участки с галечниковым дном, расположенные, как правило, в конце плесового участка реки, перед перекатом, где скорость подруслового потока воды достигает максимальных значений. Так как омывание нерестилищ осуществляется только за счет подруслового потока, в холодные зимы на фоне экстремального снижения температур, слагающих русло грунтов, нерестилища летней кеты могут промерзнуть. Икра при этом погибает не только из-за низкой температуры, а также из-за недостатка кислорода на фоне прекращения проточности.

В отличие от летней кеты нерестилища осенней располагаются в местах выхода грунтовых вод. Самка осенней кеты сооружает гнездо в месте выхода ключа или вблизи действующего источника, при этом (хотя грунтовые воды беднее кислородом и имеют слабую кислую реакцию) все же икра осенней кеты развивается в достаточно стабильных температурных и кислородных условиях.

Также нужно отметить, что нерестилища летней кеты значительно подвержены влиянию человека, причем в большей степени, чем нерестилища кеты осенней. Это связано в том числе с сильным заилением грунта нерестилищ летней кеты, которое может быть следствием вырубок и строительства, а также с нерациональным ведением сельскохозяйственного производства на берегах рек или вблизи них.

Целью данной работы является исследование особенностей влияния температуры на выживаемость и рост кеты в раннем онтогенезе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследований использовались предличинки, личинки и мальки кеты. Работы выполнялись на кафедре ихтиологии МГУ им. М.В. Ломоносова. Материал для экспериментальных исследований был доставлен с ЛРЗ «Лазовой» (Макаровский р-н, Сахалинская обл.). Рассматривалось действие температурного фактора (опытные партии содержались при температуре от 5 до 15 °С) на выживаемость, аллометрический рост кеты в раннем онтогенезе. Характеристика периодов индивидуального развития – эмбрионального, личиночного и малькового – принята в трактовке С.Г. Крыжановского (Крыжановский, Дислер, Смирнова, 1953; Крыжановский, 1956; Павлов, 2007). На этапе смешанного и после перехода на полное экзогенное питание кету кормили лососевым гранулированным стартовым кормом промышленного производства.

У кеты проводили измерение морфометрических признаков, таких как полная длина тела (L), длина тела (по Смитту) до выемки в хвостовом плавнике (Ls), длина тела без учета длины хвостового плавника (l), длина головы (C), высота головы (CH), наибольшая высота тела (H), высота хвостового стебля (h), антедорсальное расстояние (AD), постдорсальное расстояние (PD), длина хвостового отдела (Cl), диаметр глаза (o) и интерорбитальное расстояние (io), а также масса (Правдин, 1966). Все промеры производили с точностью до 1 мм (отдельные до 0,5 мм). Морфометрические признаки на теле были выражены в долях от 1 (индексы), на голове – в долях от C.

Статистический анализ осуществляли по стандартным методикам (Ивантер, Коросов, 2003).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных работ выявлена устойчивость кеты на стадиях от предличинки до смолта к широкому диапазону температур: выживаемость 100 % от 5 до 15 °С. Известно, что начиная с позднего эмбриогенеза кета демонстрирует толерантность и к более низким температурам, вплоть до 0 °С (Городилов, 2003; Хованская, Рябуха, 2006). Для проверки в отдельную емкость отсаживали личинок и содержали при температуре 1,5-2,5 °С, что никак не отразилось на выживаемости. Однако такие температуры в экспериментах больше не использовали в связи с незначительными пищевой активностью и темпом роста. Также была попытка выращивания рыбы при высоких температурах. Личинок кеты высаживали в отдельную емкость, в которой в течение суток температуру поднимали с 15 до 18 °С, в результате – 100 %-ная гибель, что не могло быть связано с недостатком кислорода в связи со значительным объемом емкости и проведением аэрации воды.

Отмечено позитивное влияние температуры на рост кеты. При выращивании в опытных вариантах с температурой от 7,7 до 15 °С масса молоди кеты перед смолтификацией увеличивалась в три раза – с 1,5 до 4,5 г.

В связи с тем, что факторы среды оказывают влияние не только на размерно-массовые показатели, но и на рост отдельных частей тела, проводились промеры с расчетом морфометрических индексов. Полученные результаты не выявили тенденций к изменению индексов ни на исследуемом отрезке онтогенеза, ни в ответ на температурное воздействие: отклонения индексов от средних значений (М) находились в пределах нормальных для биологических исследований (см. таблицу), о

чем свидетельствовали значения коэффициента вариации (CV) (Рокицкий, 1967).

Значения морфометрических индексов кеты в раннем онтогенезе

Показатель	Морфометрический индекс								
	С/л	Н/л	h/л	AD/л	PD/л	С/л	o/С	СН/С	io/С
М	0,260	0,193	0,068	0,496	0,404	0,225	0,270	0,588	0,425
σ	0,021	0,029	0,014	0,035	0,023	0,043	0,039	0,084	0,059
CV, %	8	15	21	7	5	19	14	14	13

Известно, что в связи с различной морфологией и экологией нерестилиц летней и осенней кеты кардинально отличаются и температурные условия, в которых проходит раннее развитие в этих внутривидовых группировках.

Летняя кета для размножения выбирает участки с галечниковым дном, устойчивым подрусловым потоком, обеспечивающим омывание находящейся в гнезде икры. Температура воды во время нереста летней кеты в августе составляет 9,8-13,6 °С. По мере наступления осени и зимы температура воды в русле и подрусловом потоке снижается и в январе-феврале в гнездах летней кеты она может составлять до 0,1 °С (Леман, 2003; Волобуев, Марченко, 2011). Таким образом, для обеспечения высокой выживаемости летняя кета должна выдерживать изменения температуры в широких пределах.

В отличие от нерестилиц летней кеты нерестилища осенней, потомство которой использовалось в наших экспериментах, располагаются в местах выхода грунтовых вод – холодных летом и не замерзающих в морозы. Так, во время нереста осенней кеты в сентябре температура воды на нерестилище составляет около 7-8 °С. В зимние месяцы в гнездах она снижается, но не ниже 2-3 °С, поэтому даже в морозы (до –50 °С в Магаданской области) нерестилища кеты не покрываются льдом (Волобуев, Рогатных, Кузицин, 1990). В таких достаточно стабильных температурных условиях развиваются икра, предличинки, личинки и мальки осенней кеты.

Вполне возможно ожидать более узкую зону температурной устойчивости осенней кеты по сравнению с летней. Однако полученные нами результаты показали, что и осенняя кета в раннем развитии хорошо адаптирована к широкому температурному диапазону, с которым в природе не сталкивается. Одним из объяснений такой ситуации может быть то, что уровень дифференциации этих внутривидовых форм не абсолютен и, возможно, существует переход особей между летней и осенней формами.

Интересно отметить, что возможность существования обмена между внутривидовыми формами кеты подтверждают и результаты генетических исследований. На основе оценки изменчивости микросателлитных локусов ядерной ДНК показан низкий уровень генетической дифференциации ($\theta=1,07\pm 0,07$ %) между летней и осенней формами кеты в р. Поронай (о-в Сахалин, зал. Терпения) (Дивергенция сезонных рас..., 2017). Это свидетельствует в пользу того, что в р. Поронай в настоящее время воспроизводится слабоподразделенная группировка кеты (по классификации Л.А. Животовского (1991) группировка с гомогенной структурой), генетическое единство которой, видимо, поддерживается за счет генной миграции. Важно отметить, что при анализе уровня внутривидовой дифференциации необходимо учитывать особенности биологии объекта. Что касается кеты, то специфика биологии ее воспроизводства (хoming) создает условия для формирования дифференциации на генетическом уровне. Условия воспроизводства (например, характеристики реки) оказывают влияние на динамику формирования дифференциации в ту или другую сторону. В качестве примера можно привести данные о генетической дифференциации между летней и осенней формами кеты в р. Амур (Дивергенция сезонных рас..., 2017), имеющей гораздо большие размеры и более сложную разветвленную структуру по сравнению с р. Поронай. В р. Амур значения генетической дифференциации между летней и осенней формами кеты несколько выше ($\theta=3,20 \pm 0,15\%$), что соответствует представлениям о популяции с умеренной генетической подразделенностью (Животовский, 1991).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наши исследования показали, что по выживаемости, размерно-массовым характеристикам и особенностям аллометрического роста кета в раннем развитии демонстрирует устойчивость в широком диапазоне температур вне зависимости от того, к какой форме она принадлежит – летней или осенней, при этом генная миграция является одним из путей поддержания эвритермности во внутривидовых формах кеты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Волобуев, В.В. О внутривидовых формах кеты *Oncorhynchus keta* материкового побережья Охотского моря / В.В. Волобуев, А.Ю. Рогатных, К.В. Кузищин // Вопросы ихтиологии. – 1990. – Т.30, вып. 2. – С. 221-228.

Волобуев, В.В. Тихоокеанские лососи континентального побережья Охотского моря (биология, популяционная структура, динамика

численности, промысел) / В.В. Волобуев, С.Л. Марченко. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, – 2011. – 303 с.

Городилов, Ю.Н. О проблеме интродукции тихоокеанских лососей в моря Европейской части России / Ю.Н. Городилов // Вестник СПбГУ. – 2003. – Сер. 3, вып. 4. – С. 57-63.

Основные элементы биологической структуры тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* (Salmoniformes, Salmonidae) Магаданского региона в начале XXI в. / М.Н. Горохов, В.В. Волобуев, А.В. Ямборко, А.А. Смирнов // Вопросы рыболовства. – 2020. – Т. 21, № 2. – С. 131-155.

Животовский, Л.А. Популяционная биометрия / Л.А. Животовский. – М.: Наука, 1991. – 276 с.

Животовский, Л.А. Дивергенция сезонных рас кеты *Oncorhynchus keta* Walbaum, 1792 рек Амур и Поронай: экология, генетика, морфология / Л.А. Животовский, А.Е. Лапшина, П.Б. Михеев [и др.] // Биология моря. – 2017. – Т. 43, № 4. – С. 284-292.

Ивантер, Э.В. Введение в количественную биологию / Э.В. Ивантер, А.В. Коросов. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2003. – 304 с.

Крыжановский, С.Г. Материалы по развитию сельдевых рыб / С.Г. Крыжановский // Тр. Ин-та морфологии животных АН СССР. – 1956. – Вып. 17. – С. 1-254.

Крыжановский, С.Г. Эколого-морфологические закономерности развития окуневидных рыб (Percoidae) / С.Г. Крыжановский, Н.Н. Дислер, Е.Н. Смирнова // Тр. Ин-та морфол. животных АН СССР. – 1953. – Вып. 10. – С. 3-138.

Леман, В.Н. Экологическая и видовая специфика нерестилищ тихоокеанских лососей р. *Oncorhynchus* на Камчатке / В.Н. Леман // Чтения памяти В.Я. Леванидова. – Владивосток: Дальнаука, 2003. – Вып. 2. – С. 12-34.

Никольский, Г.В. Частная ихтиология: учебник для ун-тов / Г.В. Никольский. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 1971. – 472 с.

Павлов, Д.А. Морфологическая изменчивость в раннем онтогенезе костистых рыб / Д.А. Павлов. – М.: ГЕОС, 2007. – 264 с.

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Рокицкий, Б.Ф. Биологическая статистика / Б.Ф. Рокицкий. – Минск: Высшая школа, 1967. – 356 с.

Хованская, Л.Л. Экологические и биолого-физиологические особенности искусственного разведения лососей в Магаданской области / Л.Л. Хованская, Е.А. Рябуха // Современные проблемы лососевых

рыбоводных заводов Дальнего Востока: материалы междунар. науч.-практ. семинара, состоявшегося в рамках VII науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» / WWF [и др.]. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2006. – С. 95-110.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОМЫСЛА ГОРБУШИ В ВОСТОЧНОЙ И ЮЖНОЙ ЧАСТЯХ БЕЛОГО МОРЯ

И.И. Студенов

Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), г. Архангельск

Аннотация. Проанализированы изменения уловов горбуши линии нечетных лет при различных видах рыболовства в бассейне Белого моря в границах Архангельской области.

Ключевые слова: Белое море, Архангельская область, рыболовство, горбуша.

Горбуша *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) – самый массовый вид тихоокеанских лососей, ее доля в уловах в Дальневосточном федеральном округе варьирует от 73,3 % в 2000-2004 гг. до 78,7 % в 2021 г. (Марченко, 2022).

Предложение по повышению рыбопродуктивности северных морей и рек за счет рыб, не являющихся конкурентами для представителей аборигенной ихтиофауны, и акклиматизации дальневосточных лососей на севере Европейской части России выдвинули в 1931 г. (Рафиков, Захаров, 2019). Оно было вызвано сложностями восстановления численности популяций атлантического лосося (род *Salmo*), у которого более продолжительный жизненный цикл по сравнению с горбушей и кетой. Рыбы этих двух видов скатываются в море практически сразу после выхода из нерестовых бугров и формируют основу уловов дальневосточных лососей (90 %).

Работы по акклиматизации горбуши, описанные И.И. Студеновым в «Поморской энциклопедии» (2007), в бассейне Белого моря были начаты в 1956 г. и проходили в два этапа. На первом этапе (1956-1970 гг.) в качестве донорских использованы нерестовые группировки горбуши из рек о-ва Сахалин и Курильской гряды, на втором (с 1985 г.) – из рек Магаданской области. Интродукция северных нерестовых группировок привела к значительному росту численности горбуши на севере Европейской части России и началу ее промышленного освоения (Яковенко, 1995).

По материалам В.С. Боркичева с соавторами (2003), с 1989 г. в Белое море стали заходить большие по численности стада горбуши, которые происходили от естественного нереста. Средний вылов горбуши нечетной линии с 1989 по 2001 г. составил 25 т. Ее высокие уловы в конце 1980-90-х годов свидетельствуют о том, что условия для естественного воспроизводства в этот период были благоприятными. В 1998 г.

осуществлен завоз икры горбуши линии четных лет, а в 1999 г. проведен выпуск личинок горбуши четной линии в реки бассейна Белого моря. В 2000 г. отмечался возврат горбуши четной линии. В 1990-е годы по объемам добычи морских рыбных ресурсов горбуша находилась на 4-5-м местах, в целом по Белому морю ее суммарный улов достигал 400 т. В 2001 г. общий вылов горбуши в Белом море составил 336 т, из которых наибольшая доля – 295,6 т (88,1 %) – традиционно пришлась на Мурманскую область. В Архангельской области добыто 31,2 т (9,3 % от общего вылова), Республике Карелия – 8,7 т (2,6 % улова по Белому морю). Основную часть (58,6 %) получили рыболовецкие колхозы, доля рыбозаготовителей иных форм собственности составила 41,4 %.

В 2011 г. в уловах на пресноводных водных объектах горбуша отмечалась в Архангельской области с последней декады июня до второй декады августа – это обычные сроки подходов мигрантов к местам нереста. В рамках промышленного, любительского и спортивного рыболовства в бассейне р. Северная Двина выловлено 0,604 т, р. Мезень – 0,514 т. В прочих реках статистика вылова приходится на рыболовство в целях товарного рыбоводства, воспроизводства и акклиматизации (0,064 т) и любительское и спортивное рыболовство (0,002 т). На побережье Белого моря осваивалась основная часть объемов вылова горбуши, на промышленном, прибрежном, любительском и спортивном рыболовстве – 34,184 т.

В 2013 г. в уловах в Архангельской области на морских прибрежных участках Белого моря и пресноводных водных объектах горбушу фиксировали с последней декады июня до второй декады августа, что является обычными сроками подходов мигрантов к местам нереста. В рамках любительского и спортивного рыболовства в бассейне р. Северная Двина выловлено 0,007 т, в р. Мезень – 0,5847 т. В прочих реках статистика вылова приходится на рыболовство в научно-исследовательских и контрольных целях – 0,0055 т. На побережье Белого моря осваивалась основная часть объемов вылова горбуши, на промышленном, прибрежном, любительском и спортивном рыболовстве вылов составил 82,8 т.

На морских участках Белого моря в Архангельской области вылов за 2015 г. – 58,3 т. Уловы горбуши в пресноводных водных объектах Архангельской области – 0,379 т (р. Мезень).

В 2017 г. в уловах в Архангельской области на морских прибрежных участках Белого моря и пресноводных водных объектах горбушу фиксировали с последней декады июня до третьей декады августа. Период хода горбуши был более продолжительным в сравнении с традиционными сроками подходов к местам нереста. Ее основной вылов, как обычно, отмечен на участках Зимнего берега Белого моря. В рамках любительского рыболовства в речной системе р. Мезень и на побережье Белого моря

выловлено 2,388 т, в рамках промышленного рыболовства – 90,364 т. Общий вылов горбуши в границах Архангельской области – 92,752 т.

В 2019 г. в уловах в Архангельской области на прибрежных участках Белого моря и пресноводных водных объектах горбушу отмечали с последней декады июня до третьей декады июля. Период хода горбуши был короче в сравнении с традиционными сроками подходов к местам нереста. При всех видах рыболовства во всех районах добыто 30,633 т горбуши. Основная часть промышленного вылова традиционно пришлась на участки, расположенные вдоль Зимнего берега Белого моря, где объем добычи составил 22,965 т. В рамках любительского рыболовства в речной системе р. Мезень и у побережья Белого моря выловлено 7,291 т.

В 2021 г. в акватории Белого моря при промышленном рыболовстве в границах Архангельской области лов горбуши осуществляли на 23 рыболовных участках (14 на Зимнем берегу Белого моря и 9 на Летнем). Один находился в устьевой части р. Северная Двина (о-в Хабарка). Любительское рыболовство горбуши в границах Архангельской области проходило на 5 участках (2 – Зимний берег, 3 – Летний берег), в прочих реках Архангельской области любительского рыболовства не было. Суммарный вылов горбуши при промышленном и любительском рыболовстве в границах Архангельской области в 2021 г. составил 104,8 т, из них 99,8 % (104,5 т) пришлось на морские участки: 88,7 % (92,9 т) на Зимний берег Белого моря и 11,1 % (11,6 т) на Летний.

Таким образом, с 2011 по 2021 г. в южной и восточной частях Белого моря отмечался относительно устойчивый рост вылова горбуши, что прежде всего связано с увеличением численности этой рыбы за счет продуктивного естественного воспроизводства. Не менее важным фактором, влияющим на стабильный рост добычи горбуши, является успешное регулирование рыболовства в рамках деятельности региональных комиссий по вылову (добыче) рыб анадромных видов. Учитывая устойчивый рост вылова горбуши, освоение этой рыбой для воспроизводства все большего количества водотоков, в том числе ранее неиспользовавшихся или использовавшихся эпизодически, целесообразно рассмотрение вопроса о существенном увеличении рекомендуемых объемов ее добычи. Вместе с тем следует осмотрительно относиться к формированию новых участков для добычи анадромных видов рыб, поскольку это не ограничивает пользователей от подачи заявок на вылов другого анадромного вида – атлантического лосося, запасы которого в бассейне Белого моря практически повсеместно находятся в напряженном состоянии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Промысловое использование горбуши в Белом море / В.С. Боркичев, И.И. Студенов, С.С. Крылова, А.А. Шаров // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: тез. докл. 3 (XXVI) междунар. конф. (Сыктывкар, 11-15 февр. 2003 г.). – Сыктывкар, 2003. – С. 18-19.

Марченко, С.Л. Анализ лососевой путины 2021 г. / С.Л. Марченко. – DOI 10.26428/losos_bull16-2022-3-14 // Бюл. № 16 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток: ТИНРО, 2022. – С. 3-14.

Рафиков, Р.Р. Горбуша *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) в реках Европейского Северо-Востока России / Р.Р. Рафиков, А.Б. Захаров. – DOI 10.31140/j.vestnikib.2019.2(209).3 // Вестник института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. – 2019. – № 2(209). – С. 16-20.

Студенов, И.И. // Поморская энциклопедия: в 5 томах. Т. 2. Природа Ахангельского Севера / Помор. гос. университет им. М.В. Ломоносова; гл. ред. Н.М. Бызова. – 2007. – С. 134.

Яковенко, М.Я. Горбуша как объект промысла в бассейне Белого моря / М.Я. Яковенко // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря: материалы докл. VI регион. конф. / ЗИН РАН, Кандалакш. гос. заповедник. – СПб., 1995. – С. 35-37.

ВОЗМОЖНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ В ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

И.И. Студенов

Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), г. Архангельск

Аннотация. В рамках реализации Программы развития аквакультуры в Архангельской области в 2017-2022 гг. выполнены натурные исследования в 95 водных объектах (озерах, реках, искусственных водоемах и в прибрежье Белого моря) в целях оценки возможности индустриального выращивания радужной форели. Установлено, что на 62 из них могут быть сформированы рыбоводные участки, определены площади и границы потенциальных рыбоводных участков, из их числа более половины приходится на озера (53 %) и малые реки (39 %). Суммарный объем продукции рыбоводства в Архангельской области на исследованных водных объектах (участках) может ежегодно составлять 15081,15 т радужной форели.

Ключевые слова: Архангельская область, водные объекты, рыбоводство, радужная форель.

Аквакультура представляет собой динамичную, быстро развивающуюся отрасль производства белковых продуктов питания (Мамонтов, 2001). В условиях, когда уловы океанической рыбы и других морепродуктов сокращаются, рыбные запасы внутренних водоемов находятся в напряженном состоянии, а запасы рыб ценных видов поддерживаются за счет искусственного воспроизводства, единственным надежным источником увеличения объемов пищевой рыбопродукции является аквакультура.

Российская Федерация располагает крупнейшим в мире водным фондом внутренних водоемов и прибрежных акваторий морей, использование которого имеет комплексный многоотраслевой характер. Фонд рыбохозяйственных пресноводных водоемов в России с 1 января 2007 г. является федеральной собственностью. Федеральный закон от 02.07.2013 № 148-ФЗ «Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и его подзаконные акты представляют собой нормативную основу для роста производства продукции аквакультуры.

Архангельская область занимает обширную территорию, она богата природными ресурсами, в том числе и водными, при этом водный фонд области имеет особенности – так, в отличие от Республики Карелия, озерность территории относительно невелика. Согласно обзору А.К. Козьмина и В.В. Шатовой (1997), она включает в себя лишь несколько

крупных озерно-речных систем – верховья р. Онега с озерами Воже и Лача, р. Сия, протекающую через цепочку проточных озер, а также озерные системы рр. Кена, Илекса и Кожа, расположенных в западной части области.

Распределение озер по территории области неравномерное: на западе и севере в пределах зоны последнего оледенения их несравненно больше, чем к югу и востоку от этой зоны. В целом же на территории Архангельской области можно выделить условно два озерных района: западный, расположенный в бассейне р. Онега, и восточный, охватывающий тундровую полосу от Мезенской губы до границы с Ненецким автономным округом и Республикой Коми. Точное количество озер в области до настоящего времени не определено, но имеются сведения об озерном фонде Северного края (Озера и их..., 1972). «Гидрорыбпроект» в работе «Схема развития рыбного хозяйства на озерах Архангельской области» указано 224 252 озера площадью водного зеркала 1 135 900 га, что составляет примерно 2 % от площади области. Подавляющее большинство озер – это малые водоемы площадью менее 50 га. К относительно крупным принадлежат озера Лача (34,5 тыс. га), Кожозеро (9,7 тыс. га) и Кенозеро (6,9 тыс. га). Градация озер по площади водного зеркала показана в таблице (Козьмин, Шатова, 1997).

Озерный фонд Архангельской области

Площадь водного зеркала озер, га	Кол-во озер		Общая площадь	
	шт.	%	га	%
Менее 50	221 995	99,0	697 300	61,4
50-100	1 463	0,7	102 770	9,2
110-1000	733	0,3	146 560	12,6
Более 1010	61	≤ 0,1	189 270	16,8
Всего	224 252	100,0	1 135 900	100,0

Из всего многообразия озер Архангельской области в рыбохозяйственном отношении изучено 700. Вероятно, недоизученность водного фонда явилась одной из причин слабого развития озерного рыбоводства – к 2017 г. в Архангельской области выращивалось менее 100 т радужной форели в год. Другие объекты аквакультуры (осетровые, сиговые) архангельскими рыбводами практически не использовались. Ранее, в начале 1990-х годов предприятия аквакультуры существовали при многих промышленных производствах, располагавших теплой водой. Так, на базе Архангельского, Соломбальского и Котласского целлюлозно-бумажных комбинатов (ЦБК), Архангельского и Онежского гидролизных заводов, а также на Архангельской ТЭЦ выращивали радужную форель, осетровых, карпа (Козьмин, Новоселов, 1990).

В 2017 г. Правительством Архангельской области была начата реализация областной Программы развития аквакультуры. В рамках этой программы Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» приступил к исследованию водных объектов области, пригодных для формирования рыбоводных хозяйств. Основными критериями их выбора для развития аквакультуры являлись глубина в месте потенциальной установки садков, удовлетворительный гидрохимический режим и экологическая обстановка, отсутствие особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и водозаборов в акваториях. Кроме того, с учетом региональных особенностей, принималось во внимание наличие подъездных путей, объектов энергоснабжения и близость населенных пунктов. К сожалению, большинство озер Архангельской области находится в труднодоступных районах, значительная часть крупных водоемов входит в состав ООПТ – Кенозерского и Водлозерского национальных парков, заказников федерального и регионального уровней. Также при подборе для исследования водных объектов учитывалось мнение региональных исполнительных властей и бизнеса, программы полевых работ согласовывались с администрациями муниципальных образований (районов Архангельской области). В качестве объекта в товарной аквакультуре была избрана радужная форель, по которой в соседних регионах наработан большой опыт выращивания и показаны высокие результаты в Республике Карелия (более 15 тыс. т форели).

Исходными материалами для анализа озерного фонда в части его соответствия требованиям для установки озерных хозяйств послужили литературные и архивные данные В.М. Зеленкова, С.В. Кулиды (1998) о лимнологической изученности озер, собственные исследования, а также рыбоводно-биологические нормативы, разработанные специалистами Северного филиала ФГБНУ «ВНИРО» в 1996-2000 гг. для морских и пресноводных форелевых хозяйств. Учитывая особенности распределения озерного фонда, а также имеющийся опыт формирования садковых хозяйств на реках, в прибрежье Белого моря и искусственных водоемах, исследования перспектив формирования этих хозяйств в 2017-2022 гг. вели на всех водных объектах.

С 2017 г. работы выполнены на 95 водных объектах. Установлено, что на 62 из них могут быть сформированы рыбоводные участки, определены их площади и границы. Из их числа более половины приходится на озера (53 %) и малые реки (39 %) (рис. 1). Искусственные водоемы и прибрежные морские участки составляют всего 5 % от общего количества водных объектов, пригодных для создания хозяйств товарной аквакультуры.

Расчет объемов выращивания радужной форели в озерах выполнялся исходя из скорости биологического потребления основных биогенных

элементов – известно, что за сутки потребляется до 6 мкг/л фосфора и 40-50 мкг/л азота. В реках возможный объем выращивания оценивался по интенсивности водообмена на участках, пригодных для установки садковых хозяйств. По результатам проведенных работ установлено, что на 62 водных объектах, подходящих для формирования садковых хозяйств, может ежегодно выращиваться 15081,15 т радужной форели. Потенциальные объемы выращивания рыбы по районам Архангельской области представлены на рис. 2.

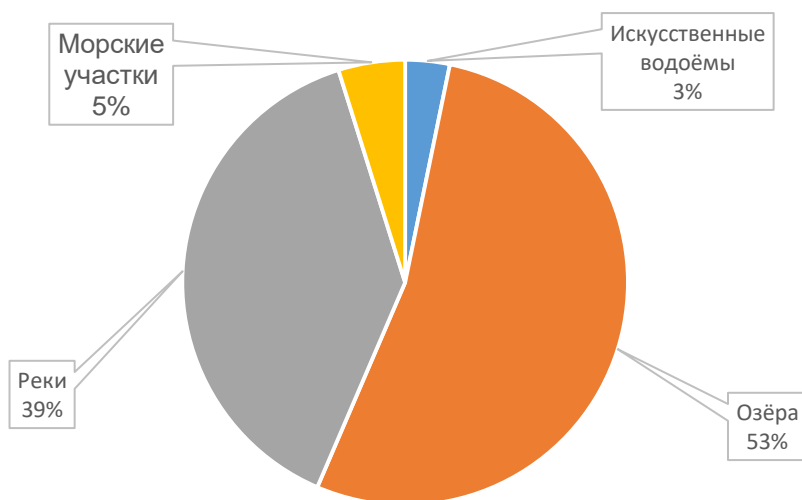


Рис. 1. Водные объекты Архангельской области, пригодные для развития товарной аквакультуры

Необходимо отметить, что реализация Программы развития аквакультуры в Архангельской области показала важность проведения натурных исследований в водных объектах. Так, в 2006 г. потенциал развития аквакультуры рыб в Архангельской области оценивался в основном камерально, использовались данные В.М. Зеленкова с соавторами (2005), при этом было рассчитано, что по всем видам рыбоводства (пастбищное, садковое, тепловодное) для таких рыб, как атлантический лосось (семга), кумжа, радужная форель, сиг и осетровые, общий объем выращивания составит не менее 5,4 тыс. т в год. Натурные исследования выявили, что только индустриальное выращивание радужной форели преимущественно в естественных водных объектах в 2,8 раза превышает цифру, полученную путем теоретических расчетов, при этом не изучены еще два района Архангельской области (Мезенский и Лешуконский), а в других нужны дополнительные исследования в тех или иных водных объектах.

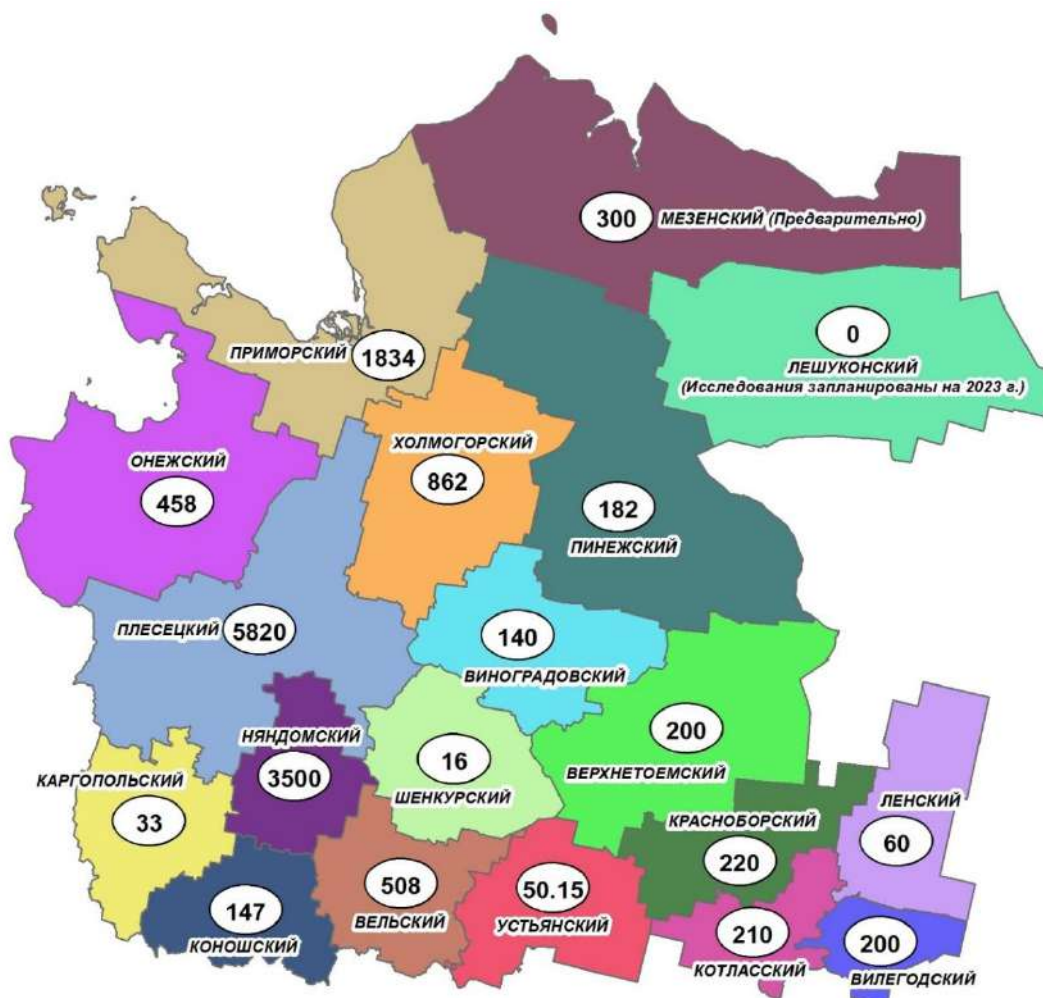


Рис. 2. Потенциальные объемы выращивания радужной форели по районам Архангельской области

Таким образом, аквакультура как направление приоритетного национального проекта «Развитие агропромышленного комплекса» представляет собой перспективное направление экономической деятельности в Архангельской области при условии поддержки предприятий аквакультуры за счет средств федерального, областного бюджетов и внебюджетных фондов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Озера и их режим // Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 3. Северный край / Под ред. И.М. Жила, Н.М. Алюшиной. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – Гл. 10. – С. 258-274.

Зеленков, В.М. Возможности развития форелеводства в Архангельской области / В.М. Зеленков, С.В. Кулида // Научно-техническая

политика и развитие новых отраслей экономики Архангельской области. – Архангельск, 1998. – С. 261-262.

Зеленков, В.М. Пути развития аквакультуры в Архангельской области / В.М. Зеленков, С.В. Кулида, А.К. Козьмин // Рыбное хозяйство. – 2005. – № 2. – С. 70-71.

Козьмин, А.К. Рыбохозяйственная характеристика озер Архангельской области / А.К. Козьмин, В.В. Шатова. – Архангельск, 1997. – 79 с.

Козьмин, А.К. Развитие тепловодного рыбоводства в Архангельской области / А.К. Козьмин, А.П. Новоселов // Экологические проблемы рационального использования и охраны водных ресурсов Северо-Запада Европейской части РСФСР. – Вологда, 1990. – С. 53-54.

Мамонтов, Ю.П. Современное состояние и будущее аквакультуры / Ю.П. Мамонтов // Проблемы и перспективы развития аквакультуры в России. – Краснодар, 2001. – С. 5.

ВЛИЯНИЕ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК НА ПОПУЛЯЦИЮ КУМЖИ р. ЗИМНЯЯ ЗОЛОТИЦА

*И.И. Студенов, А.М. Торцев, Г.М. Устюжинский, Д.В. Чупов
Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), г. Архангельск*

Аннотация. Представлены сведения о состоянии популяции кумжи р. Зимняя Золотица (Архангельская область) в зоне воздействия карьера и горно-обогатительного комбината на месторождении алмазов им. М. В. Ломоносова.

Ключевые слова: река Зимняя Золотица, кумжа, состояние популяции.

ВВЕДЕНИЕ

Сведения о лососевых рыбах малых рек бассейна Белого моря в зоне разработок первого в Европе месторождения алмазов в литературе представлены отрывочно. Первые сведения, описывающие состояние популяции атлантического лосося в р. Зимняя Золотица и ее притоках, опубликованы в 2001 г. по результатам совместных работ Северного филиала ФГБНУ «ВНИРО» и Северного филиала ФГБУ «Главрыбвод» (Студенов, Дерез, 2001), а также по итогам производственно-экологического контроля, выполняемого в зоне влияния месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова (Новоселов, Студенов, Дерез, 2001). Целью исследования является анализ материалов многолетнего экологического мониторинга для оценки изменений состояния популяции кумжи в р. Зимняя Золотица в условиях воздействия промышленной разработки алмазов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сведения о биологических показателях кумжи р. Зимняя Золотица базируются на данных многолетнего мониторинга, проведенного в 2011-2022 гг. Обработка полученных данных произведена с использованием программы MS Excel.

Река Зимняя Золотица берет начало из оз. Золотицкое на Беломорско-Кулойском плато, протекает по западной части Беломорско-Кулойского п-ова и впадает в Горло Белого моря с Зимнего берега. Протяженность реки 177 км, площадь водосбора 1 950 км² (Ресурсы поверхностных вод..., 1965). В 2003 г. в бассейне р. Золотица в районе впадения в р. Светлая начата разработка открытым способом месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова. В процессе разработки проектировалось расширение карьеров, что могло привести к поглощению ими русел р. Зимняя Золотица и ее притоков – р. Светлая и руч. Светлый. Во избежание поглощения

карьером частей русел рр. Зимняя Золотица, Светлая (впадала на 155 км от устья с правого берега) и руч. Светлый (впадал в р. Светлая на 1 км от устья с правого берега) был построен руслоотводной канал (РОК), отсекающий устьевые части р. Светлая и руч. Светлый, а также часть русла р. Зимняя Золотица с 156 по 152 км от ее устья. Помимо отвода русел естественных водотоков, канал принимает подземные воды из скважин, откачивающих воды из водоносных слоев вокруг карьеров. Канал строился поэтапно: первая очередь (РОК-1) соединила руч. Светлый и р. Светлая, вторая очередь (РОК-2) проложена от впадения р. Светлая до участка отвода русла р. Зимняя Золотица (РОК-3) (рис. 1).

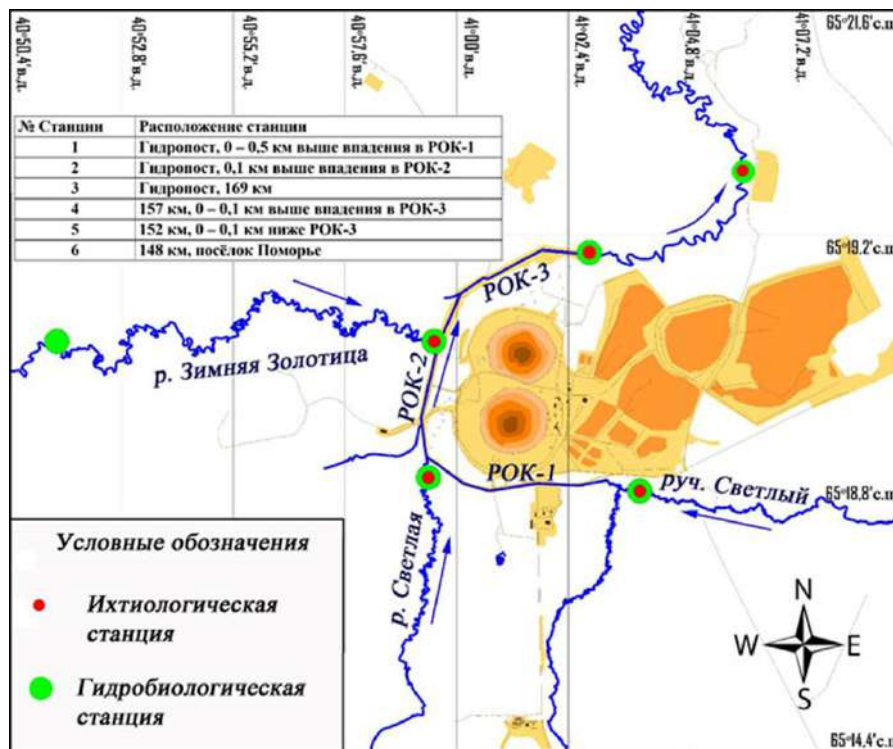


Рис. 1. Схема станций мониторинга в речной системе р. Зимняя Золотица в районе месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова в 2011-2022 гг.

На всех станциях ежегодно в период летней межени (конец июля – первая половина августа) выполняли контрольные обловы ставными жаберными сетями длиной от 2 до 20 м с размерами ячеек от 16 до 40 мм. Биологические показатели рыб определяли по стандартным методикам (Правдин, 1966; Чугунова, 1959).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В период мониторинга в 2011-2022 гг. по количеству выловленных особей кумжа составляла основу уловов (20,2 %). В 2000 г. до начала

строительства и разработки месторождения в сетных уловах в р. Зимняя Золотица и р. Светлая на долю кумжи приходилось 11,5 %. Таким образом, по сравнению с 2000 г. в 2011-2022 гг. вылов кумжи увеличился почти в 2 раза, при этом необходимо отметить, что объект является требовательным к высокому качеству воды и значительному содержанию растворенного кислорода.

По результатам измерения длины тела кумжи по Смитту установлено, что средняя составила $19,1 \pm 4,4$ см, варьируя от 8,5 до 38,8 см, следовательно, длина кумжи почти в 2 раза меньше (40 см) минимального размера, установленного в Правилах рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна. Масса изменялась от 6 до 634 г, в среднем составляя 100 ± 87 г. Средний возраст варьировал от 1,7 до 4,5 лет, составив в среднем $2,1 \pm 0,8$ года. Таким образом, биологические показатели кумжи свидетельствуют о том, что возрастная структура популяции рассматриваемого участка реки представлена преимущественно молодью. Биологические параметры кумжи представлены в таблице.

Биологические параметры кумжи из уловов в р. Зимняя Золотица в районе месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова в 2011-2022 гг.

Год	Длина (АС), см			Масса, г			Средний возраст, лет	Кол-во, экз.	Улов на усилии, экз./10 м сети/12 ч
	мин.	макс.	средняя	мин.	макс.	средняя			
2011	8,5	24	$18,1 \pm 3,4$	6	181	78 ± 41	1,7	16	0,42
2012	18,3	20	$19,1 \pm 0,7$	70	94	81 ± 11	2,0	7	0,32
2013	13,7	28,5	$19,4 \pm 3,9$	31	269	98 ± 58	2,1	17	0,34
2014	16,5	26,5	$19,3 \pm 2,6$	53	236	93 ± 48	2,2	13	0,45
2015	13,5	23,6	$19,2 \pm 3,3$	29	164	96 ± 50	2,3	9	0,34
2016	12	28,5	$19,7 \pm 6,2$	23	339	137 ± 118	2,2	13	0,53
2017	14,5	14,5	14,5	38	38	38	2,0	1	0,26
2018	11,8	36,6	$17,7 \pm 5,2$	24	608	91 ± 114	2,4	28	1,34
2019	16	21	$19,1 \pm 1,9$	52	117	90 ± 23	2,7	7	0,40
2020	14,1	22,7	$18,3 \pm 2,6$	34	165	75 ± 34	2,7	13	0,61
2021	12,6	38,8	$22,5 \pm 7,4$	25	634	178 ± 176	4,5	12	0,65
2022	13,7	26,3	$19,3 \pm 3,5$	32	225	95 ± 54	3,3	22	0,93
Среднее	8,5	38,8	$19,1 \pm 4,4$	6	634	100 ± 87	2,1	158	0,53

Вероятно, представленная возрастная структура кумжи связана с особенностями как самого биотопа, так и распределения ихтиофауны в р. Зимняя Золотица. Сброс в руслоотводный канал подземных вод со стабильной температурой привлекает кумжу – она находит здесь более стабильные температурные условия обитания по сравнению с соседними участками. Поскольку рыба совершает протяженные миграции в пределах речных систем, особи старших возрастных классов покидают зону влияния

ГОК, а в руслоотводных каналах и на прилегающих участках естественных водотоков нагуливается преимущественно молодь.

Уловы на единицу промыслового (рыболовного) усилия характеризуют плотность пространственного распределения рыб в водном объекте и служат индексом численности запаса. Чем выше запас, тем больше концентрация рыбы и тем больше ее будет отловлено единичным усилием. Суммарные уловы кумжи на усилие на контрольных станциях в речной системе р. Зимняя Золотица в 2011-2022 гг. изменялись от 0,26 до 1,34, в среднем составляя 0,53 экз./10 м сети/12 ч лова, при этом, как отмечено выше, кумжа составляла значительную долю уловов. В многолетнем аспекте тренд уловов кумжи на усилие имеет устойчивую тенденцию к росту, что позволяет ожидать увеличения ее доли в уловах в речной системе р. Зимняя Золотица в районе месторождения алмазов им. М. В. Ломоносова (рис. 2).

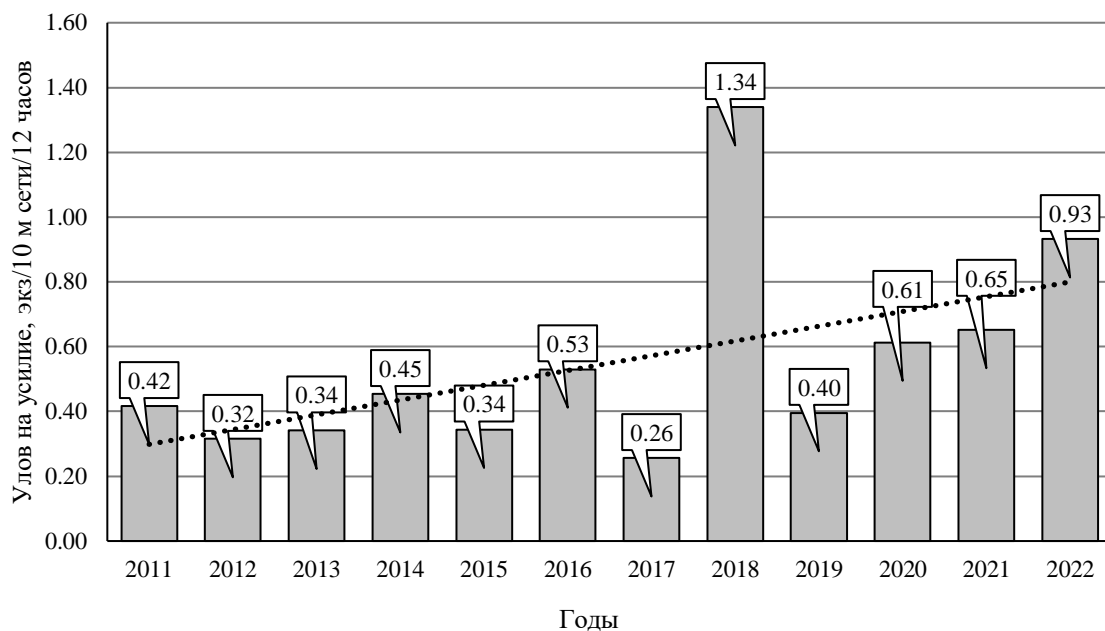


Рис. 2. Уловы кумжи на усилие в р. Зимняя Золотица в районе месторождения алмазов им. М. В. Ломоносова в 2011-2022 гг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным многолетнего мониторинга, проводимого Северным филиалом ФГБНУ «ВНИРО» в бассейне р. Зимняя Золотица в зоне влияния ГОК месторождения им. М.В. Ломоносова, популяция кумжи характеризуется следующими средними показателями: длина по Смитту составила 19,1 см, масса – 100 г, возраст – 2,1 года. Биологические показатели кумжи свидетельствуют о том, что возрастная структура кумжи на рассматриваемом участке речной системы представлена

преимущественно молодью. В многолетнем аспекте тренд уловов кумжи на единицу промыслового усилия имеет устойчивую тенденцию к росту, что свидетельствует о повышении ее численности. По результатам наблюдений, доля кумжи в уловах с 2000 по 2011-2022 гг. увеличилась почти вдвое. При этом кумжа старших возрастов после нереста покидает зону воздействия ГОК, а в руслоотводных каналах обитает ее молодежь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т.3. Северный край / Под ред. Н.Д. Шека; Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1965. – 610 с.

Новоселов, А.П. Состав ихтиофауны как показатель видового разнообразия рыб реки Зимняя Золотица (Зимний берег Белого моря) / А.П. Новоселов, И.И. Студенов, В.П. Дерез // Малые реки: современное экологическое состояние, актуальные проблемы: тез. докл. междунар. науч. конф. (Тольятти, 23-27 апр. 2001 г.) / Самар. науч. центр РАН [и др.]. – Тольятти, 2001. – С. 151.

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Студенов, И.И. Биологические характеристики смолтов семги из р. Зимней Золотицы (Зимний берег Белого моря) / И.И. Студенов, В.П. Дерез // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря: тез. докл. VIII регион. науч.-практ. конф. (Беломорск, 16-18 апр. 2001 г.). – Архангельск: Правда Севера, 2001. – С. 181-182.

Чугунова, Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб / Н.И. Чугунова. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 164 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛОСОСЕВОЙ НЕРЕСТОВОЙ р. РЫБНАЯ

И.И. Студенов, Г.В. Фукс

Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), г. Архангельск

Аннотация. Показаны первые биологические данные об атлантическом лососе, арктическом голеце и горбуше р. Рыбная в 2020-2021 г. (длина, масса, возраст, соотношение полов, питание), которые не дают полного представления о численности молоди лососевых и требуются дальнейшие исследования. Ход горбуши на нерест в 2021 г. начался в середине июля, полученные сведения могут послужить для составления прогнозов вылова промысловых рыб в р. Рыбная.

Ключевые слова: атлантический лосось, голец арктический, горбуша, нерестовый ход, р. Рыбная.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования семейства лососевых рыб в р. Рыбная, протекающей по п-ову Канин, начаты в 2020 г. и продолжены в 2021 г. Ранее их не проводили, соответственно публикаций по данному району нет. Целью исследований являлось изучение видового разнообразия, биологических характеристик производителей и молоди лососевых рыб, использования сырьевой базы реки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Река Рыбная протекает в северо-восточной части п-ова Канин по возвышенности Канин Камень (платообразный кряж в северной части п-ова Канин) и впадает в Баренцево море (рис. 1). Ее протяженность 77 км. Кряж Канин Камень является продолжением Тиманского кряжа. Наиболее крупные притоки – рр. Мурсейяга, Менсеяга, Нехайтеяга, Седеяга, Безрыбная, Наръеяга (Ресурсы поверхностных вод..., 1965).

Работы на р. Рыбная проводили с середины июня до середины июля 2020 г. в приливно-отливной зоне (около 11 км от устья), в первые две декады июля в 2021 г. выше приливно-отливной зоны (примерно в 20 км от устья) с использованием рыбоучетного заграждения (РУЗ) с размером ячеи 10 мм в кутовой части, крыльями длиной 30 м, высотой 2 м и ячеей 16 мм, ставных жаберных сетей с размером ячеи 35-40 мм и закидных неводов с размером ячеи 10 и 27 мм, у последнего с размером ячеи 20 мм в кутовой части. Средняя температура воды в р. Рыбная в первой половине июля в 2020 г. составила 16,8 °С, что выше на 1,5 °С в этот же период в 2021 г.

Средняя температура воздуха в это же время была выше в 2020 г. на 7,5 °С, чем в 2021 г. и равнялась 21,9 °С.

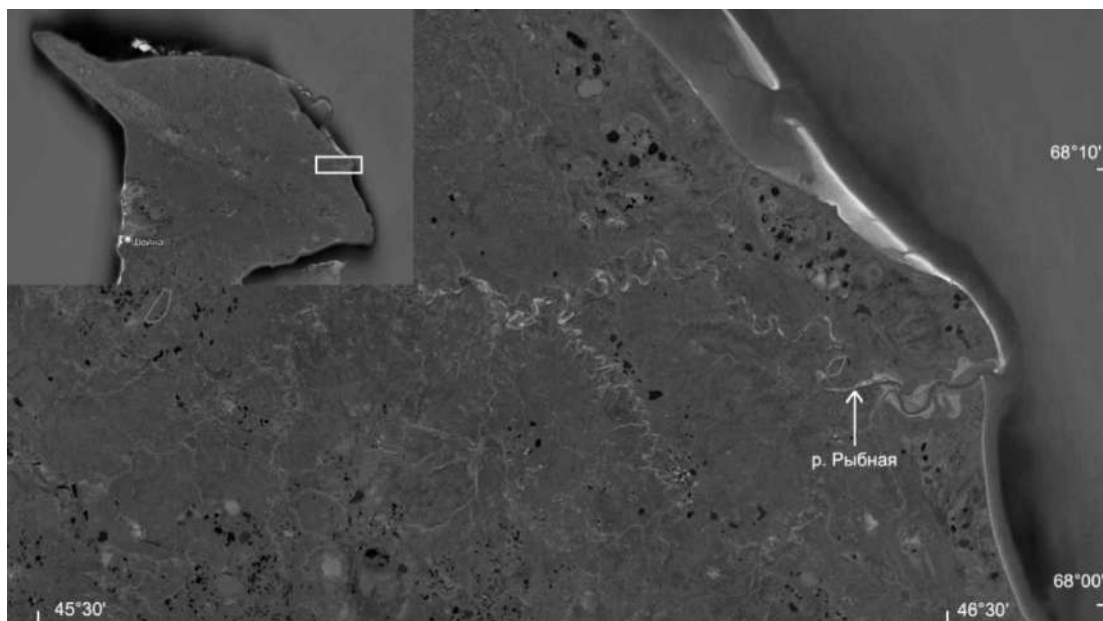


Рис. 1. Карта-схема р. Рыбная

Биологический анализ рыб проводили по общепринятым методикам (Правдин, 1966; Сакун, 1968; Инструкции, 2004). Возраст определяли по чешуе и отолитам (Чугунова, 1959; Фукс, 2020; Christensen, 1964). В качестве эксперимента для постановки возраста брали позвонки в передней части позвоночника за головой, всего по 3-4 позвонка. Их разрезали по отдельности, чистили, высушивали, возраст смотрели под бинокулярным микроскопом МБС-10 в падающем свете, иногда с добавлением воды или масла для лучшей читаемости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из семейства лососевых встречались 3 вида рыб. В табл. 1 представлен видовой состав уловов.

Лосось атлантический (семга) Salmo salar (Linnaeus, 1758). Взрослые особи из сетных и неводных уловов пойманы ниже РУЗ, молодь – в ловушку рыбоучетного заграждения и невод. Абсолютный возраст взрослых рыб составлял от 5 до 7 лет, молоди – 2-4 года (табл. 2). Модальная группа у молоди – 8 и 13 см (рис. 2), у половозрелых особей размерный ряд растянут от 48 до 87 см, модальной группы нет. Показатели длины, массы и возрастной состав рыб соответствуют таковым для рыб из рек, впадающих в юго-восточную часть Баренцева моря (Студенов, Устюжинский, 1999;

Atlantic Salmon *Salmo*, 2008). Соотношение самок и самцов 2:1. Стадия зрелости гонад молоди – II, всех взрослых особей – III, отмечено несколько экземпляров карликовых самцов длиной 13-14 см с гонадами в III стадии зрелости и расцветкой как у пестрятки. Средний балл наполнения желудка 2,21, взрослые рыбы не питались. В питании молоди отмечены мальки рыб, комары, мошки, личинки членистоногих, черви.

Таблица 1

Список рыб семейства лососевых, населяющих р. Рыбная

Вид рыбы		Экологический статус
Лосось атлантический	<i>Salmo salar</i> (Linnaeus, 1758)	Проходной. Преимущественно бореальный атлантический. Промысловый
Голец арктический	<i>Salvelinus alpinus</i> (Linnaeus, 1758)	Проходной и пресноводный. Арктический. Циркумпольярный. Промысловый
Горбуша	<i>Oncorhynchus gorbuscha</i> (Walbaum, 1792)	Проходной. Преимущественно бореальный. Промысловый

Таблица 2

Некоторые биологические характеристики лососевых рыб р. Рыбная

Вид рыбы	Длина (АС), см			Масса, кг			Возраст, лет		Кол-во экз.
	средняя	мин.	макс.	средняя	мин.	макс.	мин.	макс.	
Лосось атлантический	70,3	48,7	87,0	3,553	1,040	7,130	5	7	22
Лосось атлантический (молодь)	11,5	7,5	18,4	0,018	0,005	0,036	2	4	76
Голец арктический	48,8	39,0	59,5	1,284	0,139	2,520	4	10	46
Голец арктический (молодь)	15,9	11,6	29,3	0,019	0,011	0,079	3	5	22
Горбуша	43,5	34,6	58,5	1,049	0,49	2,45	2	2	25

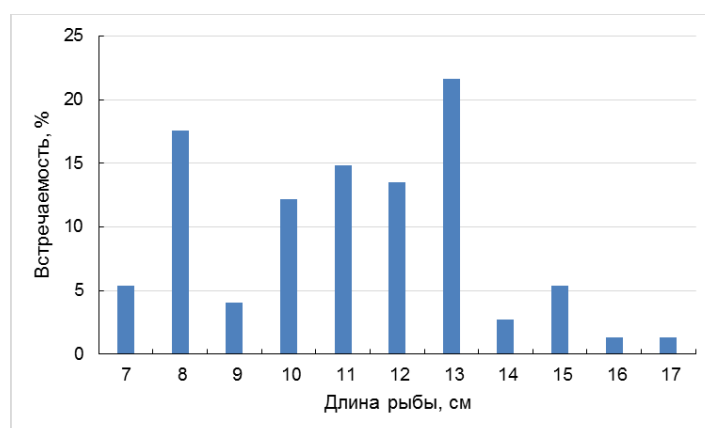


Рис. 2. Размерный ряд молоди атлантического лосося из уловов в р. Рыбная

При определении возраста особей по позвонкам хорошо видно разделение речных и морских лет. На рис. 3 дано изображение позвонка половозрелого атлантического лосося в возрасте 5+, из них 4 речных года.

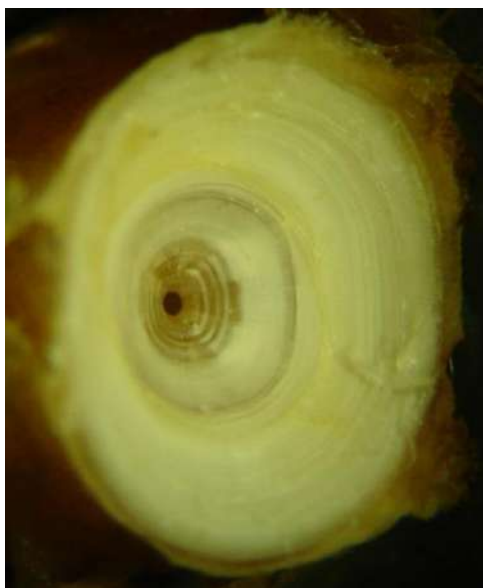
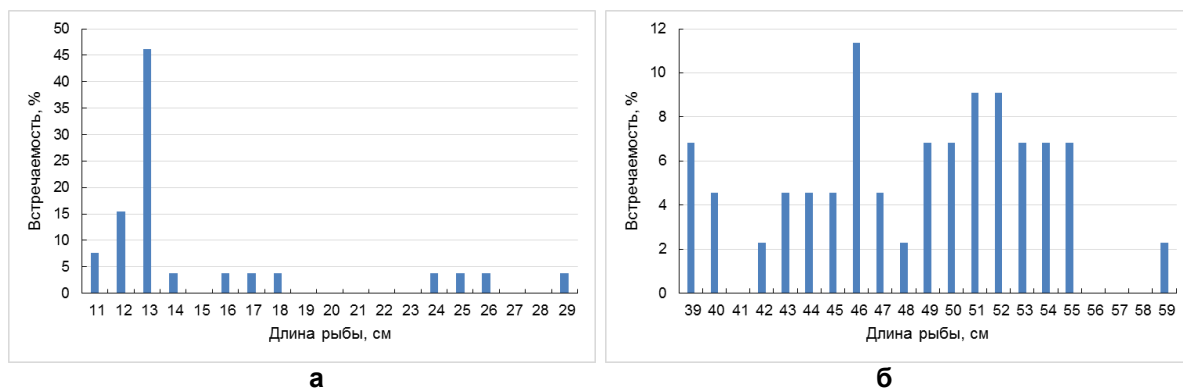


Рис. 3. Позвонок половозрелого атлантического лосося

Скат молоди лосося атлантического в р. Рыбная прослежен не полностью, возможно, он проходит в конце мая – первой половине июня, начало и окончание миграции зависят от погодных условий конкретного года. Сроки проведения работ в последующие годы необходимо корректировать исходя из гидрометеорологических условий на р. Рыбная.

Голец арктический *Salvelinus alpinus* (Linnaeus, 1758). Все взрослые особи из сетных и неводных уловов пойманы ниже РУЗ (это обусловлено тем, что голец, как горбуша и семга, поднимался по реке к местам нереста), молодь – в ловушку РУЗ. Средняя длина составила 15,9 см, возраст 3-5 лет. Все взрослых особи. В июле массового хода не отмечено, в уловах присутствовало до 9 особей в сутки. Нерестовая окраска отсутствовала. Возраст взрослых рыб варьировал от 5 до 10 лет, возраст определен по отолитам. У молоди модальная группа 13 см (46 %) (рис. 4а), у половозрелых особей четкой моды нет ввиду растянутости размерного ряда (см. рис. 3б). Диапазон длины 39-59 см, средняя длина – 48,8 см, средняя масса – 1,28 кг. Соотношение самок и самцов 1:1. Стадия зрелости гонад молоди – II, всех взрослых особей – III. Голец не питался, у одной особи в желудке отмечены членистоногие.



**Рис. 4. Размерный ряд гольца арктического из уловов в р. Рыбная:
а – молодь; б – половозрелые особи**

*Горбуша *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792)*. Абсолютное большинство особей (95 %) из неводных уловов пойманы ниже РУЗ. Модальную группу составила группа особей длиной 44-51 см (72,5 %). Соотношение самок и самцов 2:3. Все рыбы были преднерестовыми и находились в IV стадии зрелости гонад. Горбуша не питалась. В 2020 г. массового хода горбуши не отмечено, массовый ход на нерест в 2021 г. начался в середине июля.

На р. Рыбная и примыкающей к ее устью части побережья Баренцева моря отсутствуют промышленные предприятия, не ведется какая-либо хозяйственная деятельность, оказывающая негативное воздействие на среду обитания водных биологических ресурсов. Единственным фактором, оказывающим негативное воздействие на состояние запасов атлантического лосося (семги) и других лососевых рыб в р. Рыбная, является незаконный лов. Для оценки численности лососевых рыб в целях определения объемов рекомендованного вылова требуется продолжение наблюдений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Скат молоди лосося атлантического в р. Рыбная не удалось проследить в полной мере. Возможно, он проходит в конце мая – первой половине июня. Начало и окончание миграции значительно зависят от погодных условий каждого конкретного года.

Полученные данные не дают полного представления о численности молоди семги. Сроки проведения работ в последующие годы необходимо корректировать, исходя из гидрометеорологических условий. Ход горбуши на нерест в 2021 г. начался в середине июля.

Абсолютный возраст производителей атлантического лосося составил от 5 до 7 лет, молоди – 2-4 года. Модальная группа у молоди 8 и 13 см, средняя длина 11,5 см, у половозрелых особей размерный ряд растянут от

48 до 87 см, средняя длина 70,3 см, модальной группы нет. Средняя масса молоди 18 г, взрослых рыб – 3553 г.

Средняя длина молоди гольца составила 15,9 см, возраст 3-5 лет. Возраст взрослых рыб атлантического лосося варьировал от 5 до 10 лет, Модальная группа у молоди 13 см, средняя длина 15,9 см, у половозрелых особей четкой моды нет, средняя длина 48,8 см. Средняя масса молоди 19 г, взрослых рыб – 1284 г.

Модальную группу горбуши составила группа особей длиной 44-51 см (72,5 %), средняя длина 43,5 см, средняя масса 1049 г.

Показатели длины, массы и возрастной состав особей соответствуют таковым для рыб из рек, впадающих в юго-восточную часть Баренцева моря.

Единственным фактором, оказывающим негативное воздействие на состояние запасов атлантического лосося (семги) и других лососевых рыб в р. Рыбная, является незаконный лов.

Для оценки численности лососевых рыб в целях определения объемов рекомендованного вылова планируется продолжение исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в морях Европейского Севера и Северной Атлантики / ПИНРО; сост. М.С. Шевелев, Ю.И. Бакай, С.М. Готовцев [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – 2004. – 299 с.

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т.3. Северный край / Под ред. Н.Д. Шека; Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1965. – 610 с.

Сакун, О.Ф., Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб / О.Ф. Сакун, Н.А. Буцкая; М-во рыб. хоз-ва СССР, ПИНРО. – 2-е изд., перераб. и доп. – Мурманск, 1968. – 48 с.

Студенов, И.И. Динамика миграции и биологические показатели семги р. Волонги (Чёшская губа Баренцева моря) в 1998 г. / И.И. Студенов, Г.М. Устюжинский // Актуальные проблемы биологии и экологии: тез. докл. VI молодеж. науч. конф. / Коми НЦ УрО РАН. – Сыктывкар, 1999. – С. 234.

Фукс, Г.В. Отолитометрия полярной камбалы (*Liopsetta glacialis*) прибрежных районов морей Северного рыбохозяйственного бассейна: специальность 03.02.06 «Ихтиология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Г.В. Фукс. – Калининград, 2020. – 24 с.

Чугунова, Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб / Н.И. Чугунова. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 164 с.

Atlantic Salmon (*Salmo salar* Linnaeus, 1758) of the Pechora River / I.I. Studenov, V.P. Antonova [et al.]; SevPINRO, Northern Water Ecosystems. – Arkhangelsk: [s. n.], 2008. – 52 p.

Christensen, J.M. Burning of otoliths, a technique for age determination of soles and other fish // J.M. Christensen. – J. Cons. Perm. int. Explor. – 1964. – Vol. 29, Iss. 1. – 73-81 p.

ВЛИЯНИЕ ФОРЕЛЕВОГО ХОЗЯЙСТВА НА ЭКОСИСТЕМУ ЛОСОСЕВОЙ НЕРЕСТОВОЙ РЕКИ БАСЕЙНА р. СЕВЕРНАЯ ДВИНА

М.А. Студенова, И.И. Студенов, А.П. Щекин
Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), г. Архангельск

Аннотация. На примере рыбоводного участка «Падома», расположенного на р. Падома (приток р. Северная Двина третьего порядка), оценено воздействие товарной аквакультуры на экосистему лососевой нерестовой реки. Хозяйство функционирует круглогодично на протяжении 5 лет. Объем выращивания радужной форели составляет от 3,9 до 9,1 т в год. Оценка воздействия рыбоводного хозяйства выполнена по пробам зообентоса, отобраным по течению выше и ниже садков. Высокая информативность о состоянии среды определяется тем, что по сравнению с другими группами организмов бентос наиболее стабилен во времени, характеризует локальную ситуацию в пространстве, способен указать на изменения экосистемы в ретроспективе. По таксономическому составу бентоса, а также показателям его численности и биомассы установлено, что форелевое хозяйство не оказывает негативного воздействия на экосистему малой реки.

Ключевые слова: аквакультура, зообентос, воздействие на речную экосистему.

ВВЕДЕНИЕ

Падома – лососевая нерестовая река протяженностью 68 км. Согласно книге «Ресурсы поверхностных вод...» (1965), впадает в р. Устья, которая относится к бассейну р. Вага – приток первого порядка р. Северная Двина (рис. 1).

Р. Падома протекает по территории Устьянского муниципального округа – одного из самых южных районов Архангельской области. В 2018 г. в нижнем течении реки в районе д. Череновская сформирован рыбоводный участок «Падома» (рис. 2).

На участке ежегодно осуществляется выращивание товарной радужной форели, максимальный объем – 9,1 т в год. В Архангельской области это первое форелевое хозяйство, сформированное на естественном водотоке, остальные рыбоводные фермы расположены на озерах. Целью исследования являлась оценка влияния форелевого хозяйства на экосистему лососевой реки.

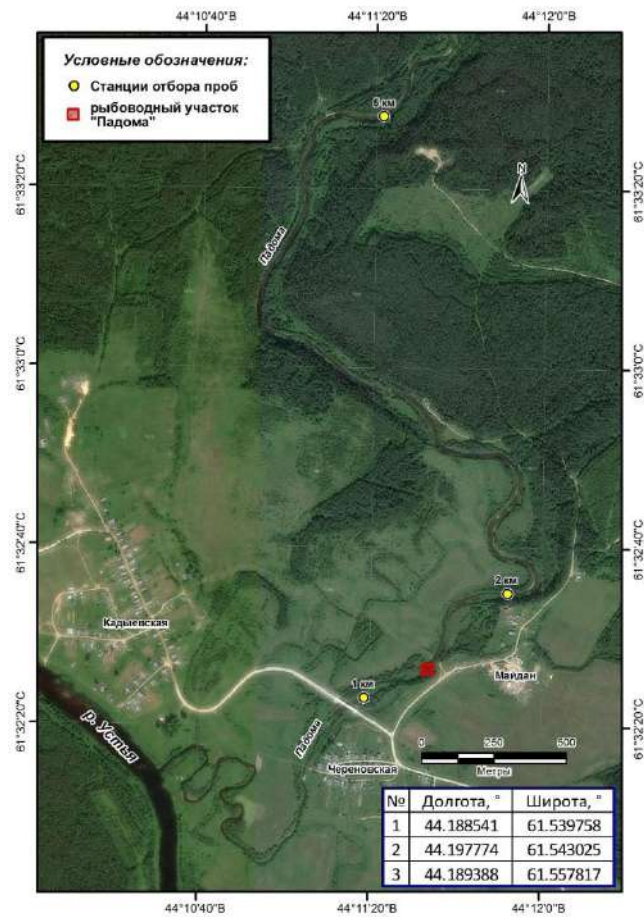


Рис. 1. Схема нижнего течения р. Падома и расположение точек отбора проб



Рис. 2. Рыбоводный участок на р. Падома в районе д. Череновская

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наиболее информативным и практически удобным объектом оценки состояния водных экосистем является макрозообентос. По данным А.П. Новоселова и И.И. Студенова (2004), высокая информативность макрозообентоса в отношении состояния среды определяется тем, что, по сравнению с другими группами организмов, бентос наиболее стабилен во времени, характеризует локальную ситуацию в пространстве, его состояние отражает изменения экосистемы в ретроспективе. Для оценки влияния форелевого хозяйства на экосистему лососевой реки осенью 2021 г. на р. Падома собрали гидробиологический материал. Осенний период был избран для наблюдения, так как в это время фауна беспозвоночных наиболее стабильна – не происходит резких скачков численности и биомассы за счет вылета взрослых насекомых. Пробы отбирали на трех станциях: от устья 5 км (фоновая), 2 км (выше форелевого хозяйства) и 1 км (ниже форелевого хозяйства), также у левого и правого берегов и с центральной части русла реки (рис. 3).



Рис.3. Отбор проб бентоса на р. Падома (5 км от устья) в 2021 г.

Всего с использованием пробоотборника Сарбера (бентосная рамка) отобрано и обработано 9 проб зообентоса. После первичной промывки пробы фиксировали 4 %-ным раствором формалина, этикетировали и затем обрабатывали в камеральных условиях согласно общепринятым методам,

описанным в статье «Зообентос дельты реки Северная Двина» (2021). Определяли систематическую принадлежность организмов зообентоса до низшего таксона с помощью общепринятых методик (Определитель пресноводных беспозвоночных..., 1977; Определитель пресноводных беспозвоночных..., 1994-2004). Результаты исследований включили в базу данных «Зообентос пресноводных водных объектов Севера России» (2017). Влияние хозяйства на экосистему реки оценивали по двум показателям, предложенным В.П. Семенченко (2004), – доле олигохет в общей численности и значениям индекса BMWP (Biological Monitoring Working Party Index).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всего в р. Падома в 2021 г. было выявлено 18 групп зообентоса: гидры (Hydrozoa), круглые черви (Nematoda), малощетинковые черви (Oligochaeta), пиявки (Hirudinea), двустворчатые моллюски (Bivalvia), брюхоногие моллюски (Gastropoda), водные клещи (Hydrachnidia), водные пауки (Aranei), ракушковые раки (Ostracoda), личинки стрекоз (Odonata), личинки поденок (Ephemeroptera), личинки веснянок (Plecoptera), личинки и взрослые особи водных жуков (Coleoptera), личинки ручейников (Trichopteta), личинки комаров-звонцов (Chironomidae), личинки мошек (Simuliidae), личинки мокрецов (Ceratopogonidae) и неопределенные личинки двукрылых (Diptera). Количество таксонов на исследованных участках составило 17 на 5-м км от устья и по 16 на 2-м и 1-м км от устья (табл. 1). На всех станциях в пробах зообентоса встречались малощетинковые черви, двустворчатые и брюхоногие моллюски, водные клещи, личинки стрекоз, поденок, веснянок, водных жуков, ручейников, комаров-звонцов, мошек, мокрецов, двукрылых и взрослые особи водных жуков. На 5-м км от устья в составе донной фауны попадались пиявки, на 2-м км – гидры и водные пауки.

Численность беспозвоночных варьировала от 7574 экз./м² на 5-м км до 17975 экз./м² на 2-м км, составляя в среднем 11797 экз./м² (табл. 2). Биомасса донной фауны изменялась от 7,7 г/м² на верхней станции (5 км от устья) до 11,9 г/м² на самой нижней (1 км от устья).

На 5-м км от устья основу численности донной фауны формировали личинки ручейников (22,8 %) и водных жуков (22,5 %), субдоминантами выступали брюхоногие моллюски (12,9 %), личинки поденок (11,9 %) и личинки веснянок (10,9 %) (табл. 3). Доля остальных таксонов изменялась от 0,1 % (круглые черви, пиявки, двустворчатые моллюски и личинки мокрецов) до 5,2 % (личинки комаров-звонцов). Основу численности водных беспозвоночных на 2-м км от устья составляли личинки поденок

(26,1 %), водные клещи и личинки ручейников (по 16 %), личинки комаров-звонцов (13,3 %) и личинки водных жуков (12,2 %) (см. табл. 3). Содержание прочих таксонов на 2-м км от устья варьировало от 0,1 % (гидры и водные пауки) до 7,9 % (личинки веснянок). Основу численности зообентоса на 1-м км от устья формировали личинки комаров-звонцов (26,2 %), личинки поденок (16 %) и ручейников (15,8 %) и водные клещи (14,8 %) (см. табл. 3). Вклад остальных таксонов составлял от 0,1 % (круглые черви и двустворчатые моллюски) до 9,2 % (личинки водных жуков).

Таблица 1

Таксономический состав зообентоса в р. Падома осенью 2021 г.

Таксон	Расстояние от устья, км		
	5	2	1
Hydrozoa	-	+	-
Nematoda	+	-	+
Oligochaeta	+	+	+
Hirudinea	+	-	-
Bivalvia	+	+	+
Gastropoda	+	+	+
Hydrachnidia	+	+	+
Aranei	-	+	-
Ostracoda	+	-	+
Odonata lv	+	+	+
Ephemeroptera lv	+	+	+
Plecoptera lv	+	+	+
Coleoptera lv	+	+	+
Coleoptera imago	+	+	+
Trichoptera lv	+	+	+
Chironomidae lv	+	+	+
Simuliidae lv	+	+	+
Ceratopogonidae lv	+	+	+
Diptera n/det lv	+	+	+

Таблица 2

Показатели зообентоса в р. Падома осенью 2021 г.

Показатель	Расстояние от устья, км			
	5	2	1	среднее
Численность, экз./м ²	7574	17975	10742	11797
Биомасса, г/м ²	7,7	9,2	11,9	9,6

На 5-м км от устья основу биомассы составляли брюхоногие моллюски (40,8 %) и личинки ручейников (26,3 %) (см. табл. 3). Вклад остальных таксонов не превышал 6,4 %. Биомассу зообентоса на 2-м км от устья формировали личинки ручейников (25,4 %), личинки стрекоз (19,3 %) и брюхоногие моллюски (14 %), субдоминантами выступали личинки поденок и веснянок (по 11 %) и личинки водных жуков (7,8 %) (см. табл. 3).

Доля прочих водных беспозвоночных не превышала 5 %. На 1-м км от устья в основе биомассы были брюхоногие моллюски (40,2 %) и личинки ручейников (35,9 %) (см. табл. 3). Вклад других представителей зообентоса в формирование общей биомассы не превышал 3,2 %.

Таблица 3

Количественные показатели зообентоса в р. Падома осенью 2021 г.

Таксон	Доля от общей численности, %			Доля от общей биомассы, %		
	Расстояние от устья, км					
	5	2	1	5	2	1
Hydrozoa	-	0,1	-	-	0,06	-
Nematoda	0,1	-	0,1	0,02	-	0,01
Oligochaeta	1,9	0,8	0,6	1,2	0,4	0,1
Hirudinea	0,1	-	-	1,5	-	-
Bivalvia	0,1	0,3	0,1	0,3	0,4	0,02
Gastropoda	12,9	1,1	4,5	40,8	14,0	40,2
Hydrachnidia	4,4	16,1	14,8	0,2	1,6	0,9
Aranei	-	0,1	-	-	0,04	-
Ostracoda	0,8	-	0,4	0,01	-	0,01
Odonata lv	0,2	0,2	0,2	0,04	19,3	0,04
Ephemeroptera lv	11,9	26,1	16,0	3,1	11,4	3,2
Plecoptera lv	10,9	7,9	7,5	5,3	11,1	2,4
Coleoptera lv	22,5	12,2	9,2	6,4	7,8	3,2
Coleoptera imago	4,2	4,3	3,0	3,0	4,6	1,8
Trichoptera lv	22,8	16,0	15,8	26,3	25,4	35,9
Chironomidae lv	5,2	13,3	26,2	0,1	0,5	0,5
Simuliidae lv	0,2	0,7	0,2	0,03	0,3	0,02
Ceratopogonidae lv	0,1	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1
Diptera n/det lv	1,7	0,4	1,0	11,6	2,9	11,6

Согласно полученным данным, доля олигохет значительно снизилась по направлению к устью реки: на фоновой станции (5 км от устья) она составляла 1,9 % от общей численности, на участке выше форелевого хозяйства – 0,8 %, что в 2,4 раза меньше, чем на фоновой станции. На участке ниже форелевого хозяйства доля олигохет от общей численности бентосных организмов – 0,6 %, что в 3,2 раза меньше, чем на фоновой станции. Таким образом, по направлению от фоновой станции, расположенной выше населенных пунктов и зон влияния хозяйственной деятельности, до станции ниже форелевого хозяйства доля олигохет в формировании общей численности бентоса неуклонно снижалась, что позволяет сделать заключение об отсутствии негативного влияния рыболовного хозяйства на экосистему малой реки.

Значения индекса BMWP по направлению от фоновой станции к устью реки составляли соответственно 112 (5 км от устья), 189 (2 км от устья) и 162 (1 км от устья). Значения индекса более 150 определяют качество воды как исключительное, от 101 до 150 – как очень хорошее.

Таким образом, на фоновой станции качество воды по значению индекса определено как очень хорошее, а на станциях выше и ниже рыбоводного участка – как исключительное.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для оценки влияния форелевого хозяйства на экосистему лососевой реки осенью 2021 г. на р. Падома были собраны пробы зообентоса на трех станциях от устья: 5 км (фоновая), 2 км (выше форелевого хозяйства) и 1 км (ниже форелевого хозяйства). Пробы отбирали у левого и правого берегов и с центральной части русла реки.

По результатам обработки материалов р. Падома было выявлено 19 групп зообентоса. Количество таксонов на исследованных участках составило: 17 на 5-м км от устья и по 16 на 2-м и 1-м км от устья. Наибольшая численность бентоса наблюдалась в пробах, взятых на 2-м км от устья, а наибольшая биомасса на – 1-ом км от устья. Влияние хозяйства на экосистему реки оценивалось по двум показателям: доле олигохет в формировании общей численности бентоса и значениям индекса BMWP. Установлено, что доля олигохет значительно снижалась по направлению к устью реки: от 1,9 % от общей численности до 0,6 %, что в 3,2 раза меньше, чем на фоновой станции. Таким образом, по направлению от фоновой станции, расположенной выше населенных пунктов и зон влияния хозяйственной деятельности, до станции ниже форелевого хозяйства доля олигохет в формировании общей численности неуклонно снижалась, что позволило сделать заключение об отсутствии негативного влияния рыбоводного хозяйства на экосистему лососевой нерестовой реки. Значения индекса BMWP по направлению от фоновой станции к устью реки составляли соответственно 112 (5 км от устья), 189 (2 км от устья) и 162 (1 км от устья). Значения индекса более 150 определяют качество воды как исключительное, от 101 до 150 – как очень хорошее. На фоновой станции качество воды по значению индекса определено как очень хорошее, а на станциях выше и ниже рыбоводного участка – как исключительное. Таким образом, по результатам исследования проб зообентоса, собранным в осенний период 2021 г., установлено, что форелевое хозяйство не оказывает негативного влияния на экосистему малой реки. Расположение рыбоводных хозяйств для выращивания радужной форели на малых реках может быть рекомендовано для регионов, где отсутствуют крупные озера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Зообентос пресноводных водных объектов Севера России. База данных. Номер свидетельства: RU 2017620660. Дата регистрации: 21.04.2017.

Зообентос дельты реки Северная Двина / М.А. Студенова, И.И. Студенов, Д.В. Чупов, А.С. Самодов. – DOI 10.25750/1995-4301-2021-2-060-065 // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – № 2. – С. 60-65.

Новоселов, А.П. Принципы мониторинга биологического разнообразия гидробионтов, результаты и перспективы работ СевПИПРО в Пинежском государственном заповеднике / А.П. Новоселов, И.И. Студенов // Летопись природы Пинежского заповедника: история, современное, состояние и перспективы мониторинга природного комплекса: междунар. семинар. – Пинега, 2004. – С. 30-37.

Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР: [Планктон и бентос] / Г.Г. Винберг, О.И. Чибисова, Н.С. Гаевская [и др.]; Отв. ред. д-ра биол. наук Л.А. Кутикова, Я.И. Старобогатов]; Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР, Зоол. ин-т АН СССР. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. – 511 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий: в 6 томах / Зоол. ин-т Рос. акад. наук. – СПб., 1994-2004. – 6 т.

Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т.3. Северный край / Под ред. Н.Д. Шека; Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1965. – 610 с.

Семенченко, В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод / В.П. Семенченко. – Минск: Орех, 2004. – 125 с.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОМЫСЛА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ В р. ПЕЧОРА

А.М. Торцев, Д.В. Чупов

Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), г. Архангельск

Аннотация. Статья посвящена современному состоянию промышленного лова атлантического лосося в р. Печора. Рассмотрены условия промысла и освоение запасов семги.

Ключевые слова: р. Печора, атлантический лосось, промышленное рыболовство.

ВВЕДЕНИЕ

Промысел семги в р. Печора вели с давних времен, однако первые отрывочные статистические сведения об уловах появились только в середине XIX в. В начале прошлого века эти данные стали регулярными, что позволило установить величину среднегодовых уловов лосося в этот период (150 т). В 1920-40-е годы они достигли 300 т по всему течению р. Печора: 73,5 % в нижнем, 20,6 % – среднем и 5,9 % – верхнем течениях. В 1950-е годы произошло резкое увеличение промысловой нагрузки на печорского лосося за счет роста участков и орудий лова в низовьях р. Печора, Печорской губе и на побережье Баренцева моря, после чего среднегодовые уловы выросли до 500 т (Atlantic Salmon *Salmo...*, 2008). Понимая опасность возникновения перелова и подрыва запасов из-за неуправляемого и малоконтролируемого промысла, а также с учетом нецелесообразности географического рассредоточения рыболовства при добыче анадромных рыб, рыбохозяйственная наука предложила сконцентрировать рыболовство на рыбоучетном заграждении. С 1959 г. на рыбоучетном заграждении на участке «Ольховый Куст», расположенном в дельте реки, лов вели ставными неводами при сплошном перекрытии русла рукава печорской дельты Малая Печора (Антонова, 1987). В дальнейшем ежегодные уловы варьировали от 100 до 300 т, постепенно снижаясь вследствие рыболовства иностранцами на смешанных запасах в районах морского нагула семги. В 1989 г. промысел был прекращен без рекомендаций рыбохозяйственной науки. Однако промышленный лов атлантического лосося по рекомендации Северного филиала ФГБНУ «ВНИРО» был возобновлен с 2003 г. с использованием плавных сетей (Студенов, 2005). В настоящее время промышленный лов атлантического лосося в р. Печора осуществляется в границах Ненецкого автономного округа и Республики Коми. Целью исследования является оценка современного состояния промысла семги в р. Печора.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сведения о промысле семги базируются на данных органов власти Ненецкого автономного округа и Республики Коми о местах промысла на р. Печора и закрепленных за пользователями участках. Также произведен сбор информации о результатах деятельности региональных комиссий по регулированию добычи (вылова) анадромных рыб и территориальных управлений Росрыболовства (Северо-Западного и Североморского) о состоянии промысла семги. Обработка полученных данных выполнена с использованием программы MS Excel.

Печора – самая большая по водности и вторая по площади водосбора река Европейского Севера России. Берет начало на склонах Северного Урала, на высоте 677 м над уровнем моря и впадает в Печорский залив Баренцева моря. Длина реки составляет 1809 км, площадь водосборного бассейна – 322 тыс. км². Водный режим бассейна р. Печора характеризуется в целом преобладанием снегового питания со значительной долей дождевого и грунтового питания. Характерными фазами для рек восточно-европейского типа питания являются высокое весеннее половодье, низкая летняя и зимняя межень и наличие повышенной водности в осенний период (Ресурсы поверхностных вод..., 1965; Ресурсы поверхностных вод..., 1972).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время промысел семги рассредоточен по р. Печора от устья реки в Ненецком автономном округе до п. Щельяюр в Республике Коми (рис. 1). На притоках реки в Республике Коми промышленный лов семги запрещен.

В 2022 г. промысел атлантического лосося осуществляли 16 пользователей, среди которых есть как юридические лица (рыболовецкие колхозы и общества с ограниченной ответственностью), так и индивидуальные предприниматели. Добыча семги осуществлялась плавными сетями с размером ячеи от 70 до 80 мм длиной 150-300 м и высотой от 6 до 12 м. На каждом рыболовном участке (см. рис. 1) работало от 1 до 9 лодок (бригад), каждая из которых имела разрешение. Лов осуществляли с 15 июля до 1 октября, при этом в низовьях реки во второй половине июня действовал режим пропуска производителей к местам нереста, а выше по реке еженедельно выделяли один день пропуска производителей (сведения Североморского и Северо-Западного территориальных управлений Росрыболовства, 2022). По данным промысловой статистики и мониторинга, в 2022 г. в низовьях реки наблюдались два пика нерестового хода семги на нерест – с 11 по 15 августа и с 26 по 31 августа. В нижнем течении реки (выше впадения р. Сула) пик

пришелся на 20-30 сентября. В 2022 г. объем добычи семги при промышленном рыболовстве рекомендован на уровне 14,705 т. Вылов составил 12,973 т, или 88 % от рекомендованного объема, выделенного для осуществления промышленного рыболовства, что является достаточно высоким показателем для промысла в последнее десятилетие.

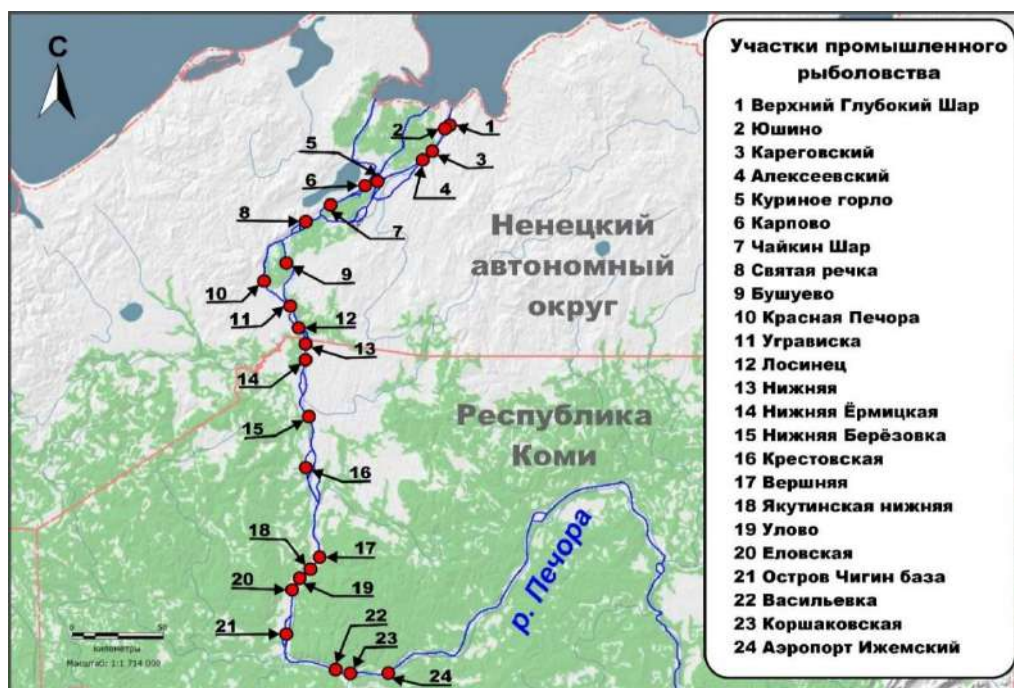


Рис. 1. Схема организации промысла атлантического лосося на р. Печора в 2022 г.

Анализ десятилетнего периода освоения запасов атлантического лосося показал, что пики освоения наблюдались в 2013 и 2017-2019 гг., когда было выловлено более 90 % выданного по разрешениям объема добычи семги (рис. 2). Минимальное освоение запасов отмечалось в 2016 г. и составило 46,5 %.

Абсолютные уловы семги показали рост с 5,7 т в 2013 г. до 15,3 т в 2019 г., со снижением 10,7 т в 2021 г. Наименьший вылов атлантического лосося был зафиксирован в 2016 г. Среднегодовые уловы лосося составляют 10,6 т, при этом отмечается понижающий тренд с 2018 г.

Необходимо отметить, что промышленное рыболовство в низовьях реки (ниже впадения р. Сула) показывает более устойчивую динамику, варьируя от 54,0 до 93,4 % освоения рекомендованного объема добычи, при среднем значении 80,8 % за десятилетний период. В то же время в нижнем течении реки (выше впадения р. Сула) освоение запасов изменчиво, колебания составляют от 3,9 % (в 2016 г.) до 100 % (в 2022 г.), среднее значение – 55,1 %. Среди причин отличий в результативности промысла семги на различных участках реки можно отметить интенсивность

контрольно-надзорных мероприятий и особенности сбора промышленной статистики.

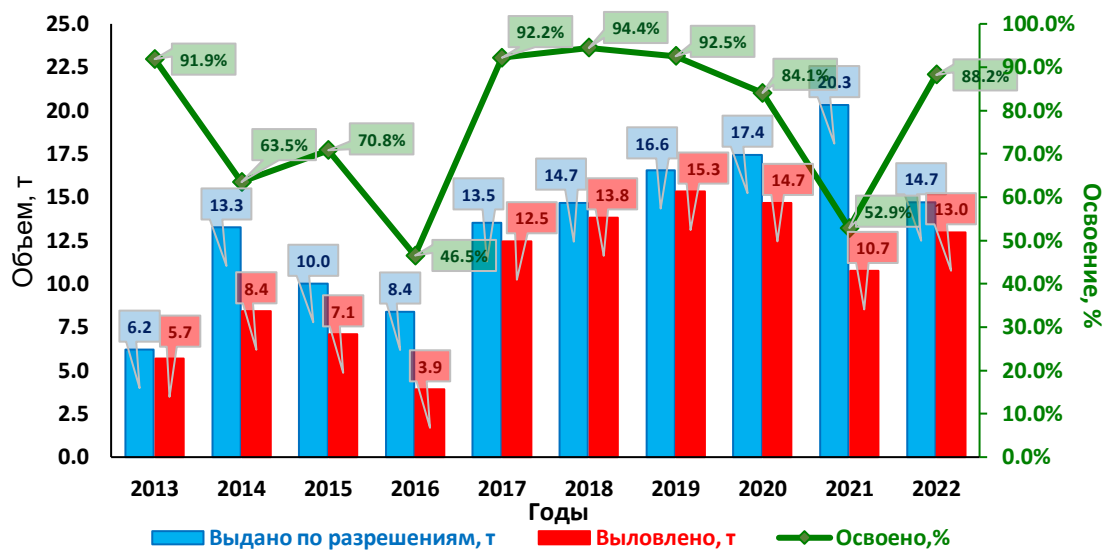


Рис. 2. Освоение запасов атлантического лосося в р. Печора при промышленном рыболовстве в 2013-2022 гг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время промысел атлантического лосося крайне востребован местными хозяйствующими субъектами. Активно используются сформированные рыболовные участки. Лов семги осуществляется в течение разрешенного периода. Освоение рекомендованного объема добычи семги за 2013-2022 гг. в среднем составляет 77,7 %, однако состояние запасов атлантического лосося не позволяет прогнозировать увеличение рекомендованных объемов добычи

В целях сохранения популяции вида и сбалансированного использования запасов семги целесообразно провести мониторинг действующих рыболовных участков и сократить возможность формирования новых. Также рационально ввести правовую норму, при которой будет возможным расторжение договора пользования рыболовным участком в случае освоения выделяемых объемов добычи на уровне ниже 70 % на протяжении 3 лет.

Необходимо отметить, что сохранение промысла семги на р. Печора позволяет местному населению легально осуществлять рыболовство и обеспечивает поступление промышленной статистики. Полный запрет на промысел семги, как показывает практика, не приводит к восстановлению популяции из-за развития браконьерского лова (Торцев, 2021).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Антонова, В.П. Состояние естественного воспроизводства и причины сокращения численности печорской семги / В.П. Антонова, Н.А. Чуксина // Материалы совещания по атлантическому лососю (25-27 марта 1986 г.) / М-во рыб. хоз-ва СССР, Ихтиол. комис. – М., 1987. – С. 72-79.

Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т.3. Северный край / Под ред. Н.Д. Шека; Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1965. – 610 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 3. Северный край / Под ред. И.М. Жила, Н.М. Алюшиной. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 664 с.

Комиссия по регулированию добычи (вылова) анадромных видов рыб // Северо-Западное территориальное управление Федерального агентства по рыболовству: Сайт – Текст: электронный. – URL: <https://sztufar.ru/organizaciya-i-regulirovanie-rybolovstva/komissiya-po-regulirovaniyu-dobychi-vylova-anadromnyh-vidov> (дата обращения 15.01.2023).

Студенов, И.И. Пути управления запасом атлантического лосося – семги (*Salmo salar* Linnaeus, 1758) р. Печора // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: материалы третьей (XXVI) Международной конференции. – Сыктывкар: Коми науч. центр УрО РАН, 2005. – С. 192-198.

Торцев, А.М. Промысел лосося атлантического (семги) в низовьях р. Мезень / А.М. Торцев // II Пахтусовские чтения: арктические горизонты: сб. материалов Всерос. очно-заочной науч.-практ. конф. / Науч.-исслед. Аркт. центр [и др.]. – Архангельск: КИРА, 2021. – С. 271-276.

Atlantic Salmon (*Salmo salar* Linnaeus, 1758) of the Pechora River / I.I. Studenov, V.P. Antonova [et al.]; SevPINRO, Northern Water Ecosystems. – Arkhangelsk: [s. n.], 2008. – 52 p.

РЕЗУЛЬТАТЫ ТИПИРОВАНИЯ МИКРОЯДЕР ЭРИТРОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ *PARASALMO MYKISS*

О.С. Туркевич

*ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» (ПетрГУ),
г. Петрозаводск*

Аннотация. Статья посвящена типированию микроядер, наблюдаемых в эритроцитах периферической крови радужной форели, отобранной из водоемов Карелии и Мурманской области. Дана оценка встречаемости микроядер в исследуемых образцах.

Ключевые слова: эритроциты, микроядра, хромосомные aberrации, микроядерный тест.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение и анализ адаптаций организмов к изменяющимся условиям возможны благодаря ряду методов, каждый из которых ориентирован на конкретные показатели. Исследуемые гематологические показатели общепризнаны наиболее чувствительными критериями негативного изменения качества окружающей среды. В частности, при хроническом воздействии мутагенов можно проследить цитогенетические нарушения и различные хромосомные аномалии в отдельных клетках. К таким аномалиям относятся микроядра эритроцитов. Они представляют собой фрагменты ядерного материала, элиминирующиеся из ядра клетки при aberrациях митотических хромосом. Причина формирования микроядер (или ДНК-содержащих телец), как правило, связана с отставанием хромосом в анафазе или телофазе митоза от веретена деления; такие хромосомы не входят в дочерние ядра, существуют в клетке отдельно от основного ядра или соединены с ним хроматиновым мостом. Согласно литературным данным, микроядра по структуре соответствуют ядру клетки, но обладают более мелкими размерами (Использование микроядерного теста..., 2013).

Метод микроядерного тестирования позволяет учитывать в цитоплазме эритроцитов рыб частоту образования микроядер и по сравнению с другими способами выявления мутаций обладает рядом преимуществ. Он неинвазивен, прост в выполнении и хранении биоматериала, выгоден экономически (реагенты невысокой стоимостью), доступен (не требуется сложного оборудования). С его помощью возможно проводить прижизненный неинвазивный скрининг для

определения динамики изменения какого-либо показателя во времени. Существенным положительным фактором микроядерного тестирования является то, что благодаря эмпирическим исследованиям становится возможным определение четких критериев как для отбора клеток, так и для идентификации микроядер.

Цель выполненной работы заключалась в типировании микроядер эритроцитов периферической крови радужной форели (*Parasalmo mykiss* Walbaum, 1792), выращиваемой в рыбоводных хозяйствах Карелии и Мурманской области. Для проведения комплексного ихтиогематологического анализа дополнительно выполнено подробное цитологическое описание эритроцитов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве материала для исследования использовали 30 особей радужной форели в возрасте 1+, 2+, отобранных из садков в пяти рыбохозяйственных водоемах, расположенных на территории Карелии (озера Вендюрское, Насоновское и Крошнозеро, Кондопожская губа Онежского озера) и Мурманской области (Белое море) в июле-августе 2021 г. Объем выборки для исследования из одного водоема составил 5 особей. Карта расположения рыбохозяйственных водоемов Карелии представлена на рис. 1.

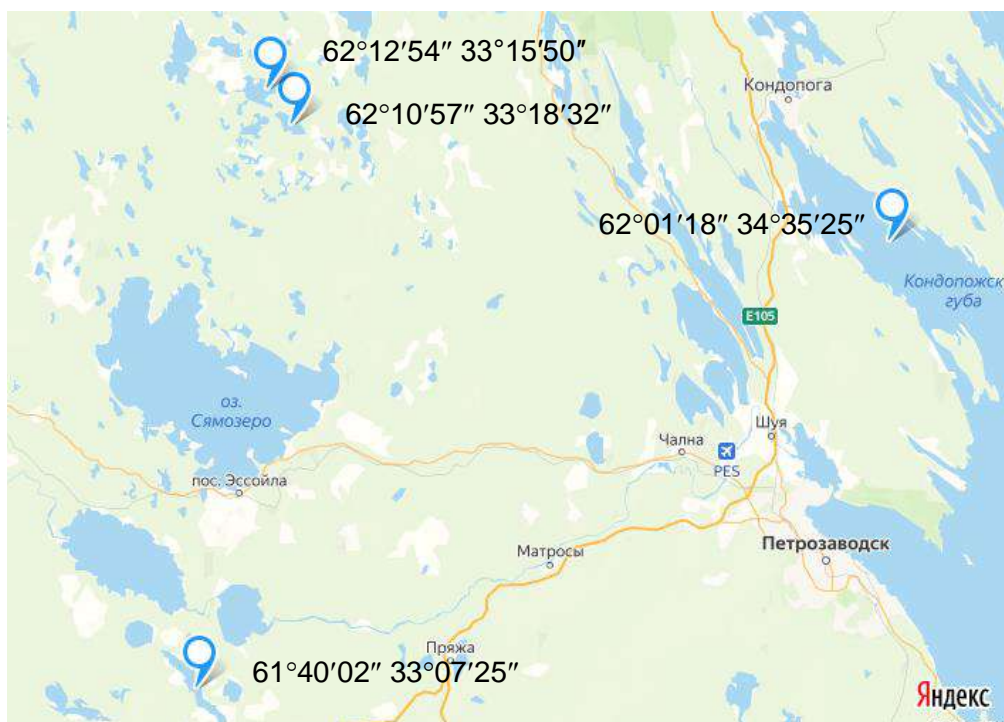


Рис. 1. Карта размещения рыбоводческих садков на территории Карелии (масштаб 1:1000000)

Периферическую кровь отбирали прижизненно из сердца форели после предварительной анестезии гвоздичным маслом (*Cariophyllia cetheroleum*, *Oleum Caryophylli*). При проведении микроядерного теста брали мазки крови, обработанные 5н HCl и реактивом Шиффа (Абдуллаева, Гафурова, 2016). Для каждого образца крови готовили не менее двух препаратов. Идентификацию клеток крови выполняли согласно рекомендациям Н.Т. Ивановой (1982) и Л.Д. Житеневой с соавторами (1989). Особенности цитологии эритроцитов изучали с использованием оптического микроскопа Motic DM-BA-30 при увеличении $\times 1000$ с применением иммерсии. В процессе микроскопии подсчитывали до 1000 эритроцитов, параллельно фиксируя количество эритроцитов с микроядрами. Микроядра типировали в соответствии со схемой, предложенной В.И. Крюковым и П.В. Кочкаревым (2013). Согласно схеме, к аномалиям, выявленным при изучении эритроцитов радужной форели, относили микроядра стандартного вида, соединенные с ядром нитью хроматина, прикрепленные к основному ядру, в виде неоформленного ядерного материала, похожего на палочки, или в виде округлых крупных образований ядерного материала. Полученные результаты обрабатывали статистически с помощью программы Microsoft Excel. Для интерпретации данных применяли метод полиномиального сглаживания исходя из того, что значения, отражающие состояние клеток крови в присутствии разных повреждающих факторов среды, изменчивы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате выполненного гематологического анализа крови радужной форели установлено, что во время исследования в зависимости от мест вылова форели средняя доля эритроцитов в периферической крови изменялась от 74,2 % в Белом море до 95,3 % в Кондопожской губе Онежского озера. Кроме зрелых эритроцитов, были обнаружены базофильные, полихроматофильные и оксифильные нормобласты. Ретикулярные клетки встречались единично. Среди аномальных форм эритроцитов выявлены разноразмерные клетки (микро- и макроформы), которые, как считает ряд авторов (Е. Изергина, И. Изергин, Л. Изергин, 2014), возникают при amitotическом делении клеток при анемии и гипоксии. Также были обнаружены эритроциты с выраженным хроматинолизом ядра, возникающим вследствие распада хроматина, клетки с пикнозом или уплотнением хроматина ядра и клетки с кариорексисом или распадом ядра на отдельные части.

На долю клеток с микроядрами приходилось от 0,04 ‰ в оз. Вендюрское до 0,23 ‰ в Белом море (рис. 2). При оценке функциональной зависимости распределения исходных данных величина

аппроксимации (R^2) оказалась равна 1, что означает достоверность полученной линии тренда, описывающей динамику фактических данных о встречаемости эритроцитов с микроядрами в крови радужной форели исследуемых групп.

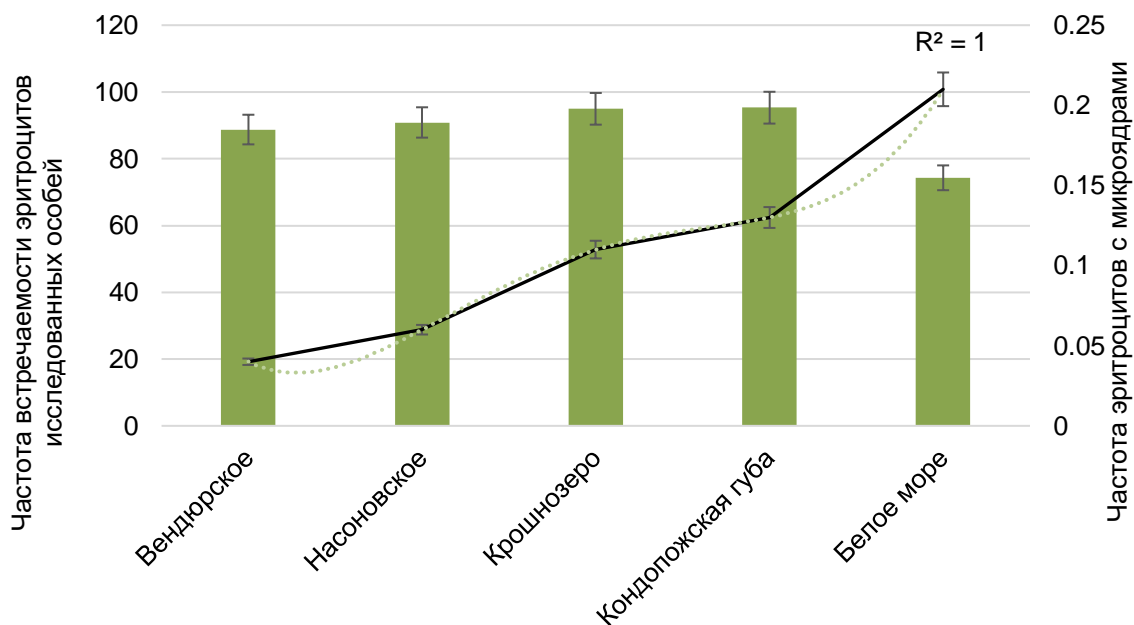




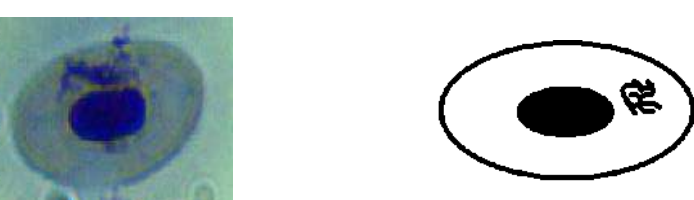


Рис. 2. Встречаемость эритроцитов (%) и эритроцитов с микроядрами (‰) в крови радужной форели

Наиболее часто (до 70 %) среди обнаруженных эритроцитов с микроядрами встречались клетки со стандартными микроядрами, которые имели округлую или эллипсоидную форму и не прикреплялись к основному ядру. Клетки с микроядрами, соединенные нитью хроматина с основным ядром, составили 10 %, а неоформленный ядерный аппарат в виде палочек – 15 %. Очень редко (5 % от общего количества эритроцитов с микроядрами) встречались клетки в виде неоформленного ядерного аппарата неправильной формы или клубка (см. таблицу).

Результаты типирования микроядер эритроцитов

Тип микроядер эритроцитов	Схематическое изображение
«Стандартные» микроядра	
Микроядра, прикрепленные к основному ядру	
Неоформленные микроядра в виде «палочек»	
Микроядра, соединенные с ядром нитью хроматина	
Неоформленный ядерный аппарат неправильной формы	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для радужной форели, разводимой в исследованных рыбохозяйственных водоемах, доля возникновения микроядер, образованных в результате структурных aberrаций хромосом в соматических клетках, находилась в пределах 0,04-0,23 ‰. Согласно литературным данным (Ильинских, Новицкий, Ванчугова, 1992), в норме частота встречаемости клеток с микроядрами при спонтанном мутагенезе равна 0,5-1 ‰. Полученные результаты можно связать с отсутствием выраженных мутагенных факторов в таких водоемах, как озера Вендюрское, Насоновское и Крошнозеро, Кондопожская губа Онежского озера и Белое море (Кандалакшский район, Мурманская область). Типированные микроядра имели различную форму, чаще всего встречались стандартные микроядра и прикрепленные к основному ядру.

Возможно, появление микроядер в эритроцитах периферической крови рыб, разнообразие форм и положения относительно основных ядер эритроцитов является следствием специфической адаптации радужной форели к абиотическим и биотическим средовым факторам в процессе выращивания в садках. Учитывая обнаруженную чувствительность эритроцитов к изменению среды обитания радужной форели, можно в дальнейшем предложить комплексный анализ выявления аномальных форм эритроцитов и эритроцитов с микроядрами для мониторинга рыбохозяйственных водоемов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Абдуллаева, Н.М. Анализ эритроидных клеток карповых рыб (*Cyprinus carpio* L.) на основе микроядерного тестирования / Н.М. Абдуллаева, С.С. Гафурова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – № 2(2). – С. 263-265.

Житенева, Л.Д. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб / Л.Д. Житенева, Т.Г. Полтавцева, О.А. Рудницкая. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 1989. – 112 с.

Иванова, Н.Т. Атлас клеток крови рыб (сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб) / Н.Т. Иванова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 184 с.

Изергина, Е.Е. Атлас клеток крови лососевых рыб материкового побережья северной части Охотского моря / Е.Е. Изергина, И.Л. Изергин, Л.И. Изергин. – Магадан: Кордис, 2014. – 127 с.

Ильинских, Н.Н. Микроядерный анализ и цитогенетическая нестабильность / Н.Н. Ильинских, В.В. Новицкий, Н.Н. Ванчугова. – Томск: Издательство Томского университета, 1992. – 270 с.

Использование микроядерного теста для оценки эффективности лечения аллергии у детей: метод. рекомендации / Сост. Т.С. Колмакова, С.Н. Белик, Е.В. Моргуль, А.В. Севрюков. – Ростов-на-Дону: Изд-во РостГМУ, 2013. – С. 31.

Крюков, В.И. Частота микроядер в клетках крови рыб пресных водоемов полуострова Таймыр / В.И. Крюков, П.В. Кочкарев // Образование, наука и производство. – 2013. – № 1. – С. 1-3.

ГИДРОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ р. САВУШКИНА (о-в ПАРАМУШИР, СЕВЕРНЫЕ КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА, САХАЛИНСКАЯ ОБЛАСТЬ) В 2022 г.

Т.Ю. Углова¹, А.И. Никифоров¹, Г.Н. Дзен², Н.М. Цымбал³, К.С. Бугай³

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

²Сахалинский филиал ВНИРО («СахНИРО»), г. Южно-Сахалинск

³ООО «Азимут», Сахалинская область, о-в Парамушир

Аннотация. Статья посвящена описанию гидролого-экологического обследования нерестовой лососевой р. Савушкина (о-в Парамушир, Северные Курильские острова), проведенного в августе 2022 г. Приведены основные гидрологические и гидрохимические параметры реки в нескольких точках. Дано описание результатов биологического анализа мальмы (*S. malma*) из верхней трети р. Савушкина, обсуждены инвентаризационно-таксономические исследования видового состава прибрежных фитоценозов р. Савушкина.

Ключевые слова: о-в Парамушир, р. Савушкина, гидрология, тихоокеанские лососи, мальма, нерестилища.

ВВЕДЕНИЕ

На о-ве Парамушир насчитывается не менее 120 водотоков (рек и ручьев), пригодных для размножения нескольких видов тихоокеанских лососей – горбуши (*O. gorbuscha*), кеты (*O. keta*), нерки (*O. nerka*) и кижуча (*O. kisutch*). Помимо перечисленных рыб, также встречаются проходные и жилые формы гольцов рода *Salvelinus* (Водные биологические ресурсы..., 2000).

Парамушир – второй по величине (площадь 2053 км²) остров Большой Курильской гряды, имеет тектонический генезис, а само название происходит от айнского «пара мосир» – «широкий остров» (Акулов, 2007).

Гидрологические характеристики рек о-ва Парамушир связаны с особенностями его геоморфологического строения и преобладанием горного рельефа. Вследствие этого большинство нерестовых водотоков острова относятся к категории малых горных рек и ручьев, характеризующихся высокими показателями уклона русла и скорости течения. Также некоторые водотоки обладают выраженным своеобразием гидрохимического состава воды из-за активного вулканизма. В результате не все реки острова могут быть эффективно использованы тихоокеанскими лососями для мест нереста (Леванидов, 1981; Лепская, Ведищева, Абрамова, 2011; Углова, Соколов, Никифоров, 2022).

Ввиду труднодоступности многие водотоки о-ва Парамушир изучены в целом слабо, поэтому получение актуальных гидролого-экологических данных о нерестовых водотоках представляется актуальным с позиций оценки возможностей рационального использования популяций ценных биологических ресурсов.

Настоящее изучение осуществлено в ходе реализации Перечня приоритетных исследований морских и пресноводных экспедиционных исследований ФГБНУ «ВНИРО» на 2022 г. в качестве элемента выполнения темы 5.1 Плана ресурсных исследований и государственного мониторинга водных биоресурсов на 2022 г.

Работы проводились совместно с Сахалинским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО») и сотрудниками ООО «Азимут». В задачи, помимо актуализации ряда важных гидрологических (ширина, глубина, скорость течения, температура, мутность воды, донные отложения) и гидрохимических (температура, рН, общая жесткость, соленость, удельная плотность, удельная электропроводность, содержание растворенного кислорода) характеристик водотока, входили также оценка заполнения нерестилищ тихоокеанскими лососями и проведение контрольных обловов для определения видового состава жилой ихтиофауны реки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Гидролого-экологическое обследование р. Савушкина проводилось 07 и 29 августа 2022 г. согласно стандартным методикам, применяемым в рыбохозяйственной науке России. Река имеет общую протяженность 11,4 км, она служит местом нереста четырех видов тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* (горбуша, кета, нерка, кижуч) и двух видов проходных гольцов рода *Salvelinus* (*S. leucomaenis* (Pallas) и *S. malma kracheninnikovi*). Кроме того, в реке отмечено присутствие жилых форм гольца (*S. malma complex*) и девятииглой колюшки (*Pungitius pungitius* Linnaeus, 1758) (Лепская, Ведищева, Абрамова..., 2011, Экологические последствия крупномасштабного..., 2000).

Биологический анализ представителей ихтиофауны выполняли по стандартным методикам, включающим в себя измерение длины тела рыбы по Смитту (АС) и зоологической (АД) с точностью до 0,5 см, массы тела, порки и гонад с использованием электронных весов марки Tangent с точностью +/- 0,1 г. Определяли стадии зрелости гонад по 6-балльной шкале и наполнение желудка по 4-балльной (Методические рекомендации по..., 2017; Правдин, 1966).

Гидрохимические показатели воды (температура, рН, общая минерализация, электропроводность, концентрация растворенного

кислорода) устанавливали с помощью многофункционального тестера BLE-C600, видовой состав прибрежных макрофитов – с помощью «Определителя высших растений Сахалина и Курильских островов» (1974).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Р. Савушкина является типичным нерестовым водоемом о-ва Парамушир. Длина основного русла реки составляет около 12 км, площадь водосбора (согласно данным Государственного водного реестра РФ) – 22,8 км². По гидрологическому типу р. Савушкина относится к малым водотокам горного типа. Грунт в нижнем и среднем течениях состоит из валунов, крупной и средней гальки с примесью песка, а также иловых отложений (на участках с низкой скоростью течения).

Обследованный участок русла протяженностью около 6 км характеризовался высокой изменчивостью скоростных характеристик потока. Так, по мере приближения к устью скорость течения снижалась от зафиксированной в точке с координатами 50°43'771 и 156°07'712 величины 2,669 м/с до 0,171 м/с в точке с координатами 50°43'257 и 156°08'38. Также на скорость потока значительное влияние оказывают впадающие в реку ручьи (некоторые из них довольно полноводны) и общий рельеф дна.

Гидрохимические показатели вод р. Савушкина и основных притоков (безымянные ручьи) характеризуются в целом как достаточно благоприятные для производителей и молоди тихоокеанских лососей. Так, в ходе работ (07.08 и 29.08.2022 г.) были получены следующие данные (табл. 1).

Таблица 1

Гидрохимические показатели р. Савушкина и двух ее притоков

Координаты точки определения	Т, °С	рН	Общая минерализация, ррт	Электропроводность, μS/cm	Концентрация растворенного кислорода, %
50°44'463 и 156°07'572 (основное русло)	12,0	7,2	120,0	235,0	11,0
50°43'771 и 156° 07'712 (основное русло)	12,6	7,1	56,0	115,0	11,6
50°43'333 и 156°08'340 (левый приток)	12,2	7,9	31,0	62,0	11,1
50°43'209 и 156°08'307 (правый приток)	15,5	7,9	30,0	62,0	10,7

Нерестилища в р. Савушкина преимущественно приурочены к участкам русла со скоростью течения выше 0,250 м/с и локализуются на

участках дна с галькой среднего (25-45 мм) и мелкого (10-25 мм) размера. Глубина при этом может составлять от 0,2 до 1,2 м и более. В русле встречаются также ямы размером до 3 м в поперечнике и глубинами более 1,5 м, где концентрируются мигрирующие производители тихоокеанских лососей. В реку впадает несколько мощных безымянных притоков, которые также используются производителями тихоокеанских лососей для нереста.

В 2022 г. первые заходы производителей горбуши в реке фиксировались начиная с конца первой декады августа. На дату обследования (29 августа) практически все пригодные для нереста участки были заняты производителями. Единично встречались особи нерки и кеты. По берегам отмечали единичные экземпляры «сненки».

Русло неоднородно из-за природных особенностей рельефа и ряда антропогенных трансформаций (в некоторых местах присутствовали гидротехнические сооружения в разной степени разрушенности). Так, согласно нашим наблюдениям, расположенное в точке 50°43'333 и 156°08'340 искусственное препятствие (дамба) не позволяет производителям тихоокеанских лососей подниматься дальше, поэтому все расположенные выше по течению участки могут быть использованы только при наличии большого уровня воды в качестве нерестовых площадей. Но тем не менее описанные ранее участки эффективно освоены гольцами жилой формой рода *Salvelinus*, и проведенный нами контрольный облов позволил получить данные о некоторых биологических характеристиках этого компонента ихтиофауны р. Савушкина (табл. 2).

Таблица 2

**Биологическая характеристика гольца мальмы (*S. malma*)
в верхнем течении р. Савушкина**

Пол	Кол-во, экз.	Длина (АС), мм	Длина (АД), мм	Масса, г	Масса порки, г
Самки	13	$108,12 \pm 22,82$ (82,20-156,90)	$98,46 \pm 20,54$ (74,60-142,00)	$14,72 \pm 8,70$ (7,44-35,67)	$12,14 \pm 7,53$ (4,26-31,30)
Самцы	9	$93,63 \pm 18,78$ (76,30-127,20)	$86,06 \pm 17,57$ (73,40-115,60)	$9,51 \pm 4,70$ (4,56-19,34)	$7,95 \pm 4,39$ (3,46-17,53)

Примечание. Над чертой арифметическая средняя \pm ошибка арифметической средней; под чертой – пределы варьирования признака.

Так, самки в среднем были крупнее самцов. Наполнение желудков гольцов (*S. malma*) варьировало по 4-бальной шкале от 0 до 3. В составе пищевого комка преимущественно встречены мальки лососевых рыб (горбуши), насекомые и их личинки, а также ракообразные (бокоплавцы отряда *Amphipoda*).

Помимо вышеперечисленного, в ходе обследования проведены работы по таксономическому учету в прибрежных фитоценозах, в результате был составлен перечень наиболее распространенных видов древесно-кустарниковой и травянистой растительности побережья р. Савушкина. Так, из древесно-кустарниковой растительности вдоль русла реки в изобилии встречаются заросли стланика кедрового (*Pinus pumila*) и ольхи кустарниковой (*Alnus alnobetula subsp. fruticosa*). В защищенных от ветров местах эти растения достигают высоты 1,5 м. Из травянистой растительности массово отмечаются борщевик (*Heracleum*), осоковые (*Cyperaceae*), камнеломки (*Saxifraga*); также многочисленны таволга камчатская (*Filipendula camtschatica*), сосюрея ложно-тилезиевая (*Saussurea pseudo-tilesii*), чемерица Лобеля (*Veratrum lobelianum*), лапчатка серебристая (*Potentilla argentea*), хвощ речной (*Equisetum fluviatile*), купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.), бодяк (*Cirsium*), очиток курильский (*Sedum kurilense*), кошачья лапка двудомная (*Antennaria dioica*), горец птичий (*Polygonum aviculare*).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенных в августе 2022 г. работ по гидролого-экологическому обследованию русла р. Савушкина были определены основные гидрологические и гидрохимические характеристики данного водотока. Установлены некоторые биологические параметры гольца жилой формы *S. malma* из верховьев р. Савушкина. Обследование показало наличие значительных площадей нерестилищ тихоокеанских лососей (до 30 % от площади дна русла реки и ее притоков), состояние нерестилищ определено как удовлетворительное, несмотря на наблюдающиеся процессы заиливания. Кроме того, в ходе исследовательских работ установили некоторые таксономические характеристики биологического разнообразия прибрежных фитоценозов р. Савушкина.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность за оказанную помощь в организации и проведении настоящего исследования руководителю ООО «Азимут» П.Г. Шакун, а также коллективу ЛРЗ «Савушкина».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Акулов, А.Ю. История языка айну: первое приближение // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 9. Филология. Востоковедение. Журналистика. – 2007. – Вып. 2. – С. 117-122.

Водные биологические ресурсы северных Курильских островов / под ред. О.Ф. Гриценко. – М.: Изд-во ВНИРО. – 2000. – 163 с.

Леванидов, В.Я. Экосистемы лососевых рек Дальнего Востока / В.Я. Леванидов // Беспозвоночные животные в экосистемах лососевых рек Дальнего Востока. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. – С. 3-21.

Лепская В.А, Ведищева Е.В., Абрамова А.А. Тихоокеанские лососи в водах северных Курильских островов. – М.: Изд-во ВНИРО, 2011. – 93 с.

Методические рекомендации по исследованию тихоокеанских лососей / М.К. Глубоковский, С.Л. Марченко, О.С. Темных, Е.А. Шевляков. – М.: ВНИРО, 2017. – 79 с.

Определитель высших растений Сахалина и Курильских островов / Отв. ред. А.И. Толмачев; АН СССР. Дальневост. науч. центр. Биол.-почв. ин-т. Сахалин. комплексный науч.-исслед. ин-т. – Л.: Наука. Ленингр. отделение, 1974. – 372 с.

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Углова, Т.Ю. Гидролого-ихтиологическое обследование малой реки Городской (о. Парамушир, северные Курильские острова, Сахалинская область) / Т.Ю. Углова, А.В. Соколов, А.И. Никифоров. – DOI 10.26428/losos_bull16-2022-119-124 // Бюллетень № 16 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. – Владивосток: ТИПРО, 2022. – С. 119-124.

Экологические последствия крупномасштабного искусственного разведения кеты / О.Ф. Гриценко, Н.В. Кловач, А.А. Ковтун, С.В. Путивкин // Промыслово-биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских о-вов и прилежащих районах Охотского и Берингова морей в 1992-1998 гг. – М.: ВНИРО, 2000. – С. 241-246.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ р. ЧЕРНАЯ

Г.М. Устюжинский, А.В. Боровской, Д.В. Чупов
Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), г. Архангельск

Аннотация. Статья посвящена оценке современного состояния популяции атлантического лосося р. Черная (Ненецкий автономный округ).

Ключевые слова: р. Черная, атлантический лосось, состояние естественного воспроизводства.

ВВЕДЕНИЕ

В ходе рыболовства атлантического лосося (семги) в Ненецком автономном округе в основном осваивается печорская группа популяций указанного вида. Состояние запасов печорской семги в настоящее время является наиболее изученным среди лососевых рек баренцевоморского бассейна. Вместе с тем малые реки бассейна Баренцева моря в границах Ненецкого автономного округа, с одной стороны, располагают достаточным потенциалом для развития одного из наиболее популярных видов любительского рыболовства – рекреационного лова атлантического лосося, с другой – состояние запасов популяций семги в них изучено недостаточно. Р. Черная, впадающая в восточную часть Чёшской губы Баренцева моря и протекающая по территории Заполярного района Ненецкого автономного округа, входит в число наиболее перспективных и малоизученных малых лососевых рек региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Приведенная ниже характеристика р. Черная выполнена с использованием литературных сведений и собственных материалов (Ресурсы поверхностных вод..., 1965).

Река впадает в Чёшскую губу Баренцева моря в восточной ее части (рис. 1). Протяженность водотока составляет 54 км, площадь водосбора не определена, притоков длиной менее 10 км – 23 общей протяженностью 59 км, озер на водосборе – 332. Р. Черная имеет 2 основных притока, оба являются левобережными: р. Малая Черная впадает на 15-м км от устья, ручей без названия – на 39-м км от устья. Приливно-отливная зона распространяется на 5-м км от устья. Исходя из показаний альтиметра GPS-навигатора, от точки высадки научной группы до конца маршрута (на

участке русла от 18 до 4 км от устья) средние уклоны реки составляли 1,6 м на 1-м км русла реки. По физико-географическим и основным гидрологическим характеристикам р. Черная является типичной лососевой рекой юго-восточной части Баренцева моря.

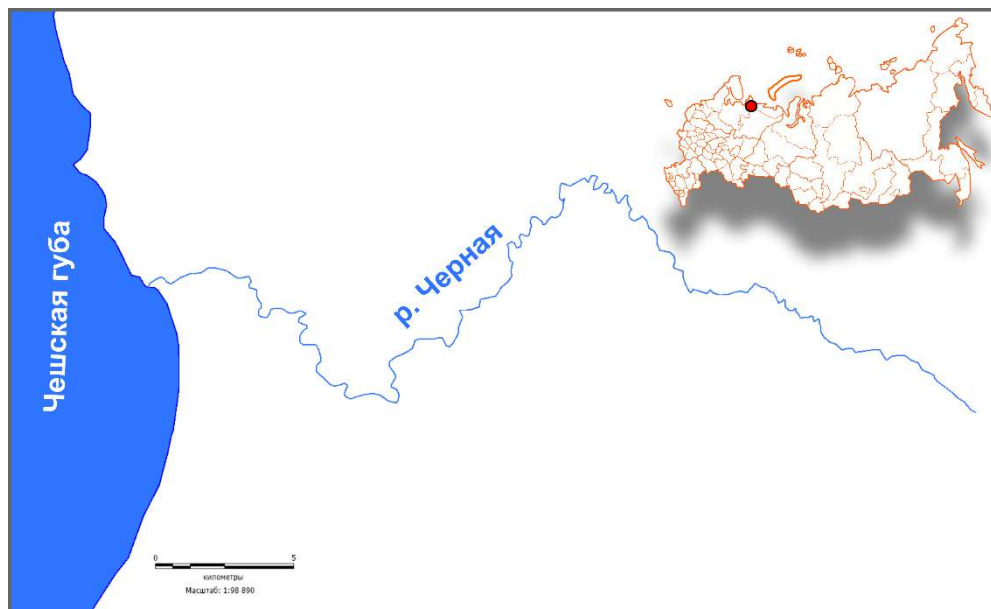


Рис. 1. Карта-схема р. Черная

Количество притоков длиной менее 10 км – 24, их общая протяженность – 59 км.

Фонд нерестово-выростных угодий (НВУ) оценивала научная группа в ходе маршрутной съемки, выполнявшейся как с плавсредства, так и при преодолении маршрута пешком. По р. Черная маршрутная съемка проведена на участке длиной 14 км: от точки, расположенной в 3 км выше устья р. Малая Черная, и в 18 км от устья до точки, находящейся в приливно-отливной зоне реки и в 4 км от ее устья.

В процессе маршрутной съемки оценивали площади НВУ, проводили их картирование с помощью прибора спутниковой навигации (Garmin CS 60, система координат WGS 84).

Площади НВУ определяли визуально, оценивая гидрологические параметры водотока – ширину разнотипных участков реки, и инструментально – длину НВУ прибором спутниковой навигации. Для установления величины относительной погрешности измерений инструментально (с применением мерного шнура) определяли ширину нескольких участков после визуальной оценки (Обзор методов оценки..., 2000).

На всем протяжении маршрутов встречались НВУ, которые в основном были представлены перекатами и порогами с каменистым

грунтом мелкого и среднего фракционного состава, а также крупными валунами диаметром 20 см и более.

Величина погрешности визуальной оценки вычислялась по формуле:

$$\Delta v = 100 - (i \cdot 100 / V), \quad (1),$$

где Δv – величина погрешности визуальной оценки, %;

i – результат инструментальных измерений, m^2 ;

V – результат визуальной оценки, m^2 .

Площади нерестово-выростных участков корректировались с учетом величины ошибки визуальной оценки:

$$S_k = S_v - (S_v \cdot \Delta v / 100), \quad (2),$$

где S_k – откорректированная площадь НВУ, m^2 ;

S_v – визуально определенная площадь НВУ, m^2 ;

Общий фонд нерестово-выростных угодий лосося в водотоке (S , km^2) определяется суммированием откорректированных площадей нерестово-выростных участков:

$$S = \sum_{i=1}^n S_k, \quad km^2, \quad (3),$$

где n – количество показателей;

i – шаг суммирования.

Фонд нерестово-выростных угодий на исследованном участке русла р. Черная составил 0,1315 km^2 (13,15 га). НВУ расположены равномерно по руслу реки, выделяется участок русла р. Черная между 16 и 18 км от устья. Площади НВУ данного участка превышают в 2,5 раза площади НВУ, учтенных ниже по течению (рис. 2).

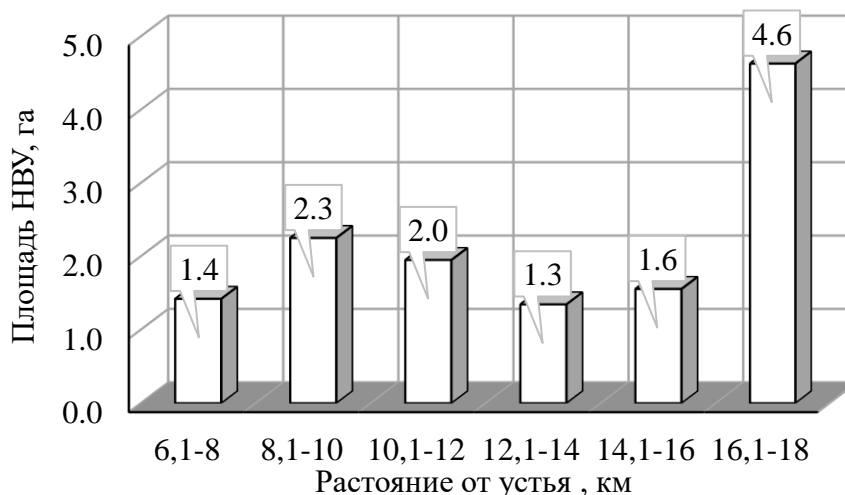


Рис. 2. Распределение площадей НВУ на изученном участке р. Черная

При работах с электроловом в течение короткого промежутка времени могут быть практически полностью обловлены участки водотоков, на которых невозможно применение иных типов орудий лова (активные и

пассивные сетные ловушки, крючковые снасти). В соответствии с методическими рекомендациями считается, что участок обловлен (молодь семги) полностью после трехкратного прохождения (Обзор методов оценки..., 2000), при этом рыба остается живой, что является еще одним достоинством такого метода. Работы электроловом в русле р. Черная позволили выявить пестряток на различных участках русла. Площади, приходящиеся на 1 пестрятку в р. Черная, варьировали от 6 до 102 м²/экз., составляя в среднем по водотоку 56 м²/экз.



Рис. 3. Работа электроловом на нерестово-выростных угодьях семги в р. Черная в 2022 г.

Первичный анализ рыб всех видов проводили по общепринятым методикам (Правдин, 1966). Возраст определяли по чешуе в соответствии с методиками Н.И. Чугуновой с рекомендациями В.Г. Мартынова (Чугунова, 1959; Мартынов, 1987). Стадии зрелости гонад устанавливали по методике О.Ф. Сакун и Н.А. Буцкой (1968). Обработывали биологический материал с помощью программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Видовой состав уловов. Лов рыбы в р. Черная осуществлялся электроловом и ставными сетями. По результатам контрольных обловов выявлено 6 видов рыб: голец арктический, горбуша, камбала речная, кумжа, семга, сиг (рис. 4). В уловах преобладал атлантический лосось, на долю которого пришлось 73,9 % от вылова.

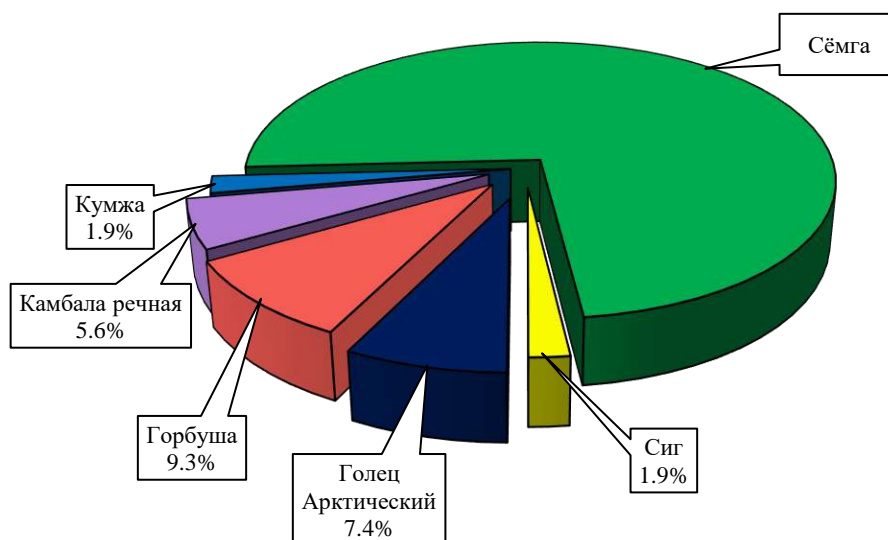


Рис. 4. Соотношение видов рыб по результатам обловов в р. Черная в июле 2022 г.

Биологические показатели. На основании обловов электроловом, крючковыми орудиями и ставными сетями рассмотрены размерно-массовые характеристики, возрастная и половая структуры сообщества.

Молодь атлантического лосося была выловлена электроловом (рис. 5).



Рис. 5. Пестрятки семги из улова электроловом в р. Черная в июле 2022 г.

Выборка составила 38 экз., средняя длина (АС) молоди семги – 8,2 см, изменялась от 6,4 до 12,5 см, масса рыб варьировала от 2,0 до 22,0 г, в среднем – 7,1 г (см. таблицу). В соотношении полов (самки:самцы) наблюдалось преобладание самок (1,9:1,0). Все особи (100,0 %) имели гонады во II стадии зрелости.

Биологические параметры молоди семги в р. Черная в июле 2022 г.

Показатель	Возраст, лет			Всего	Соотношение полов, %
	1+	2+	3+		
<i>Самки</i>					
Средняя масса, г	4,8	12,0	21	7,6	
Средняя длина (АС), см	7,5	9,8	12,1	8,4	
Количество экз.	18	5	2	25	65,8
Средний возраст, лет	1,4				
<i>Самцы</i>					
Средняя масса, г	5,5	10		6	
Средняя длина (АС), см	7,7	8,9		7,9	
Количество экз.	11	2		13	34,2
Средний возраст, лет	1,2				
<i>Вся выборка</i>					
Средняя масса, г	5,0	11,6	21,0	7,1	
Средняя длина (АС), см	7,6	9,5	12,1	8,2	
Количество экз.	29	7	2	38	100
Состав, %	76,3	18,4	5,3	100	
Средний возраст, лет	1,3				

Проанализированная выборка представлена рыбами трех возрастных классов: 1+ (18,9 %), 2+ (62,2 %), 3+ (5,4 %) (рис. 6).

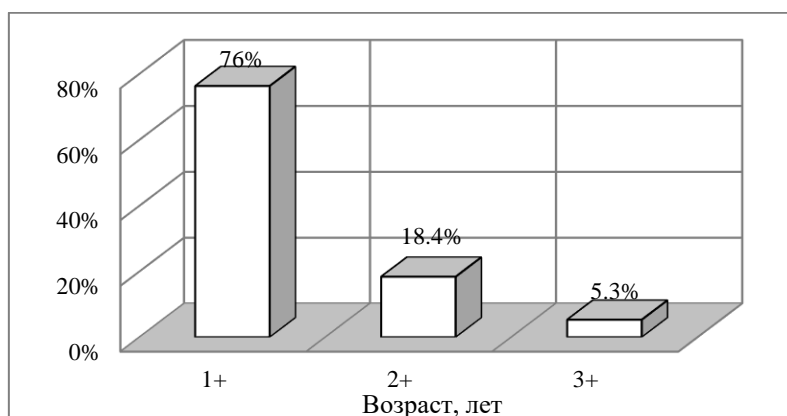


Рис. 6. Соотношение возрастных групп молоди семги в р. Черная в июле 2022 г.

Ставными сетями с размером ячеи 40 и 50 мм были выловлены два производителя атлантического лосося. Первый имел длину (АС) 58 см при массе 1,86 кг. Данная особь являлась самцом с гонадами в IV стадии зрелости и относилась к возрастной группе 4.1 +. Второй самец имел длину (АС) 61 см при массе 2,44 кг с гонадами в III стадии зрелости и относился к возрастной группе 3.1 +.

Голец арктический встречался в сетных уловах с размером ячеи от 50-70 мм. Всего было выловлено 4 экз. Средняя длина (АС) составляла 47 см, изменяясь от 43 до 51,5 см. Масса тела варьировала от 855 до 1370 г при средней 1163 г. Все выловленные особи являлись самцами и имели половые

гонады в III стадии зрелости. Определить возраст выловленных гольцов не представлялось возможным из-за резорбции склеритной структуры чешуи.

Горбуша. В ставные сети с размером ячеей 40 и 50 мм были выловлены 5 экз. горбуши. Средняя длина тела (АС) составляла 49,3 см при минимальных значениях 46 см и максимальных 55 см. Средняя масса выловленной рыбы – 1384 г, изменялась от 970 до 1890 г. В соотношении полов (самки:самцы) наблюдалось преобладание самок (1,5:1,0). Выловленные особи имели половые гонады в III (20 %) и IV (80 %) стадиях зрелости.

Кумжа. Всего за время проведения исследований выловили 1 экз. кумжи в сети с размером ячеей 50 мм. Длина (АС) была 45,5 см, масса 1470 г. Выловленная особь являлась самкой с гонадами в III стадии зрелости, возраст 4.2 +.

Сиг. В уловах из р. Черная отмечен сиг. Один экземпляр пойман ставной сетью с размером ячеей 40 мм. Длина тела равнялась 31,9 см, масса – 447 г. Выловленная особь оказалась самкой с половыми продуктами в III стадии зрелости гонад в возрасте 7+.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам маршрутной съемки в 2022 г. установлено, что фонд НВУ в русле р. Черная составляет 0,132 км². В уловах отмечено 5 видов рыб: атлантический лосось, кумжа, горбуша, голец арктический, сиг, преобладал атлантический лосось, на долю которого пришлось 73,9 % от вылова.

Средняя площадь на 1 пестрятку НВУ составила 56 м², что является обычным уровнем плотности для малых лососевых рек восточного побережья Чёшской губы Баренцева моря.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т.3. Северный край / Под ред. Н.Д. Шека; Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1965. – 610 с.

Обзор методов оценки продукции лососевых рек / В.А. Антонова, Н.А. Чуксина, И.И. Студенов [и др.]; СевПИНРО, ГосНИОРХ, Ин-т биол. Карел. науч. центра. – Архангельск: АГМА, 2000. – 47 с.

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Чугунова, Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб / Н.И. Чугунова. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 164 с.

Мартынов, В.Г. Сбор и первичная обработка биологических материалов из промысловых уловов атлантического лосося: методические рекомендации / В.Г. Мартынов. – Сыктывкар, 1987. – 36 с.

Сакун, О.Ф., Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб / О.Ф. Сакун, Н.А. Буцкая; М-во рыб. хоз-ва СССР, ПИНРО. – 2-е изд., перераб. и доп. – Мурманск, 1968. – 48 с.

НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КУМЖИ (*SALMO TRUTTA*) р. ВОЛОНГА

Г.В. Фукс, В.С. Шерстков

Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), г. Архангельск

Аннотация. Представлены биологические параметры кумжи р. Волонга: длина, масса, возраст. Возраст определялся по чешуе, отолитам и позвонкам, приоритетной регистрирующей структурой выбран позвонок, как наиболее точно отражающий речной и морской возраст. Максимальный возраст нахождения кумжи в реке – 8 лет, море – 4 года. Максимальные общий возраст, длина по Смитту и масса составили 10 лет, 61,2 см и 2760 г соответственно. Преобладали особи длиной 38-39 см в возрасте 4.1+ и 5.1+, т.е. рыба, проводшая в море 1 год, большинство из них были посленерестовыми.

Ключевые слова: кумжа, чешуя, отолиты и позвонки, возраст, длина, масса, р. Волонга.

ВВЕДЕНИЕ

В экосистемах многих рек Европейского Севера России лососевые рыбы играют ведущую роль. Среди них кумжа (*Salmo trutta* L.) является важным объектом рыболовства для жителей большинства поселений, расположенных на берегах рек, впадающих в Белое и Баренцево моря. Кумжа имеет проходную и пресноводную формы. Бореально-европейский вид (Андрияшев, Чернова, 1994). На Европейском Севере распространена в бассейнах Баренцева и Белого морей, дальше Чёшской губы не встречается (Атлас пресноводных рыб..., 2002).

Проходная кумжа достигает возраста 19 лет (Атлас пресноводных рыб..., 2002). Основная часть особей понойской морской кумжи живет в реке один (66,4 %) или два (30,0 %) года, доля рыб, проводящих в реке три или четыре года, мала и составляет соответственно 3,1 и 0,2 %. По направлению к северу возраст, в котором кумжа мигрирует на нагул, увеличивается и может достигать 9-летнего (В. Jonsson, N. Jonsson, 2011). Как отмечено ранее, при сравнении кумжи из разных морских бассейнов, возраст ската в море растет с запада на восток, доходя до 7 лет в р. Поной.

Кумжа является ценным объектом для любительского рыболовства и рыбоводства. Ее промысел никогда не имел промышленных объемов, хотя «ставили кумжу, по вкусу, даже выше семги» (Махров, 2013). К середине XX в. в Чёшской губе добывали 1-2 ц кумжи в год как прилов при промысле семги (Бурков, Гошева, 1968).

По данным Северного филиала ФГБНУ «ВНИРО», в р. Волонга кумжа поднимается на нерест вплоть до р. Кумушка, т.е. на расстояние около 60 км от устья. О биологии кумжи из этой реки опубликованы лишь отрывочные сведения. В то же время ее значение как объекта рыболовства обуславливает необходимость проведения более подробных исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Р. Волонга протекает по Ненецкому автономному округу и впадает в Чёшскую губу Баренцева моря. Длина составляет 110 км, площадь бассейна – 767 км². Начало берет на возвышенности Тимано-Печорский кряж, на южном склоне горы Большая Коврига. Течет в западном направлении по болотистой местности. Основные притоки: рр. Травянка и Кумушка (Ресурсы поверхностных вод..., 1965) (рис. 1).

Материал собирали с августа по октябрь 2021 г. при любительском рыболовстве на рыболовной базе «Манса-Мар». Лов проводился на спиннинг и нахлыст. Всего взято на полный биоанализ 67 экз. кумжи.

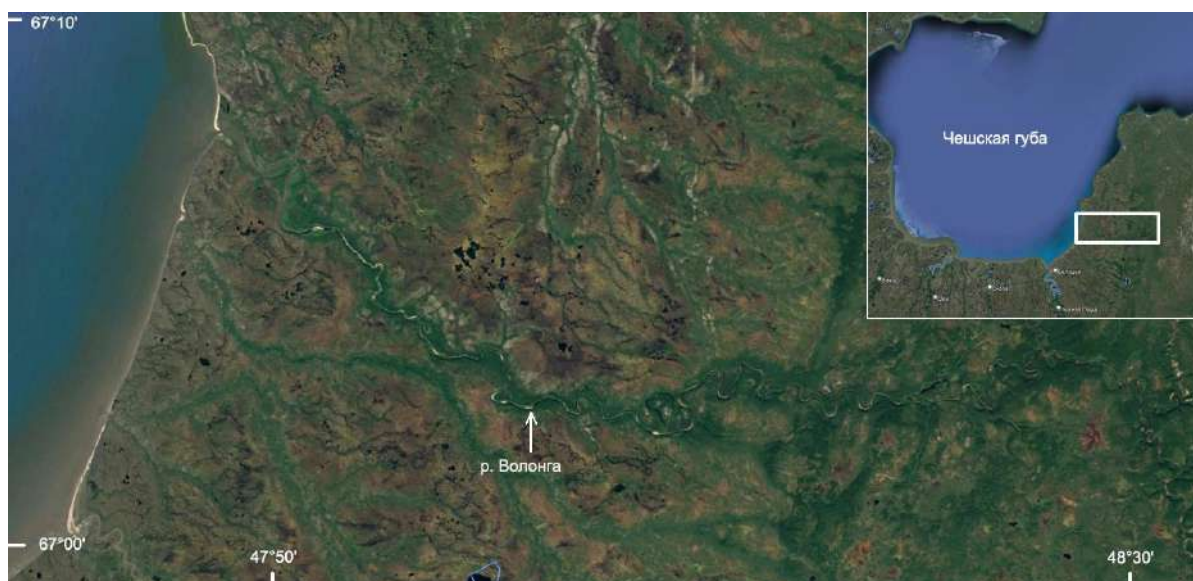


Рис. 1. Карта-схема р. Волонга

Биологический анализ рыб осуществляли по общепринятым методикам (Правдин, 1966; Сакун, Буцкая, 1968; Инструкции и методические..., 2004). Возраст определяли по чешуе, отоцитам (Чугунова, 1959; Фукс, 2020; Christensen, 1964) и позвонкам. Позвонки брали в передней части позвоночника за головой, всего по 3-4 позвонка. Разрезали по отдельности, чистили, высушивали смотрели под бинокулярным микроскопом МБС-10 в падающем свете, иногда с добавлением воды или масла для лучшей читаемости.

Традиционно возраст кумжи определяют по чешуе, так как рыба в р. Волонга является проходной, важно установить речной и морской возраст, поскольку иногда встречаются особи, по чешуе которых это определить невозможно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как сказано выше, возраст кумжи из р. Волонга устанавливают по трем регистрирующим структурам: по чешуе – только абсолютный возраст, по отолитам нет четкого деления на морские и речные годы, в то время как на позвонках речной и морской возраст виден достаточно четко (рис. 2).

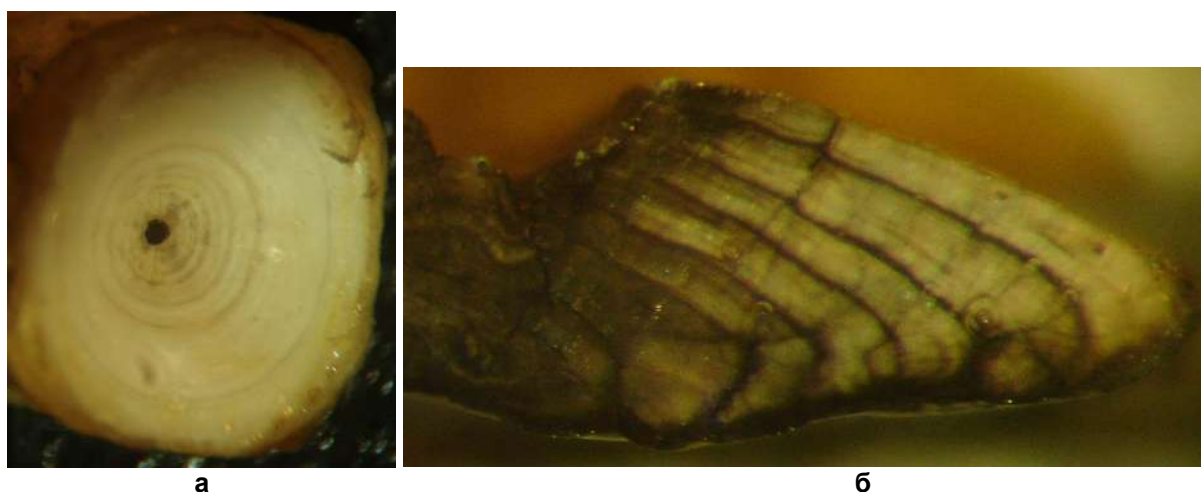


Рис. 2. Позвонок (а) и скол обожженного отолита (б) кумжи из р. Волонга в возрасте 5.1+

Так как по позвонку лучше видно деление речных и морских лет, для построения графического материала выбраны данные, полученные при определении возраста по позвонкам.

Возрастной состав кумжи р. Волонга представлен особями в возрасте от 3.1+ до 8.1+ (речной и морской), модальную группу составляют рыбы в возрасте 4.0+-5.1+ (64,2 %) (рис. 3), причем преобладает кумжа, проведшая в море один год и вернувшаяся в реку.

Длина рыбы зависит от морского возраста, что хорошо видно на рис. 4. У каждой группы рыб с одинаковым речным возрастом с последующим морским годом происходит увеличение длины и существенно массы. Также показано, что рыба речного возраста продолжает расти и наблюдается тренд к увеличению длины.

По результатам исследований выявлено, что кумжа р. Волонга может жить в реке до 8-летнего возраста (рис. 5).

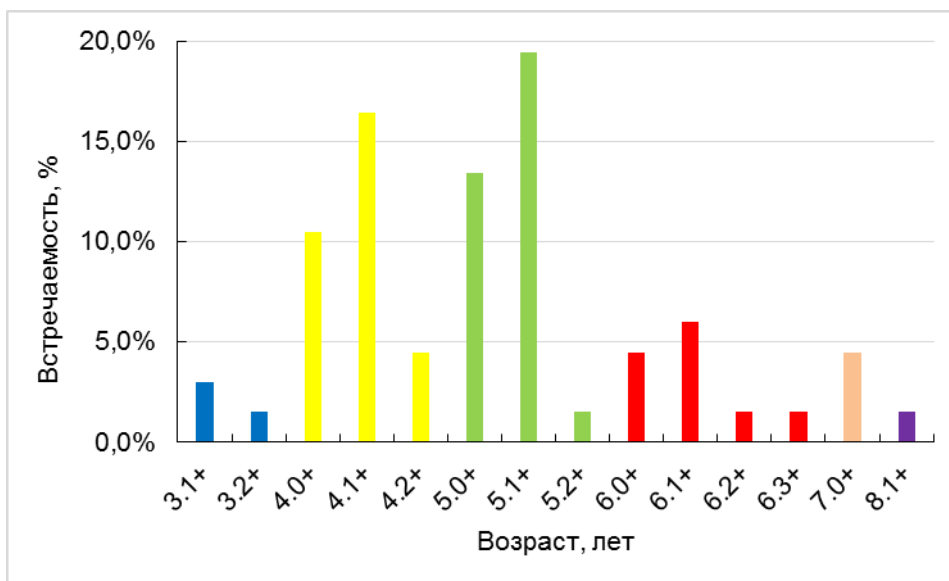


Рис. 3. Возрастной состав кумжи р. Волонга

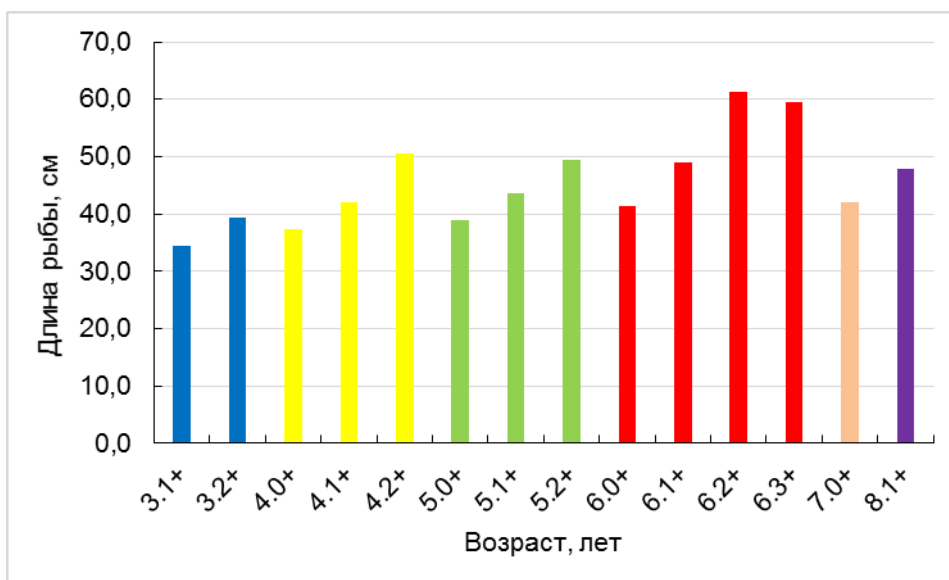


Рис. 4. Зависимость длины тела кумжи от возраста с учетом речных и морских лет

Доля рыб, проводящих в реке 3 года, составляет 6,7 %, 4 года – 16,7 %, 5 лет – 46,7 %, 6 лет – 25,0 %, 7 лет – 3,3 %, 8 лет – 1,7 %. Доля рыб, проводящих в море 1 год, равняется 46,7 %, 2 года – 41,7 %, 3 года – 8,3 %, 4 года – 3,3 %.

В исследуемой выборке отсутствует молодь кумжи. Полученный размерный ряд очень растянут, диапазон длины – 26-61 см по Смитту, несколько выделяется группа особей длиной 38-39 см (рис. 6).



Рис. 5. Позвонок кумжи из р. Волонга в возрасте 8.1+

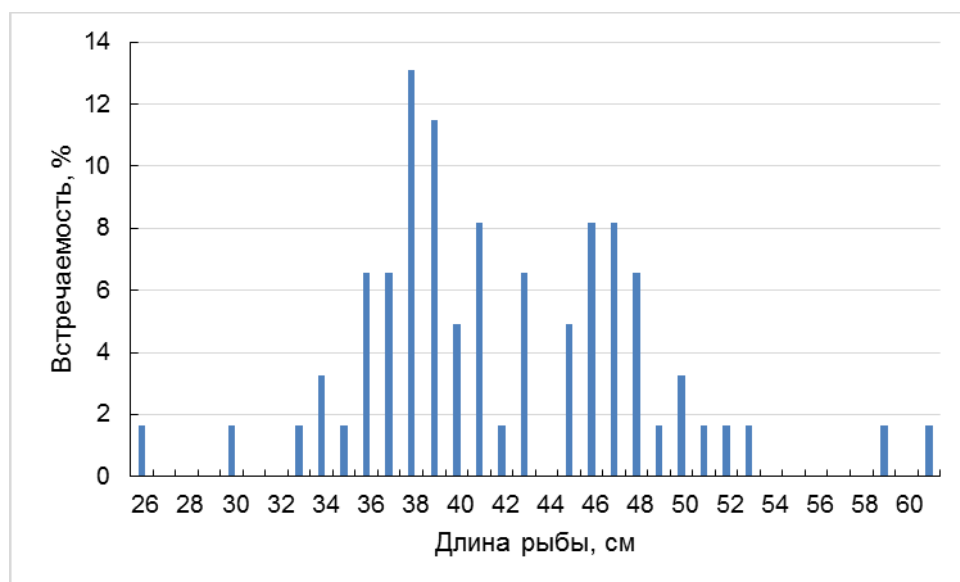


Рис. 6. Размерный состав кумжи в р. Волонга

Средние размерно-массовые характеристики кумжи р. Волонга представлены в таблице.

Основная масса особей посленерестовая – 82,1 %, неполовозрелая составляет 11,9 % и нерестовая – 6,0 %. Соотношение самок и самцов примерно 2:1. Рыба практически не питалась, средний балл наполнения желудка 0,04.

Для получения полноценных данных о состоянии популяции кумжи в р. Волонга и использования их для подготовки прогнозов вылова необходимо продолжение исследований.

Размерно-массовые характеристики кумжи в р. Волонга

Возраст, лет	Длина, см	Масса, г	Количество, экз.
3,1+	34,5±1,3	485,0±148,5	2
3,2+	39,4	720,0	2
4,0+	37,4±3,8	673,3±217,7	8
4,1+	42,0±4,2	985,5±323,2	11
4,2+	50,4±2,8	1660,0±381,6	4
5,0+	38,9±3,8	753,3±165,5	10
5,1+	43,7±4,8	1112,3±387,5	14
5,2+	49,4	1520,0	2
6,0+	41,3±1,8	916,7±179,0	4
6,1+	48,9±3,0	1592,5±296,6	4
6,2+	61,2	2710,0	1
6,3+	59,4	2760,0	1
7,0+	41,9±2,9	1043,3±249,1	3
8,1+	47,8	1440,0	1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований выявлено, что максимальный возраст нахождения кумжи в реке – 8 лет, море – 4 года, максимальный общий возраст – 10 лет. Приоритетной регистрирующей структурой выбран позвонок, как наиболее точно отражающий речной и морской возраст.

Диапазон длины по Смитту – 26-61 см, незначительно преобладали рыбы длиной 38-39 см в возрасте 4.1+ и 5.1+, т.е. кумжа, прошедшая 1 год в море. Так как материал собирали преимущественно в осенний период, большинство особей были послерестовыми.

Максимальная длина кумжи по Смитту – 61,2 см, максимальная масса – 2760 г.

Для получения полноценных данных о состоянии популяции кумжи в р. Волонга необходимо продолжение исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Андрияшев, А.П. Аннотированный список рыбообразных и рыб морей Арктики и сопредельных вод / А.П. Андрияшев, Н.В. Чернова // Вопросы ихтиологии. – 1994. – Т. 34, № 4. – С. 435-456.

Атлас пресноводных рыб России: В 2 т. / Под общ. ред. Ю.С. Решетникова. – М.: Наука, 2002. – Т. 1. – 378 с.

Бурков, А.И. Рыбы и морские млекопитающие Чёшской губы и их промысел / А.И. Бурков, Т.Д. Гошева // Гидробиологические исследования в прибрежных районах Баренцева моря. – Л.: Наука, 1968. – С. 105-116.

Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в морях Европейского Севера и Северной Атлантики / ПИНРО; сост. М.С. Шевелев, Ю.И. Бакай, С.М. Готовцев [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – 2004. – 299 с.

Махров, А.А. Кумжа (*Salmo trutta* L.) на северо-восточном краю ареала / А.А. Махров. – DOI 10.15393/j1.art.2013.2301 // Принципы экологии. – 2013. – Т. 2, № 1. – С. 5-19.

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т.3. Северный край / Под ред. Н.Д. Шека; Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1965. – 610 с.

Сакун, О.Ф., Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб / О.Ф. Сакун, Н.А. Буцкая; М-во рыб. хоз-ва СССР, ПИНРО. – 2-е изд., перераб. и доп. – Мурманск, 1968. – 48 с.

Фукс, Г.В. Отолитометрия полярной камбалы (*Liopsetta glacialis*) прибрежных районов морей Северного рыбохозяйственного бассейна: специальность 03.02.06 «Ихтиология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Г.В. Фукс. – Калининград, 2020. – 24 с.

Чугунова, Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб / Н.И. Чугунова. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 164 с.

Christensen, J. M. Burning of otoliths, a technique for age determination of soles and other fish // J. M. Christensen. – J. Cons. Perm. int. Explor. – 1964. – Vol. 29, Iss. 1. – 73-81 p.

Jonsson, B. Ecology of Atlantic Salmon and Brown Trout: Habitat as a Template for Life Histories / B. Jonsson, N. Jonsson. – Dordrecht: Springer, 2011. – Vol. 33. – 708 p.

КЛИМАТ И СОСТОЯНИЕ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 70 ЛЕТ

Г.В. Хен, Н.А. Дедерер, Е.А. Шевляков

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток

Аннотация: Проводится анализ изменения температуры воздуха над Дальневосточным бассейном и динамики численности горбуши, кеты и нерки, а также связи горбуши с температурой воды у побережий Западной и Восточной Камчатки. С начала 1980-х годов наблюдался синхронный рост температуры воздуха и численности горбуши, кеты и нерки. В 2005-2019 гг. произошла стабилизация температуры воздуха. В этот период численность горбуши, кеты и нерки достигла максимальных значений, затем последовал ее спад в 2020 г. Выявлена значимая связь между температурой воздуха и численностью лососей при 4-летнем пошаговом осреднении.

Обнаружена связь численности горбуши Западной и Восточной Камчатки с температурой воды у побережья в ранний морской период жизни. Потепление воды отразилось на сроках начала и продолжительности некоторых этапов жизненного цикла горбуши за счет раннего старта весенних процессов.

Ключевые слова: Дальневосточный бассейн, температура, численность, горбуша, кета, нерка, раннеморской этап, осенний нагул.

ВВЕДЕНИЕ

Тихоокеанские лососи занимают важное место в экосистеме северной части Тихого океана от субарктического фронтального раздела до арктических морей. Лососи одни из самых ценных и востребованных объектов промысла на Дальнем Востоке.

Динамика численности лососей подвержена заметным межгодовым изменениям, за последние 10 лет их вылов в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне изменялся от 272 до 678 тыс. т. Колебание численности связано как с внешними факторами, так и с внутривидовыми: во внешних чаще всего фигурирует температура воды как наиболее доступный и информативный параметр условий среды глобального (Влияние климато-океанологических..., 2010; Связь уловов западно-камчатской..., 2015; Аномалии температуры поверхности..., 2021; Влияние климатических факторов..., 2021) и регионального (Сравнительная оценка результатов..., 2015; Бугаев, Тепнин, 2015; Условия среды в..., 2019) масштабов.

В работе для анализа динамики численности трех основных видов тихоокеанских лососей (горбуши, кеты и нерки) используется температура воздуха над Дальневосточным бассейном (ДВ) в целом и температура поверхности воды для районов, приуроченных к определенному этапу

жизни горбуши восточного и западного побережий Камчатки, как группировок, осуществляющих основной вклад в общее воспроизводство горбуши. Предметно рассмотрены температурные условия на поверхности воды в ранний период жизни, протекающий в морском прибрежье, и этап осеннего нагула, которые традиционно считаются наиболее критическими, т.е. привлекалась региональная (местная) температура воды, которая, возможно, имеет более важное значение в понимании условий воспроизводства, обитания и выживания рыб, чем глобальные процессы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данные о приземной температуре воздуха (T_a) над Дальневосточным бассейном в районе $42-60^\circ$ с.ш. и $135-170^\circ$ в.д., где сосредоточены основные места воспроизводства, развития, нагула и промысла лососей всех видов в России, были взяты с сайта <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/>, а о температуре воды на поверхности (SST) в границах выделенных районов (рис. 1) – с сайта <https://ds.data.jma.go.jp/gmd/goos/data/rrtdb/jma-pro.html>. По сведениям, представленным на сайтах, были составлены ряды температурных характеристик за 1948-2022 гг.

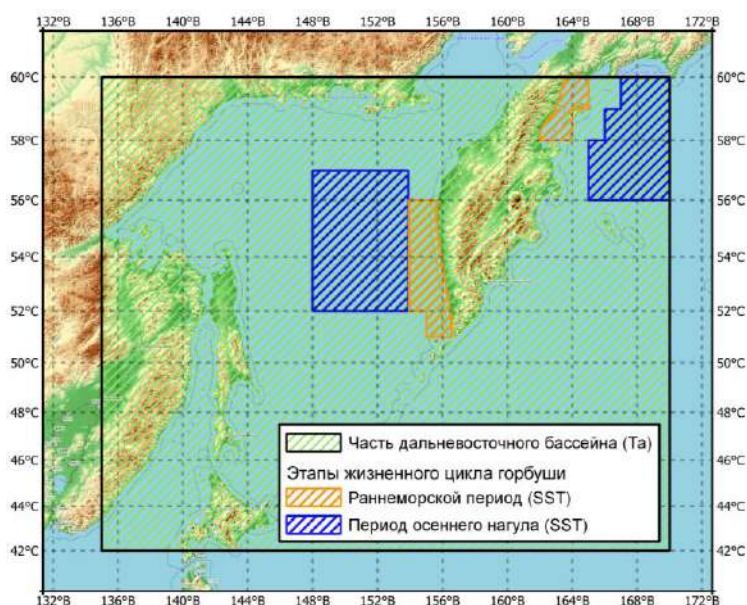


Рис. 1. Районы исследований, для которых формировались массивы данных температуры воздуха (T_a) над Дальневосточным бассейном и температуры воды (SST)

Данные о численности лососей, составленные на основе статистики вылова и пропуска, суммируются Северо-Тихоокеанской комиссией по анадромным рыбам (NPAFC) по информации, предоставляемой всеми

странами комиссии в конце года, и публикуются на сайте <https://npafc.org/statistics> в середине следующего года.

Для детализации многолетних колебаний проведены 4-летние скользящие осреднения T_a и численности трех видов лососей, необходимые для фильтрации 2-летних циклов, ярко проявляемых у горбуши. Для надежности были соединены два 2-летних цикла.

При оценке влияния условий среды на формирование численности горбуши восточного и западного побережий Камчатки на ранних этапах жизненного цикла по каждому району (см. рис. 1) построены массивы среднедекадных (среднее за 10 дней) значений температуры поверхности воды. В качестве параметра, демонстрирующего эффективность воспроизводства каждого поколения, использовалась кратность воспроизводства $K_{в(i)}$, – отношение численности потомков к численности родителей

$$K_{в(i)} = \frac{(B_{i+2} + \Pi_{i+2})}{\Pi_i},$$

где $K_{в(i)}$ – коэффициент возврата в год i ;

B_{i+2} – вылов в год $i+2$;

Π_{i+2} – пропуск в год $i+2$;

Π_i – пропуск в год i .

Этот параметр позволяет, хотя и не в полной мере, исключить влияние внутривидовых факторов, оказывающих значительное воздействие на формирование численности каждого поколения горбуши.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изменение T_a в исследуемый период (1948-2022 гг.) приходило по восходящей трендовой составляющей, т.е. над ДВ регионом, как и на всей планете, становилось теплее. Значимая статистическая связь между T_a и численностью горбуши, кеты и нерки в отдельности проявляется даже без фильтрации трендовых составляющих. Полиномиальный тренд 4 степени показывает параболическую кривую для T_a и трех видов лососей с длительными спадами и подъемами. Общим для них является спад с конца 1940-х до середины 1970-х годов, затем резкий подъем с начала 1980-х годов по настоящее время.

Возникает вопрос: связано ли увеличение численности лососей с устойчивым потеплением последних десятилетий? Сейчас этому нет убедительного объяснения. Неясны основные механизмы, способствующие повышению численности рыб. Возможно, главная причина кроется в благоприятных условиях на ранних стадиях развития, наиболее уязвимого периода жизни. Но пока не удалось достигнуть большого прогресса в этом вопросе, хотя попытки были (Бугаев, Тепнин,

2015; Аномальные гидрометеорологические условия..., 2018; Response of Pink..., 2020).

В середине 2000-х годов температура воздуха стабилизировалась и до 2019 г. держалась на среднем уровне (около 2 °С). Два пика вылова горбуши были в 2005-2019 гг.: 424 тыс. т в 2009 г. и 511 тыс. т в 2018 г. В остальные годы указанного периода он варьировал от 150 до 300 тыс. т, т.е. не увеличивался, а находился в пределах среднего для XXI в. уровня (237 тыс. т). Вылов кеты и нерки достиг пика в середине 2010-х годов, но в последние годы наметился его спад, особенно значительный для лососей всех трех видов (2020 г.).

При 4-летнем скользящем осреднении на спаде численности лососей и T_a в 1960-70-е годы их колебания не совпадают. С повышением T_a и увеличением вылова лососей в начале 1980-х годов совпадений становится больше. Так, наряду с понижением T_a в начале 2000-х годов численность горбуши, кеты и нерки заметно снизилась. Перед этим периодом наблюдалось десятилетие высокой численности рыб, сопровождавшееся заметным потеплением над регионом. Последующее резкое потепление, происходившее в течение первого десятилетия XXI в., возможно, спровоцировало ускорение темпов увеличения численности лососей, что привело к рекордным выловам в последнее пятилетие.

Рассмотрим изменения в динамике численности лососей на фоне колебаний T_a при 4-летнем пошаговом осреднении (рис. 2). Всего в промежутке 1949-2020 гг. уложились 18 таких шагов. Левый верхний рисунок в целом соответствует кривым 4-летнего скользящего осреднения. Остальные три графика на рис. 2 показывают высокий уровень связей между T_a и тремя видами лососей. Величины достоверности составляют $R^2 = 0,59-0,66$, т.е. достаточно надежные, чтобы доверять этим связям. С определенными допущениями их можно использовать даже в прогностических задачах.

По графикам связей можно сделать два важных вывода. Первый – при температуре ниже 1,2 °С средний за 4 года вылов горбуши всегда меньше 100 тыс. т, кеты – 40 тыс. т, нерки – 10 тыс. т. Второй – при температуре ниже 1,8 °С вылов горбуши всегда меньше 200 тыс. т, кеты – 80 тыс. т, нерки – 30 тыс. т.

При оценке влияния температуры воды на формирование численности горбуши восточного и западного побережий Камчатки прежде всего следует отметить, что в каждом рассмотренном районе наблюдается тренд к увеличению температуры поверхности воды, особенно после 2000-х годов.

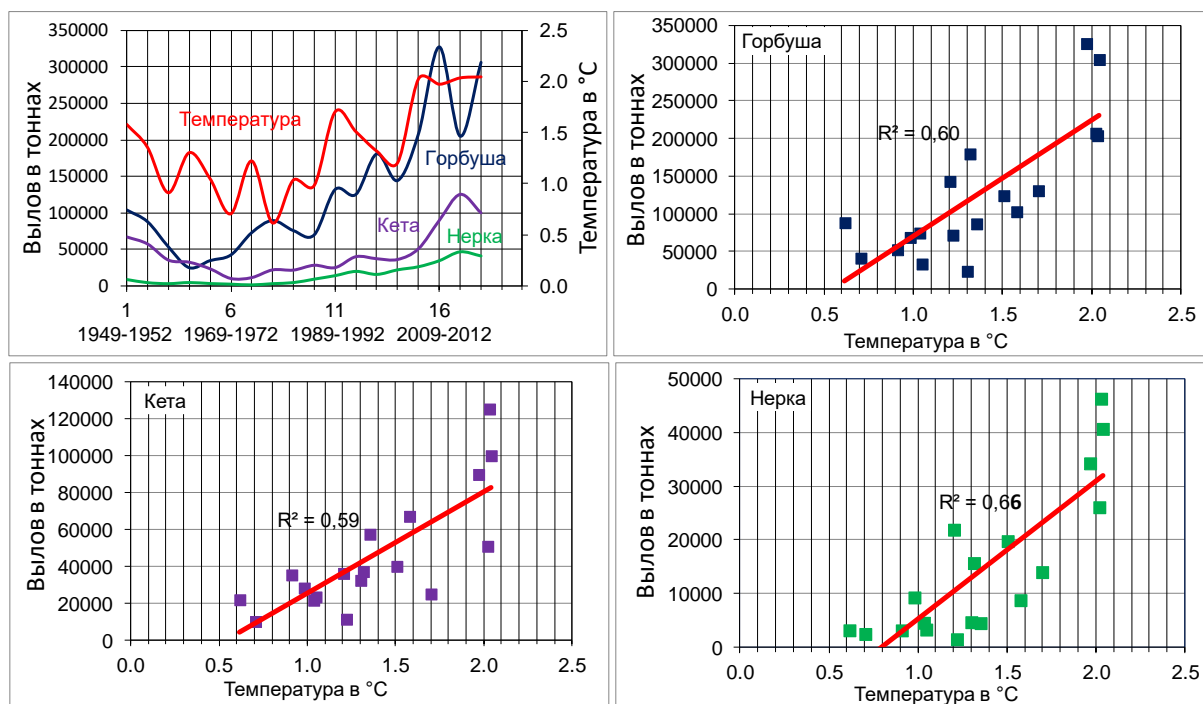


Рис. 2. Изменения годовой температуры воздуха над Дальневосточным бассейном и российского вылова лососей трех видов при 4-летнем пошаговом осреднении (верхний левый рисунок) и связи вылова горбуши, кеты и нерки с Та. На левом верхнем рисунке на горизонтальной оси: верхние цифры – номера 4-летних шагов; нижние цифры – периоды лет для 1, 6, 11, 16 шагов

Повышение температуры воды в материковой части Камчатки с начала 1980-х годов отмечают и другие авторы (Шкаберда, Василевская, 2013). На Камчатском п-ове наблюдается устойчивое повышение температуры в зимние месяцы и повсеместное уменьшение годовых амплитуд колебания температуры, снижение количества годовых осадков. По данным вышеупомянутых авторов, увеличение температуры воздуха происходит несколько быстрее, чем SST вдоль побережья Западной Камчатки.

На фоне потепления и уменьшения годовых осадков снижается ледовитость Охотского моря, сроки таяния снега на побережье и процессы освобождения рек ото льда сдвигаются в более ранние сроки по сравнению с серединой XX в. Такие изменения климата могли сказаться на жизненном цикле горбуши. Проверили эту гипотезу с помощью девятилетних скользящих осреднений, в качестве параметров выступали SST и ln Кв. Использование натурального логарифма позволило сгладить временной ряд кратности возврата, имеющий отдельные выбросы, многократно превышающие средний уровень.

Результаты анализов демонстрируют несколько периодов высокой корреляционной связи SST вдоль западного побережья Камчатки и ln Кв, имеющих последовательное сезонное смещение на более ранние сроки.

Для восточного побережья Камчатки подобного смещения не обнаружено. Однако существует несколько периодов, в которые связь SST и $\ln K_v$ сохраняется на протяжении нескольких деkad. Основным районом воспроизводства восточно-камчатской горбуши является Карагинский залив, представляющий собой полузамкнутый район. В отличие от динамичного западно-камчатского побережья перемещение водных масс в Карагинском заливе заметно инерционно, соответственно связь SST и $\ln K_v$ прослеживается на протяжении нескольких деkad. В начале 2000-х годов параллельно с выраженным ростом SST в прибрежье Карагинского залива какая-либо связь исследуемых параметров не прослеживается. Остается предположить, что до 2000-х годов рост численности горбуши был связан с температурой прибрежных вод в Беринговом море. С начала 2000-х годов рост SST обеспечил комфортные условия в прибрежье для покатников горбуши за счет более раннего начала весенних процессов и развития кормовой базы.

Анализ $\ln K_v$ и STT в районах осеннего нагула горбуши западного и восточного побережий не показал существенной связи этих параметров, соответственно изменения температуры поверхности воды в этот период не оказывают сколько-нибудь значимого влияния на формирование численности поколений в силу того, что основные факторы смертности действуют на относительно более ранних этапах онтогенеза горбуши

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ температуры воздуха над Дальневосточным бассейном с 1948 по 2022 г. выявил начало резкого потепления на старте 1980-х годов и соответствует глобальному климатическому процессу. Соответственно численность горбуши, кеты и нерки в российских водах начала быстро увеличиваться и во второй половине 2010-х годов она достигла исторического максимума.

При температуре ниже 1,2 °C средний за 4 года вылов горбуши всегда меньше 100 тыс. т, кеты – 40 тыс. т, нерки – 10 тыс. т, при температуре ниже 1,8 °C вылов горбуши всегда меньше 200 тыс. т, кеты – 80 тыс. т, нерки – 30 тыс. т.

Обнаружена связь численности горбуши Западной и Восточной Камчатки с температурой воды у побережий в ранний морской период жизни рыбы. Потепление воды отражалось на сроках начала и продолжительности некоторых этапов жизненного цикла горбуши за счет раннего старта весенних процессов, уменьшения ледовитости морских акваторий, освобождения рек ото льда и т.д.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Аномальные гидрометеорологические условия в эстуарно-прибрежный период жизни горбуши Восточного Сахалина / Т.А. Шатилина, А.Я. Великанов, Г.Ш. Цициашвили, Т.В. Радченкова // Тр. ВНИРО. – 2018. – Т. 173. – С. 181-192.

Аномалии температуры поверхности воды в западной части Северной Пацифики – потенциальный климатический предиктор прогнозирования численности тихоокеанских лососей камчатки / А.В. Бугаев, М.Г. Фельдман, О.Б. Тепнин, [и др.]. – DOI 10.36038/0234-2774-2021-22-4-46-62 // Вопросы рыболовства. – 2021. – Т. 22, № 4. – С. 46-62.

Влияние климато-океанологических факторов на состояние основных запасов горбуши в 1950-2015 гг. / Б.Н. Котенев, А.С. Кровнин, Н.В. Кловач [и др.] // Тр. ВНИРО. – 2015. – Т. 158. – С. 143-161.

Влияние климатических факторов на межгодовые колебания запасов камчатской горбуши в 2014-2020 гг. / А.С. Кровнин, К.К. Кивва, Г.П. Мурый [и др.]. – DOI 10.36038/0234-2774-2021-22-4-35-45 // Вопросы рыболовства. – 2021. – Т. 22, № 4. – С. 35-45.

Оценка изменений температуры воздуха на Камчатке за последние 60 лет / О.А. Шкаберда, Л.Н. Василевская // Вестник ДВО РАН. – 2013. – № 3. – С. 69-77.

Бугаев, А.В. Продуктивность тихоокеанских лососей: влияние термических условий вод в период первой зимы в бассейне Северной Пацифики / А.В. Бугаев, О.Б. Тепнин // Тр. ВНИРО. – 2015. – Т. 158. – С. 89-111.

Связь уловов западно-камчатской горбуши (*Oncorhynchus Gorbusha*) и нерки (*O. nerka*) с температурой поверхности океана в Северном полушарии и прогноз их вылова в 2010 г. / А.С. Кровнин, Н.В. Кловач, Б.Н. Котенев, Г.П. Мурый // Рыбное хозяйство. – 2010. – № 3. – С. 43-46.

Сравнительная оценка результатов промысла горбуши и температурных условий морской среды, определяемых по спутниковым данным в районе южных Курильских островов / Г.П. Ванюшин, В.А. Царева, Т.Ю. Углова, М.Ю. Кружалов // Тр. ВНИРО. – 2015. – Т. 158. – С. 112-120.

Условия среды в морском побережье основных бассейнов воспроизводства горбуши *Oncorhynchus Gorbusha* Западной Камчатки / Е.В. Лепская, Т.В. Бонк, А.С. Сушкевич [и др.]. – DOI 10.15853/2072-8212.2019.53.22-33 // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2019. – Вып. 53. – С. 22-33.

Response of Pink salmon to climate warming in the northern Bering Sea /
Jr.E.V. Farley, J.M. Murphy, K. Ciciel [et al.]. – DOI.org/10.1016/
j.dsr2.2020.104830 // Deep-Sea Research II. – 2020. – Vol. 177.

**ГРАНИЦЫ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ
НЕРКИ (*ONCORHYNCHUS NERKA*)
АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ,
ОПРЕДЕЛЕННЫЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА
ПОЛИМОРФИЗМА ОДНОНУКЛЕОТИДНЫХ ЗАМЕН ДНК (SNP)**

А.М. Хрусталева, А.С. Чистяков, А.Ж. Ревель-Муроз

Институт биологии гена Российской академии наук (ИБГ РАН), г. Москва

Аннотация. Исследован полиморфизм 45 локусов SNP в 22 выборках из 16 водоемов воспроизводства нерки азиатского побережья Тихого океана. Определены крупные региональные комплексы азиатской нерки: западно-камчатский, бассейн р. Камчатка и группировка стад Корякского нагорья и Чукотки. Островные и североохотоморские популяции существенно отличались от популяций камчатских комплексов и были выделены как обособленные стада рр. Палана, Охота, Южных Курильских островов, о-вов Парамушир и Беринга.

Ключевые слова: нерка, *Oncorhynchus nerka*, SNP, региональные комплексы.

ВВЕДЕНИЕ

Нерка (*Oncorhynchus nerka*) – дальневосточный лосось, третий по численности и наиболее ценный в промысловом отношении вид среди всех тихоокеанских лососей (Бугаев, 1995; Burgner, 1991). Самые крупные стада нерки воспроизводятся на Камчатке и Чукотке. Второстепенные стада, также имеющие промысловое значение, населяют водоемы североохотоморского побережья, Курильских и Командорских о-вов.

Нерке, как и всем тихоокеанским лососям, свойственна чрезвычайно сложная популяционная структура: локальные популяции обычно подразделены на субпопуляции, сезонные расы, экологические (генеративные) формы и экотипы. Кроме того, у нерки существуют более высокие уровни структурной организации, такие как популяционные комплексы (биокомплексность) – крупные региональные группировки популяций, обладающие территориальными, экологическими, биологическими, демографическими и генетическими особенностями и локальными адаптациями к разнообразию условий среды обитания, что позволяет всей системе выживать при значительных изменениях окружающей среды и антропогенной нагрузке (Bioscomplexity and fisheries..., 2003). Важность выделения таких комплексов в первую очередь связана с организацией рационального промысла, охраны, восстановления и управления популяциями тихоокеанских лососей. Основная задача данного исследования – выявление региональных комплексов азиатских популяций

нерки, их разграничение, так как сведения о границах эксплуатируемых единиц запаса, их генетическом разнообразии, адаптивном потенциале и лимитах жизнеспособности исключительно важны для разработки стратегий их сохранения при организации искусственного воспроизводства и интенсивной эксплуатации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе представлены как новые, так и опубликованные ранее собственные экспериментальные данные об изменчивости 45 локусов ОНП нерки, полученные методом TaqMan-ПЦР (Single nucleotide polymorphism..., 2011). Проанализированы 22 выборки нерки из водоемов северо-западного побережья Охотского моря, Камчатки, Чукотки, Курильских и Командорских о-вов (рис. 1А). Методика генотипирования изложена в работе «Single nucleotide polymorphism...» (2011).

Статистическую обработку данных ОНП-анализа проводили с использованием общепринятых подходов и программ, описанную нами ранее (Внутри- и межпопуляционная..., 2014). Главные компоненты (РСА) анализировали с помощью R библиотек factextra и FactoMineR (Lê, Josse, Husson, 2008). Дискриминантный анализ главных компонент (DAPC) с предварительно заданными группами выполняли с помощью R пакета adegenet 1.3-1 (Jombart, Ahmed, 2011). В процедуре DAPC использовали пять первых главных компонент, далее визуализировали разделение групп в пространстве первых двух дискриминантных функций.

Для определения кластерных групп выборок мультилокусные ОНП-генотипы были проанализированы в программе STRUCTURE 2.3.4 (Pritchard, Stephens, Donnelly, 2000), в которой методами численного моделирования (метод цепей Маркова – 1 млн итераций, burn-in период – 500 тыс. итераций) выявляли наличие устойчивых потенциальных компонент (кластеров) в совокупности данных («admixture model», допускающая гибридное происхождение особей при условии независимости аллельных частот среди кластеров), определен наиболее вероятный вариант разделения выборки на заданное число групп K (K=1-22), затем выполнена байесовская классификация особей. Анализ числа кластеров проводился в онлайн-программе Structure Harvester (Earl, VonHoldt, 2012).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из 45 проанализированных локусов 43 оказались полиморфны. Тесты на неравновесие по сцеплению локусов *One_MHC2_190v2* и *One_MHC2_251v2* были значимы в семи выборках из 22. После исключения

мономорфных и группировки сцепленных локусов (в том числе локализованных в митохондриальном геноме) количество анализируемых SNP сократилось до 40.

Гетерогенность частот аллелей и генотипов в исследованных выборках выявлена по результатам большинства парных тестов на генную и генотипическую дифференциацию популяций ($p < 0,05$). Межвыборочное генетическое разнообразие, оцененное величиной F_{ST} , составило в среднем 0,135 ($p = 0$). По матрице парных F_{ST} хорошо прослеживаются выраженная дифференциация нерки Южных Курильских о-вов и о-ва Парамушир, а также близость популяций Юго-Западной Камчатки, включая о-в Шумшу, и относительно высокое сходство популяций Олюторского и Наваринского районов (Ch, KA и KPh) (рис. 1Б).

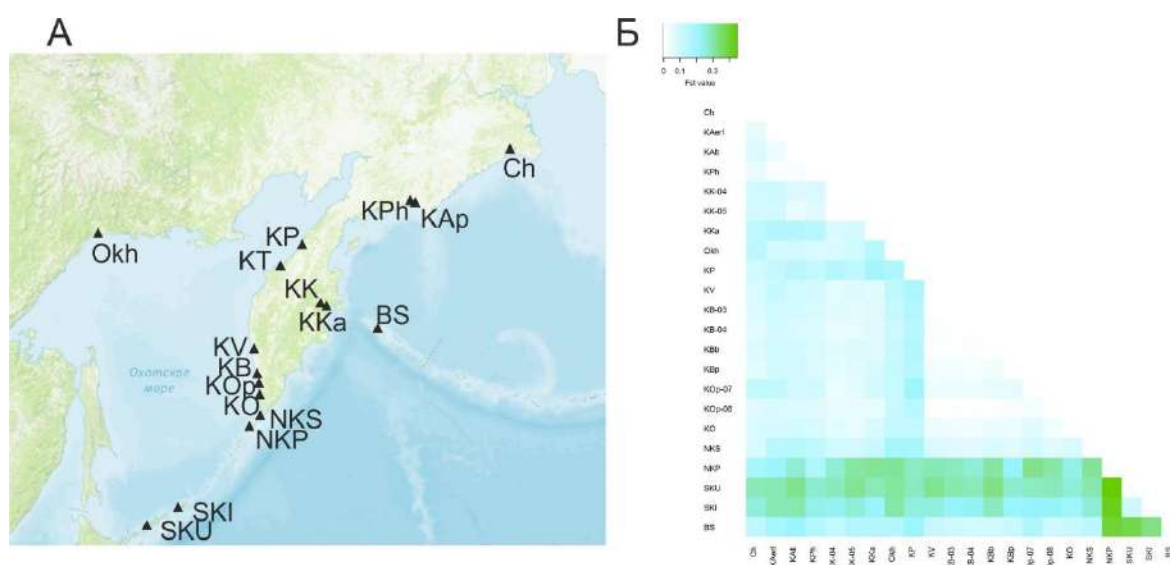


Рис. 1. Схематическая карта района сбора материала (А) и матрица парных коэффициентов F_{ST} для 22 выборок нерки (Б): KPh – р. Пахача; KK-04 – р. Камчатка (нерка позднего хода); KK-05 – р. Камчатка (нерка раннего хода); KKa – оз. Азабачье; р. Бушуйка (ранняя реофильная нерка); BS – о-в Беринга; оз. Саранное; Okh – р. Охота; KP – р. Палана; KT – р. Тигиль; KV – р. Большая Воровская; KB-03 – р. Большая (производители) в 2003 г.; KB-04 – р. Большая (производители) в 2004 г.; KBb – бассейн р. Большая; р. Быстрая (молодь); KBp – бассейн р. Большая; р. Плотникова (молодь); KOp-07 – р. Опала в 2007 г.; KOp-08 – р. Опала в 2008 г.; KO – р. Озерная; NKS – о-в Шумшу; оз.-р. сист. Беттобу; р. Острожная; NKP – о-в Парамушир; оз. Глухое; р. Шумная; SKU – о-в Уруп; оз. Токотан; SKI – о-в Итуруп; оз. Красивое

В качестве рекогносцировочного исследования популяционной структуры азиатской нерки проведена ординация выборок на плоскости главных компонент методом PCA. Суммарно выделено четыре фактора, объясняющих более половины изменчивости (54,3 %) генетических признаков (аллельных и/или гаплотипических частот 40 полиморфных локусов SNP).

В пространстве первых двух главных компонент выборки нерки Западной и Восточной Камчатки формируют плотный кластер, включая выборки из водоемов материкового побережья Охотского моря (Okh) и о-ва Беринга (BS) (рис. 2А). Относительно обособлены от данного кластера по второй компоненте популяции побережья Олюторского залива (Северо-Восточная Камчатка) и Чукотки. Кроме того, выборка из р. Палана по обеим компонентам заметно дистанцируется от популяций западного и восточного побережий полуострова. Наиболее удалены от остальных выборок островные популяции Северных и Южных Курильских о-вов. По третьей и четвертой компонентам дифференцируются выборки из бассейна р. Камчатка, водоемов побережья Олюторского залива, а также р. Палана и о-ва Парамушир (см. рис. 2Б). Однако разделить кластеры, соответствующие региональным группировкам нерки, не удалось, к тому же доля изменчивости генетических признаков, объясненная первыми парами компонент, не велика (не более 33,5 %) и, возможно, существенный процент генетической изменчивости обусловлен иными факторами, требующими более скрупулезного анализа.

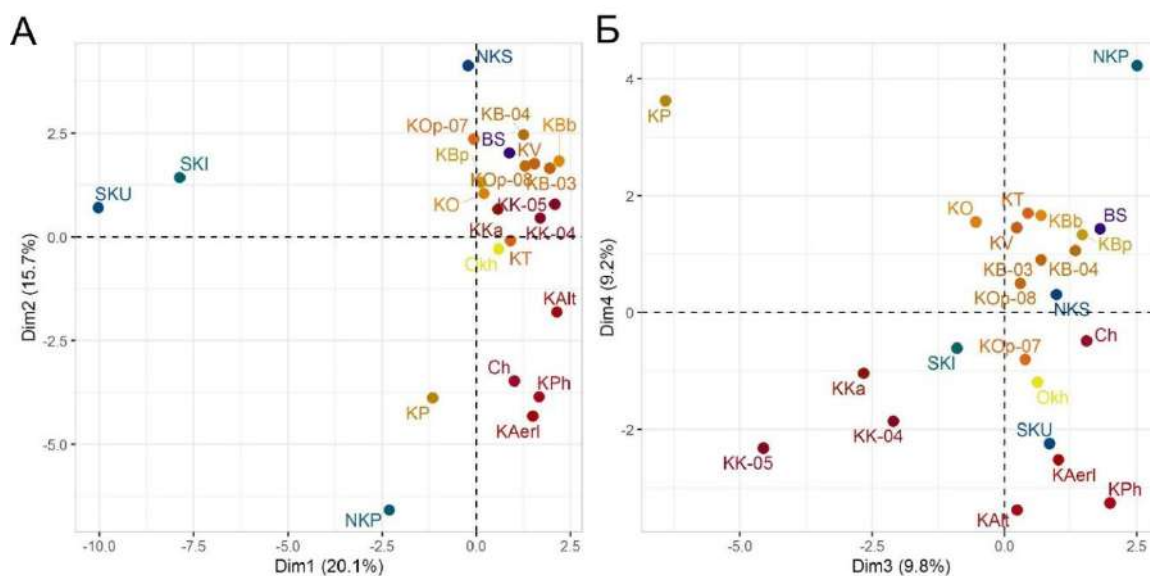


Рис. 2. Ординация выборок азиатской нерки в пространстве первых двух (А) и третьей, четвертой (Б) компонент изменчивости генетических признаков (Dim1-4). Для индикации региональной принадлежности выборок использованы оттенки трех цветов: желтый – Западная Камчатка и материковое побережье Охотского моря; красный – Восточная Камчатка и Чукотка; синий – островные популяции. Обозначения выборок см. на рис. 1

DAРС-анализ с предварительно заданными группами (22 выборки) позволил выделить лишь группировку южнокурильских популяций и обособленные выборки о-ва Парамушир и р. Палана (рис. 3А). Разделить остальные выборки не удалось: не только соответствующие кластеры, но и центры групп в значительной степени перекрывались.

особенностями географического расположения данной реки (субпериферия ареала), так и особенностями биологии паланской нерки, связанными с условиями ее обитания. Выраженные генетические отличия и снижение генетического разнообразия в выборках нерки Курильских и Командорских о-вов могут объясняться рядом причин, связанных с колебаниями численности, естественными барьерами, ограниченным потоком генов, и обусловлены главным образом дрейфом генов в длительно изолированных островных популяциях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Генетическая дифференциация нерки на рассматриваемой части ареала позволяет выделить на Азиатском побережье Тихого океана крупные популяционные комплексы, приуроченные к наиболее значимым районам воспроизводства данного вида рыбы. Наиболее многочисленные популяции азиатской нерки воспроизводятся на Камчатке, здесь выделяются три региональных группировки (биокомплекса): западно-камчатская, бассейн р. Камчатка и группировка многочисленных второстепенных стад озерно-речных систем Корякского нагорья и Чукотки. Популяции, приуроченные к водоемам североохотоморского побережья (рр. Палана и Охота), и островные популяции (за исключением выборки из оз.-р. системы Беттобу, о-ва Шумшу) значительно дифференцированы от так называемых «популяционных ядер» данного вида, воспроизводящихся в водоемах Камчатки и Чукотки.

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда (проект № 23-24-00307).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бугаев, В.Ф. Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура локальных стад, динамика численности) / В.Ф. Бугаев. – М.: Колос, 1995. – 464 с.

Внутри- и межпопуляционная изменчивость нерки *Oncorhynchus nerka* юго-западного побережья Камчатки на основе анализа локусов однонуклеотидного полиморфизма / А.М. Хрусталева, Н.В. Кловач, О.Ф. Гриценко [и др.] // Генетика. – 2014. – Т. 50, № 7. – С. 840-853.

Хрусталева, А.М. Генетическое разнообразие и популяционная структура нерки азиатского побережья Тихого океана / А.М. Хрусталева, Н.В. Кловач, Дж. Е. Сиб. – DOI 10.7868/S0016675817100058 // Генетика. – 2017. – Т. 53, № 10. – С. 1196-1207.

Burgner, R.L. Life history of Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*) / R.L. Burgner // Pacific Salmon Life Histories / Ed. C. Groot, L. Margolis. – Vancouver: UBC Press, 1991. – P. 3-117.

Earl, D.A. Structure Harvester: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method / D.A. Earl, B.M. VonHoldt. – DOI 10.1007/s12686-011-9548-7 // Conservation genetics resources. – 2012. – Vol. 4. – Iss. 2. – P. 359-361.

Biocomplexity and fisheries sustainability / R. Hilborn, T.P. Quinn, D.E. Schindler, D.E. Rogers. – DOI 10.1073/pnas.1037274100 // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2003. – Vol. 100. – Iss. 11. – P. 6564-6568.

Jombart, T. Adegnet 1.3-1: new tools for the analysis of genome-wide SNP data/ T. Jombart, I. Ahmed. – DOI 10.1093/bioinformatics/btr521 // Bioinformatics. – 2011. – Vol. 27. – Iss. 21. – P. 3070-3071.

Lê, S. FactoMineR: An R package for multivariate analysis / S. Lê, J. Josse, F. Husson. – DOI 10.18637/jss.v025.i01 // Journal of statistical software. – 2008. – Vol. 25. – P. 1-18.

Pritchard, J.K. Inference of population structure using multilocus genotype data / J.K. Pritchard, M. Stephens, P. Donnelly. – DOI 10.1093/genetics/155.2.945 // Genetics. – 2000. – Vol. 155. – Iss. 2. – P. 945-959.

Single nucleotide polymorphism (SNP) discovery and applications of SNP genotyping in nonmodel organisms/ J.E. Seeb, G. Carvalho, L. Hauser, K. Naish [и др.]. – DOI 10.1111/j.1755-0998.2010.02979.x // Molecular ecology resources. – 2011. – Vol. 11. – P. 1-8.

ОСОБЕННОСТИ КЛЕТОЧНЫХ ФАКТОРОВ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ *PARASALMO MYKISS* WALBAUM И ИХ РОЛЬ В РЕАКЦИЯХ ФАГОЦИТОЗА

Н.А. Чечкова, Н.А. Сидорова

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» (ПетрГУ),
г. Петрозаводск

Аннотация. Статья посвящена изучению особенностей клеточных факторов неспецифической резистентности радужной форели *Parasalmo mykiss* Walbaum, а также оценке функционального состояния фагоцитов форели в зависимости от возраста. Дана характеристика клеткам лейкоцитарного ряда. В крови форели возрастных групп 1+ и 2+ выявлено преобладание гранулярных лимфоцитов. Отмечено увеличение с возрастом фагоцитарного индекса и фагоцитарного числа.

Ключевые слова: лейкоциты, неспецифическая резистентность, фагоцитоз, фагоцитарный индекс, фагоцитарное число, *Parasalmo mykiss* Walbaum.

ВВЕДЕНИЕ

Неспецифическая резистентность рыб, как и других позвоночных животных, является важной составной частью реакций естественного или врожденного иммунитета на многочисленные повреждающие факторы окружающей среды. Имеются данные о негативном действии излучения на цитотоксическую активность, связанную с функционированием гранулоцитов головной почки (Effects of ultraviolet..., 2000), подавлении фагоцитарной активности макрофагов, дегенеративных изменениях ядра и цитоплазмы гранулоцитов (Polychlorinated biphenil congeners..., 1991), угнетении пролиферации лимфоцитов в присутствии нефтепродуктов и производственных отходов (Seeley, Weeks-Perkins, 1991). Такие реакции, как правило, проявляются на тканевом, клеточном и молекулярном уровнях. Среди клеток ведущая роль принадлежит лимфоцитам и вспомогательным клеткам иммунного ответа нелимфоидного происхождения (Estepa, Frias, Coll, 1992). Лимфоциты обладают свойством гетерогенности и отличаются по этапам дифференцировки, структуре, фенотипу и функциям. Фагоциты и нефагоцитирующие нелимфоидные клетки активно участвуют в реакциях фагоцитоза, естественной цитотоксичности и защитных реакциях нефагоцитирующих клеток. Биологическая роль нейтрофильных гранулоцитов в мобилизационных и эффекторных иммунных реакциях оценивается, как элиминация чужеродных микроорганизмов за счет внутриклеточного и внеклеточного киллинга, а также посредством сетевых

«ловушек» и действия цитокинов (Структурно-функциональная организация..., 2019).

Цель работы состояла в изучении особенностей клеточных факторов неспецифической резистентности радужной форели *Parasalmo mykiss* Walb., связанной с их участием в реакциях фагоцитоза. Для реализации цели исследования были поставлены следующие задачи: собрать ихтиологический материал, изучить лейкоцитарный состав крови радужной форели, оценить функциональное состояние фагоцитов форели в зависимости от возраста.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Особенности клеточных факторов неспецифической резистентности радужной форели изучали с использованием модифицированного метода исследования клеточных факторов неспецифической резистентности организма рыб и способа определения фагоцитарной активности клеток крови, рекомендованного Р.Т. Маннаповой (2021). Для оценки особенностей клеточных факторов неспецифической резистентности радужной форели была проанализирована кровь 50 особей радужной форели в возрасте 1+ (26 экз.) и 2+ (24 экз.). Кровь для исследования отбирали сразу после извлечения рыбы из воды (во избежание изменения достоверных гематологических показателей) непосредственно из сердца в точке, соединяющей основания грудных плавников (см. рисунок), с помощью вакуумных пробирок Vacuette, необходимых для контроля качества клинических лабораторных исследований. В качестве антикоагулянта использовали этилендиаминуксусную кислоту (ЭДТА).



Место отбора крови из сердца радужной форели

Для выявления особенностей клеточных факторов неспецифической резистентности у форели *P. mykiss* анализу подвергалась цельная кровь. Препараты крови фиксировали по методу Май-Грюнвальда и окрашивали по Романовскому-Гимза с использованием основного красителя Диахим-Гемистейн-Р (категория 436, производства НПФ «АБРИС+»). При микроскопировании и цитологическом анализе акцент делали на клетках

лейкоцитарного ряда: лимфоцитах, моноцитах, сегментоядерных и палочкоядерных нейтрофилах. На окрашенных препаратах крови радужной форели подсчитывали до 200 лейкоцитов. Полученное число выражали в процентном соотношении отдельных форм лейкоцитов.

В качестве объекта фагоцитоза использовали суспензию бактерий *Escherichia coli*. Для изучения фагоцитарной активности лейкоцитов из цельной крови готовили лейкоцитарную взвесь и к 0,02 мл взвеси добавляли 1000 мкл *E. coli*. Смесь инкубировали в термостате 30 мин при температуре 37 °С. Далее надосадочную жидкость сливали, осадок ресуспендировали и делали мазки крови, которые фиксировали в этаноле 5 мин и окрашивали по Романовскому-Гимзе. Результат учитывали с использованием иммерсионной системы микроскопа Motic DM-BA-30, оснащенного цифровой камерой MotiCamPro и программой MoticImages Advanced 3.2. Для оценки функционального состояния фагоцитов подсчитывали фагоцитирующие клетки на 100 нейтрофилов, определяли фагоцитарный индекс и фагоцитарное число. Результаты всех измерений обрабатывали статистически с помощью программного пакета Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У большинства (64,3 %) исследованных экземпляров форели отмечено увеличение количества лимфоцитов по сравнению с моноцитами и полиморфноядерными клетками. Принимая во внимание, что моноциты и полиморфноядерные клетки являются основными фагоцитирующими клетками, у форели в период исследований наблюдалась повышенная активность клеточных факторов неспецифической резистентности. Среди лимфоцитов встречались большие, средние и малые формы. Большинство лимфоцитов (49,5 %) были представлены большими или гранулярными лимфоцитами с характерной бледно-голубой цитоплазмой и азурофильными гранулами.

Изменение фагоцитарной активности нейтрофилов в зависимости от возраста исследованных особей радужной форели отражено в таблице.

Изменение фагоцитарной активности в зависимости от возраста исследуемых особей радужной форели

Возрастная группа	Фагоцитарный индекс, %	Фагоцитарное число, ед.
Двухлетки	41,07 ± 3,11	5,27 ± 1,14
Трехлетки	72,13 ± 6,24	9,51 ± 2,02

При анализе крови форели, направленном на определение резервных возможностей фагоцитов в отношении элиминирования живых клеток *E. coli*, обнаружено увеличение с возрастом фагоцитарного индекса в 1,7 раз

и фагоцитарного числа в 1,8 раз. Выявленное отличие в функциональном состоянии фагоцитов в крови форели в возрасте 1+ и 2+ может отражать как иммунологическую реактивность организма на присутствие бактериального антигена, так и особенности белкового и углеводного обмена, наличие интоксикации или активность процесса восстановления организма рыб после перенесенного инфекционного или соматического заболевания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выполненной работе акцент на клеточных факторах неспецифической резистентности радужной форели *P. mykiss* Walb. и их роли в реакциях фагоцитоза сделан на основании того, что у рыб первая линия защиты от возбудителей инфекций основана на широком спектре неспецифических гуморальных и клеточных факторов. Полученные результаты по фагоцитарной активности лейкоцитов являются частным случаем данных о неспецифической резистентности и могут служить индикатором состояния организма двухлеток и трехлеток радужной форели. Также результаты доказывают важность детального изучения функциональной активности фагоцитов у радужной форели, особенно для проведения целевого мониторинга многофакторного воздействия окружающей среды на организм рыб, изучения влияния различных ксенобиотиков на интактный организм, поскольку популяции фагоцитов обнаруживаются во всех потенциальных местах проникновения ксенобиотиков (жабры, кишечник, кожа). В подобных исследованиях необходимо также учитывать, что благодаря способности к пино- и фагоцитозу клетки, участвующие в процессе, могут поглощать не только растворенные, но и твердые инородные материалы, а также связанные с белком химические вещества и метаболизировать ксенобиотики, включая антибактериальные препараты и различные токсичные соединения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Маннапова, Р.Т. Микробиология. Практикум для выполнения лабораторно-практических работ / Р.Т. Маннапова. – М.: Проспект, 2021. – 440 с.

Структурно-функциональная организация иммунной системы / И.П. Балмасова, И.В. Нестерова, Е.С. Малова, Р.И. Сепиашвили. – М.: Практическая медицина, 2019. – 72 с.

Effects of ultraviolet light on immune parameters of the roach / E.I. Jokinen, H.M. Salo, S.E. Markkula [et al.]. – DOI 10.1016/s0378-4274(99)00240-4 // Toxicol. Lett. – 2000. – № 112-113. – P. 303-310.

Estepa, A. Susceptibility of trout kidney macrophages to viral haemorrhagic septicemia virus / A. Estepa, D. Frias, J. M. Coll // *Viral Immunol.*, 1992. – № 5. – P. 283-292.

Polychlorinated biphenil congeners in blood of Wisconsin sport fish consumers / W. Sonzogni, L. Maack, T. Gibson [et al.] // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 1991. – № 20. – P. 56-60.

Seeley, K.R. Altered phagocytic activity of macrophages in oyster toadfish from a highly polluted subestuary / K.R. Seeley, B.A. Weeks-Perkins // *J. Aquat. Anim. Health*, 1991. – № 3. – P. 224-227.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ р. ВЕЛИКАЯ

Д.В. Чупов, С.Н. Чирков

Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), г. Архангельск

Аннотация. Статья посвящена оценке современного состояния популяции атлантического лосося р. Великая (Ненецкий автономный округ).

Ключевые слова: р. Великая, атлантический лосось, состояние естественного воспроизводства.

ВВЕДЕНИЕ

Рекреационный лов атлантического лосося (семги) в настоящее время известен как один из самых популярных видов рыболовного туризма. В Ненецком автономном округе семга воспроизводится в девяти малых реках бассейна Баренцева моря. Наиболее многочисленное стадо мигрирует на нерест в крупную речную систему – Печору, где проведение рыболовных туров не практикуется. С точки зрения развития любительского (рекреационного) рыболовства в Ненецком автономном округе наиболее перспективны малые лососевые реки восточного побережья Чёшской губы Баренцева моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Имеющиеся сведения о р. Великая, ее гидрологическом режиме позволяют охарактеризовать изученность данного водотока как фрагментарную и в целом недостаточную. Управление гидрометеослужбы в бассейне этой реки выполняло лишь разовое исследование, постоянных наблюдений (гидрологических постов) на реке не существовало. Приведенная ниже характеристика р. Великая выполнена с использованием литературных сведений и собственных материалов (Ресурсы поверхностных вод..., 1965).

Р. Великая впадает в восточную часть Чёшской губы Баренцева моря (рис. 1). Ее протяженность 75 км. На всем изученном участке (от устья р. Хариусовая Виска до приливно-отливной зоны) наблюдалось чередование порогов, перекатов и каменистых быстроек. Исходя из показаний GPS-навигатора (данные альтиметра в начале маршрута 140 м), от начала до конца маршрута средние уклоны реки составляли 2,5 м на 1 км реки. На участке русла от водопада до места, отстоящего на 2 км вверх по течению от впадения руч. Болванский, р. Великая труднопроходима: следует

непрерывная цепочка порогов со значительным уклоном и глубинами более 1 м. В то же время отдельные валуны затрудняют проход плавсредств, на нескольких участках река течет в узких скальных каньонах. Приливно-отливная зона распространяется на 7-8 км от устья. Основные гидрологические характеристики приведены в табл. 1.

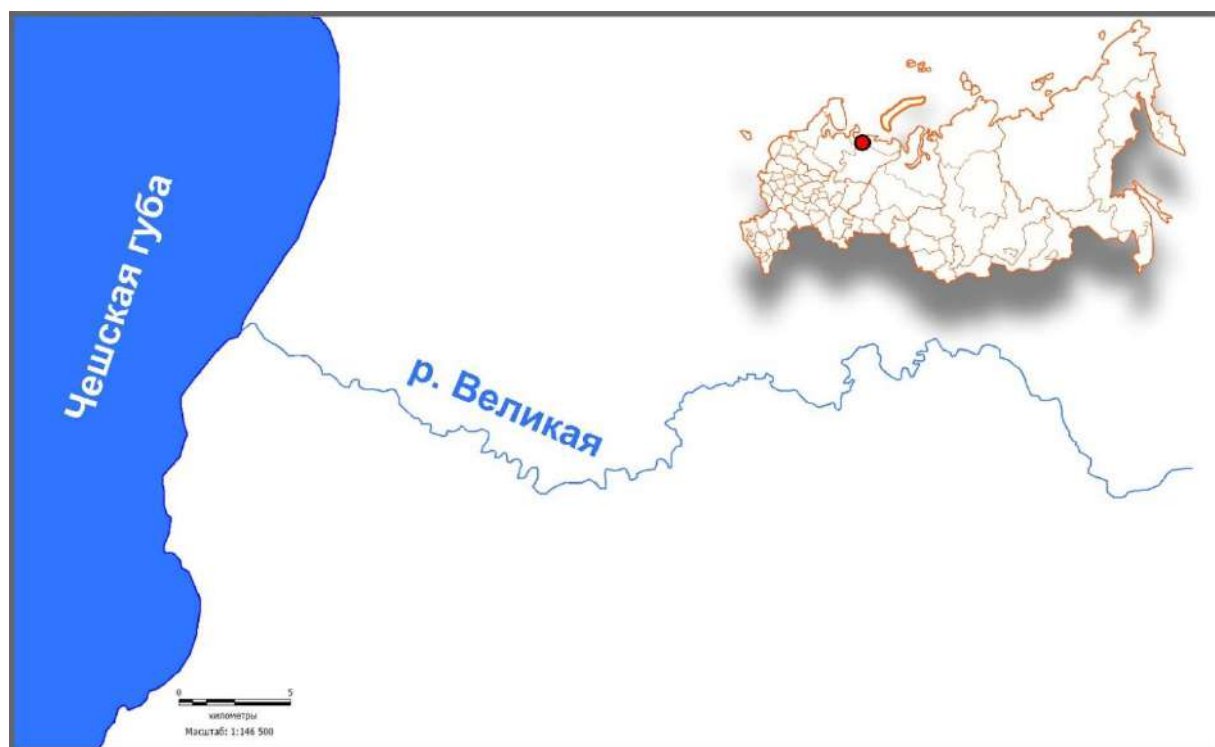


Рис. 1. Карта-схема р. Великая

Таблица 1

Основные гидрологические характеристики притоков р. Великая

Водоток	С какого берега впадает	Расстояние от устья, км	Длина водотока, км
Без названия	Левый	64	10
Р. Хариусовая Виска	Правый	61	21
Руч. Болванский	То же	35	16
Без названия	Левый	32	12
Р. Средняя	То же	3	15

Количество притоков длиной менее 10 км – 24, их общая протяженность – 59 км.

Фонд нерестово-выростных угодий (НВУ) оценивался научной группой в ходе маршрутной съемки, выполнявшейся с плавсредства по р. Великая, на участке длиной 56 км (участок русла от устья руч. Хариусовая Виска до приливно-отливной зоны). В процессе съемки

определяли площади НВУ, проводили их картирование с помощью прибора спутниковой навигации (Garmin CS 60, система координат WGS 84).

Площади НВУ оценивали как визуально – гидрологические параметры водотока (ширину разнотипных участков реки), так и инструментально (длину НВУ с помощью прибора спутниковой навигации). Для установления величины относительной погрешности измерений инструментально (с применением мерного шнура) измеряли ширину нескольких участков после визуальной оценки (Обзор методов оценки..., 2000).

На всем протяжении маршрутов встречались НВУ, которые в основном были представлены перекатами и порогами с каменистым грунтом мелкого и среднего фракционного состава, а также крупными валунами диаметром 20 см и более.

Величина погрешности визуальной оценки вычислялась по формуле:

$$\Delta v = 100 - (i \cdot 100 / V), \quad (1),$$

где Δv – величина погрешности визуальной оценки, %;

I – результат инструментальных измерений, м²;

V – результат визуальной оценки, м².

Площади нерестово-выростных участков корректировались с учетом величины ошибки визуальной оценки:

$$S_k = S_v - (S_v \cdot \Delta v / 100), \quad (2),$$

где S_k – откорректированная площадь НВУ, м²;

S_v – визуально определенная площадь НВУ, м².

Общий фонд нерестово-выростных угодий лосося в водотоке (S , км²) определяется суммированием откорректированных площадей нерестово-выростных участков:

$$S = \sum_{i=1}^n S_k, \text{ км}^2, \quad (3),$$

где n – количество показателей;

i – шаг суммирования.

Фонд нерестово-выростных угодий на исследованном участке русла р. Великая составил 0,445 км² (44,5 га). Основная часть НВУ (52,8 %) сосредоточена между 30 и 50 км от устья (рис. 2).

При работах с электроловом в течение короткого промежутка времени могут быть практически полностью обловлены участки водотоков, на которых невозможно применение иных типов орудий лова (активные и пассивные сетные ловушки, крючковые снасти). В соответствии с методическими рекомендациями считается, что участок обловлен (молодь семги) полностью после его трехкратного прохождения, при этом рыба остается живой, что является еще одним достоинством такого метода учетных работ. По результатам работы электроловом в р. Великая площадь, приходящаяся на 1 пестрятку атлантического лосося на нерестово-

выростных участках, составила 75 м² (рис. 3), разными орудиями лова (электролов, закидной мальковый невод, крючковые орудия лова) на разнотипных участках средняя площадь на 1 пестрятку равнялась 80 м².

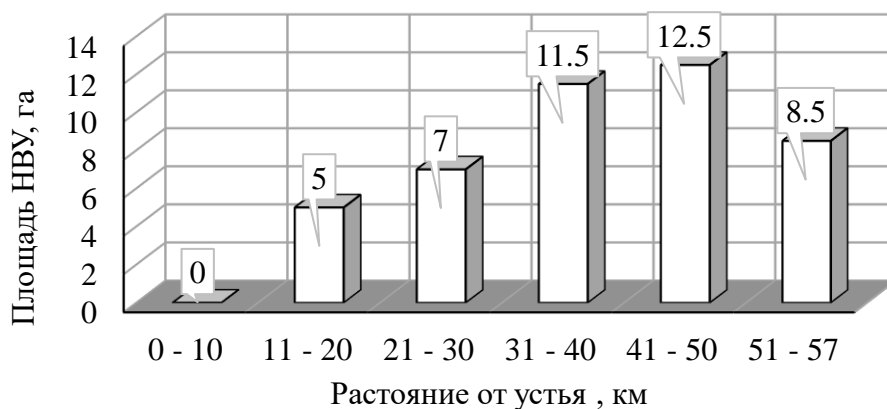


Рис. 2. Распределение площадей НВУ на изученном участке р. Великая



Рис. 3. Работа электроловом на нерестово-выростных угодьях семги в р. Великая в 2022 г.

Первичный анализ рыб всех видов проводили по общепринятым методикам (Правдин, 1966). Возраст определяли по чешуе в соответствии с методиками Н.И. Чугуновой и В.Г. Мартынова (Чугунова, 1959; Мартынов, 1987). Стадии зрелости гонад устанавливали по методике О.Ф. Сакун и Н.А. Буцкой (Сакун, 1968). Обработывали биологический материал с помощью программы Microsoft Excel (Павлов, 2014).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Видовой состав уловов. Лов рыбы в р. Великая осуществлялся крючковыми орудиями лова и электроловом. По результатам контрольных обловов выявлено 3 вида рыб: хариус, семга, кумжа (рис. 4). По количественному составу в уловах преобладал хариус, на долю которого пришлось 61,1 % от вылова.

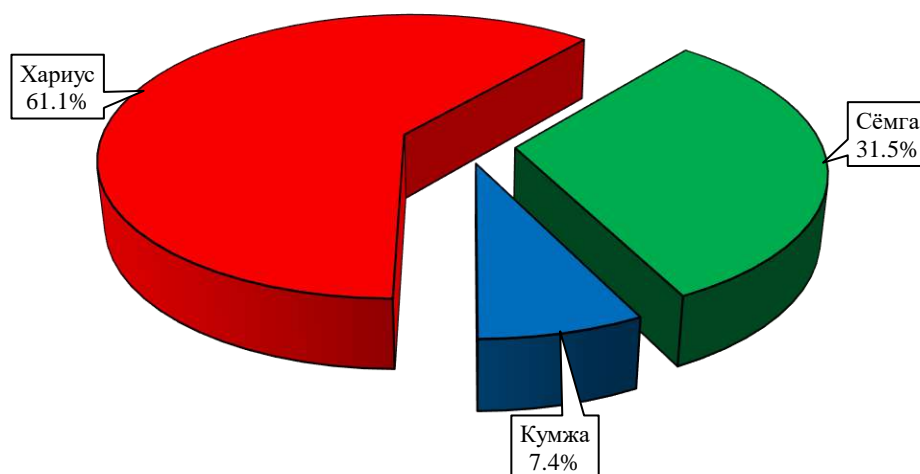


Рис. 4. Соотношение видов рыб по результатам обловов в р. Великая в июле 2022 г.

Биологические показатели. Выборка хариуса составила 33 экз. Средняя длина (AD) была 28,6 см, изменяясь от 21,5 до 34,5 см, масса варьировала от 130 до 665 г, средняя – 356,5 г (табл. 2). В соотношении полов (самцы:самки) наблюдалось преобладание самцов (1,36:1,0). Выловленные особи имели гонады во II (39,4 %) и III (60,6 %) стадиях зрелости.

Проанализированная выборка представлена семью возрастными группами 3+ (15,2 %), 4+ (12,1 %), 5+ (21,2 %), 6+ (18,2 %), 7+ (18,2 %), 8+ (12,1 %) и 9+ (3,0 %) (рис. 5).

Молодь атлантического лосося выловили крючковыми орудиями лова и электроловом (см. рис. 5). Всего было выловлено 16 экз. Средняя длина (AC) молоди семги составила 10,2 см, изменяясь от 7,5 до 12,8 см. Масса варьировала от 5,8 до 33,5 г при средней 18,1 г. В соотношении полов (самцы:самки) наблюдалось равное распределение (1:1) (табл. 3). Выловленные особи имели половые гонады во II (87,5 %) и III (12,5 %) стадиях зрелости.

Выборка была представлена особями возрастных классов 1+ (31,2 %), 2+ (37,6 %), 3+ (31,2 %).

Биологические параметры хариуса в р. Великая в июле 2022 г.

Показатель	Возраст, лет							Всего	Соотношение полов, %
	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+		
<i>Самки</i>									
Средняя масса, г	120,0	245,0	268,0	428,3	428,3	-	-	313,9	42,0
Средняя длина (AD), см	21,4	25,6	26,6	29,6	30,5	-	-	27,3	
Количество экз.	2	1	5	3	3	-	-	14	
Средний возраст, лет	5,3								
<i>Самцы</i>									
Средняя масса, г	136,6	171,6	255,0	418,3	546,6	593,7	665,0	387,9	58,0
Средняя длина (AD), см	21,6	23,6	27,8	31,8	34,2	35,1	34,5	29,7	
Количество экз.	3	3	2	3	3	4	1	19	
Средний возраст, лет	5,8								
<i>Вся выборка</i>									
Средняя масса, г	130	190	264,3	423,3	487,5	593,8	665	356,5	100
Средняя длина (AD), см	21,5	24,1	26,9	30,7	32,3	35,1	34,5	28,6	
Количество экз.	5	4	7	6	6	4	1	33	
Состав, %	15,2	12,1	21,2	18,1	18,2	12,1	3,1	100	
Средний возраст, лет	5,0								



Рис. 5. Молодь семги и кумжи из уловов электроловом в р. Великая в июле 2022 г.

Крючковым орудием лова также пойман один производитель семги массой 2,8 кг, длиной (АС) 67,5 см. Особь являлась самцом, имевшим половые гонады в IV стадии зрелости, в возрасте 3.1+.

Крючковыми орудиями лова было выловлено 4 экз. кумжи. Среднее значение длины тела (АС) составило 23,3 см при минимальных значениях длины 15,2 см и максимальных – 40,4 см. Средняя масса рыбы – 249,8 г, изменялась от 69,5 до 775 г.

Таблица 3

Биологические параметры молоди семги в р. Великая в июле 2022 г.

Показатель	Возраст, лет			Всего	Соотношение полов, %
	1+	2+	3+		
<i>Самки</i>					
Средняя масса, г	8	14,8	32,0	18,7	50
Средняя длина (АС), см	9,2	10,3	13,6	11,4	
Количество экз.	1	4	3	8	
Средний возраст, лет	2,3				
<i>Самцы</i>					
Средняя масса, г	5,3	25	35	17,6	50
Средняя длина (АС), см	7,8	12,8	14,3	10,6	
Количество экз.	4	2	2	8	
Средний возраст, лет	1,8				
<i>Вся выборка</i>					
Средняя масса, г	5,8	18,2	33,5	18,1	100
Средняя длина (АС), см	8,0	11,1	13,9	11,0	
Количество экз.	5	6	5	16	
Состав, %	31,2	37,6	31,2	100	
Средний возраст, лет	2				

В соотношении полов (самцы:самки) наблюдалось равное распределение (1:1). Особи имели половые гонады во II (50 %), III (25 %) и IV (25 %) стадиях зрелости в возрасте 3+ (50 %), 4+ (25 %), 6+ (25 %) соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам маршрутной съемки, проведенной на р. Великая в 2022 г., установлено, что фонд НВУ в русле р. Великая составляет 0,445 км². В уловах отмечено 3 вида рыб: атлантический лосось, кумжа, хариус. Доминантным являлся хариус, на долю которого пришлось 61,1 % от вылова.

Средняя площадь на 1 пестрятку НВУ равна 80 м² (русло р. Великая), что является обычным уровнем плотности для малых лососевых рек восточного побережья Чёшской губы Баренцева моря.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т.3. Северный край / Под ред. Н.Д. Шека; Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1965. – 610 с.

Обзор методов оценки продукции лососевых рек / В.А. Антонова, Н.А. Чуксина, И.И. Студенов [и др.]; СевПИНРО, ГосНИОРХ, Ин-т биол. Карел. науч. центра. – Архангельск: АГМА, 2000. – 47 с.

Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин; под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Чугунова, Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб / Н.И. Чугунова. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 164 с.

Мартынов, В.Г. Сбор и первичная обработка биологических материалов из промысловых уловов атлантического лосося: методические рекомендации / В.Г. Мартынов. – Сыктывкар, 1987. – 36 с.

Сакун, О.Ф. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб / О.Ф. Сакун, Н.А. Буцкая; М-во рыб. хоз-ва СССР, ПИНРО. – 2-е изд., перераб. и доп. – Мурманск, 1968. – 48 с.

Павлов, Н.В. Excel – готовые решения. Бери и пользуйся! / Н.В. Павлов. – М.: Книга по Требованию, 2014. – 382 с.

ОЦЕНКА НЕРЕСТОВО-ВЫРОСТНЫХ УГОДИЙ ЛОСОСЕВЫХ ВИДОВ РЫБ НА р. НЮХЧА (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ) в 2022 г.

В.С. Шерстков, И.И. Студенов

Северный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Северный»), г. Архангельск

Аннотация. Представлены материалы по оценке нерестово-выростных угодий лососевых видов рыб на р. Нюхча в Республике Карелия. Проведена маршрутная съемка от оз. Нюхчозеро до приливно-отливной зоны р. Нюхча (всего 98 км). При выполнении работ определяли ширину реки, глубину, характер грунта и скорость течения. Общий фонд НВУ составил 1,5 км² (около 40 % обследованной акватории). Продолжительность сплава 6 дней.

Ключевые слова: р. Нюхча, НВУ, маршрутная съемка, грунт, глубина, скорость течения, перекаат.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка нерестово-выростных угодий (НВУ) – важная часть комплекса исследований по определению численности популяций лососевых видов рыб. В р. Нюхча проходит нерест трех видов семейства лососевых (*Salmonidae*): семги (*Salmo salar* Linnaeus, 1758), кумжи (*Salmo trutta* Linnaeus, 1758) и горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum, 1792), которые являются проходными и промысловыми видами (Андряшев, Чернова, 1994). Данные виды – объекты изучения биологии, экологии, роста, состояния популяций. Исследования лососевых видов в р. Нюхча проводились только в середине XX в.

Р. Нюхча входит в список рек Республики Карелия, где нерестится атлантический лосось. По данным Карельского филиала ФГБУ «Главрыбвод» (1956 г.), площадь НВУ на этой реке составляла 0,51375 км² (Студенов, Торцев, 2021).

В связи со значительной удаленностью от административных центров и отсутствием постоянного контроля рыболовства река испытывает значительный браконьерский прессинг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Р. Нюхча протекает по территории Архангельской области и Республики Карелия, берет начало из оз. Нюхчозеро, впадает в Онежский залив Белого моря. Основные притоки: Волгуда (правый), Заячка и Вяга (левые). Длина реки 106 км, площадь водосборного бассейна 1770 км².

Перепад высот от истока до устья 182 м (Ресурсы поверхностных вод..., 1965) (рис. 1).

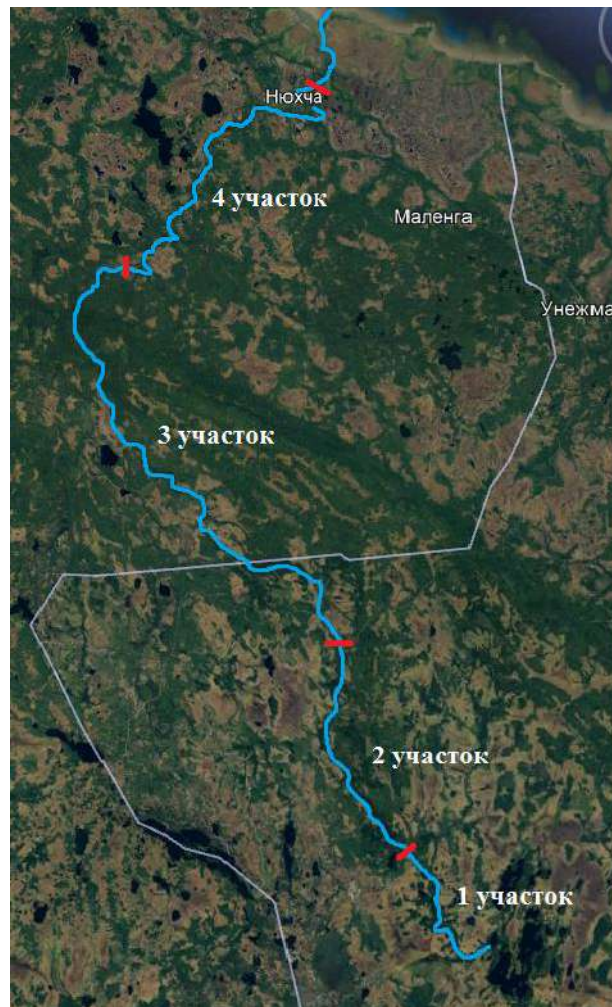


Рис. 1. Карта-схема р. Нюхча

Маршрутная съемка проведена на р. Нюхча с 11 по 16 сентября 2022 г. Сплав по реке выполняли на катамаране «Турист-4». Экспедиционная группа состояла из пяти человек. Обследовано четыре участка, на которых проведена съемка площадей НВУ, длина всего маршрута от оз. Нюхчозеро до приливно-отливной зоны 98 км.

В процессе маршрутной съемки оценивали площади НВУ, производили их картирование с помощью прибора спутниковой навигации (Garmin 78, система координат WGS 84).

Площади НВУ определяли как с помощью визуальной оценки гидрологических параметров водотока (ширина разнотипных участков реки), так и инструментально (длина НВУ с помощью прибора спутниковой навигации). Для установления величины относительной погрешности

измерений было проведено инструментальное (с применением мерного шнура) измерение ширины нескольких участков после их визуальной оценки (Обзор методов оценки..., 2000).

На всем протяжении маршрутов встречались НВУ, которые были представлены в основном перекатами и порогами с крупными валунами диаметром 20 см и более.

Величину погрешности визуальной оценки вычисляли по формуле:

$$\Delta v = 100 - (i \cdot 100 / V), \quad (1)$$

где Δv – величина погрешности визуальной оценки, %;

I – результат инструментальных измерений, м²;

V – результат визуальной оценки, м².

Площади нерестово-выростных участков корректировались с учетом величины ошибки визуальной оценки:

$$S_k = S_v - (S_v \cdot \Delta v / 100), \quad (2)$$

где S_k – откорректированная площадь НВУ, м²;

S_v – визуально определенная площадь НВУ, м².

Общий фонд нерестово-выростных угодий лосося в водотоке (S , км²) определяется суммированием откорректированных площадей нерестово-выростных участков:

$$S = \sum_{i=1}^n S_k, \text{ км}^2, \quad (3)$$

где n – количество показателей;

i – шаг суммирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведение маршрутной съемки по оценке НВУ на р. Нюхча проходило в сложных условиях из-за малых уровней воды. В верхнем течении наблюдалось большое количество бобровых плотин и завалов из деревьев. Плотины разбирались для прохода плавсредства, завалы пропиливались бензопилой. Осуществлено два обноса завалов до 500 м. Также сложность представляли каменистые участки реки («брусчатка») (рис. 2), осуществлен обнос около 2 км в связи с полной непроходимостью. За два первых ходовых дня пройдено 10 км маршрута.

После впадения в р. Нюхча руч. Волгуда завалы и бобровые плотины прекратились, но малые уровни воды в реке и наличие длинных порожистых участков не позволили группе продвигаться по маршруту в запланированном темпе.

В процессе проведения маршрутной съемки по оценке НВУ на р. Нюхча были выделены четыре участка. На 1-, 2- и 3-м участках река протекает по кряжу Ветреный пояс и имеет большое количество перекатов и

порогов. 4-й участок реки более пологий и представлен в основном плесами и редкими перекатами.



Рис. 2. Каменистые участки р. Нюхча («брусчатка»)

1 участок. 106-96 км реки от устья, длина участка 10 км, площадь НВУ 0,028 км². В верхнем течении реки от оз. Нюхчозера до руч. Волгуда грунт в основном песчаный на плесах, а перекааты представляют собой крупные камни с редкими небольшими приямками с глубиной не более 1 м. Песчаный грунт на перекатах и в приямках практически отсутствует. Ширина реки на НВУ от 5 до 15 м, в среднем 10 м, скорость течения от 0,3 до 0,7 м/с.

В уловах отмечены три вида рыб: щука, окунь и плотва.

2 участок. 96-78 км реки от устья, длина участка 18 км, площадь НВУ 0,208 км². От руч. Волгуда до Комиссаровых плесов (28 км от истока, ориентир – действующий мост) грунт на перекатах в основном представлен крупными валунами, редко в приямках небольшие участки с песчаным грунтом. Ширина реки на НВУ от 20 до 40 м, глубина 0,2-2,5 м, скорость течения от 0,3 до 1,0 м/с.

В уловах отмечены три вида рыб: щука, окунь и плотва.

3 участок. 78-34 км реки от устья, длина участка 44 км, площадь НВУ 0,995 км². В среднем течении реки в нее впадает наибольшее количество притоков (ручьи): Варбручей, Березовый, Каменный, Шапочный, Гремучий, Заячка, Вяга. Почти все ручьи порожистые.

В основном на 3-м участке реки располагаются порожистые участки длиной до 1,5 км с редкими ямами глубиной до 3 м. Наиболее подходящий участок для нереста лососевых рыб – пороги Кувшинные, где перекааты чередуются с ямами до глубины 2 м. Ширина реки на НВУ от 30 до 50 м, глубина 0,3-3,0 м, скорость течения от 0,3 до 1,0 м/с.

Здесь определено наибольшее количество мест, пригодных для нереста лососевых рыб и нагула их молоди.

В уловах отмечены три вида рыб: щука, окунь и плотва.

4 участок. 34-8 км от устья, длина участка 26 км, площадь НВУ 0,277 км². Нижнее течение реки в основном представлено плесами и локальными перекатами. Основной порог на реке «Падун» находится в 7 км от д. Нюхча выше по течению, перепад высоты на трех основных ступенях порога составляет около 6,5 м на 50 м длины порога. Ширина реки на НВУ от 30 до 60 м, глубина 0,5-3,0 м, скорость течения от 0,3 до 7,0 м/с.

В уловах отмечены три вида рыб: щука, окунь и плотва.

Площадь НВУ на р. Нюхча по участкам представлена на рис. 3. Протяженность реки от истока до приливно-отливной зоны составляет 98 км, из них 40 % оценены как нерестово-выростные угодья. Расчетная площадь НВУ на реке 1,5 км².

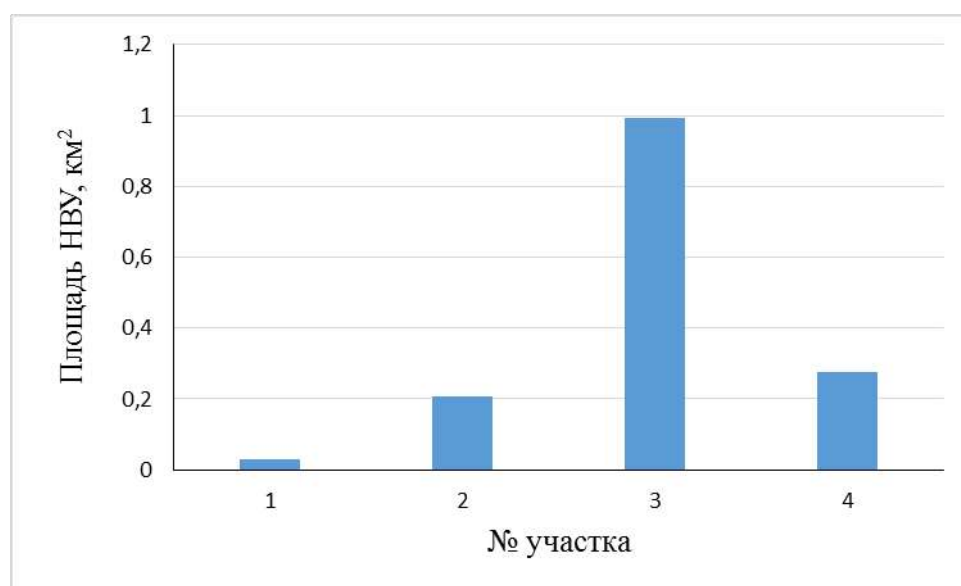


Рис. 3. Распределение площадей НВУ на участках р. Нюхча

По данным промысловых уловов, в весенний период в устьевой части р. Нюхча встречаются следующие виды рыб: азиатская корюшка, камбала полярная, камбала речная, кумжа, сиг, ерш, бычок подкаменщик, окунь, щука. При проведении научных работ сотрудниками Северного филиала ФГБНУ «ВНИРО» в весенний и осенний периоды в р. Нюхча в уловах также отмечались атлантический лосось, горбуша, плотва, язь, лещ, уклейка и налим.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований выявлено, что р. Нюхча можно условно разделить на четыре участка, отличающихся по характеру

грунтов, ширине, скорости течений и наличию мест, пригодных для нереста и нагула молоди лососевых рыб.

Наибольшая площадь НВУ располагается в среднем течении р. Нюхча на 3-м участке. 4-й участок в основном состоит из плесов, несмотря на его большую протяженность площадь НВУ незначительна. На участках 1 и 2 грунт на НВУ представлен в основном крупными валунами, что не способствует нересту лососевых видов рыб.

Площадь НВУ на р. Нюхча 1,5 км², что значительно выше, чем оценка «Карелрыбвода», проведенная в 1958 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Андрияшев, А.П. Аннотированный список рыбообразных и рыб морей Арктики и сопредельных вод / А.П. Андрияшев, Н.В. Чернова // Вопросы ихтиологии. – 1994. – Т. 34, № 4. – С. 435-456.

Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 2. Карелия и Северо-Запад / Под ред. Н.Д. Шека; Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1965. – 700 с.

Обзор методов оценки продукции лососевых рек / В.А. Антонова, Н.А. Чуксина, И.И. Студенов [и др.]; СевПИНРО, ГосНИОРХ, Ин-т биол. Карел. науч. центра. – Архангельск: АГМА, 2000. – 47 с.

Студенов, И.И. Рекомендации предельно-допустимых объемов выпуска водных биологических ресурсов: нормативное регулирование и практическая реализация / И.И. Студенов, А.М. Торцев. – DOI 10.37663/0131-6184-2021-3-47-53 // Рыбное хозяйство. – 2021. – № 3. – С. 47-53.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВРЕМЕНИ, ПРОШЕДШЕГО С МОМЕНТА КОРМЛЕНИЯ, НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЖЕЛЧИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ *ONCORHYNCHUS MYKISS*

А.В. Шокурова^{1,2}, О.В. Анищенко³, Е.Н. Кашинская^{1,2}, П.Г. Власенко^{1,2}, Энрик Жизберт⁴, М.М. Соловьев^{1,2}

¹*Институт систематики и экологии животных СО РАН (ИСиЭЖ СО РАН), г. Новосибирск,*

²*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН), г. Москва*

³*Институт биофизики СО РАН (ИБФ СО РАН), г. Красноярск*

⁴*Институт технологий и исследований пищевой промышленности (IRTA), г. Сант Карлес де ля Рапита, Испания*

Аннотация. В экспериментальных условиях исследован элементный состав желчи радужной форели в зависимости от температурного режима содержания рыбы и времени, прошедшего с момента кормления. В ходе исследования было обнаружено достоверное влияние экспериментальных факторов на концентрации макро- и микроэлементов в желчи рыб. Полученные данные позволили выделить пять паттернов нелинейного изменения концентраций элементов в желчи с течением времени.

Ключевые слова: элементный состав, желчь, радужная форель, пищеварение.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования в области физиологии пищеварения рыб играют важную роль, с одной стороны, в рамках сравнительной, экологической и эволюционной трофологии, а с другой – как источник сведений о пищевых потребностях и процессах пищеварения рыб, которые активно используются для выращивания морских и пресноводных видов в условиях аквакультуры (Кузьмина, 2005). Хорошо известно, что одним из ключевых факторов, оказывающих воздействие на протекание пищеварительных процессов в желудочно-кишечном тракте рыб, является элементный состав его внутренней среды. Ранее было показано, что желчь, попадая в кишечник, за счет макро- и микроэлементов, входящих в ее состав, способна формировать физико-химическую среду кишечного тракта (Элементный состав желчи..., 2022; Hunn, 1976). Так, элементный состав желчи может регулировать процессы пищеварения путем изменения уровня активности пищеварительных ферментов в кишечнике рыбы (Trypsin from the..., 2010). Кроме того, многие элементы в желчи способны ограничивать или стимулировать рост энтеральной микробиоты, выступая дополнительным фильтром, определяющим, какие микроорганизмы могут колонизировать кишечник конкретного вида рыб, а какие нет. В предыдущих исследованиях

также рассматривалось влияние некоторых эндо- и экзогенных факторов на формирование элементного состава желчи, а следовательно их воздействие на физиологию пищеварения рыб (Элементный состав желчи..., 2022). Однако влияние таких факторов, как суточный ритм питания и температура содержания рыб, которым принадлежит ключевая роль при интенсивных методах культивирования и неправильный подбор которых может стать причиной гистоморфологических изменений энтероцитов и гепатоцитов у рыб (Effect of feeding..., 2014), рассматривалось опосредованно. Таким образом, цель данной работы – определить соотношение основных макро- и микроэлементов в желчи радужной форели в зависимости от температурного режима содержания рыбы и времени, прошедшего с момента последнего кормления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперимент был поставлен на базе Института технологий и исследований пищевой промышленности (IRTA, г. Сант Карлес де ля Рапита, Испания) с использованием 84 особей радужной форели. Все рыбы были накормлены до полного насыщения, после чего, с промежутками времени от 2 до 120 ч, часть особей изымалась в целях забора желчи. Далее методом эмиссионной спектрометрии в образцах желчи были определены 28 химических элементов, из которых шесть макроэлементов (Ca, K, Mg, Na, P, S) и 22 микроэлемента (Al, As, Ba, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, Ti, Tl, V, Zn). Статистическая обработка данных выполнена с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel, STATISTICA 7.0 и Past 4.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Относительно других элементов макроэлементы находились в наиболее высоких концентрациях для всех исследованных особей вне зависимости от температурного режима содержания рыбы и времени, прошедшего с момента кормления. Концентрация макроэлементов варьировала в следующих диапазонах: среди рыб, содержащихся при температуре 13 °C, S 30451,6-52159,5, Na 37360,2-54157,9, K 2041,3-29664,4, Ca 1871,0-2733,1, Mg 115,4-252,3, P 33,4-137,7 мг/кг; среди рыб, содержащихся при 20 °C, S 12843,3-56394,7, Na 35540,5-54910,9, K 1524,9-36119,4, Ca 1767,8-2946,8, Mg 136,7-393,3, P 23,4-142,9 мг/кг. В среднем среди микроэлементов у всех исследованных особей рыб преобладало содержание Cu (21,2-99,7 мг/кг), Sr (4,0-10,6 мг/кг), Al (0,0-28,4 мг/кг), Zn (0,0-31,7 мг/кг), Cr (0,0-5,3 мг/кг) и Fe (0,0-53,3 мг/кг). Представленность микроэлементов в желчи имела некоторые отличия между группами рыб. У

подавляющего большинства особей, которые содержались при температуре 13 °С, в желчи отсутствовали Bi, Cd, Co, Pb и Tl. В то время как у рыб, содержащихся при температуре 20 °С, в желчи присутствовало меньшее количество ионов металлов, у большинства особей не было обнаружено ни Bi, Cd, Co, Pb, ни Fe, Mo, Ti и V, тем не менее микроэлементы As, Cu и Sr присутствовали у абсолютного числа особей обеих групп.

В ходе анализа были выявлены различия в концентрациях макро- и микроэлементов между двумя группами рыб, содержащихся в условиях различных температурных режимов. Так, фактор «температуры» оказывал достоверное влияние с высоким уровнем значимости на концентрации Ca (PERMANOVA, $F=9,1$ $P=0,006$), K (PERMANOVA, $F=14,9$ $P=0,0001$), Mg (PERMANOVA, $F=38,1$ $P=0,0001$), а также Cu (PERMANOVA, $F=31,4$ $P=0,0001$), Fe (PERMANOVA, $F=50,8$ $P=0,0001$), Mo (PERMANOVA, $F=7,2$ $P=0,0002$), V (PERMANOVA, $F=8,2$ $P=0,0004$), Al (PERMANOVA, $F=4,9$ $P=0,032$), Pb (PERMANOVA, $F=4,1$ $P=0,032$) и Sr (PERMANOVA, $F=6,1$ $P=0,019$).

Анализ зависимости концентрации элементов в желчи от времени, прошедшего с момента кормления, установил, что линейные модели корреляционной и регрессионной зависимостей плохо описывают взаимосвязь между этими двумя переменными, тогда как модель полиномиальной регрессии была достоверна для большего количества элементов. Полученные данные позволили выделить пять паттернов нелинейного изменения концентраций элементов в желчи с течением времени. Первую группу составили элементы, концентрация которых вначале была повышена, затем снижалась, достигая минимальных значений к 40-80 ч, после чего возрастала и в большинстве случаев достигала максимума на 120 ч эксперимента. К данной группе были отнесены такие элементы, как S ($R^2=0,67$, $p=0,17$), Ca ($R^2=0,51$, $p=0,084$), Mg ($R^2=0,81$, $p=0,003$), Cu ($R^2=0,82$, $p=0,002$), Sr ($R^2=0,66$, $p=0,022$), As ($R^2=0,067$, $p=0,020$) и Ga ($R^2=0,71$, $p=0,013$), В то же время Na ($R^2=0,26$, $p=0,35$), K ($R^2=0,66$, $p=0,022$), P ($R^2=0,26$, $p=0,77$), Cr ($R^2=0,11$, $p=0,95$), Sb ($R^2=0,40$, $p=0,17$), Li ($R^2=0,16$, $p=0,89$) составили вторую группу элементов, чья концентрация с течением времени изменялась незначительно. Напротив, для третьей группы элементов свойственны заметные изменения концентраций, полученные кривые часто имели две или даже три вершины, настоящий паттерн был характерен для Ni ($R^2=0,52$, $p=0,37$), Al ($R^2=0,17$, $p=0,90$), Se ($R^2=0,22$, $p=0,83$), Tl ($R^2=0,88$, $p=0,056$), Pb ($R^2=0,12$, $p=0,95$), Bi ($R^2=0,53$, $p=0,35$). В четвертую группу вошли Fe ($R^2=0,51$, $p=0,38$), Zn ($R^2=0,43$, $p=0,14$), Ti ($R^2=0,78$, $p=0,021$), Ba ($R^2=0,64$, $p=0,09$), Mn ($R^2=0,85$, $p=0,027$), концентрация этих элементов постепенно возрастала, достигая максимума значений на середине, после чего плавно уменьшалась к 120 ч

эксперимента. К последней группе были отнесены элементы Мо, V, Со и Сd, чья концентрация в большинстве случаев была равна 0 мг/кг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Управление процессами пищеварения в целях интенсификации выращивания рыбной продукции невозможно без учета ключевых факторов, их регулирующих. Желчь рыб играет важную роль в пищеварении не только за счет эмульгирования липидов для дальнейшего гидролиза липазой (Boyer, 2013), но и при формировании элементного состава внутренней среды кишечного тракта. В данном исследовании было показано достоверное влияние температурного режима и времени, прошедшего с момента кормления, на изменение концентраций элементов в желчи радужной форели. Полученные материалы позволят глубже понять условия протекания пищеварительных процессов в кишечнике рыб, а также подобрать условия, наиболее оптимальные при интенсивных методах выращивания радужной форели.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 19-74-10054 (анализ концентрации макроэлементов) и Мегагранта № 220-6544-5338 (анализ концентрации микроэлементов).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Кузьмина, В.В. Физиолого-биохимические основы экзотрофии рыб / В.В. Кузьмина. – М.: Наука, 2005. – 300 с.

Элементный состав желчи некоторых морских и пресноводных видов рыб и его возможное практическое применение в условиях аквакультуры / А.В. Шокурова, О.В. Анищенко, Е.Н. Кашинская [и др.]. – DOI 10.23947/aquaculture.2022.29-31 // Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции «Развитие и современные проблемы аквакультуры». – 2022. – С. 29-31.

Boyer, J.L. Bile Formation and Secretion / J.L. Boyer. – DOI 10.1002/cphy.c120027 // Comprehensive Physiology. – 2013. – Vol. 3, Iss. 3. – P. 1035-1078.

Effect of feeding strategy on survival, growth, intestine development, and liver status of maraena whitefish *Coregonus maraena* larvae / V. Stejskal, T. Gebauer, R. Sebesta [et al.]. – DOI 10.1111/jwas.12785 // Journal of the World Aquaculture Society. – 2014. – Vol. 52, Iss. 4. – P. 829-842.

Hunn, J. Inorganic Composition of Gallbladder Bile from Freshwater Fishes / J. Hunn // American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH). – 1976. – Vol. 3. – P. 602-605.

Trypsin from the viscera of Bogue (Boops boops): isolation and characterization / A. Barkia, A. Bougatef, R. Nasr [et al.]. – DOI 10.1007/s10695-009-9365-z // Fish Physiology and Biochemistry. – 2010. – Vol. 36. – P. 893-902.

СОДЕРЖАНИЕ

Алексеев М.Ю., Зубченко А.В., Потуткин А.Г. Воспроизводство атлантического лосося в малых реках Кандалакшского берега Мурманской области	5
Артамонова В.С., Бардуков Н.В., Кондратенко Я.В., Махров А.А., Рольский А.Ю., Степанова А.Н., Янковская В.А. Быстрые генетические изменения при создании новой породы радужной форели (<i>Parasalmo mykiss</i>).....	11
Астафьев С.Э., Акишин В.В., Истомин И.Г. Перспективы добычи тихоокеанских лососей в ИЭЗ России.....	18
Байдаров И.В. Оценка икры ручьевого гольца <i>Salvelinus fontinalis</i> , выращенного в искусственных условиях.....	25
Беляев В.А., Канзепарова А.Н., Кивва К.К., Ридигер А.В., Гордеев И.И. Сравнительная характеристика промысла горбуши в 2020 и 2022 гг. в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне.....	29
Беляев В.А., Канзепарова А.Н., Ридигер А.В. Роль международной организации – Комиссии по анадромным рыбам северной части Тихого океана (НПАФК/НРАФС) – в сохранении и регулировании запасов в Северной Пацифике..	36
Бессонов А.А., Калашикова М.Ю., Кращенко С.А. К вопросу о зараженности горбуши <i>Oncorhynchus gorbuscha</i> (Walbaum, 1792) р. Кола личинками нематоды <i>Anisakis simplex</i> (Rudolphi, 1809).....	44
Бобкова А.А., Никифоров А.И. Проблемы и перспективы внедрения принципов ESG-отчетности в аквакультуре лососевых рыб.....	48
Бонк А.А., Пушкарев А.И. Опыт применения автономных гнезд-инкубаторов на Камчатке	56
Буданова Л.К., Самохвалов И.В. Гематологические показатели у производителей атлантического лосося (<i>Salmo salar</i> L.) из р. Тулома в летний период.....	62
Булатова И.В., Трапезников А.В. История промысла атлантического лосося в контексте освоения Печорского края.....	69
Вецлер Н.М., Бугаев В.Ф. Многолетние изменения численности и биологических показателей нерки (<i>Oncorhynchus nerka</i> Walb.) Паратунских озер (Юго-Восточная Камчатка).....	77
Власенко П.Г., Изотова Г.В., Кашинская Е.Н., Шокурова А.В., Маркевич Г.Н., Соловьев М.М. Видовое разнообразие цестод рода <i>Proteocephalus</i> Weinland, 1858 – паразитов лососевых рыб Сибири и Дальнего Востока.....	85
Генрих Э.А., Торцев А.М. Результаты мониторинга нерестовой части популяции атлантического лосося в низовьях р. Мезень.....	90
Гриценко А.В. Установление нормообразующих показателей производителей нерки р. Апука и Олюторского залива для верификации их уловов и обеспечения рационального производства.....	96
Дзюба Н.А., Тимофеев К.А., Никифоров А.И. Охрана аборигенных видов анадромных лососевых рыб в странах Арктического региона.....	104
Долотов С.И., Самохвалов И.В. Продолжительность морского нагула атлантического лосося <i>Salmo salar</i> L. р. Тулома (Мурманская область) в 1983-2022 гг.	112
Долотов С.И., Самохвалов И.В. Условия воспроизводства и численность атлантического лосося <i>Salmo salar</i> L. р. Тулома (Мурманская область).....	117
Ефремов Д.А. Воспроизводство горбуши (<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>) в реках Белого моря и ее воздействие на аборигенные виды.....	123

Зданович В.В. Поведение молоди радужной форели <i>Oncorhynchus mykiss</i> в термоградиентном пространстве.....	132
Зубченко А.В., Ткаченко А.В., Прусов С.В. История исследований биологии анадромных рыб на Кольском Севере.....	138
Игнатов Н.Н., Рябуха Е.А. Аналитические материалы, характеризующие объемы, биологическое состояние и выживаемость молоди тихоокеанских лососей на лососевом рыбзаводе Магаданской области.....	152
Изотова Г.В., Власенко П.Г., Маркевич Г.Н., Кашинская Е.Н., Соловьев М.М. Морфогенетическое разнообразие трематод рода <i>Diplostomum</i> лососевых рыб разнотипных водоемов России.....	158
Исаева О.М. Перспективы использования хемосенсорно привлекательных кормов в практике камчатского лососеводства	165
Кальченко Е.И., Городовская С.Б., Лозовой А.П., Попков А.А. Физиолого-биохимические показатели покатинок западнокамчатской горбуши в пресноводный и ранний морской периоды жизни в 2020 г.	172
Карасев А.Б., Алексеев М.Ю., Потуткин А.Г. Случай обнаружения плероцеркоида цестоды <i>Hepatoxylon trichiuri</i> у анадромного лосося в р. Умба (Белое море, Кольский полуостров).....	179
Карасева Т.А. К вопросу этиологии и патогенеза язвенного дермального некроза (UDN) у атлантического лосося <i>Salmo salar</i> L.	183
Карасева Т.А., Голикова Л.Н. Результаты эпизоотического мониторинга форелевых хозяйств Мурманской области.....	190
Карпенко В.И., Бонк А.А. Биологическая характеристика молоди лососей в некоторых водоемах Камчатки.....	197
Кашинская Е.Н., Симонов Е.П., Власенко П.Г., Шокурова А.В., Маркевич Г.Н., Соловьев М.М. Трофическая диверсификация и разнообразие микробных сообществ в различных симпатрических комплексах лососевых рыб.....	205
Коваль М.В., Горин С.Л., Тепнин О.Б., Коломейцев В.В. Факторы, влияющие на распределение, миграции и промысел тихоокеанских лососей в эстуариях и прибрежной зоне Камчатки.....	209
Кращенко С.А., Бессонов А.А., Беликова В.С. Результаты мониторинга инвазии моногенеей <i>Gyrodactylus salaris</i> молоди атлантического лосося в бассейне р. Тулома.....	217
Кузнецова М.В., Родин М.А., Шульгина Н.С., Крупнова М.Ю., Курицын А.Е., Мурзина С.А., Немова Н.Н. Влияние разных режимов освещения и кормления на активность ферментов энергетического обмена и экспрессию генов регуляторов миогенеза у сеголеток атлантического лосося (<i>Salmo salar</i> L.) в условиях аквакультуры.....	223
Леман В.Н. Факторы и механизмы воздействия на условия воспроизводства лососевых рыб при горнодобывающей деятельности.....	231
Лугаськов А.В., Тряцын О.А. Особенности биологии рипуса в водоемах Урала.....	239
Малых К.М. Применение гидроакустических приборов в качестве дистанционного метода оценки численности нерки р. Озерная.....	247
Мальцев В.Н. Бактериальная холодноводная болезнь радужной форели на юге России.....	253
Марченко С.Л. Роль отдельных факторов среды в формировании численности горбуши <i>Oncorhynchus gorbusha</i>	268
Мухина И.Н., Карасева Т.А. Современное состояние аквакультуры на Кольском полуострове.....	286

Нагорнов А.А., Коваленко М.Н. Техника и организация промысла тихоокеанских лососей в водах Камчатки	293
Никифоров А.И., Гордеев И.И., Ридигер А.В. Опыт применения БПЛА для мониторинга подходов горбуши в нерестовые реки о-ва Сахалин в 2022 г.	300
Островский В.И., Козлова Т.В. Закономерности воспроизводства горбуши <i>Oncorhynchus gorbuscha</i> в реках материкового побережья Татарского пролива.....	307
Отченаш Н.Г., Боровской А.В., Устюжнинский Г.М. Зоопланктон р. Черная как кормовая база мальков атлантического лосося.....	315
Павлов Д.А., Осинев А.Г. Билатеральная асимметрия отолитов у форм арктического гольца в озерах Лама и Капчук (Таймыр).....	319
Пильганчук О.А., Муравская У.О., Савенков В.В., Денисенко А.Д., Зеленина Д.А. Генетическое разнообразие популяций нерки (<i>Oncorhynchus nerka</i>) озер Начикинское, Азабачье и Курильское (Камчатка).....	324
Поляничко В.И., Кузнецов М.Ю. Особенности пространственного распределения и вертикальных миграций тихоокеанских лососей в прикурильских водах Охотского моря и северо-западной части Тихого океана в декабре 2021 г. по данным гидроакустических исследований.....	330
Прусов С.В., Потуткин А.Г. Миграции атлантического лосося (<i>Salmo salar</i> L.) в прибрежных водах Баренцева моря у Мурманского берега.....	337
Пыльнов В.А., Бурлаченко И.В. Вирусовыделение на клеточных линиях рыб из проб патологического материала от атлантического лосося (семга) при проведении эпизоотологического мониторинга ульцеративного дермального некроза на территории Мурманской области в 2019-2021 гг.	344
Родин М.А., Кузнецова М.В., Крупнова М.Ю., Курицын А.Е., Мурзина С.А., Немова Н.Н. Активность ферментов энергетического и углеводного обмена, уровень экспрессии генов регуляторов миогенеза у сеголеток радужной форели (<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walb.) при кормлении коммерческими кормами двух видов.....	351
Рудакова С.Л., Буданова Л.К., Самохвалов И.В., Бирюкова Н.В., Щелкунова Ю.П., Оганесова Е.В., Кропачева И.Ю., Иваницкая О.А., Семенихина М.Е. Результаты комплексного обследования производителей атлантического лосося (семги) в р. Умба в 2022 г.	359
Руслев С.М., Есин Е.В. К обоснованию генетико-селекционного центра для Восточной Арктики: ресурсы, инфраструктура, возможные эффекты.....	366
Семенченко С.М., Смешливая Н.В. Опыт формирования маточных стад тугуна и нельмы в Обском бассейне.....	375
Сергеенко Н.В., Бочкова Е.В., Устименко Е.А. Внедрение метода ПЦР для детекции бактериальных инфекций у тихоокеанских лососей на Камчатке.....	383
Сидорова Н.А. Возможности использования концентрата <i>Chlorella vulgaris</i> ГКО для иммуномодуляции радужной форели <i>Parasalmo mykiss</i> в условиях садкового выращивания.....	388
Смешливая Н.В., Семенченко С.М. Мечение молоди муксуна ализарином красным.....	394
Соловьев М.М., Шокурова А.В., Кашинская Е.Н., Василенко В.А., Энрик Жизберт. Особенности процессов пищеварения радужной форели <i>Oncorhynchus mykiss</i> , акклиматизированной к различным температурам воды.....	402
Строганов А.Н., Беляев В.А., Пономарева Е.В. О взаимоотношениях горбуши и семги в беломорских реках в нерестовый период (обзор).....	406

Строганов А.Н., Смирнов А.А., Пономарева М.В., Пономарева Е.В. Особенности влияния температуры на пластический обмен на этапах эмбрионального и постэмбрионального развития кеты (<i>Oncorhynchus keta</i>).....	412
Студенов И.И. Современное состояние промысла горбуши в восточной и южной частях Белого моря.....	419
Студенов И.И. Возможности выращивания радужной форели в пресноводных водных объектах Архангельской области.....	423
Студенов И.И., Торцев А.М., Устюжинский Г.М., Чупов Д.В. Влияние горных разработок на популяцию кумжи р. Зимняя Золотица.....	429
Студенов И.И., Фукс Г.В. Результаты комплексных исследований лососевой нерестовой р. Рыбная.....	434
Студенова М.А., Студенов И.И., Шекин А.П. Влияние форелевого хозяйства на экосистему лососевой нерестовой реки бассейна р. Северная Двина.....	441
Торцев А.М., Чупов Д.В. Современное состояние промысла атлантического лосося в р. Печора.....	449
Туркевич О.С. Результаты типирования микроядер эритроцитов периферической крови радужной форели <i>Parasalmo mykiss</i>	454
Углова Т.Ю., Никифоров А.И., Дзен Г.Н., Цымбал Н.М., Бугай К.С. Гидролого-экологическое обследование р. Савушкина (о-в Парамушир, Северные Курильские острова, Сахалинская область) в 2022 г.	460
Устюжинский Г.М., Боровской А.В., Чупов Д.В. Оценка состояния естественного воспроизводства атлантического лосося р. Черная.....	466
Фукс Г.В., Шерстков В.С. Некоторые биологические параметры кумжи (<i>Salmo trutta</i>) р. Волонга.....	474
Хен Г.В., Дедерер Н.А., Шевляков Е.А. Климат и состояние тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке за последние 70 лет.....	481
Хрусталева А.М., Чистяков А.С., Ревель-Муроз А.Ж. Границы региональных популяционных комплексов нерки (<i>Oncorhynchus nerka</i>) Азиатско-Тихоокеанского побережья, определенные по результатам анализа полиморфизма однонуклеотидных замен ДНК (SNP).....	489
Чечкова Н.А., Сидорова Н.А. Особенности клеточных факторов неспецифической резистентности радужной форели <i>Parasalmo mykiss</i> Walbaum и их роль в реакциях фагоцитоза.....	496
Чупов Д.В., Чирков С.Н. Оценка состояния естественного воспроизводства атлантического лосося р. Великая.....	501
Шерстков В.С., Студенов И.И. Оценка нерестово-выростных угодий лососевых видов рыб на р. Нюхча (Республика Карелия) в 2022 г.	509
Шокурова А.В., Анищенко О.В., Кашинская Е.Н., Власенко П.Г., Энрик Жиберт, Соловьев М.М. Влияние температуры и времени, прошедшего с момента кормления, на элементный состав желчи радужной форели <i>Oncorhynchus mykiss</i>	515
Содержание	520

**Лососевые рыбы:
биология,
воспроизводство,
промысел**

Материалы всероссийской научно-практической конференции

(г. Мурманск, 23-24 марта 2023 г.)

Редакторы Е.Н. Кривошеева, Л.Н. Нестерова
Техническое редактирование Е.Н. Кривошеевой
Обложка О.С. Морозовой

Подписано в печать 24.11.2023 г.

Уч.-изд. л. 36,7.

Заказ 18.

Усл. печ. л. 30,5.

Формат 60x84/16.

Тираж 25 экз.

183038, Мурманск, ул. Академика Книповича, 6, Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО».
«ПИНРО» им. Н.М. Книповича.

**Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«ПИНРО» им. Н.М. Книповича)**