

**АКВАКУЛЬТУРА
AQUACULTURE**

Научная статья

УДК 639.3.07:597.552.51**DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-629-647****EDN: LZLXZE****УСЛОВИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА МОЛОДИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ
НА САХАЛИНСКИХ РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДАХ: КИСЛОРОДНЫЙ,
ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМЫ И САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ
ЗАВОДСКИХ ВОДОИСТОЧНИКОВ****А.В. Полтева, Е.В. Галанина***Сахалинский филиал ВНИРО (СахНИРО),
693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196

Аннотация. Представлены результаты оценки условий воспроизводства молоди лососевых рыб на семи сахалинских рыбоводных заводах: Лесной, Таранайский, Буюкловский, Фирсовка, Лазовой, Люблино, Охотский, — в период с 2016 по 2020 г. В качестве критериев оценки были взяты показатели температуры воды, содержания растворенного кислорода, а также качественно-количественные характеристики санитарно-показательной и условно-патогенной микрофлоры воды, поступающей на лососевые заводы на этапах инкубации икры, выдерживания личинок и подращивания молоди. Данные по заболеваемости и величине отхода рыбоводной продукции за период исследований привлечены как косвенные параметры оценки. Установлено, что качество воды на заводах в период исследований по микробиологическим показателям удовлетворяло требованиям, которые предъявляются к рыбохозяйственным водным объектам. Выявленный на разных этапах рыбоводного цикла диапазон данных температуры и растворенного кислорода обеспечивал благоприятные условия воспроизводства, о чем свидетельствовали нормативные показатели отхода и отсутствие заболеваний у объектов разведения. Диапазоны значений температуры и содержания растворенного кислорода на отдельных этапах разведения кеты и горбуши, зафиксированные в период исследований, были шире приводимых в литературе и описанных как оптимальные.

Ключевые слова: температура воды, содержание кислорода, бактериологические показатели, качество воды, условия воспроизводства, лососевые рыбоводные заводы, Сахалин

Для цитирования: Полтева А.В., Галанина Е.В. Условия воспроизводства молоди лососевых рыб на сахалинских рыбоводных заводах: кислородный, температурный режимы и санитарное состояние заводских водоисточников // Изв. ТИНРО. — 2024. — Т. 204, вып. 3. — С. 629–647. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-629-647. EDN: LZLXZE.

* Полтева Александра Владимировна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией, poltevaav@sakhniro.vniro.ru, ORCID 0000-0003-3114-8326; Галанина Елена Владимировна, главный специалист, galaninaev@sakhniro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-9745-2227.

© Полтева А.В., Галанина Е.В., 2024

Conditions for reproduction of juvenile salmon fish in Sakhalin fish hatcheries: oxygen, temperature regimes and sanitary state of factory water sources

Alexandra V. Polteva*, Elena V. Galanina**

*, ** Sakhalin branch of VNIRO (SakhNIRO),

196, Komsomolskaya Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia

* Ph.D., head of laboratory, poltevaav@sakhniro.vniro.ru, ORCID 0000-0003-3114-8326

** chief specialist, galaninaev@sakhniro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-9745-2227

Abstract. Conditions of salmon reproduction in 2016–2020 are considered for seven Sakhalin fish hatcheries: Lesnoy, Taranaysky, Buyuklovsky, Firsovka, Lazovoy, Lublino, Okhotsky, with evaluation of water temperature, dissolved oxygen content, and qualitative and quantitative parameters of sanitary-indicative and conditionally pathogenic microflora in the water entered the hatcheries at the stages of eggs and larvae incubation and rearing of juveniles. Indirect indicators as morbidity and mortality of fish were used for the conditions assessment, as well. At all examined hatcheries, the water met requirements for water bodies suitable for fisheries by microbiological indicators. The water temperature and dissolved oxygen content provided rather favorable conditions for the salmon reproduction at all stages of the breeding cycle that was proven by normative values of fish mortality and absence of diseases. However, ranges of temperature and oxygen content at certain stages of chum and pink salmon breeding were wider than the optimal ones described in technological documents and scientific literature.

Keywords: water temperature, dissolved oxygen content, bacteriological parameter, water quality, artificial reproduction, salmon hatchery, Sakhalin

For citation: Polteva A.V., Galanina E.V. Conditions for reproduction of juvenile salmon fish in Sakhalin fish hatcheries: oxygen, temperature conditions and sanitary state of factory water sources, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 204, no. 3, pp. 629–647. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-629-647. EDN: LZLXZE.

Введение

Содержание кислорода и температура — важнейшие абиотические факторы водной среды, от которых зависит рост и развитие икры, личинок и молоди в процессе воспроизводства лососей на заводах [Ефанов, Бойко, 2014; Тарасюк, Тарасюк, 2015]. Отклонение этих показателей от оптимальных значений увеличивает риск повышенного отхода или массовой гибели на любом этапе разведения. Воздействие неблагоприятных условий может приводить к заморным явлениям в результате асфиксии, истощению в результате плохой усвояемости корма на фоне низкой температуры, а также к возникновению различных заболеваний заразной и незаразной этиологии у разводимых лососей [Гаврюсова и др., 2018].

Из незаразных, так называемых функциональных, болезней перепады температуры и пониженное содержание кислорода могут спровоцировать нарушения в развитии оплодотворенной икры и предличинок, которые проявляются позднее у личинок и молоди в виде различных морфологических аномалий [Бойко, 2014]. В качестве аномалий могут наблюдаться уродства головы, нарушения в строении челюстных, жаберных дужек, искривление туловища, хвоста, срастание голов и туловища. Такого рода аномалии снижают жизнеспособность молоди, ее выживаемость после выпуска в естественную среду обитания [Ихтиопатология, 2003].

Резкие колебания температуры и содержания кислорода, продолжительная гипогипертермия в целом ведут к ухудшению физиологического состояния и снижению иммунной защиты организма у разводимых объектов [Хованский, 1992]. Ослабленные личинки и молодь становятся более восприимчивыми к воздействию возбудителей заболеваний, которые, как правило, постоянно присутствуют в воде, поступающей на лососевые фермы из природных источников (рек, ручьев). Спровоцировать инфекционные заболевания у молоди лососевых могут бактерии из pp. *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium* — аборигенные представители планктонной микробиоты водотоков [Вялова, Шкурина, 2005; Устищенко, 2006].

Создать благоприятные условия для роста и развития, а затем выпустить жизнестойкую молодь лососей, которая через несколько лет обеспечит хороший возврат, — главная задача, решением которой занимаются ежегодно в каждом лососевом хозяйстве на Сахалине.

В 2016–2020 гг. при проведении ихтиопатологического мониторинга на семи сахалинских рыбоводных заводах были собраны данные по температурному и кислородному режимам и выполнены сезонные бактериологические исследования воды из заводских водоисточников.

Цель нашей работы — на основе анализа полученной информации охарактеризовать условия воспроизводства на сахалинских лососевых заводах при выращивании молоди горбуши, кеты и кижуча.

Материалы и методы

Сбор данных о качестве воды на семи лососевых рыбоводных заводах (ЛРЗ) Сахалина проводили в ходе ихтиопатологического мониторинга с 2016 по 2020 г. На каждом заводе исследования выполняли в течение 1–4 рыбоводных циклов (табл. 1, рис. 1). Ин-

Таблица 1

Рыбоводные циклы и даты проведения ихтиопатологического мониторинга на заводах

Table 1

Fish breeding cycles and dates of ichthyopathological monitoring at hatcheries

ЛРЗ	Рыбоводный цикл, этапы (сезоны)											
	2016–2017			2017–2018			2018–2019			2019–2020		
	и	в	п	и	в	п	и	в	п	и	в	п
Таранайский	15.11	31.01	26.04	16.11	18.01	18.04	—					
Лесной	01.12	02.02	27.04	14.11	17.01	16.04	07.11	23.01	24.04	11.11	21.01	21.04
Фирсовка	17.11	09.02	03.05	14.11	06.02	19.04	13.11	07.02	25.04	13.11	13.02	29.04
Буюкловский	24.11	16.02	10.05	23.11	25.01	15.05	15.11	30.01	16.05	21.11	30.01	14.05
Лазовой	—			22.11	24.01	15.05	14.11	29.01	15.05	20.11	29.01	13.05
Люблино	—									25.11	23.01	23.04
Охотский	—						21.11	24.01	22.04	—		

Примечания. Здесь и далее во всех таблицах: и — инкубация, в — выдерживание, п — подращивание. «—» — исследования не проводились.

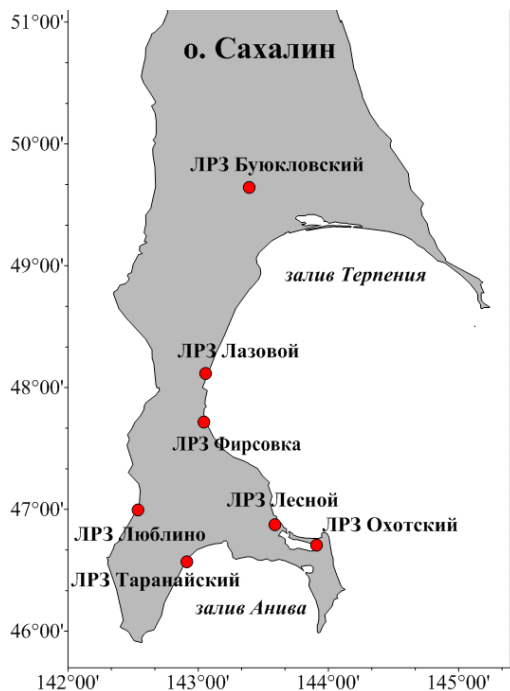


Рис. 1. Лососевые заводы, где проводился ихтиопатологический мониторинг в 2016–2020 гг.

Fig. 1. Salmon hatcheries where ichthyopathological monitoring was conducted in 2016–2020

формация о температуре и содержании растворенного кислорода в воде, поступавшей на завод в день проведения обследования, а также данные по отходу икры, личинок и молоди были предоставлены владельцами и сотрудниками заводов.

Отбор проб для санитарно-бактериологической оценки воды выполняли на этапах инкубации икры (ноябрь-декабрь), выдерживания личинок (январь-февраль), подращивания молоди (апрель-май) (табл. 1). Пробы воды отбирали из канала или трубы, подающих воду в цех, в стеклянные стерильные емкости объемом 250 мл. Санитарно-бактериологический анализ проб воды проводили согласно Методическим указаниям*.

На заводах Буюкловский, Лазовой, Фирсовка, Люблино первичные посевы проб воды выполняли в заводской лаборатории сразу после отбора. Отобранные пробы (объем 1000 мл) на заводах Лесной, Таранайский, Охотский доставляли в лабораторию СахНИРО. Доставку проб осуществляли в термобоксах при температуре 4–6 °С в течение 1–2 ч с момента отбора.

В пробах воды для оценки качества, согласно Методическим указаниям*, определяли:

- присутствие условно-патогенных микроорганизмов pp. *Pseudomonas*, *Aeromonas*;

- наличие санитарно-показательных бактерий группы кишечной палочки (БГКП);

- численность сапротрофной микрофлоры — общее микробное число (ОМЧ).

Помимо индикаторных групп микроорганизмов, перечисленных в Методических указаниях*, видовому определению подвергались микроорганизмы, формировавшие колонии, количественно преобладавшие в посевах при росте на твердых средах. Для видовой идентификации использовали классические приемы определения культуральных признаков и биохимических свойств бактерий, описанные в руководствах [Лабораторный практикум..., 1983; Blue Book, 2016**], а также Определитель бактерий... [1997]. Всего было исследовано 90 проб воды. Выделено и протестировано 166 бактериальных культур.

Результаты и их обсуждение

Краткая характеристика заводов

Заводы, охваченные ихтиопатологическим мониторингом в период с 2016 по 2020 г., построены в разные годы, находятся как в федеральной, так и в частной собственности. Некоторые из них переданы в аренду (табл. 2).

Для биотехники выращивания на рассматриваемых рыбоводных заводах характерно использование проточной воды на всех этапах воспроизводства. Инкубация икры осуществляется в аппаратах Аткинса или типа «бокс», выдерживание личинок и подращивание молоди — в бетонных каналах либо пластиковых ваннах (рис. 2).

Исключение составляет завод, стоящий на р. Лазовой, где применяются установки замкнутого водоснабжения (УЗВ). Здесь этапы инкубации икры и выдерживания личинок кеты проходят в вертикальных инкубационных аппаратах, размещенных в небольших цехах (рис. 3).

Основные объекты выращивания на описываемых заводах — кета и горбуша. Воспроизводством кижуча, помимо кеты, много лет занимается Буюкловский завод.

В последние годы объемы выращивания горбуши снижаются. На Лесном заводе в 2020 г. заложено икры горбуши на 19 млн меньше по сравнению с 2018 г. (рис. 4). На ЛРЗ Фирсовка за три года, начиная с 2017 г., объемы выращиваемой горбуши

* Методические указания по санитарно-бактериологической оценке рыбохозяйственных водоемов. URL: <https://base.garant.ru/2158924/>

** Blue Book 2016. Fish Health Section Blue Book. 2016 Edition / Suggested Procedures For The Detection And Identification Of Certain Finfish And Shellfish Pathogens. URL: <https://units.fisheries.org/fhs/fish-health-section-blue-book-2020>.

Таблица 2

Характеристика ЛРЗ, где проводился ихтиопатологический мониторинг
в период с 2016 по 2020 г.

Table 2

Characteristics of salmon hatcheries where ichthyopathological monitoring was conducted
in 2016–2020

ЛРЗ	Год постройки	Год последней реконструкции	Вид собственности	Разводимый вид
Таранайский	1923	2007	Федеральная	Кета*
				Горбуша
Буюкловский	1924	1997		Кета
				Кижуч
Охотский	1932	1991	Федеральная, передан в аренду	Кета
Лесной	1940	1999		Кета
				Горбуша
Фирсовка	2005	–	Частная	Кета
				Горбуша
Лазовой	2002	–		Кета
Люблино	2020	–		Кета

* На сахалинских ЛРЗ воспроизводят только осеннюю кету.



а



б

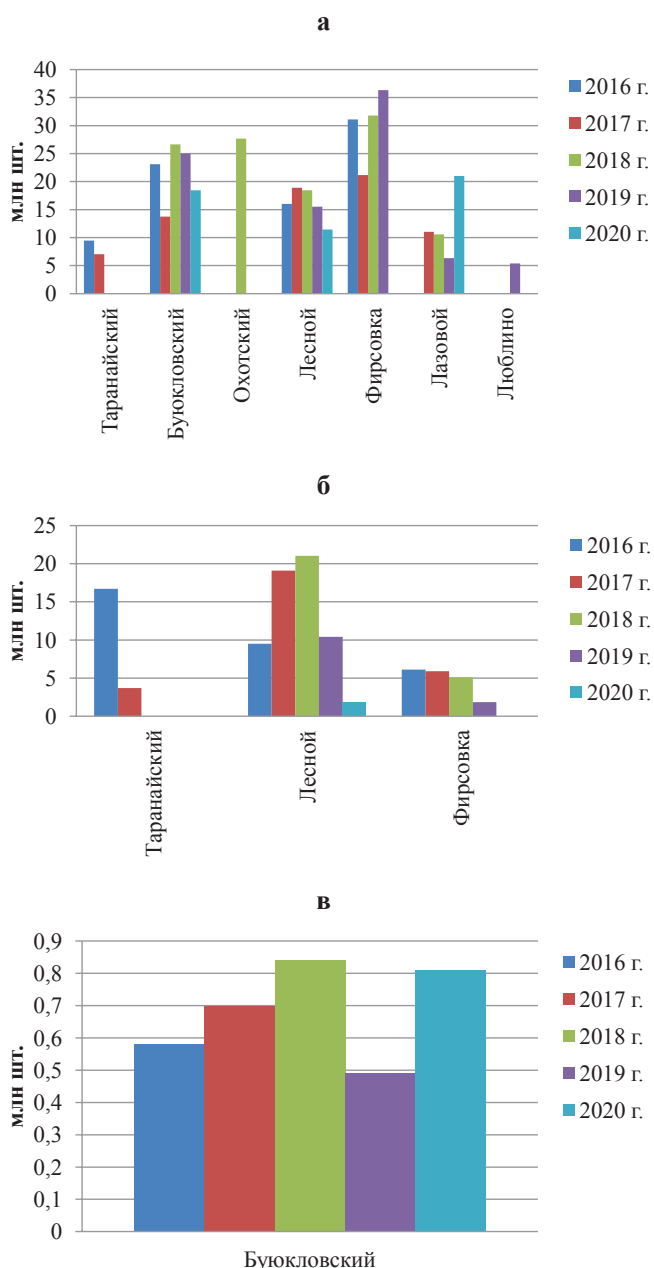
Рис. 2. Инкубационные аппараты типа «бюкс» (а) и бетонные каналы (б) на Буюкловском ЛРЗ

Fig. 2. Incubation devices of the «box» type (a) and concrete channels (b) at Buyuklovsky hatchery



Рис. 3. Вертикальные инкубационные аппараты на ЛРЗ Лазовой

Fig. 3. Vertical incubation devices at Lazovoy hatchery



сократились более чем в три раза (данные по закладке икры предоставлены владельцами заводов).

Объемы закладки икры кижуча на Буюкловском заводе стабильно небольшие уже долгие годы, в том числе и в период с 2016 по 2020 г.: количество заложенной икры варьировалось от 0,49 до 0,84 млн шт. (рис. 4).

Рис. 4. Динамика объемов выращивания молоди кеты (а), горбуши (б), кижуча (в) на лососевых заводах Сахалина в 2016–2020 гг.

Fig. 4. Dynamics of cultivation for juvenile chum salmon (а), pink salmon (б), and coho salmon (в) at Sakhalin salmon hatcheries in 2016–2020

Качество воды на лососевых заводах

На заводах, как правило, имеется несколько источников водоснабжения, благодаря которым обеспечивается наиболее подходящий состав воды (по температуре и содержанию кислорода), а также режим ее подачи в периоды инкубации икры, выдерживания личинок и подращивания молоди.

Заводы Таранайский, Буюкловский, Лесной, Фирсовка, Люблино имеют сложную систему водоподачи. Кроме поверхностной воды базовой реки, здесь используют подрусловые, дренажные, грунтовые воды, ручьи (табл. 3). На Охотском заводе основной водоисточник — грунтовые воды из шахтных колодцев. В установки замкнутого типа на заводе Лазовой подается главным образом вода р. Лазовой.

На одном этапе разведения в разные годы в зависимости от температуры воды могут использоваться различные варианты водоснабжения завода. Например, при

Таблица 3

Водоснабжение ЛРЗ на этапах рыбоводного цикла в 2016–2020 гг.

Table 3

Water supply at the hatcheries in 2016–2020, by stages of the fish breeding cycle

Завод	Разводимый вид лососей	Этапы рыбоводного цикла		
		Инкубация	Выдерживание	Подращивание
Таранайский	Горбуша	Реки Таранай, Голая		
	Кета	Реки Таранай, Голая, колодец, грунтовые воды		
Лесной	Горбуша	Грунтовая вода, р. Очепуха		Грунтовая вода, р. Очепуха/р. Очепуха
	Кета	Грунтовая вода		
Буюкловский	Кета	Ручей Солдатский, подрусловая вода р. Буюклинка/подрусловая вода р. Буюклинка		
	Кижуч	Ручей Солдатский, подрусловая вода р. Буюклинка/подрусловая вода р. Буюклинка	Ручей Солдатский	Ручей Солдатский, подрусловая вода р. Буюклинка/ручей Солдатский/подрусловая вода р. Буюклинка
Лазовой	Кета	Р. Лазовая/р. Лазовая, колодец		Р. Лазовая
Фирсовка	Горбуша	Подрусловая вода р. Фирсовка, грунтовая вода/подрусловая вода р. Фирсовка	Р. Фирсовка	Подрусловая вода р. Фирсовка, грунтовая вода/подрусловая вода р. Фирсовка
	Кета	Подрусловая вода р. Фирсовка/подрусловая вода р. Фирсовка, дренажная вода	Подрусловая вода р. Фирсовка/р. Фирсовка	Подрусловая вода р. Фирсовка, грунтовая вода
Люблино	Кета	Р. Зырянская	Р. Зырянская, дренажные воды	Дренажная вода
Охотский	Кета	Грунтовая вода, шахтный колодец	Шахтный колодец	

подращивании молоди на Буюкловском заводе в цеха может подаваться только вода из ручья Солдатского или подрусловая вода р. Буюклинка, либо смешанная в разных пропорциях из них.

Условия разведения для каждого вида лососевых дальневосточного региона в целом и на Сахалине и Курильских островах в частности имеют свои особенности.

Горбуша требовательна к содержанию кислорода в воде. Наблюдения за развитием икры горбуши в одной из лососевых рек бассейна Амура показали, что при содержании в воде кислорода 3–4 мг/л погибало более 50 % икры, а среди вылупившихся эмбрионов половина имела уродства: анофтальмию, микрофтальмию, циклопию, микроцефалию. В воде, содержащей 6,3 мг/л кислорода, эмбрионы отставали в росте, а при 7,0–8,0 мг/л развитие соответствовало норме [Смирнов, 1975]. Основываясь на результатах, полученных в ходе исследований сахалинских рек, А.Н. Канидьев [1967] считал оптимальным для развития горбуши содержание кислорода в воде от 8 до 11 мг/л.

Как показали данные, собранные в ходе мониторинга, на заводах, где развивалась горбуша, содержание кислорода в период инкубации не опускалось ниже 7,0 мг/л, в период выдерживания было высоким и составляло от 10,5 до 14,2 мг/л, в период подращивания — от 8,0 до 12,2 мг/л (табл. 4).

В.Н. Ефанов и А.В. Бойко [2014], полагаясь на данные, полученные при изучении условий воспроизводства на ЛРЗ «Рейдовый» (о. Итуруп) Сахалинской области, установили, что температура воды в период инкубации икры горбуши уменьшается с 7,9 °С в сентябре до 3,1 °С в декабре.

Таблица 4

Содержание кислорода и температура воды на разных этапах воспроизводства горбуши на ЛРЗ в 2016–2020 гг.

Table 4

Dissolved oxygen content and water temperature at different stages of pink salmon reproduction at the hatcheries in 2016–2020

Завод	Годы исследования	Температура, °C			Содержание кислорода, мг/л		
		и	в	п	и	в	п
Таранайский	2016–2017	2,0	0,5	3,8	Н.д	10,8	12,2
	2017–2018	2,5	1,0	2,5	Н.д	Н.д	12,0
Лесной	2016–2017	0,1	0,1	2,3	11,0	11,0	9,7
	2017–2018	3,9	0,1	0,6	7,1	11,4	9,6
	2018–2019	2,3	0,1	3,0	11,1	11,3	10,6
	2019–2020	1,8	0,1	0,3	13,3	14,2	11,3
Фирсовка	2016–2017	5,0	0,4	2,0	10,2	12,4	11,6
	2017–2018	5,7	0,3	1,1	9,3	10,5	11,3
	2018–2019	3,6	1,0	1,5	9,0	11,1	8,0
	2019–2020	5,5	–	1,7	7,0	–	10,6
Min–max		0,1–5,7	0,1–1,0	0,3–3,8	7,0–13,3	10,5–14,2	8,0–12,2
Среднее		3,2	0,4	1,9	9,75	11,6	10,7

Примечание. Здесь и в табл. 5 н.д — нет данных.

Полученные на заводах данные, показали, что температура при инкубации икры горбуши с середины ноября по начало декабря может опускаться значительно ниже. Так, в декабре 2016 г. на Лесном заводе температура воды в период инкубации была зафиксирована на отметке 0,1 °C (табл. 4). Практика разведения лососей на сахалинских заводах показала, что при такой низкой температуре растягиваются сроки инкубации икры, происходит более поздний выклев эмбрионов, при этом патологии в их развитии и гибели не наблюдается. В целом диапазон температурных показателей, учитывая снижение, для этого периода находился в пределах от 5,7 до 0,1 °C.

Для этапа выдерживания личинок в рыбоводных каналах оптимальной, согласно данным литературы, для января-февраля является среднемесячная температура воды 2,3–1,7 °C [Бойко, 2014; Ефанов, Бойко, 2014].

На обследованных заводах при выдерживании личинок горбуши в период с середины января по середину февраля температурные показатели находились в пределах от 0,1 до 1,0 °C (табл. 4). Развитие личинок происходило без отклонений.

Сравнительно низкие значения температуры воды относительно показателей, приводимых в литературе, были и на этапе подращивания молоди весной. В конце апреля — начале мая реки начинают заполняться талыми водами, что приводит к понижению температуры воды, поступающей на заводы. За период наблюдения минимальная температура воды была зафиксирована на уровне 0,3 °C (Лесной ЛРЗ, апрель 2020 г.), максимальная составила 3,8 °C. Низкая температура не влияла на жизнестойкость молоди, но отодвигала начало кормления, которое не рекомендуется начинать при температуре ниже 3 °C.

При воспроизводстве горбуши на рассматриваемых заводах используется главным образом речная вода, температура которой находится в прямой зависимости от температуры воздуха. В сезонной динамике температурного показателя воды для этого вида лососей отмечалось его снижение в зимний период и рост весной к окончанию рыбоводного цикла перед выпуском молоди в естественную среду обитания.

Условия разведения **кеты** отличаются от условий воспроизводства горбуши. По данным А.И. Смирнова [1975] на Сахалине осенняя кета хорошо развивалась при содержании кислорода в воде от 4,4 до 6,5 мг/л.

Выявленный на заводах диапазон показателей растворенного кислорода в воде был шире и содержание кислорода выше. Во время инкубации содержание кислорода

изменялось от 4,9 до 13,3 мг/л, в период выдерживания — от 7,3 до 12,9 мг/л, при подращивании — от 6,3 до 12,3 мг/л (табл. 5).

Таблица 5

Содержание кислорода и температура воды на разных этапах воспроизводства кеты на ЛРЗ в 2016–2020 гг.

Table 5

Dissolved oxygen content and water temperature at different stages of chum salmon reproduction at the hatcheries in 2016–2020

Завод	Годы исследования	Температура, °C			Содержание кислорода, мг/л		
		и	в	п	и	в	п
Таранайский	2016–2017	5,2	2,4	4,5	7,8	10,8	10,8
	2017–2018	3,0	2,0	4,3	Н.д	Н.д	11,7
Лесной	2016–2017	3,4	2,4	2,4	10,0	8,4	6,3
	2017–2018	3,9	1,7	1,3	7,1	7,3	7,5
	2018–2019	3,9	1,6	2,8	8,2	7,3	7,6
	2019–2020	1,8	1,3	1,0	13,3	9,8	7,9
Фирсовка	2016–2017	5,0	1,8	2,0	10,9	12,9	12,3
	2017–2018	5,7	1,6	1,6	10,6	10,1	10,3
	2018–2019	3,4	1,8	1,5	9,0	10,3	8,3
	2019–2020	5,7	1,6	1,7	7,3	Н.д	10,6
Буюкловский	2016–2017	4,0	1,9	2,4	11,8	11,9	10,8
	2017–2018	4,3	4,2	4,0	11,3	11,8	11,0
	2018–2019	5,3	4,0	5,1	11,2	11,0	10,0
	2019–2020	5,2	3,8	3,3	10,0	8,0	8,0
Лазовой	2017–2018	4,3	3,5	5,1	9,5	8,9	8,7
	2018–2019	5,1	1,0	10,2	4,9	12,0	8,5
	2019–2020	2,7	3,4	3,8	9,1	8,9	8,9
Охотский	2018–2019	6,5	6,5	6,7	6,0	8,3	9,0
Люблино	2019–2020	4,0	1,3	4,1	Н.д	10,0	12,0
Min–max		1,8–6,5	1,0–6,5	1,0–10,2	4,9–13,3	7,3–12,9	6,3–12,3
Среднее		4,3	2,5	3,6	9,3	9,9	9,3

За период 2016–2020 гг. самое низкое значение показателя растворенного кислорода при проведении исследований — 4,9 мг/л — было отмечено на этапе инкубации икры кеты в условиях ЛРЗ Лазовой при температуре воды 5,1 °C. Межгодовые значения на этапах воспроизводства на отдельных заводах находились в пределах двух-шести единиц, для других наблюдалось постоянство кислородного показателя. Незначительные межгодовые колебания содержания растворенного кислорода характерны для этапа инкубации икры на Буюкловском заводе. Здесь уровень растворенного кислорода из года в год не опускался ниже 10 мг/л.

Кета, в отличие от горбуши, менее требовательна к количеству кислорода в воде, но для ее выращивания нужна более высокая температура, и границы температурного оптимума для сахалинских лососей лежат, по мнению некоторых исследователей, в пределах 4,5–7,1 °C (среднемесячные показатели) [Ефанов, Бойко, 2014].

На заводах за период исследований вариации температуры воды при воспроизводстве кеты охватывали более широкий диапазон с нижней границей на уровне 1,0 °C, верхней — 10,2 °C (табл. 5). Заметно выше температура воды была осенью, в ходе инкубации икры. Снижение температурных показателей происходило в начале зимы на этапе выдерживания личинок. Основная и закономерная причина этого — использование в качестве одного из источников водоснабжения речных вод, температура которых понижается зимой.

Стабильной температурой выращивания в течение всего рыбоводного сезона отличался Охотский завод. Здесь на всех этапах разведения температура воды держалась

на уровне 6,5–6,7 °С. Такие температурные условия обеспечиваются за счет использования на заводе грунтовой воды из шахтных колодцев.

Исследователи биологии тихоокеанских лососей приводят разные данные о необходимом количестве кислорода в воде для *кижуча*. Описан случай снижения содержания кислорода в воде инкубатора до 2,7 мг/л при температуре 1,5 °С, приведший к гибели личинок, но не повлиявший на выживаемость икры [Семко, 1954]. У личинок кижуча с небольшим остатком желтка признаки асфиксии могут наблюдаться при снижении количества кислорода до 2,58 мг/л, при этом улучшение тока воды в течение получаса возвращает таких личинок в активное состояние [Смирнов, 1975]. Некоторые авторы сходятся на том, что необходимый минимум кислорода в воде для выращивания кижуча составляет около 4 мг/л [Townsend, Cheyne, 1944; Смирнов, 1975].

В природе икра кижуча развивается в грунте при температуре 4,0–6,6 °С, реже ниже 4,0 °С [Зорбиди, 2010]. Экспериментальным путем установлено, что при постоянно низкой температуре (0,8 °С) на этапе инкубации икры у зародышей кижуча формируется холодоустойчивость, которая сохраняется до момента вылупления [Городилов, 2009]. В качестве благоприятных диапазонов температуры для инкубации икры кижуча некоторые исследователи указывают диапазоны 8–9 °С [Басов, 1986] и 10–11 °С [Городилов, 2009]. Минимальная температура воды в период выдерживания может держаться около 2,5 °С [Townsend, Cheyne, 1944; Смирнов, 1975].

На ЛРЗ Сахалина по сведениям Е.В. Тарасюк [2004] температура, при которой начинается развитие эмбрионов кижуча, изменяется в пределах 4,4–11,5 °С. При этом массовое вылупление может происходить в диапазоне от 0,9 до 6,3 °С. Средние значения температурного показателя в начальный период развития укладываются в довольно широкий диапазон — от 2,4 до 8,4 °С, но чаще инкубация протекает при средней температуре 4,0–5,0 °С.

Согласно данным, собранным в ходе мониторинга в 2016–2020 гг., на Буюкловском заводе в период инкубации икры кижуча были аналогичные температурные условия. Значения показателя изменялись в пределах 4,0–5,3 °С при среднем значении 4,7 °С. Вариации температурного показателя на этапах выдерживания и подращивания также находились в относительно узком диапазоне при почти равных средних значениях (табл. 6). Содержание кислорода за период наблюдений не опускалось ниже 8,0 мг/л, чаще было выше 10 мг/л.

Таблица 6

Содержание кислорода, температура воды на разных этапах воспроизводства кижуча на Буюкловском заводе в 2016–2020 гг.

Table 6

Dissolved oxygen content and water temperature at different stages of coho salmon reproduction at Buyuklovsky hatchery in 2016–2020

Годы исследования	Температура, °С			Содержание кислорода, мг/л		
	и	в	п	и	в	п
2016–2017	4,0	3,5	3,2	11,8	11,9	10,8
2017–2018	4,3	4,6	4,2	11,3	10,2	11,0
2018–2019	5,3	4,2	6,1	11,2	11,0	10,0
2019–2020	5,2	3,8	3,4	10,0	8,0	8,0
Min–max	4,0–5,3	3,5–4,6	3,2–6,1	10,0–11,8	8,0–11,9	8,0–11,0
Среднее	4,7	4,0	4,2	11,1	10,3	10,0

Характеризуя условия воспроизводства молоди горбуши, кеты и кижуча на рассматриваемых сахалинских заводах, можно отметить следующее. Выявленные термический и кислородный режимы не противоречат сложившимся представлениям о благоприятных или оптимальных условиях разведения при заводском выращивании различных видов лососей в регионе. Вместе с тем следует отметить, что процесс разведения горбуши на этапе выдерживания личинок происходит при более низких, относительно приводимых

в литературе, значениях температуры — от 0,1 до 1,0 °С. Сравнительно низкие значения температуры характерны и для этапа подращивания кеты для ЛРЗ Лесной (1,3–1,7 °С) и Фирсовка (1,6–1,8 °С). Охотский завод отличается постоянством температуры (6,5–6,7 °С) в течение всего рыбоводного цикла при выращивании кеты за счет использования воды из шахтных колодцев. Границы диапазона растворенного кислорода, зафиксированного для заводских водоисточников, при разведении горбуши и кеты в целом согласуются с показателями, описанными в литературе, при этом верхние значения для горбуши на несколько единиц, а для кеты в два раза выше приводимых в литературе.

Санитарно-гигиеническое благополучие водоисточников наряду с температурным и кислородным режимом является важным критерием для создания благоприятных условий разведения тихоокеанских лососей на заводах.

Общее микробное число — показатель, характеризующий уровень сапробности вод, загрязнения их органическими веществами. Количество сапротрофных бактерий в водных объектах коррелирует с содержанием органических веществ [Кондратьева и др., 2000; Садчиков, 2002]. Увеличение концентраций подобных соединений в воде ведет к росту численности сапротрофной группы микробного сообщества, что, в свою очередь, приводит к снижению концентрации растворенного кислорода, используемого бактериями в процессах разложения органических веществ на этапах его окисления. Такая зависимость наблюдается в реках в периоды паводков, когда с береговой зоны поступают органические вещества различного генезиса.

За период с 2016 по 2020 г., как правило, в течение всего рыбоводного цикла по основному бактериологическому показателю (ОМЧ) вода на заводах соответствовала первой категории с характеристикой «чистая»*. Значение этого показателя не превышало установленного для чистых вод нормативного значения в 1000 КОЕ/мл (табл. 7).

Ухудшение качества воды до второй категории с характеристикой «загрязненная», что не является по действующим ветеринарно-санитарным требованиям препятствием для ее использования при разведении рыб*, в ходе исследований было зафиксировано лишь в нескольких случаях — в периоды паводков либо сильных осадков. Так, превышение нормативного значения ОМЧ для чистых вод более чем в 4,5 раза было выявлено во время инкубации икры осенью 2019 г. на ЛРЗ Люблино (табл. 7). Обследование проводилось после сильных дождей. В воде регистрировалось много бациллярных форм микроорганизмов, характерных для почвенных микробных сообществ, что отражало влияние поверхностного стока на заводской водоисточник.

На ЛРЗ Лазовой зимой и весной 2018 г. показатель ОМЧ также был повышен. Однако здесь основной причиной ухудшения качества воды был застой воды в системе водоподачи в результате технологического сбоя. Превышение показателя было незначительным — 1330 КОЕ/мл. Паводок оказал негативное влияние на качество воды ЛРЗ Фирсовка весной 2019 г.

Бактерии группы кишечной палочки встречались в пробах воды на разных этапах рыбоводного цикла на всех заводах, за исключением Охотского (табл. 8). Отсутствие сезонной динамики и эпизодический характер выделения этой индикаторной группы при единичном росте на диагностических средах (коли-индекс не более 10) позволили сделать вывод об отсутствии хронического влияния на основные водоисточники заводов хозяйственно-бытовых стоков, поступающих с прилегающей к заводу территории.

Как показала практика микробиологических исследований, из 0,1 мл пробы воды заводских водоисточников может выделяться от 1 до 20 колоний условно-патогенных микроорганизмов *Pseudomonas fluorescens* и *Aeromonas hydrophila* — возбудителей бактериальной геморрагической септицемии лососевых рыб. Известно, что аэромонады и псевдомонады являются важнейшими этиологическими агентами и играют большую роль в развитии патологических процессов у рыб как в естественных условиях, так и в

* Методические указания по санитарно-бактериологической оценке рыбохозяйственных водоемов. URL: <https://base.garant.ru/2158924/>

Таблица 7

Значения показателя ОМЧ водоисточников на ЛРЗ при выращивании горбуши, кеты и кижуча в 2016–2020 гг.

Table 7

Number of saprotrophic bacteria in the hatcheries water sources during cultivation of juvenile pink, chum, and coho salmon in 2016–2020

Завод	Годы исследования	ОМЧ, КОЕ/мл		
		и	в	п
Горбуша				
Таранайский	2016–2017	850	190	820
	2017–2018	653	510	1630
Лесной	2016–2017	720	270	500
	2017–2018	305	100	385
	2018–2019	320	150	450
	2019–2020	340	205	950
Фирсовка	2016–2017	110	240	175
	2017–2018	195	233	705
	2018–2019	360	185	2200
	2019–2020	35	178	350
Min–max		35–850	100–510	175–2200
Среднее		388,8	226,1	816,5
Кета				
Таранайский	2016–2017	540	120	690
	2017–2018	873	30	830
Лесной	2016–2017	230	220	610
	2017–2018	305	50	600
	2018–2019	65	120	365
	2019–2020	340	165	823
Фирсовка	2016–2017	110	45	175
	2017–2018	195	233	705
	2018–2019	330	60	2105
	2019–2020	35	178	350
Буюкловский	2016–2017	150	10	120
	2017–2018	430	30	530
	2018–2019	130	15	100
	2019–2020	10	27	115
Лазовой	2016–2017	–	275	970
	2017–2018	495	1330	666
	2018–2019	190	210	615
	2019–2020	130	335	485
Охотский	2018–2019	10	5	5
Люблино	2019–2020	4595	595	510
Min–max		10–4595	5–1330	5–2105
Среднее		253,7(482,3)*	202,7	618,5
Кижуч				
Буюкловский	2016–2017	130	5	180
	2017–2018	345	45	605
	2018–2019	160	40	285
	2019–2020	20	85	130
Min–max		20–345	5–85	130–605
Среднее		163,7	43,8	300

* Среднее значение с учетом максимального показателя и без него.

Таблица 8

Обнаружение БГКП в водоисточниках на ЛРЗ в 2016–2020 гг.

Table 8

Detection of bacteria from *E. coli* group in water sources at the hatcheries in 2016–2020

Завод	Рыбоводный сезон											
	2016–2017			2017–2018			2018–2019			2019–2020		
	и	в	п	и	в	п	и	в	п	и	в	п
Таранайский	–	–	+	–	–	–						
Лесной	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	+	+
Фирсовка	–	–	+	–	–	–	+	–	+	–	+	+
Буюкловский	–	–	+	–	–	+	+	–	–	–	–	–
Лазовой		+	+	+	+	+	+	–	–	+	–	–
Люблино	*									+	–	+
Охотский							–	–	–			

Примечание. Здесь и в табл. 9 «–» — не выделены; «+» — обнаружены; * — исследования не проводились.

аквакультуре. Они могут вызывать заболевания молоди и половозрелых рыб, протекающие энзоотически или эпизоотически с высокой смертностью [Богданова, 1994; Вялова, Полтева, 1994; Шкурина и др., 1999; Ихтиопатология, 2003; Вялова, Шкурина, 2005].

Архивные данные мониторинговых исследований на сахалинских лососевых заводах свидетельствуют о том, что представители указанных таксонов высевались из проб заводских водоисточников ежегодно, начиная с 80-х гг. прошлого века. Так, *A. hydrophila* в рыбоводный сезон 1984–1985 гг. высевалась в ходе каждого бактериологического исследования воды на заводах в весенне-зимний период при обследовании хозяйств. Следует отметить, что оба вида микроорганизмов являются автохтонными представителями микробных сообществ водных объектов и их обнаружение в пробах воды на заводах вполне закономерно. В течение рыбоводных циклов 2016–2020 гг. возбудители аэромонадно-псевдомонадной септицемии выделялись из отобранных на заводах проб воды нерегулярно (табл. 9). Оба вида микроорганизмов встречались

Таблица 9

Обнаружение *P. fluorescens* и *A. hydrophila* в водоисточниках на ЛРЗ в 2016–2020 гг.

Table 9

Detection of *P. fluorescens* and *A. hydrophila* in water sources at the hatcheries in 2016–2020

Завод	Рыбоводный сезон											
	2016–2017			2017–2018			2018–2019			2019–2020		
	и	в	п	и	в	п	и	в	п	и	в	п
<i>Aeromonas hydrophila</i>												
Таранайский	—	—	—	—	—	+	*					
Лесной	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	—
Фирсовка	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Буюкловский	—	—	—	+	—	—	—	—	—	+	—	—
Лазовой	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	+	—
Люблино										+	+	—
Охотский							—	—	+			
<i>Pseudomonas fluorescens</i>												
Таранайский	—	—	—	—	—	+	*					
Лесной	—	—	—	+	—	+	+	—	+	—	—	+
Фирсовка	—	+	—	—	+	+	—	—	+	+	—	—
Буюкловский	—	—	—	+	—	+	+	—	+	+	—	+
Лазовой	—	—	+	+	+	—	—	+	—	+	+	—
Люблино											+	+
Охотский							—	—	—			

при разных температурах воды, вне зависимости от сезона и этапа воспроизводства. Обсемененность проб была невысокой, в посевах воды, как правило, присутствовали единичные колонии возбудителей.

Вместе с *A. hydrophila* из заводских водоисточников высевались и другие виды аэромонад — *A. bestiarum*, *A. media*, *A. sobria*. Они также относятся к представителям автохтонной микрофлоры рек и способны при ухудшении условий среды вызывать заболевания рыб [Вялова, Шкурина, 2005]. Трижды за период исследований был выделен из заводских водоисточников возбудитель фурункулеза лососевых рыб бактерии *A. salmonicida*. На Буюкловском заводе возбудитель был обнаружен осенью и весной в рыбоводный сезон 2017–2018 гг., на ЛРЗ Лазовой — в 2017 г. на этапе подращивания молоди.

Бактерии *P. fluorescens* из воды выделялись ежегодно, на разных этапах рыбоводного цикла, чаще, чем аэромонады. Такая ситуация вполне закономерна, поскольку температура воды в меньшей степени влияет на выживаемость этих микроорганизмов. В пробах заводской воды встречались и другие представители р. *Pseudomonas* — *P. graminis*, *P. fragi*, *P. putida*, *P. alcaligenes*, а также виды, ранее определявшиеся как *P. pseudoalcaligenes* и *P. vesicularis* и переименованные согласно обновленной таксономии видов (<https://lpsn.dsmz.de/>) соответственно в *P. oleovorans* и *Brevundimonas vesicularis*.

Наряду с аэромонадами и псевдомонадами в бактериоценозе водоисточников присутствовали представители ряда других таксонов. Чаще других в пробах воды встречались представители планктонной микробиоты сахалинских рек — бактерии pp. *Serratia*, *Citrobacter*, *Vibrio*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*. Последние могут провоцировать развитие заболеваний у ослабленной молоди при ухудшении условий разведения [Устименко, 2006; Austin, Austin, 2007].

Несмотря на присутствие различных потенциально патогенных микроорганизмов в заводских водоисточниках, за рассматриваемый период мониторинга инфекционных заболеваний бактериальной этиологии на исследованных лососевых заводах зарегистрировано не было.

Следует отметить, что распространенное на ЛРЗ и довольно часто возникающее на стадии инкубации икры заболевание — сапролегниоз (микоз) — в каждом случае купировалось обработкой икры противогрибковыми препаратами и проведением соответствующих технологических работ (переборка икры, регуляция водного режима). Проводимые профилактические обработки сдерживали развитие протозойных инвазий. В результате своевременно проводимых мероприятий гибели икры, личинок, молоди на заводах не происходило.

В целом вялотекущих хронических инфекционных заболеваний икры, личинок и молоди, паразитарных инфекций, а также заболеваний неинфекционной природы, сопровождавшихся значительной гибелью объектов разведения, за период исследований на описываемых заводах зафиксировано не было.

Для разносторонней оценки условий воспроизводства на лососевых заводах, обследованных за период с 2016 по 2020 г., были привлечены данные по отходу объектов разведения на разных этапах рыбоводного цикла (табл. 10). Такого рода информация косвенно, но при этом вполне объективно позволяет дать характеристику условиям разведения в хозяйствах аквакультуры. Приведенные в табл. 10 величины отхода рассчитаны в соответствии с нормативами выживаемости на каждом этапе воспроизводства*.

За весь период наблюдений показатели отхода на этапах инкубации икры, выдерживания личинок и подращивания молоди в целом не превышали нормативов

* 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)». URL: <https://docs.cntd.ru/document/420253563>.

Показатели отхода на ЛРЗ Сахалина в 2016–2020 гг., %
Table 10
Juveniles mortality at the Sakhalin hatcheries in 2016–2020, %

Завод	2016			2017			2018			2019			2020			Норматив		
	и	в	п	и	в	п	и	в	п	и	в	п	и	в	п	и	в	п
Горбуша																		
Таранайский	6,1	1,40	0,40	7,7	0,80	0,20												
Лесной	6,0	0,60	0,30	8,4	0,70	0,20	10,70	0,60	0,20	6,1	0,60	0,20	11,0	0,60	0,20	1,0		2,5
Фирсовка	6,7	0,20	2,20	5,8	0,30	0,07	2,90	0,07	0,10	6,9	0,19	0,38						
Кета																		
Таранайский	5,8	0,80	1,0	7,2	0,70	0,40												
Лесной	9,1	0,80	0,70	10,1	0,80	0,30	14,70	0,70	0,20	13,5	0,80	0,10						
Фирсовка	6,4	0,20	0,60	6,8	0,25	0,10	7,50	0,36	1,21	8,2	0,30	1,50						
Буюкловский	4,7	1,30	0,06	5,0	0,20	0,10	4,20	0,40	0,30	4,2	0,30	0,08	10,0	2,50	0,27	2,0		3,0*
Лазовый	7,3	1,04	0,80	5,6	0,97	0,50	5,99	1,04	0,45	8,7								
Охотский							13,20	0,20	0,90									
Люблино										0,2	0,26	0,46						
Кижуч																		
Буюкловский	1,4	0,20	0,90	5,6	0,13	0,40	2,40	0,70	2,50	2,0	0,25	0,50	10,0	3,0		3,0		5,0**

* Для молоди массой до 0,8 г, выпускаемой на сахалинских ЛРЗ.
** Для молоди массой до 1,0 г, выпускаемой на сахалинских ЛРЗ.
Примечание. Пустые ячейки — исследования не проводились.

(табл. 10). Незначительный сверхнормативный отход был зафиксирован на заводах Охотском и Лесном на этапах инкубации икры в 2018–2019 гг.

Заключение

В ходе анализа полученных данных и результатов проведенных исследований было установлено, что качество воды на семи лососевых заводах Сахалина — Лесной, Таранайский, Лазовой, Люблино, Охотский, Буюкловский, Фирсовка — в период с 2016 по 2020 г. по бактериологическим показателям удовлетворяло требованиям, предъявляемым к рыбохозяйственным водным объектам, вода которых используется на предприятиях аквакультуры. В течение всего рыбоводного цикла по основному бактериологическому показателю (ОМЧ) вода на заводах соответствовала первой и второй категории. Условно-патогенные бактерии из pp. *Pseudomonas* и *Aeromonas*, несмотря на присутствие в заводских водоисточниках, не провоцировали развитие инфекционных заболеваний икры, личинок и молоди.

Температурный и кислородный режимы обеспечивали благоприятные условия разведения горбуши, кеты и кижуча, о чем свидетельствовали нормативные показатели отхода для каждого этапа разведения.

Выявленные для заводских водоисточников диапазоны гидрохимических показателей (температура воды и содержание кислорода) при разведении горбуши, кеты, кижуча в целом согласуются с показателями, описанными в литературе в качестве оптимальных.

Однако полученные в ходе мониторинга данные свидетельствуют о возможности инкубации икры, личинок горбуши и кеты при более низких температурах (0,1–1,0 °C) и более высоких показателях растворенного кислорода на всех этапах разведения лососей.

Таким образом, совокупность полученной в ходе ихтиопатологического мониторинга информации по отходу, гидрохимическим характеристикам, микрофлоре воды, используемой в технологическом процессе, а также отсутствие заболеваний за период исследований позволяют охарактеризовать условия воспроизводства на лососевых рыбоводных заводах Лесной, Таранайский, Лазовой, Люблино, Охотский, Буюкловский, Фирсовка как благоприятные при разведении молоди кеты, горбуши и кижуча.

Благодарности (ASKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают благодарность и признательность руководителям и рыбоводам заводов: Таранайский — В.Р. Романчук, Е.Д. Романчук; Буюкловский — В.М. Кривонос, О.В. Селиховой; Лесной, Охотский — К.А. Проскурякову, В.А. Киселеву, А.А. Мартыненко; Люблино — П.П. Лазутину, Н.Г. Еськову; Лазовой — С.А. Каверзину, М.Н. Ларионовой, Д.Г. Елькину; Фирсовка — А.П. Бородулину, Д.В. Павлюк — за помощь в отборе материала для исследований и предоставленные данные.

The authors are thankful and grateful to managers and staff of the hatcheries: V.R. Romanchuk and E.D. Romanchuk (Taranaysky hatchery), V.M. Krivonos and O.V. Selikhova (Buyuklovsky hatchery), K.A. Proskuryakov, V. A. Kiselev and A.A. Martynenko (Lesnoy and Okhotsky hatcheries), P.P. Lazutin and N.G. Eskov (Lublino hatchery), S.A. Kaverin, M.N. Larionova and D.G. Elkin (Lazovoy hatchery), and A.P. Borodulin and D.V. Pavlyuk (Firsovka hatchery) for assistance in data collection and available data collected in hatcheries.

Финансирование работы (FUNDING)

Данная работа не имела дополнительного спонсорского финансирования.
This study did not have any additional sponsor funding.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional principles for the care and use of animals have been observed.

The authors declare that they have no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Оба автора совместно проводили сбор, анализ данных, обсуждение результатов, занимались поиском литературы, написанием текста работы. А.В. Полтева осуществляла общую редакцию статьи.

Both authors jointly collected and analyzed the data, discussed the results of analysis, reviewed the scientific literature, and wrote the text; A.V. Polteva edited the article finally.

Список литературы

Басов Ю.С. Биологические основы лососеводства на геотермальных водах // Биол. моря. — 1986. — Т. 12, № 2. — С. 32–38.

Богданова Е.А. Болезни лососевых и сиговых рыб в аквакультуре : моногр. — СПб. : ГосНИОРХ, 1994. — 184 с.

Бойко А.В. Экологические особенности искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей в условиях современных рыбоводных заводов Сахалинской области : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Петрозаводск : Петрозаводский ГУ, 2014. — 24 с.

Вялова Г.П., Полтева А.В. Бактериальный энтерит чавычи // Систематика, биология и биотехника разведения лососевых рыб : мат-лы V Всесоюз. совещ. — СПб. : ГосНИОРХ, 1994. — С. 35–36.

Вялова Г.П., Шкурина З.К. Микрофлора и бактериальные болезни тихоокеанских лососей естественных популяций и в аквакультуре на Сахалине : моногр. — Южно-Сахалинск : СахНИРО, 2005. — 120 с.

Гаврюсева Т.В., Бочкова Е.В., Сергеев Н.В., Устименко Е.А. Современное состояние здоровья тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* в аквакультуре Камчатки // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2018. — Вып. 48. — С. 19–30. DOI: 10.15853/2072-8212.2018.48.19-30.

Городилов Ю.Н. Ранний онтогенез тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus*. Проблемы теории и практики : моногр. — Мурманск : ПИНРО, 2009. — 170 с.

Ефанов В.Н., Бойко А.В. Экологические особенности и оптимизация условий искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей на современных рыбоводных заводах Сахалинской области : моногр. — Южно-Сахалинск : СахГУ, 2014. — 124 с.

Зорбиди Ж.Х. Кижуч азиатских стад : моногр. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2010. — 308 с.

Ихтиопатология : учеб. / Н.А. Головина, Ю.А. Стрелков, В.Н. Воронин и др. — М. : Мир, 2003. — 448 с.

Канидьев А.Н. Абиотические условия в нерестовых буграх горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum) // Изв. ТИНРО. — 1967. — Т. 61. — С. 94–103.

Кондратьева Л.М., Гаретова Л.А., Имранова Е.Л. и др. Микроорганизмы в экосистемах Приамурья : моногр. — Владивосток : Дальнаука, 2000. — 198 с.

Лабораторный практикум по болезням рыб : учеб. пособие / под ред. В.А. Мусселиус, В.Ф. Ванятинского, А.А. Вихмана и др. — М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1983. — 295 с.

Определитель бактерий Берджи. В 2-х т. : пер. с англ. : ред. Дж. Хоулт, Н. Криг, П. Снит и др. — М. : Мир, 1997. — Т. 1. — 432 с.; Т. 2. — 368 с.

Садчиков А.П. Потребление и деструкция органического вещества в водоемах различной трофности // Водные ресурсы. — 2002. — Т. 29, № 1. — С. 92–98.

Семко Р.С. Запасы западнокамчатских лососей и их промысловое использование // Изв. ТИНРО. — 1954. — Т. 41. — С. 3–109.

Смирнов А.И. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей : моногр. — М. : Московск. ун-та, 1975. — 336 с.

Тарасюк Е.В. Сравнительная оценка результатов использования различных уравнений, описывающих длительность развития эмбрионов кижуча в зависимости от температуры // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Тр. СахНИРО. — 2004. — Т. 6. — С. 39–54.

Тарасюк Е.В., Тарасюк С.Н. Оценка скорости роста молоди кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum, 1792) в различных температурных условиях // Тр. ВНИРО. — 2015. — Т. 158. — С. 121–135.

Устищенко Е.В. Признаки бактериальной жаберной болезни у молоди кижуча на Вилюйском рыболовном заводе (Камчатка) // Вопр. рыб-ва. — 2006. — Т. 7, № 3. — С. 436–445.

Хованский И.Е. Физиологические и функциональные аспекты улучшения качества молоди тихоокеанских лососей, выращиваемой на рыболовных заводах Магаданской области : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — СПб., 1992. — 20 с.

Шкурина З.К., Полтева А.В., Букина И.Ю. Бактериальная инфекция псевдомонодной этиологии у молоди кижуча (*Oncorhynchus kisutch*) // Рыбохозяйственные исследования Мирового океана : тр. междунар. науч. конф. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 1999. — Т. 1. — С. 175–176.

Austin B., Austin D.A. Bacterial fish pathogens: disease in farmed and wild fish. Fourth Edition. — Berlin : Praxis Publishing Ltd., 2007. — 593 p.

Townsend L.P., Cheyne H. The influence of hydrogen ion concentration on the minimum dissolved oxygen toleration of the silver salmon, *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) // Ecology. — 1944. — Vol. 25, № 4. — P. 461–466. DOI: 10.2307/1932021.

References

Basov, Yu.S., Biological foundations of salmon farming on geothermal waters, *Biol. Morya (Vladivostok)*, 1986, vol. 12, no. 2, pp. 32–38.

Bogdanova, E.A., *Bolezni lososevykh i sigovykh ryb v akvakul'ture* (Diseases of salmon and whitefish in aquaculture), St. Petersburg: GosNIORKh, 1994.

Boyko, A.V., Ecological features of artificial reproduction of Pacific salmon in conditions of modern fish hatcheries of Sakhalin region, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Petrozavodsk: Petrozavodsk State University, 2014.

Vyalova, G.P. and Polteva, A.V., Bacterial enteritis of Chinook salmon, in *Sistematika, biologiya i biotekhnika razvedeniya lososevykh ryb* (Systematics, biology and biotechnics of salmon breeding), St. Petersburg: GosNIORKh, 1994, pp. 35–36.

Vyalova, G.P. and Shkurina, Z.K., *Mikroflora i bakterial'nyye bolezni tikhookeanskikh lososey yestestvennykh populyatsiy i v akvakul'ture na Sakhaline* (Microflora and bacterial diseases of Pacific salmon of natural populations and in aquaculture on Sakhalin), Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO, 2005.

Gavruseva, T.V., Bochkova, E.V., Sergeenko, N.V., and Ustimenko, E.A., Current state of the health of Pacific salmon (*Oncorhynchus*) in the aquaculture of Kamchatka, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2018, vol. 48, pp. 19–30. doi 10.15853/2072-8212.2018.48.19-30

Gorodilov, Yu.N., *Ranniy ontogenez tikhookeanskikh lososey roda Oncorhynchus. Problemy teorii i praktiki* (Early ontogenesis of Pacific salmon of the genus *Oncorhynchus*. Problems of theory and practice), Murmansk: PINRO, 2009.

Efanov, V.N. and Boyko, A.V., *Ekologicheskiye osobennosti i optimizatsiya usloviy iskusstvennogo vosпроизводства tikhookeanskikh lososey na sovremennykh rybovodnykh zavodakh Sakhalinskoy oblasti* (Environmental special aspects and optimization of an artificial reproduction conditions for Pacific Salmon at the actual fish hatcheries of Sakhalin Region), Yuzhno-Sakhalinsk: Sakhalin. Gos. Univ., 2014.

Zorbidi, J.H., *Kizhuch aziatskikh stad* (Coho salmon of Asian herds), Petropavlovsk-Kamchat-sky: KamchatNIRO, 2010.

Golovina, N.A., Strelkov, Yu.A., Voronin, V.N., Golovin, P.P., Evdokimova, E.B., Yukhimenko, L.N., and Bauer, O.N., *Ikhtiopatologiya* (Ichthyopathology), Moscow: Mir, 2003.

Kanidiev, A.N., Abiotic conditions in spawning mounds of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1967, vol. 61, pp. 94–103.

Kondratyeva, L.M., Garetova, L.A., Imranova, E.L., Kirienko, O.A., Chukhlebova, L.M., and Karetnikova, E.A., *Microorganisms in ecosystems of Priamurie*, Vladivostok: Dal'nauka, 2000.

Laboratornyi praktikum po boleznyam ryb (Laboratory Workshop on Fish Diseases), Musselius, V.A., Vanyatinsky, V.F., Vikhman, A.A., et al., eds., Moscow: Legkaya i Pishchevaya Promyshlennost', 1983.

Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, Ninth edition, Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneath, P.H.A., Staley, J.T., and Williams, S.T., eds., Williams & Wilkins, 1994.

Sadchikov, A.P., Organic matter utilization and destruction in water bodies at different trophic level, *Water Resour.*, 2002, vol. 29, no. 1, pp. 85–89. doi 10.1023/A:1013809510425

Semko, R.S., Stocks of West Kamchatka salmon and their commercial use, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1954, vol. 41, pp. 3–109.

Smirnov, A.I., *Biologiya, razmnozheniye i razvitiye tikhookeanskikh lososei* (Biology, Reproduction, and Development of Pacific Salmon), Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1975.

Tarasyuk, E.V., Comparative estimation of results when using different equations describing duration of the development of the coho salmon embryos depending on various temperatures, *Biologiya, sostoyaniye zapasov i usloviya obitaniya gidrobiontov v Sakhalino-Kuril'skom regione i sopredel'nykh akvatoriyakh* (Biology, Status of Stocks, and Condition of Habitat of Aquatic Organisms in the Sakhalin-Kuril Region and Adjacent Waters), *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2004, vol. 6, pp. 39–54.

Tarasyuk, E.V. and Tarasyuk, S.N., Assessment of juvenile coho salmon growth rates within different temperature conditions, *Tr. Vseross. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2015, vol. 158, pp. 121–135.

Ustimenko, E.A., Signs bacterial gill disease among fingerling of coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) at Viljuskij hatchery (Kamchatka), *Vopr. Rybolov.*, 2006, vol. 7, no. 3, pp. 436–445.

Khovansky, I.E., Physiological and functional aspects of improving the quality of young Pacific salmon grown in fish hatcheries of the Magadan region, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, St. Petersburg, 1992.

Shkurina, Z.K., Polteva, A.V., and Bukina, I.Yu., Bacterial infection of pseudomonas etiology in juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*), in *Tr. Mezhdunar. nauchn. konf. "Rybokhozyaystvennyye issledovaniya Mirovogo okeana"* (Tr. Int. Sci. Conf. "Fisheries research of the World Ocean"), Vladivostok: Dal'rybvuz, 1999, vol. 1, pp. 175–176.

Austin, B. and Austin, D.A., *Bacterial fish pathogens: disease in farmed and wild fish*, Fourth Edition, Berlin: Praxis Publishing Ltd., 2007.

Townsend, L.P. and Cheyne, H., The influence of hydrogen ion concentration on the minimum dissolved oxygen toleration of the silver salmon, *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum), *Ecology*, 1944, vol. 25, no. 4, pp. 461–466. doi 10.2307/1932021

Metodicheskiye ukazaniya po sanitarno-bakteriologicheskoy otsenke rybokhozyaystvennykh vodoyemov. (Guidelines for sanitary and bacteriological assessment of fishery water bodies), URL: <https://base.garant.ru/2158924/>. Cited December 04, 2019.

Blue Book 2016. Fish Health Section Blue Book. 2016 Edition / Suggested Procedures For The Detection And Identification Of Certain Finfish And Shellfish Pathogens. URL: <https://units.fisheries.org/fhs/fish-health-section-blue-book-2020>. Cited December 04, 2019.

List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature. <https://lpsn.dsmz.de/>. Cited May 16, 2022.

Prikaz Minsel'khoza Rossii ot 30.01.2015 № 25 (red. ot 25.08.2015) «Ob utverzhdenii Metodiki rascheta ob'yema dobychi (vylova) vodnykh biologicheskikh resursov, neobkhodimogo dlya obespecheniya sokhraneniya vodnykh biologicheskikh resursov i obespecheniya deyatel'nosti rybovodnykh khozyaystv, pri osushchestvlenii rybolovstva v tselyakh akvakul'tury (rybovodstva)» (Order of the Ministry of Agriculture of Russia dated 30.01.2015 no. 25 (as amended on 25.08.2015) "On approval of the Methodology for calculating the volume of extraction (catch) of aquatic biological resources necessary to ensure the conservation of aquatic biological resources and ensure the activities of fish farms, when carrying out fisheries for the purposes of aquaculture (fish farming)"). URL: <https://docs.cntd.ru/document/420253563>. Cited December 04, 2022.

Поступила в редакцию 17.05.2024 г.

После доработки 24.06.2024 г.

Принята к публикации 13.09.2024 г.

The article was submitted 17.05.2024; approved after reviewing 24.06.2024;
accepted for publication 13.09.2024