

На правах рукописи



Молчанова Ксения Андреевна

**РЫБОВОДНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ФОРМИРОВАНИЯ МАТОЧНОГО СТАДА РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ
В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

03.02.06 Ихтиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Калининград - 2018

Работа выполнена на кафедре «Аквакультура» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «КГТУ»)

Научный руководитель кандидат биологических наук, доцент
Хрусталеv Евгений Иванович

Официальные оппоненты:

Пономарев Сергей Владимирович – доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», кафедра «Аквакультура и рыболовство», завкафедрой

Сафронов Александр Станиславович – кандидат биологических наук, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», лаборатория нормативного и технологического развития аквакультуры, ведущий научный сотрудник

Ведущая организация Центральное Управление по рыбохозяйственной экспертизе и нормативам по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и акклиматизации (ФГБУ «ЦУРЭН»)

Защита состоится 21.12.2018 г. в 12.00 ч на заседании диссертационного совета Д307.007.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «КГТУ») по адресу: 236022, Калининград, Советский пр. 1, зал заседаний совета (255).

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» www.klgtu.ru/science,

e-mail: olga.anohina@klgtu.ru,
факс: 8(4012)99-53-46

Автореферат разослан «19» октября 2018 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент

Анохина Ольга Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Радужная форель является самым популярным объектом пресноводного лососеводства благодаря высокой лабильности к абиотическим и биотическим условиям выращивания, быстрому росту, высокой степени доместикации и, наконец, деликатесным и диетическим свойствам мяса.

Радужную форель выращивают в основном в открытых рыбоводных системах (прудовых, бассейновых и садковых хозяйствах), в которых температурный режим определяется воздействием природно-климатических факторов. В последние десятилетия в некоторых странах получало развитие выращивание товарной форели в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ). В хозяйствах замкнутого типа водоснабжения можно более строго контролировать все технологические процессы разведения и гарантировать контроль важнейших абиотических и биотических факторов, определяющих рост и развитие рыб (Киселев, 1999; Голованов, 2013; Пономарев, 2013).

В России до последнего времени практически отсутствовали промышленные УЗВ по разведению и выращиванию форели. Причиной этого является ограниченный объем научных исследований и практических решений в обосновании технологических режимов разведения и выращивания этой ценной рыбы. Тем более, в условиях реального потепления климата, когда негативное влияние основного, направляющего развитие рыб фактора (Хоар, 1983), проявляется, прежде всего, на этапах формирования половых продуктов и развития потомства, поддержание оптимального температурного режима возможно только в УЗВ.

Формирование и эксплуатация маточного стада – самые ответственные процессы в рыбоводстве, так как успех работы хозяйства во многом определяется качеством производителей (Цуладзе, 1990). На предприятии ООО «ТПК Балтптицепром» нами создано маточное поголовье форели, которое, выращивалось на протяжении трех последовательных генераций в УЗВ с 2011 по 2016 гг., в условиях, отличающихся от естественных, термический и гидрохимический режимы, ограниченное пространство, фотопериод, плотность посадки, кормление и др. Перечисленные отличия накладывают серьезный отпечаток на рост и развитие рыб. В связи с изложенным особую актуальность приобретают исследования по определению закономерностей адаптации рыб к специфическим условиям, создающимся в УЗВ. Поэтому оценка влияния абиотических и биотических факторов на физиологическое состояние радужной форели на всех этапах формирования ремонтно-маточного стада, может рассматриваться как основа для определения оптимальных условий выращивания рыб в УЗВ (Голованов, 2013).

Исследования по изучению морфофизиологических, гематологических и иммунологических показателей рыбы в естественных и искусственных водоемах имеют теоретическое и практическое значение. Они находят применение в рыбоводстве при определении физиологического состояния рыб, выращиваемых в новых условиях.

Разработка технологии формирования и эксплуатации ремонтно-маточного стада форели в УЗВ позволяет создать основу для гарантированного получения качественного посадочного материала, реализации эффективных моно- и полициклических, а также комбинированных технологий выращивания товарной форели.

Степень разработанности темы исследования. Разработкой технологии формирования маточного стада радужной форели в открытых рыбоводных системах занимались многие ученые: З.И. Галкина (1967), Е.А. Боровик (1969), А.Н. Елеонский (1946), В.С. Кирпичников (1987), Е.С. Слущкий (1984, 1985), Н.А. Леманова (1984, 1985), Ю.П. Бабушкин (1974, 1976), W. Steffens (1972), Г.Г. Савостьянова (1969, 1971, 1974), W. Steffens (1971, 1973, 1974, 1978), Н.П. Новоженин (1975, 1985, 1986), А.Н. Канидьев (1975, 1979, 1984), К. Schmidt (1977), Н. Kincaid (1977), Н. Zobel (1978, 1979), Е.Ф. Титарев (1980, 1991, 2001, 2005), Е.Г. Терентьева (1979, 1980, 1995, 2006), В.М. Голод (1995, 2006), В.Я. Никандров (1981, 1984, 1995, 2006), Н.И. Шиндавина (1995), А.А. Ростовцев (2000) и И.И. Кцоева (2006).

Сотрудниками ГосНИОРХ в ходе проведения селекционно-племенной работы на Центральной экспериментальной станции «Ропша» впервые в СССР в 70-х годах XX века было сформировано высокопродуктивное маточное стадо радужной форели, которое отличалось от исходного повышенным темпом роста, большей плодовитостью и более ранним созреванием. Также в нашей стране еще в 70-80-е годы предпринимались попытки разработки биотехники выращивания форели в УЗВ. Однако, они ограничились разработкой биотехнических нормативов по выращиванию посадочного материала радужной форели в УЗВ. Причем, в качестве исходного материала были личинки, мальки, полученные от производителей, содержащихся в открытых рыбоводных системах (Аси, 1980).

Цель и задачи исследования. Целью данной работы было изучение рыбоводно-биологических особенностей радужной форели на разных этапах выращивания и разработка технологии формирования ремонтно-маточного стада радужной форели в УЗВ.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) оценить влияние абиотических факторов на рост и развитие радужной форели;
- 2) изучить скорость роста и выживаемость ремонтного поголовья, производителей радужной форели и их потомства в УЗВ;
- 3) установить эффективность кормления ремонтного поголовья, производителей радужной форели и их потомства в УЗВ;
- 4) дать оценку влияния условий выращивания на фенотипические признаки радужной форели;
- 5) установить рыбоводные качества производителей и предложить биотехнические нормативы по формированию и эксплуатации ремонтно-маточных стад радужной форели в УЗВ;
- 6) оценить физиологический статус радужной форели, выращенной в УЗВ по морфофизиологическим, гематологическим и иммунологическим показателям.

Научная новизна результатов проведенных исследований. Установлены особенности созревания и адаптации репродуктивной системы производителей радужной форели в специфических условиях УЗВ. Впервые изучены особенности двукратного созревания в течение года производителей в условиях режима абиотических факторов в УЗВ. Изучено влияние условий выращивания производителей радужной форели в УЗВ на качество их половых продуктов. Установлены особенности роста и жизнестойкости, кормления трех последовательных генераций. Впервые разработаны биотехнические нормативы формирования и эксплуатации ремонтно-маточных стад радужной форели в УЗВ. Впервые установлены особенности модификационных изменений экстерьера тела у производителей и их потомства, выращиваемых в хозяйствах с естественной термикой воды и управляемого режима выращивания в УЗВ. Установлен гематологический, морфофизиологический и иммунологический статусы радужной форели, выращиваемой в УЗВ, в возрасте сеголетков, годовиков и двухлетков.

Теоретическая значимость проведенных исследований заключается в подтверждении особого характера адаптации радужной форели к специфическим условиям УЗВ, проявляющегося в модификационных изменениях на фенотипическом уровне. Большой тепловой баланс и длительный период нагула, отражающий специфику УЗВ приводит к изменению характера созревания производителей радужной форели от типичной для весенне-нерестующей формы в сторону типичной для осенне-нерестующей. Интенсификация роста радужной форели в УЗВ обуславливает высокие размерно-весовые характеристики впервые созревающих производителей, согласующиеся с высоким качеством половых продуктов и потомства. При увеличении теплового баланса и продолжительности периода нагула радужной форели выделяется группа рыб, созревающих два раза в течение года, что можно рассматривать как основу для стабилизации этого свойства в следующих поколениях. Эмпирическим путем на основе экспериментальных данных определена степень влияния экологического коэффициента на степень раскрытия ростовой потенции радужной форели в УЗВ. Предложенная технология и рекомендации по формированию ремонтно-маточного стада обосновывают выбор оптимальных условий выращивания форели в УЗВ, гарантирующих высокое качество производителей и их потомства.

Практическая значимость работы заключается в: предложенной технологии и рекомендациях по формированию ремонтно-маточного стада в УЗВ; предложенных биотехнических нормативах формирования и эксплуатации ремонтно-маточных стад радужной форели в УЗВ, которые могут быть применены на промышленных УЗВ при освоении моно- и полициклических технологий выращивания посадочного материала и товарной рыбы, а также при освоении комбинированных технологий по схеме УЗВ (выращивание посадочного материала) – прудовые, бассейновые, садковые форелевые хозяйства.

Полученные данные используются в лекционном курсе «Специальные методы выращивания рыб» в бакалавриате и «Товарное лососеводство» в магистратуре по направлению «Водные биоресурсы и аквакультура» в ФГБОУ ВО «КГТУ», также их можно использовать в учебном процессе по направлению

"35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура" в дисциплине «Основы индустриальной аквакультуры» и направлению "35.04.07 Водные биоресурсы и аквакультура" в дисциплине «Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры».

Методология и методы исследований в соответствии с целью и поставленными задачами основаны на применении стандартных и общепринятых методик, включая математических анализ полученных результатов.

Основные положения, выносимые на защиту:

1) Специфические условия УЗВ влияют на рост и развитие форели, а также на количество и качество продуцируемых производителями половых продуктов;

2) Потомство производителей форели отличается высоким темпом роста и жизнестойкостью;

3) Морфометрические, морфофизиологические, гематологические и иммунологические особенности ремонтного поголовья и производителей форели отражают условия их выращивания в УЗВ.

Степень достоверности результатов проведенных исследований. Достоверность и обоснованность, изложенных в диссертационном исследовании положений, выводов и рекомендаций, подтверждены корректным теоретическим и практическим обоснованием проводимых утверждений, а также научными работами и актом о внедрении. Все результаты подтверждены исследованиями, проведенными в промышленных условиях на базе УЗВ предприятия ООО «ТПК Балтптицепром». Весь собранный материал обработан методами статистического анализа.

Апробация результатов исследования. Основные положения, материалы и выводы диссертационного исследования опубликованы в рецензируемых научных журналах, в коллективной монографии «Биологические и технологические особенности пастбищной аквакультуры в Калининградской области» и двух учебниках «Товарное лососеводство» и «Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры». Апробация полученных материалов состоялась в форме докладов на международных научных конференциях «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов» (Калининград, 2014, 2015, 2016); 11th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food science and technology in a changing world” FOODBALT 2017 (Jelgava, 2017); на II Всероссийской молодежной конференции «Рыбохозяйственные исследования на внутренних водоемах» (Санкт-Петербург, 2016), а также в форме заочного участия в международных научно-технических конференциях «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство» (Воронеж, 2013, 2016, 2017), «Океанология в XXI веке: современные факты, модели, методы и средства» (Ростов-на-Дону, 2017) и во всероссийской конференции «Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов и пути их рационального использования» (Казань, 2016).

Личное участие автора в получении результатов. Автором были поставлены цель и задачи исследования, проведены эксперименты, отработаны все этапы технологического процесса, выполнена статистическая обработка со-

бранных данных, проанализированы полученные результаты, сделаны выводы. Весь материал по формированию и эксплуатации ремонтно-маточного стада радужной форели в УЗВ был собран в период с сентября 2011 г. по декабрь 2016 г. и обработан автором самостоятельно.

Публикации. По результатам исследования опубликовано 22 печатных работы, в том числе 11 в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, а также в соавторстве в 1 монографии и 2 учебниках и 1 учебном пособии.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 180 с., состоит из введения, пяти разделов, заключения, практических рекомендаций, списка использованных источников (276 источников, в том числе 70 иностранных), приложения, содержит 67 рисунков и 29 таблиц.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Обзор литературы содержит анализ публикаций отечественных и зарубежных авторов о лимитирующих факторах среды при выращивании радужной форели. Обобщены сведения о влиянии плотности посадки и уровня водообмена на темп роста рыб. Проведен анализ данных об особенностях кормления радужной форели и его эффективности на разных этапах выращивания рыбы. Описаны конструктивные особенности и режимы эксплуатации установок замкнутого водоснабжения.

2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Основные исследования проводились на базе мобильной рыбоводной лаборатории (МРЛ) ФГБОУ ВО «КГТУ», опытных ООО «КМП Аква» и промышленной УЗВ ООО «ТПК Балтптицепром», а также в садковом хозяйстве ООО «Аквакультура» (Калининградская область).

Весь материал по теме диссертации был собран в период с сентября 2011 г. по декабрь 2016 г.

Работы по формированию ремонтно-маточного стада форели начали проводить в 2011 – 2013 гг. на базе экспериментальных УЗВ ООО «КМП Аква» и продолжили в промышленной УЗВ предприятия ООО «ТПК Балтптицепром». Исследованиями были охвачены три последовательные генерации радужной форели (рис. 1).

В состав МРЛ входил участок по выдерживанию производителей, бассейновый участок, участок водоподготовки и лаборатория. Промышленная УЗВ включала четыре пластиковых бассейнов шестиугольной формы объемом 3 м³ и четыре квадратных бассейна объемом 1,6 м³, механический и биологический фильтры, ультрафиолетовое устройство, оксигенатор.

Контрольные взвешивания осуществляли раз в 10 дней на этапах выдерживания предличинки, подращивания и выращивания личинок на торсионных весах, а также раз в 15 дней на электронных весах на этапах выращивания мальков и рыб более старшего возраста. Рыб массой более 0,8 кг взвешивали раз в месяц. Объем выборки при проведении контрольных обловов составлял 1 % от общего количества рыб в рыбоводной ёмкости.



Рисунок 1 – Формирование ремонтно-маточного стада форели в УЗВ

Из основных абиотических параметров исследовали температуру воды, содержание в ней растворенного кислорода, pH, концентрацию нитритов.

На этапах подращивания, выращивания личинок и мальков использовали стартовый корм датской фирмы Aller Aqua рецептуры Aller Futura. При выращивании рыб более старшего возраста использовали производственные корма рецептур Aller Bronze и Aller Trident. По достижении рыбами массы 600 г переходили на корм для производителей рецептуры Aller Sturgeon REP EX. Размер крупки и гранул изменяли по мере роста рыб. Суточные дозы кормления устанавливали в соответствии с рекомендуемыми нормами данного производителя. Коррективы в них вносили с учетом поедаемости корма.

Отход форели учитывали ежедневно методом прямого учёта. Выживаемость рыб выражали в процентах от общего числа наблюдаемых рыб.

Для оценки скорости роста рыбы использовали общепродукционный коэффициент массонакопления (Купинский, 2007). Эффективность кормления оценивали по величине кормового коэффициента.

$$K_m = \frac{(\sqrt[3]{M_k} - \sqrt[3]{M_n}) \times 3}{T}, \quad (1)$$

где M_n и M_k – масса рыб начальная и конечная, г; T – продолжительность периода выращивания, суток.

$$K_k = \frac{P}{\Pi}, \quad (2)$$

где P – количество корма, использованного в периоды между контрольными обловами, кг; Π – прирост общей массы рыб в периоды между контрольными обловами, кг.

Измерения морфометрических показателей проводили по схеме, предложенной И.Ф. Правдиным (1966). Пластические признаки анализировали в системе индексов. По данным измерений и взвешиваний рассчитывали селекционные индексы. Проведен сравнительный анализ с результатами, полученными в садковом хозяйстве.

Морфофизиологические анализы проводили путем вскрытия рыбы и извлечения органов с последующим определением их массы. Для определения индекса внутренних органов использовали метод морфофизиологических индикаторов (Смирнов и др., 1972). Гематологические показатели определяли, по стандартным методикам, принятым в рыбоводстве (Головина, 1979; Иванова, 1983; Серпунин, 2005). В качестве основных иммунологических показателей исследовали бактерицидную активность, концентрацию лизоцима и гамма-глобулинов. Анализы морфофизиологических, иммунологических и гематологических показателей были проведены у сеголетков (апрель), годовиков (июнь) и двухлетков (сентябрь) третьей генерации форели, выращиваемой в УЗВ.

Исследования были проведены в лабораторных условиях по модифицированным методикам (Микряков, 1999). Собранный материал был статистически обработан по общепринятым методикам (Аксютин, 1968) с использованием программы «Microsoft Excel».

3 РЫБОВОДНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕМОНТНО-МАТОЧНОГО СТАДА ФОРЕЛИ В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

3.1 Температурный и гидрохимический режим в УЗВ. Скорость роста, выживаемость и эффективность кормления ремонтного поголовья и производителей форели трех генераций

Температура воды в УЗВ зависела от изменения температуры воздуха в помещении. В преднерестовый период стимуляцию овулирования икры у самок и спермации у самцов проводили незначительным подогревом воды в установке. Температура воды, содержание в ней растворенного кислорода и гидрохимические показатели соответствовали нормативным значениям. Величина рН на всех этапах формирования маточного стада находилась в диапазоне 6,5 – 7,4. Концентрация нитритов не превышала 0,3 мг/л. Насыщение воды кислородом было близким к 100 %.

Первая генерация. Температура воды в период нагула была благоприятной для форели на большинстве этапов выращивания и находилась в диапазоне значений от 15 до 18 °С (рис. 2).

Совокупное действие факторов в наибольшей степени способствовало росту рыб, максимальные значения коэффициента массонакопления доходили до 0,14 – 0,16. При том, что в отдельные периоды они снижались до 0,01 – 0,04 (рис. 3). Влияние плотности посадки отразилось на конечной массе ремонта. В группе с плотностью посадки 20 шт/м² она оказалась 530 г, при 40 шт/м² – 474 г. Выживаемость рыб в обеих группах составила 100 %.

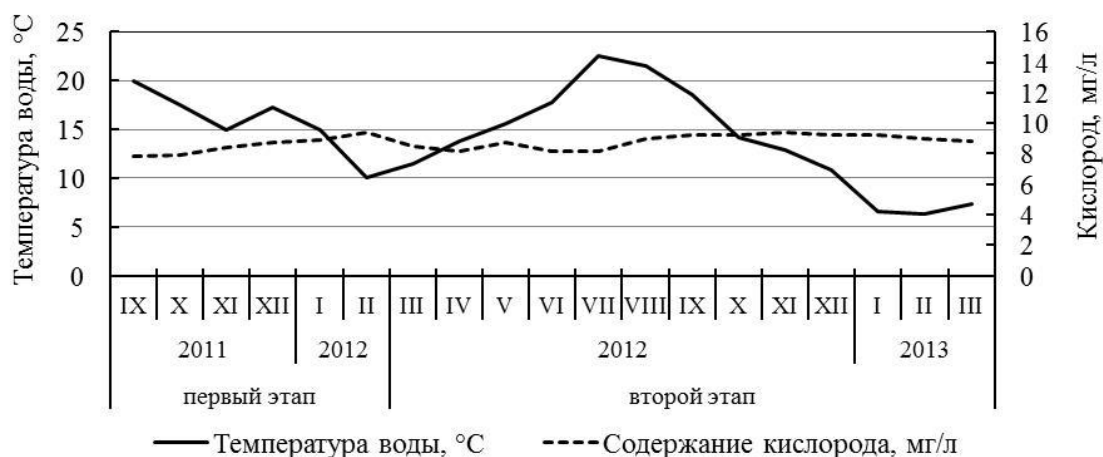


Рисунок 2 – Динамика температуры воды и содержания кислорода в воде при формировании первой генерации ремонтно-маточного радужной форели в УЗВ

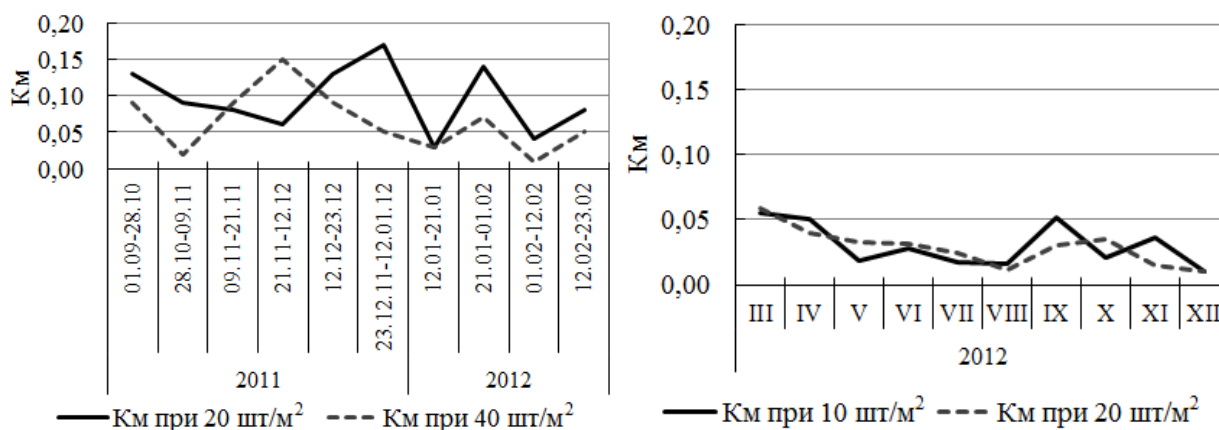


Рисунок 3 – Динамика коэффициента массонакопления (Км) при формировании первой генерации ремонтно-маточного стада радужной форели в УЗВ

На втором этапе исследований плотность посадки уменьшили, соответственно, до 10 и 20 шт/м². Максимальное значение коэффициента массонакопления (0,058) зафиксировано в группе рыб при плотности посадки 20 шт/м². Снижение температуры воды в январе – марте 2013 г. до значений ниже 10 °С позволило завершиться процессу вителлогенеза и стимулировало созревание половых продуктов у рыб.

Общим подходом в выводе на созревание половозрелых рыб, содержащихся в УЗВ, является имитация периода низкой температуры воды в форме «искусственной зимовки» (Кислелев, 1999; Пономарев, 2013; Филатов, 1999).

В первой генерации форели были проведены две «искусственной зимовки»:

- в январе 2012 г. температуру воды понизили до 10 °С;
- в январе 2013 г. среднемесячная температура воды в период зимовки составила 8,2 °С, минимальная 5,5 °С.

Первые самки созрели во второй декаде февраля 2013 г., последние – во второй декаде марта 2013 г. Первые текущие самцы были обнаружены в третьей

декаде января 2012 г. Последние текущие самцы встречались в первой декаде апреля 2013 г.

Таким образом, в возрасте 22 – 24 месяцев в УЗВ созрели 100 % производителей форели первой генерации.

На первом этапе выращивания ремонта средние значения кормового коэффициента оказались низкими (0,6 – 0,7), что может говорить о правильности выбранного метода кормления. Выбранный диапазон значений суточной дозы корма соответствовал высокой эффективности усвоения питательных веществ искусственного корма.

На этапе выращивания старшевозрастной группы ремонта (масса более 600 г) и производителей применение специальной рецептуры корма (Aller Sturgeon Rep.) показало высокую ее эффективность ($K_k = 1,0 – 1,4$). Более высокие значения кормового коэффициента (1,4 – 2,35), на завершающем этапе созревания производителей согласуется с тем, что значительная часть обменной энергии направляется на генеративный обмен, в ущерб пластическому.

Вторая генерация. Температурный режим в течение периода выращивания второй генерации форели (рис. 4), за исключением этапов инкубации икры (7 – 10 °С), выдерживания предличинок (10 – 12 °С) и выращивания личинок (12 – 14 °С), в отдельных случаях характеризовался превышением рекомендуемых значений, способствующих раскрытию биологической потенции форели (Титарев, 2005).

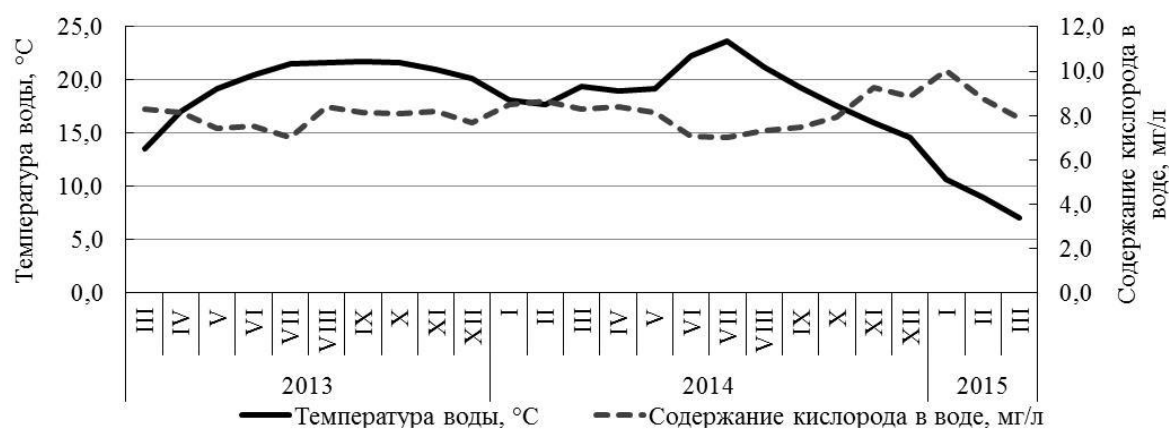


Рисунок 4 – Динамика температуры воды и содержания кислорода в воде при формировании второй генерации ремонтно-маточного стада радужной форели

Оценка скорости роста форели по величине коэффициента массонакопления (Купинский, 2007) показала, что, несмотря на высокую температуру воды на отдельных этапах выращивания, он был достаточно высоким (рис. 5). Максимальное значение было отмечено при температуре близкой к 17 °С (0,121).

Несмотря на относительно продолжительный период, когда температура воды была более 20 °С, средняя скорость роста форели оказалась выше, чем у предшествующей генерации. Возможно, здесь можно говорить о выработке у форели во второй генерации устойчивости к более высокой температуре воды.

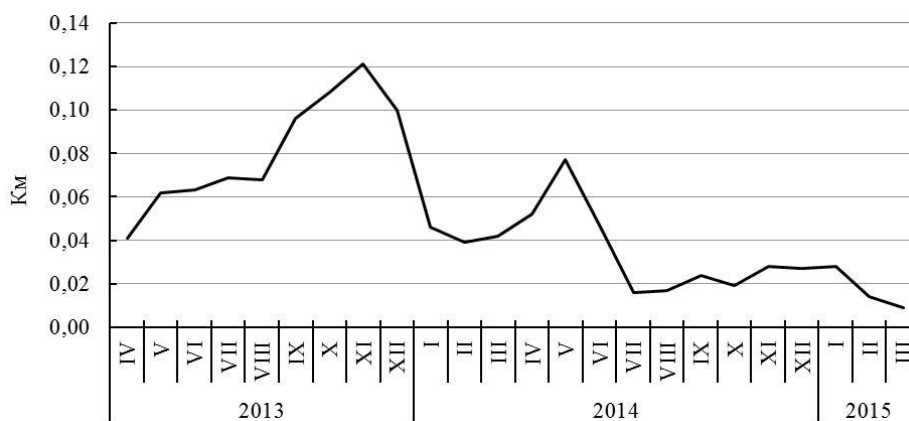


Рисунок 5 – Динамика коэффициента массонакопления (Км) в воде при формировании второй генерации ремонтно-маточного стада радужной форели в УЗВ

Вследствие особых температурных условий рыбоводного цеха и отсутствия периода «искусственной зимовки» у форели в возрасте сеголетков, в декабре 2013 г. – январе 2014 г. произошло расхождение группы производителей по времени наступления полового созревания. В мае 2014 г. 30 % самцов и 10 % самок созрели в возрасте 14 месяцев при температуре 18,5 °С. Средняя масса самок к этому времени составила 1230 г, самцов – 870 г.

Искусственную зимовку удалось провести с декабря 2014 г. по февраль 2015 г. при средней температуре 9,5 °С (минимальная в течение месяца 6 – 6,5°С). При повышении температуры воды до 7 – 9 °С все производители маточного стада форели созрели. При этом созревание производителей было разделено во времени:

- основная группа (90 %) – это впервые созревшие самки в возрасте 22-24 месяцев, набравшие к моменту полового созревания 8700 градусо-дней.

- вторая группа (10 %) – это повторно созревшие самки в возрасте 24-25 месяцев, вышедшие на повторное созревание через 3400 градусо-дней.

Текущие самцы форели были обнаружены в конце 3-й декады декабря. Спермацию у них фиксировали до конца апреля 2015 г. Выживаемость форели второй генерации составила 100 % (от возраста сеголетков), что может быть подтверждением высокого уровня биотехники и адаптационных возможностей рыб.

Снижение температуры воды в конце первого года (18 – 20 °С) способствовало снижению величины кормового коэффициента до 0,75 – 1. Зимний и весенний периоды выращивания при температуре воды 17 – 19 °С были благоприятными для раскрытия ростовой потенции у форели. Но, учитывая то, что у части рыб было отмечено созревание половых продуктов, завершившее овуляцией икры у части самок и спермацией у части самцов в мае, то величина кормового коэффициента во всех группах выращиваемых рыб закономерно повысилась до 1,2 – 1,35. Далее, за исключением июня (Кк = 1,03) величина кормового коэффициента стабилизировалась на таком уровне значений, в том числе в период «искусственной зимовки», что может служить подтверждением сбалансированности пластической и генеративной составляющих общего обмена.

Третья генерация. Средняя температура воды в 2015-2016 гг. (рис. 6) в период нагула составила 18,5 °С (максимальная температура 19,5 – 20 °С).

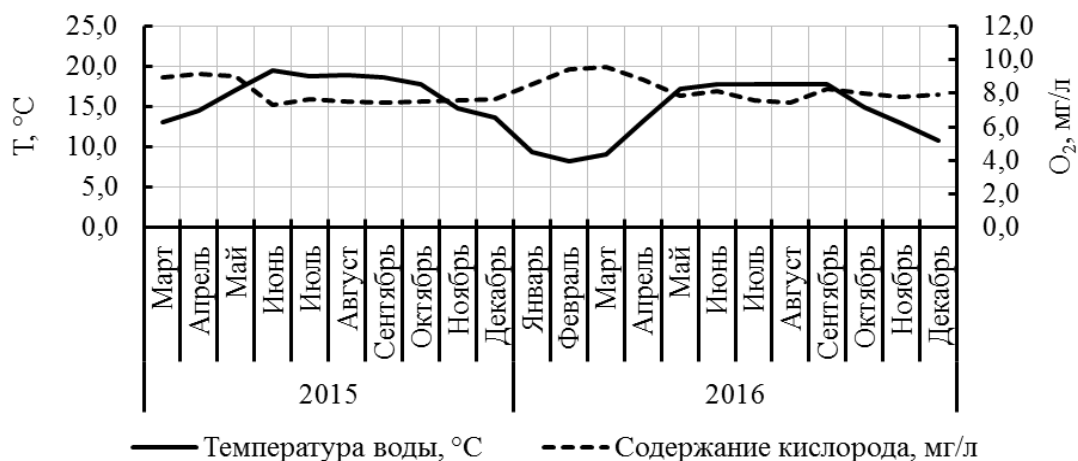


Рисунок 6 – Динамика температуры воды и содержания кислорода в воде при формировании третьей генерации ремонтно-маточного стада радужной форели

При оценке скорости роста производителей форели по величине Км (рис. 7) установлено, что в первый год (2015 г.) выращивания она была достаточно высокой (0,08). В 2016 г. скорость роста форели снизилась (Км сред. = 0,055), что можно связать с возрастанием в структуре общего обмена доли генеративного.

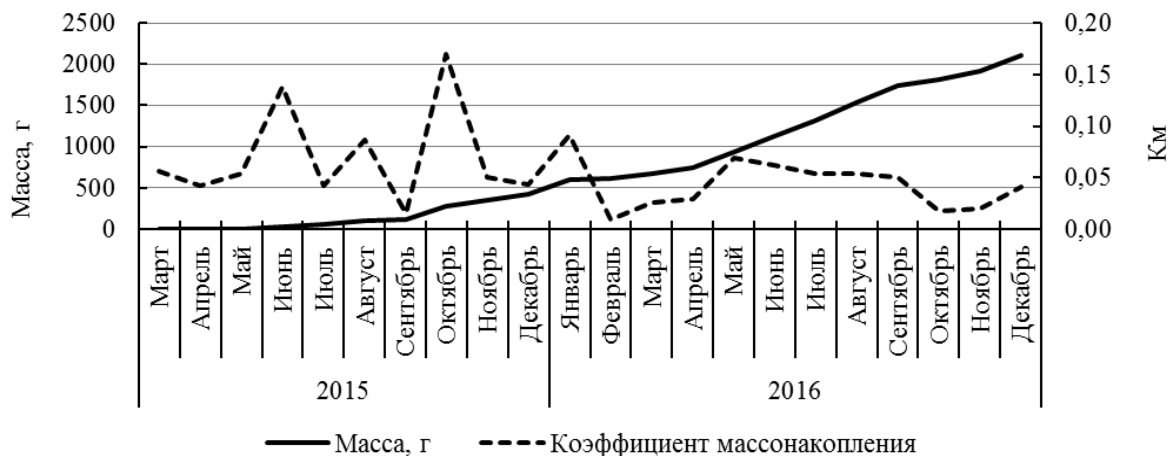


Рисунок 7 – Динамика коэффициента массонакопления (Км) при формировании третьей генерации ремонтно-маточного стада радужной форели в УЗВ

Величину скорости роста в этот период выращивания данной возрастной группы форели следует признать соответствующей высокому уровню разрешения, поскольку средняя масса рыб возросла более чем в 5 раз (с 420 до 2110 г).

Более высокой скорости роста ремонта и производителей форели третьей генерации способствовали более благоприятный температурный режим и адаптация в поколениях к специфическим условиям УЗВ.

Жизнестойкость форели третьей генерации была высокой на всех этапах выращивания и составила 100 %.

В ходе формирования маточного стада третьей генерации условия рыбоводного цеха позволили провести две «искусственные зимовки»:

- первая с декабря 2015 г. по март 2016 г. при средней температуре воды около 9,3 °С. Минимальная температура в течение месяца была 7 – 7,5 °С.

- вторую планировалось провести в декабре 2016 г., поэтому в сентябре 2016 г. постепенно стали снижать температуру воды. При этом у единичных самцов спермацию стали отмечать в сентябре. Средняя масса их тела составила 1587,3 г. Самки в массе созрели в декабре на фоне снижения температуры воды в диапазоне 12 – 10 °С. В данном случае проявился механизм свойственный осенне-нерестующим рыбам (Новоженин, 1985). Средняя масса самок в сентябре 2016 г. составила 1986,5 г, в декабре – 2540,5 г., самцов в декабре – 1679,5 г.

Целесообразно отметить, что в отличие от предыдущих генераций спермация у самцов и овулирование икры у самок проявились на фоне снижения температуры воды в диапазоне 18 – 10 °С.

Оценивая влияние абиотических и биотических (плотность посадки) факторов на скорость роста и жизнестойкость, следует отметить, что у форели первой генерации картина в изменении скорости роста была близкой к отмечаемой в «маточном» водоеме с естественной термикой воды. У рыб второй и третьей генерации она, в большей степени, соответствовала специфическим условиям УЗВ. В каждой последующей генерации средняя скорость роста увеличивалась, что следует рассматривать с позиции совершенствования адаптационной системы.

При выращивании мальков третьей генерации (17 – 18,5 °С) величина кормового коэффициента была низкой ($K_k = 0,6 – 0,88$). В дальнейшем при выращивании сеголетков форели величина кормового коэффициента была также низкой ($K_k = 0,72 – 0,9$), что является подтверждением высокой эффективности кормления, согласующейся с интенсивным ростом рыб. Эффективным кормление было в последующий период выращивания, когда величина кормового коэффициента не превышала 1,35. А на этапе интенсивного трофоплазматического роста половых клеток, сопровождающегося значительным приростом массы производителей, снизилась до 0,9, несколько повысившись ($K_k = 1,1$) в декабре, когда отмечали массовое созревание самок и самцов.

3.2 Размерно-возрастная характеристика и качество половых продуктов производителей форели разных генераций

Во всех трех генерациях форели самки оказались крупнее самцов. В первой генерации в размерных группах рыб с массой более 1500 г присутствовали только самки. Большая часть самцов имела массу от 1000 до 1300 г. Самок от 1300 до 1500 г. Во второй генерации большую часть самок составляли рыбы массой от 1700 до 2300 г, самцов – от 1700 до 2100 г. В третьей генерации большая часть самцов имела массу от 1500 до 1700 г, самок от 2501 до 2700 г. (таблица 1).

3.3 Биотехнические особенности выращивания потомства радужной форели в УЗВ

В данной главе изложены результаты инкубации икры, выдерживания предличинок, выращивания личинок, мальков и сеголетков.

Качество половых продуктов у производителей форели, содержащихся в УЗВ, было достаточно высоким, что проявилось в величине процента оплодотворения икры (90,9 – 92,2 %), подтвержденный на этапе образования краевого узелка, выходе предличинок с инкубации (84,0 и 84,7 %) и их средней массе ($80,2 \pm 0,85$ мг) (табл. 1).

При выращивании потомства заметных различий по массе в группах мелкой, среднеразмерной и крупной форели в течение всего периода исследований не было обнаружено. Это говорит о постоянстве условий выращивания и качественном кормлении. За семь месяцев выращивания прирост массы рыб во всех размерных группах был значительным. Сеголетки в группе крупной молодежи достигли средней массы 315 г, в группах мелкой и средней приблизились по массе к 300 г. Как известно, масса товарной порционной форели (двухлетки) в открытых рыбоводных системах составляет 300 – 500 г (Пономарев, 2013; Справочник по., 2007; Титарев, 2005; Цуладзе, 1990).

Таблица 1 – Репродуктивные особенности производителей радужной форели, выращиваемых в УЗВ

Показатели	Первая генерация	Вторая генерация	Третья генерация
Возраст наступления полового созревания, мес	22-24	22-24	19-21
Сроки нерестовой кампании	февраль – март 2013 г.	январь – март 2015 г.	декабрь 2016 г.
Средняя масса самок, г	$1379,1 \pm 45,4$	$2192,1 \pm 176,6$	$2540,5 \pm 86,8$
Средняя масса самцов, г	$1104,5 \pm 22,4$	$1968,4 \pm 140,1$	$1679,5 \pm 86,3$
Рабочая плодовитость, шт	$2107,1 \pm 337,0$	$2308,0 \pm 267,6$	$3273,3 \pm 88,0$
Относительная рабочая плодовитость, шт/кг	$1405,7 \pm 97,0$	$1121,1 \pm 67,3$	$1423,3 \pm 55,9$
Средний диаметр набухших икринок, мм	$4,28 \pm 0,06$	$4,38 \pm 0,05$	$4,4 \pm 0,03$
Процент оплодотворения икры, % (установлен на 2 сутки инкубации)	92	93 – 95	98
Средний объем эякулята, мл	$9,17 \pm 0,65$	$9,33 \pm 1,22$	$11,5 \pm 1,6$
Среднее время подвижности сперматозоидов, с	$45,6 \pm 2,07$	$46,0 \pm 3,3$	$49,3 \pm 2,0$

Среднепериодный Км в группе крупных рыб составил 0,075, в средней группе – 0,07, в группе мелкой рыбы – 0,068, что соответствует высокому уровню раскрытия ростовой потенции потомства.

Столь же высокой была жизнестойкость молодежи форели. В варианте выращивания мелкой молодежи выживаемость была близкой к нормативной величине принятой для открытых рыбоводных систем (69,4 %). В группе среднеразмерной молодежи выживаемость за весь период выращивания составила 83,0 %, в

группе крупной молодежи 86,9 % и существенно превысила нормативную величину (70,0 %).

4 МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ПОТОМСТВА РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ, ВЫРАЩИВАЕМЫХ В УЗВ

При формировании ремонтно-маточного стада в УЗВ было установлено изменение формы тела рыб в трех генерациях (табл. 2). При проведении сравнения генераций выяснилось, что рыбы имели различия по некоторым показателям пропорций тела.

У производителей форели второй генерации, выращиваемых в УЗВ, отмечали увеличение высоты тела и, соответственно, пластических признаков, связанных с этим показателем (высота головы у затылка, максимальный обхват тела), и, наоборот, укорачивание хвостового стебля.

Анализ полученных результатов указывает на то, что новые условия выращивания форели в УЗВ приводят к модификационной изменчивости в поколении потомства, достигшего возраста половозрелости, полученного от производителей первой генерации. В условиях дальнейшей доместикации, уже в следующем поколении производителей форели происходят новые изменения в фенотипе и экстерьер рыб возвращается к установленному у производителей, выращиваемых в садковом хозяйстве.

5 ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ В УЗВ

Большую величину индекса печени у сеголетков форели можно связать с сохраняющейся сезонной ритмикой физиологического развития, что подтверждает последующее существенное ускорение у годовиков-двухлетков в росте при подтверждении оптимальных условий выращивания. Индекс печени у самок форели был несколько ниже $1,23 \pm 0,06$ %, чем у самцов $1,28 \pm 0,05$ % (табл. 2).

Таблица 2 – Индексы органов радужной форели, выращиваемой в УЗВ ($M \pm m$), %

Органы	Сеголетки	Годовики	Двухлетки	
			самцы	самки
Жабры	$4,38 \pm 0,25$	$2,34 \pm 0,24$	$3,40 \pm 0,15$	$2,43 \pm 0,08$
Печень	$2,24 \pm 0,24$	$1,15 \pm 0,07$	$1,28 \pm 0,05$	$1,23 \pm 0,05$
Селезенка	$0,28 \pm 0,08$	$0,18 \pm 0,01$	$0,14 \pm 0,02$	$0,11 \pm 0,01$

Различия в величине индекса печени не значительны, что может говорить о равнозначности обменных процессов у рыб обоих полов.

Самцы имели несколько увеличенный индекс селезенки по сравнению с самками форели, но на уровне недостоверных различий. Относительная масса жабр у сеголетков форели оказалась больше по сравнению со старшевозрастными группами ($p < 0,001$), что, вероятно, является общефизиологическим показателем аллометрического роста органа с возрастом. То, что у самцов индекс существенно выше ($p < 0,001$), чем у самок, следует также связать с более интенсивным обменом веществ и большей потребностью организма в кислороде.

Кровь радужной форели имела высокий уровень гемоглобина, который в исследуемый период колебался от 88,67 до 123,00 г·л⁻¹ у самцов и от 80,00 до 108,00 г·л⁻¹ у самок (рис. 8). При этом у них наблюдалась высокая концентрация эритроцитов от 1,39 до 1,42 Т·л⁻¹ и от 1,06 до 1,43 Т·л⁻¹ (рис. 9) и лейкоцитов от 18,35 до 31,40 Г·л⁻¹ и от 12,75 до 44,41 Г·л⁻¹, как у самцов, так и у самок, что, по всей видимости, отражает специфические условия выращивания в совокупности с интенсивным питанием.

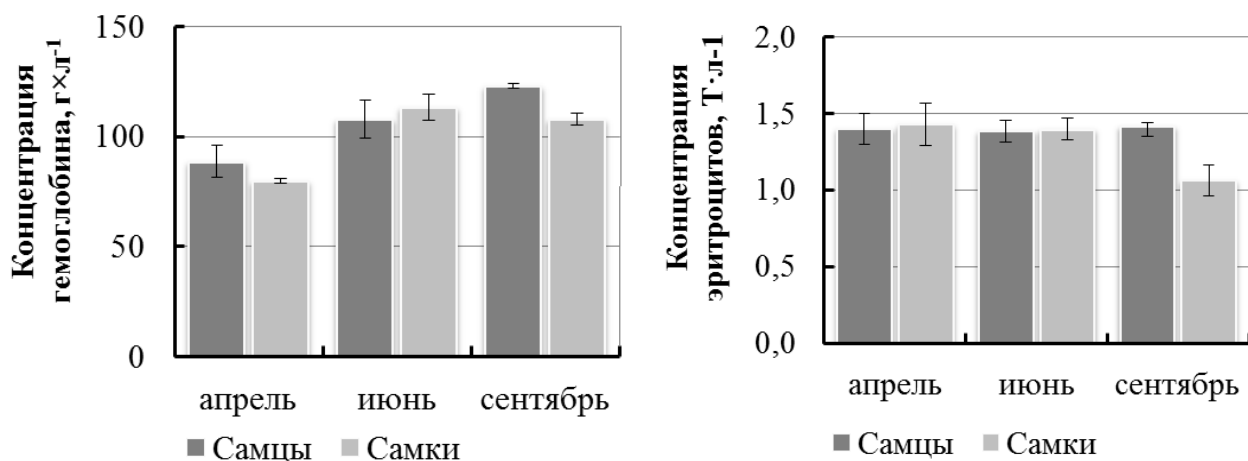


Рисунок 8 – Концентрация гемоглобина и эритроцитов в крови радужной форели, выращиваемой в УЗВ

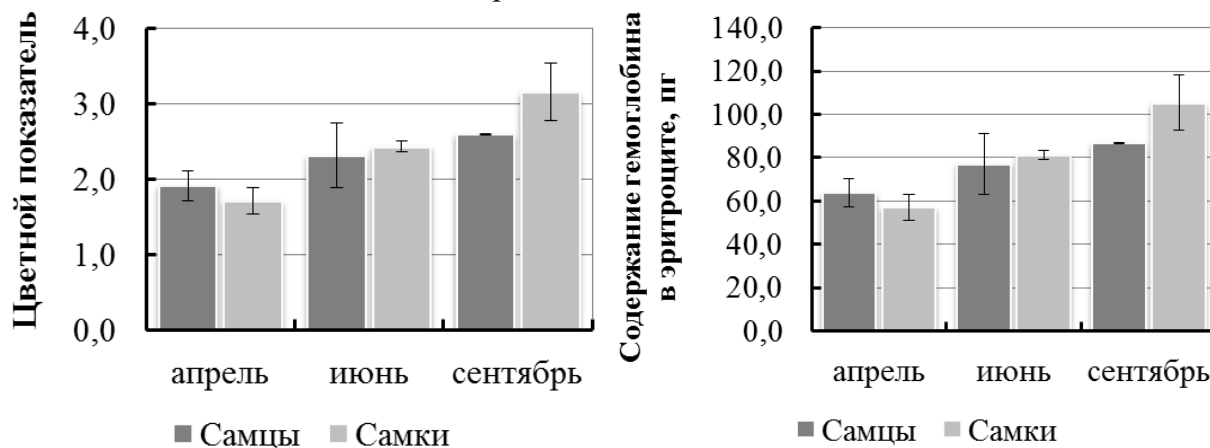


Рисунок 9 – Цветной показатель и СГЭ крови радужной форели, выращиваемой в УЗВ

Белая кровь радужной форели имела резко лимфоидный характер. Нами были идентифицированы 8 различных форм лейкоцитов. Из них 6 видов гранулоцитов (миелоциты нейтрофильные, метамиелоциты нейтрофильные, палочкоядерные нейтрофилы, сегментоядерные нейтрофилы, псевдо-эозинофилы, псевдо-базофилы) и 2 вида агранулоцитов (моноциты, малые лимфоциты).

Лейкоцитарная формула, низкий процент моноцитов, отсутствие в периферической крови патологически измененных клеток, наряду с высокой концентрацией гемоглобина, концентрацией лейкоцитов, уровнем СГЭ, ЦП и КСБ, находящимися в доверительных границах нормы, указывают на нормальное физиологическое состояние рыб, и характеризует высокие адаптационные возможности форели при выращивании в УЗВ.

Полученные данные (табл. 3) о концентрации лизоцима в организме радужной форели свидетельствуют о неоднородности его распределения по отдельным органам.

Она была близкой у сеголетков и годовиков, но с интенсификацией генеративного обмена у рыб этот показатель увеличился независимо от пола. При сравнении возрастных изменений концентрации γ -глобулинов и лизоцима, как основных факторов специфического и неспецифического иммунитета рыб, можно отметить, что у сеголетков происходит усиление неспецифического иммунитета в коже и жабрах. Увеличение активности лизоцима в селезенке, возможно, связано с синтезом его гранулоцитами, находящимися в этом органе.

Таблица 3 – Иммунологические показатели органов радужной форели, $M \pm m$

Орган	Сеголетки	Годовики	Двухлетки	
			самцы	самки
<i>Концентрация лизоцима (до / после термостатирования), мкг/мл</i>				
Селезенка	0,31±0,11	0,53±0,24	0,25±0,14	0,31±0,09
	1,06±0,18	0,62±0,41	1,07±0,84	1,39±0,24
Печень	0,33±0,11	0,45±0,29	0,29±0,09	0,33±0,08
	0,69±0,19	0,89±0,66	0,79±0,26	2,14±0,55
Почка	-	-	0,33±0,11	0,35±0,10
			0,66±0,22	2,29±0,99
Жабры	0,44±0,19	0,29±0,09	0,37±0,11	0,41±0,09
	1,46±0,56	0,42±0,27	1,53±0,66	2,49±0,60
Кожа	0,33±0,11	0,44±0,19	0,41±0,01	0,39±0,09
	1,01±0,26	1,01±0,19	1,82±0,46	1,59±0,34
<i>Активность лизоцима, ед/мл/мин</i>				
Селезенка	2,1	16,7	18,2	24,1
Печень	9,8	8,1	11,1	40,2
Почка	-	-	7,3	43,1
Жабры	2,9	22,7	25,8	46,2
Кожа	12,7	15,1	31,3	26,7
<i>Бактериостатическая активность, %</i>				
Селезенка	93,24±0,89	96,91±0,56	97,44±0,35	96,22±0,35
Печень	94,35±1,61	91,99±0,71	98,49±0,07	96,80±0,21
Почка	95,61±0,49	95,89±0,61	95,89±0,61	97,54±0,14
Жабры	97,23±0,61	91,40±1,33	91,40±1,33	96,48±0,45
Кожа	95,76±0,44	95,23±0,79	95,23±0,79	93,44±1,54
<i>Напряженность бактериостатической активности, %</i>				
Селезенка	15,40±0,67	39,50±7,75	41,12±5,46	27,51±0,35
Печень	18,09±2,53	14,60±1,20	65,12±2,81	31,33±2,12
Почка	23,84±2,75	27,94±3,60	87,99±2,07	41,15±2,08
Жабры	36,70±3,21	16,05±3,61	42,86±4,43	30,60±3,25
Кожа	24,60±2,60	26,85±3,87	72,04±4,76	19,84±3,88

У самок радужной форели в период созревания половых клеток усиливается иммунная защита организма не только за счет усиления активности лизоцима, как фактора не специфического иммунитета, но и концентрации γ -глобулинов. Напряженность бактериостатической активности во всех органах

была выше у самцов в возрасте двухлетков, что связано опережением созревания по сравнению с самками.

6 БИОТЕХНИЧЕСКИЕ НОРМАТИВЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕМОНТНО-МАТОЧНЫХ СТАД РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ В УЗВ

На основании полученных за пять лет исследований результатов и сравнения их с данными из литературных источников разработаны биотехнические нормативы (табл. 4), применение которых на практике обеспечит формирование и эксплуатацию ремонтно-маточных стад радужной форели в УЗВ, а также получение качественного посадочного материала форели для последующего выращивания товарной форели.

Таблица 4 – Биотехнические нормативы формирования ремонтно-маточного стада радужной форели в УЗВ

Показатели	Норма
Температура воды в период нагула ремонтно-маточного стада, °С	12 – 20
Температура воды в период «искусственной зимовки», °С	5 – 6
Температура воды при инкубации икры, °С	7 – 12
Температура воды при выдерживании предличинок, °С	12 – 14
Температура воды при выращивании личинок и мальков, °С	14 – 18
Содержание растворенного в воде кислорода, мг/л	более 7,0
рН	6,5 – 7,5
Содержание нитритов, мг/л	до 0,2
Средняя масса племенного материала в возрасте, г:	
4 мес	40-60
8 мес	500-700
12 мес	1000-1100
18 мес	1600-1850
24 мес	2100-2600
30 мес	2500-3300
36 мес	2800-3600
Выживаемость, %:	
- личинок	70
- молоди в возрасте 4-х мес; 8 мес	90
- в возрасте 12 мес; 18 мес; 24 мес; 30 мес; 36 мес	95
Соотношение самцов и самок	1 : 2
Плотность посадки ремонта и производителей, шт./м ² :	
- мальки	100-150
- ремонт в возрасте 12-18 мес	50
- производители массой 1 – 2 кг	25
- производители массой более 2 кг	10 – 15
Рабочая плодовитость самок, тыс. шт	2,3 – 3,5
Относительная плодовитость самок, тыс.шт. икринок на кг массы рыбы	1,2 – 1,6
Диаметр набухшей икринки, мм	4,1 – 4,5
Масса икринки, мг	70 – 110

Объем эякулята, мл	более 9
Время подвижности сперматозоидов, с	более 40
Процент оплодотворения икры, %	92 – 95
<i>Выдерживание предличинок</i>	
Плотность посадки предличинок в бассейны, шт/м ²	5000
Продолжительность выдерживания предличинок, сут	10
Средняя масса предличинок, мг	120 – 140
Выход предличинок с инкубации, %	80
<i>Подращивание личинок</i>	
Плотность посадки личинок на подращивание, шт/м ²	3500
Продолжительность подращивания, сут	12
Выход личинок с подращивания, %	90
Средняя масса подрощенных личинок, г	0,3 – 0,4
<i>Выращивание личинок</i>	
Плотность посадки подрощенных личинок, шт/м ²	3200
Кормовой коэффициент	0,75
Продолжительность выращивания личинок, сут	30
Выход мальков, %	85 – 90
Средняя масса мальков, г	1,0 – 1,2
<i>Выращивание молоди до 30-50 г</i>	
Плотность посадки мальков, шт/м ²	1000
Кормовой коэффициент	0,8 – 0,9
Продолжительность выращивания мальков, сут	25
Выход посадочного материала, %	95
Средняя масса посадочного материала, г	30 – 50
<i>Выращивание посадочного материала до 300 г</i>	
Плотность посадки молоди, шт/м ²	400
Кормовой коэффициент	0,9 – 1,0
Продолжительность выращивания посадочного материала, сут	120 – 130
Выход посадочного материала, %	95 – 98
Средняя масса посадочного материала, г	290 – 320

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые в России нами разработана технология формирования и эксплуатации ремонтно-маточного стада радужной форели в установках замкнутого водоснабжения. Установлены особенности созревания производителей радужной форели в специфических условиях УЗВ. Изучено влияние условий выращивания производителей радужной форели в УЗВ на качество их половых продуктов. Установлены особенности роста и жизнестойкости, кормления рыб в трех последовательных генерациях.

Разработаны и предложены биотехнические нормативы формирования и эксплуатации ремонтно-маточных стад радужной форели в УЗВ.

Впервые установлены особенности модификационных изменений экстерьера тела у производителей и их потомства, выращиваемых в хозяйствах с естественной термикой воды и в УЗВ. Установлен морфофизиологический, гемато-

логический и иммунологический статусы радужной форели в возрасте сеголетков, годовиков и двухлетков, выращиваемой в УЗВ.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1) При формировании и эксплуатации ремонтно-маточного стада в УЗВ температурный и гидрохимический режим, в целом, удовлетворял биологическим потребностям радужной форели. Однако, специфика температурного режима при формировании трех последовательных генераций ремонтно-маточных стад, выражаемая в большей сумме градусо-дней в предшествующий созреванию производителей период, по сравнению с естественными условиями, способствовала увеличению размерных характеристик впервые созревающих производителей;

2) У рыб трех генераций форели скорость роста в большей степени, соответствовала специфическим условиям УЗВ по сравнению с «маточным» водоемом (садковое хозяйство);

3) В ходе адаптации к условиям УЗВ у форели третьей генерации установлен измененный механизм созревания, отличный от рыб первой и второй генерации. Созревание половых продуктов у рыб проходило на фоне снижения температуры воды, что более характерно для осенне-нерестующих рыб.

4) Использование рецептур корма Aller Sturgeon REP EX для производителей, Aller Futura, Aller Bronze и Aller Trident для молоди и ремонта, а также посадочного материала позволило подтвердить их высокую эффективность. Величина кормового коэффициента при выращивании личинок, мальков и ремонта до начала созревания не превышала 1, при выращивании производителей – не превышала: 2,35 у рыб первой; 1,5 у рыб второй и 1,4 у рыб третьей генерации;

5) В УЗВ производители форели отличались высокими размерно-весовыми характеристиками и качественными половыми продуктами. Рабочая плодовитость составила 2107,1 – 3273,3 шт, относительная рабочая плодовитость 1121,1 – 1423,3 шт/кг, средний диаметр набухших икринок 4,28 – 4,40 мм, средний объем эякулята 9,17 – 11,5 мл, время подвижности сперматозоидов 45,6 – 49,3 с, процент оплодотворения икры 92 – 98 %.

6) Потомство производителей радужной форели, выращиваемых в УЗВ, отличалось высокой скоростью роста и жизнестойкостью. В возрасте 8 мес посадочный материал достиг массы близкой к 300 г, отличался однородностью по размерным показателям и жизнестойкостью, сопоставимой и превышающей нормативы для открытых рыбоводных систем (69,4 – 86,9 %).

8) Оценка доли влияния экологических факторов позволила установить величину экологического коэффициента роста молоди форели на уровне значений близких к 1 (0,872 – 0,962), что подтверждает возможность создания в УЗВ условий, обеспечивающих высокий уровень раскрытия ростовой потенции;

9) Условия выращивания форели в УЗВ приводят к модификационной изменчивости в последовательных поколениях потомства, достигающего возраста половозрелости. У производителей форели второй генерации, выращиваемой в УЗВ, отмечали увеличение индексов высоты тела, высоты головы, максимального обхвата тела, а также укорачивание хвостового стебля. У рыб третьей ге-

нерации отмечалось возвращение по ряду морфометрических признаков к производителям, выращиваемым в садковом хозяйстве;

10) Отмечены сходная картина в изменении индексов внутренних органов у радужной форели, выращиваемой в УЗВ и садковом хозяйстве, и определенные отличия в их величине. Более высокие значения индексов печени, кишечника, почек установлены для производителей, выращенных в УЗВ.

11) Кровь радужной форели, выращенной в УЗВ, имела высокий уровень гемоглобина: 88,67 – 123,00 г·л⁻¹ у самцов и 80,00 – 108,00 г·л⁻¹ у самок. При этом у них наблюдалась высокая концентрация эритроцитов 1,39 – 1,42 Т·л⁻¹ и 1,06 – 1,43 Т·л⁻¹ и лейкоцитов 18,35 – 31,40 Г·л⁻¹ и 12,75 – 44,41 Г·л⁻¹, как у самцов, так и у самок, что, по всей видимости, отражает специфические условия выращивания. Белая кровь радужной форели имела резко лимфоидный характер (идентифицированы 8 различных форм лейкоцитов). Высокое разнообразие различных клеток крови отражает специфику условий выращивания и находится в доверительных границах нормы для форели.

12) Значения концентраций лизоцима и γ -глобулинов в различных органах радужной форели, выращиваемой в УЗВ, подтверждают благоприятные условия выращивания. Отличительной особенностью распределения данных показателей в организме является большая концентрация и активность в коже и жабрах – первой линии иммунной защиты рыб.

Практические рекомендации

1 В процессе адаптации радужной форели, переводимой из открытых рыбоводных систем в УЗВ, на всех этапах выращивания вплоть до половозрелого возраста рекомендуется придерживаться разработанных биотехнических нормативов.

2 При формировании первой и второй генерации производителей радужной форели целесообразно проводить «искусственную зимовку» при температуре воды 5–6 °С. При формировании третьей генерации производителей радужной форели созревание производителей следует ожидать при снижении температуры воды с 12 до 10 °С.

3 При кормлении личинок, мальков, ремонта и производителей форели рекомендуется использовать корма с содержанием белка более 50 %, при выращивании посадочного материала – корма с содержанием белка 45 – 49 % с содержанием жира во всех рецептурах 12 – 15 %.

4 Посадочный материал форели в УЗВ в возрасте 8 мес, достигающий размера порционной форели, рекомендуется использовать при дальнейшем выращивании с целью получения более крупной товарной рыбы по комбинированной схеме: УЗВ – открытые рыбоводные системы.

Перспективы дальнейшей разработки темы исследований ориентированы на оценку качества производителей с повторными созреваниями и установлением биотехнических параметров их дальнейшей эксплуатации с целью получения качественного потомства, а также формированием групп производителей созревающих в равноотстоящие в течение года сроки и придания биотехническому процессу полициклического характера получения посадочного материала и выращивания товарной форели в УЗВ.

Список опубликованных работ по теме диссертации

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России

- 1 Оценка эффективности кормления радужной форели на этапах формирования ремонтно-маточного стада в установках замкнутого цикла водообеспечения / Е.И. Хрусталева, О.Е. Гончаренко, Т.М. Курапова, **К.А. Елфимова** // Воронеж: Научно-теоретический журнал "Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания", 2014. № 1. С. 43-47.
- 2 Технологии региональной аквакультуры / Е.И. Хрусталева, О.Е. Гончаренко, Т.М. Курапова, **К.А. Елфимова** // Воронеж: Научно-теоретический журнал "Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания", 2014. № 1. С. 54-60.
- 3 Хрусталёв Е.И., **Елфимова К.А.** Первый этап разработки технологии формирования маточного стада форели в установке замкнутого цикла водообеспечения (УЗВ). Рыбное хозяйство, 2014. № 1. С. 79 – 81.
- 4 **Молчанова К.А.**, Хрусталева Е.И. Особенности выращивания ремонтного поголовья радужной форели второй генерации в установке замкнутого водоснабжения. Калининград: Известия КГТУ, 2015. № 36. С. 23 – 30.
- 5 Особенности доместикации судака (*Sander lucioperca*) и радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) на этапах роста и созревания в условиях установок замкнутого водообеспечения / Д.С. Пьянов, **К.А. Молчанова**, А.Б. Дельмухаметов, Е.И. Хрусталева // Калининград: Известия КГТУ, 2016. № 43. С. 55 – 66.
- 6 **Молчанова К.А.**, Хрусталева Е.И., Курапова Т.М. Возможности раскрытия ростовой потенции у радужной форели в УЗВ и открытых рыбоводных системах // Воронеж: Научно-теоретический журнал "Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания", 2016, № 5(13). С. 43-47
- 7 **Молчанова К.А.**, Хрусталева Е.И. Определение морфометрических показателей радужной форели, выращиваемой в разнотипных рыбоводных хозяйствах // Известия КГТУ, 2017. № 44. С. 38-45.
- 8 **Молчанова К.А.**, Хрусталева Е.И. Сравнение морфометрических показателей у производителей радужной форели, выращиваемых в УЗВ // Рыбное хозяйство, 2017. № 3. С. 91 – 95.
- 9 **Молчанова К.А.**, Хрусталева Е.И., Курапова Т.М. Морфофизиологическая характеристика радужной форели, выращиваемой в УЗВ // Рыбное хозяйство, № 5, 2017. С. 89 – 92.
- 10 Гематологические показатели годовиков радужной форели при выращивании в УЗВ / **К.А. Молчанова**, Е.И. Хрусталева, Г.Г. Серпунин, Л.В. Савина // Рыбное хозяйство, 2018. № 3. С. 69 – 72.
- 11 Иммунологические показатели радужной форели, выращиваемой в УЗВ / **К.А. Молчанова**, Е.И. Хрусталева, Т.М. Курапова // Рыбное хозяйство, 2018. № 3. С. 73 – 79.

Статьи, опубликованные в других изданиях:

- 12 Хрусталёв Е.И., Суслов А.Э., **К.А. Елфимова**. Оценка эффективности выращивания ремонтно-маточного стада радужной форели в установке замкнутого цикла водообеспечения // Материалы Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство». Воронеж: ВГУИТ, 2013. С. 149 – 154.
- 13 **Молчанова К.А.**, Хрусталёв Е.И. Формирование ремонтно-маточного стада форели 2-й генерации в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ) // Труды XII ме-

ждународной научной конференции «Инновации в науке, образовании и бизнесе – 2014». Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. Ч. 2. С. 80 – 83.

14 **Молчанова К.А.**, Курапова Т.М. Оценка влияния трав на время подвижности сперматозоидов радужной форели, выращиваемой в УЗВ // III БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ. Международная научная конференция «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». Труды. Калининград, ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. С. 92 – 95.

15 **Молчанова К.А.**, Комова Е.М. Выращивание маточного стада форели второй генерации на втором этапе формирования в условиях установки замкнутого цикла водообеспечения // Материалы межвузовской научно-технической конференции курсантов и студентов «День науки». Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. С. 219 – 223.

16 **Молчанова К.А.**, Хрусталеv Е.И., Комова Е.М. Результаты выращивания посадочного материала радужной форели в открытых и закрытых рыбоводных системах / II Всероссийская молодежная конференция «Рыбохозяйственные исследования на внутренних водоемах». Санкт-Петербург: ФГБНУ «ГосНИОРХ», 2016. С. 260 – 266.

17 **Молчанова К.А.**, Хрусталеv Е.И. Определение морфометрических показателей радужной форели, выращиваемой в УЗВ и садковом хозяйстве // IV БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ. Международная научная конференция «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов». Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. С. 93 – 96.

18 **Молчанова К.А.**, Хрусталеv Е.И. Особенности роста и выживаемости второй генерации ремонтно-маточного стада радужной форели в УЗВ / Материалы всероссийской научной конференции «Аквакультура: мировой опыт и российские разработки». Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2017. С. 362-364.

Монография, учебники и учебное пособие:

19 Биологические и технологические основы пастбищной аквакультуры в Калининградской области / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, А.Э. Суслов, О.Е. Гончаренко, **К.А. Молчанова**, Л.В. Савина, А.Б. Дельмухаметов, Д.С. Пьянов. Калининград: Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. 398 с.

20 Корма и кормление в аквакультуре / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, О.Е. Гончаренко, **К.А. Молчанова**. СПб.: Лань, 2017. 388 с.

21 Товарное лососеводство. / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, Л.В. Савина, О.Е. Гончаренко, **К.А. Молчанова**. М.: МОРКНИГА, 2017. 487 с.

22 Современные проблемы и перспективы развития аквакультуры / Е.И. Хрусталеv, Т.М. Курапова, О.Е. Гончаренко, **К.А. Молчанова**. СПб.: Лань, 2017. 416 с.