

*На правах рукописи*



**Моисеева  
Елена Владимировна**

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВЕДЕНИЯ  
РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ *PARASALMO (= ONCORHYNCHUS) MYKISS*  
В УСЛОВИЯХ ПЛЕМЕННЫХ ЗАВОДОВ**

03.02.06 – Ихтиология

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата биологических наук

Москва 2015

Работа выполнена на кафедре водных биоресурсов и аквакультуры Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Кубанский государственный университет»

**Научный руководитель:** **Пашков Андрей Николаевич**  
кандидат биологических наук,  
заведующий кафедрой водных биоресурсов  
и аквакультуры ФГБОУ ВПО «Кубанский  
государственный университет»

**Официальные оппоненты:** **Панов Валерий Петрович**  
доктор биологических наук, профессор  
кафедры морфологии и ветеринарии ФГБОУ  
ВО «Российский государственный аграрный  
университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

**Павлов Ефим Дмитриевич**  
кандидат биологических наук, научный  
сотрудник ФГБУН «Институт проблем  
эволюции и экологии имени А.Н. Северцова»  
РАН


**Ведущая организация:** ФГБНУ «Государственный научно-иссле-  
дательский институт озёрного и речного рыбного  
хозяйства»

Защита диссертации состоится 11 декабря 2015 г. в 11<sup>00</sup> на заседании диссертационного совета Д 307.004.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО») по адресу: 107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, д. 17, факс: 8 (499) 264-91-87, электронный адрес: [sedova@vniro.ru](mailto:sedova@vniro.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБНУ «ВНИРО»: [http://www.vniro.ru/files/disser/2015/Disser\\_Moiseeva.pdf](http://www.vniro.ru/files/disser/2015/Disser_Moiseeva.pdf)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
канд. биол. наук

 Седова Марина Александровна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

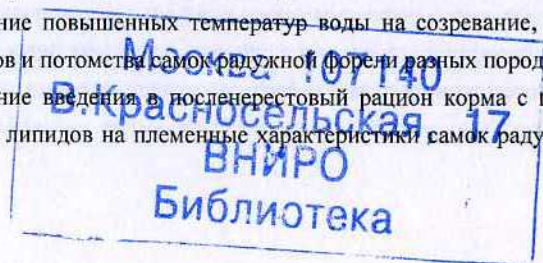
Актуальность проблемы. Разнообразие природно-климатических условий, а также значительный научно-технический потенциал России создают благоприятные предпосылки для расширения масштабов одной из основных отраслей современного рыбоводства – форелеводства. Важная роль в его развитии в нашей стране принадлежит племенным рыбоводным заводам. Они служат главным источником не только племенного, но и посадочного материала, и от их деятельности во многом зависит эффективность работы товарных форелевых хозяйств. Маточные стада, входящие в состав племенных рыбоводных заводов, представляют наиболее ценную часть генофонда разводимых рыб и одновременно являются основными ресурсами селекции [Никандров, 2000].

В этой связи именно на таких предприятиях научное обеспечение комплекса рыбоводных и селекционных работ приобретает ведущее значение. Для получения многочисленного потомства высокого качества здесь необходимо проводить не только частные рыбоводные мероприятия, но и осуществлять биологически обоснованный единый комплекс воспроизводства селекционных достижений. Прежде всего – это совершенствование технологии содержания племенного материала и изменение процесса оплодотворения икры с применением системы экспресс-тестов оценки производителей по качеству половых продуктов и потомства, а также его физиологического контроля.

Цель данного диссертационного исследования заключалась в разработке биологических основ повышения эффективности разведения радужной форели *Parasalmo (= Oncorhynchus) mykiss* в условиях племенных заводов (на примере ФГУП «Племенной форелеводческий завод «Адлер»).

Исходя из указанной цели, в работе были поставлены следующие задачи:

1. Изучить эффективность применения существующих методов оценки самок радужной форели по характеристикам икры.
2. Разработать новые методы ранней экспресс-оценки самок радужной форели, применимые в условиях племенных заводов.
3. Изучить влияние повышенных температур воды на созревание, качество половых продуктов и потомства самок радужной форели разных пород.
4. Изучить влияние введения в посленерестовый рацион корма с повышенным содержанием липидов на племенные характеристики самок радужной форели.



5. Провести сравнительную оценку эффективности различных сред, применяемых для повышения доли оплодотворенной икры и активации сперматозоидов радужной форели.

6. Изучить влияние кислорода на сохранение качества сперматозоидов при продолжительном хранении спермы.

Научная новизна. Впервые в условиях племенного завода исследованы различные методы оценки самок радужной форели по качеству икры и потомства. Предложен новый критерий ранней оценки качества самок – степень загрязнения икры содержимым лопнувших икринок, разработана методика определения этого показателя и даны рекомендации по его использованию. Впервые изучено влияние высоких температур воды на динамику нереста, качество икры и потомства самок радужной форели разных пород, находящихся на разных стадиях зрелости в период воздействия. Предложена новая схема кормления самок радужной форели, способствующая максимальной реализации их репродуктивного потенциала.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты исследования могут быть использованы для развития теоретических основ селекционно-племенной работы в форелеводстве. Полученные данные внедрены в производство на ФГУП «Племенной форелеводческий завод «Адлер»» (акт внедрения от 13.07.2013 г.). По итогам исследования сформировано новое направление селекционно-племенной работы – селекция самок радужной форели на повышение прочности оболочек икры. Материалы диссертации вошли в отчёты НИР по селекционно-племенному делу ФГУП «Племзавод «Адлер»» за 2007–2013 гг., а также используются в ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет» при преподавании студентам дисциплин ихтиологической и рыбохозяйственной направленности (акт внедрения от 11.08.2015 г.).

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Такие методы экспресс-оценки качества самок радужной форели по характеристикам икры, как «средняя масса овулировавших икринок и изменчивость их массы», «относительное увеличение массы икринок во время набухания», «характер распределения жировых капель на поверхности желтка овулировавших икринок» не могут быть рекомендованы как универсальные.

2. Величина рН полостной жидкости и степень помутнения смеси полостной жидкости с водой могут использоваться в ранней экспресс-оценке самок радужной форели.

3. Степень влияния повышенных температур воды (19–20 °С) в летне-осенний период на созревание самок радужной форели, качество их икры и потомства зависит от стадии зрелости гонад, на которой находились самки в период воздействия.

4. Введение в посленерестовый рацион самок радужной форели корма с повышенным содержанием липидов способствует лучшей реализации их биологического потенциала.

5. В условиях племенного завода наиболее эффективным является оплодотворяющий раствор D532.

6. Улучшить качество спермы радужной форели при хранении можно, применяя дополнительную оксигенацию.

Апробация работы. Основные результаты исследований были доложены на научно-практических конференциях: «Актуальные проблемы обеспечения продовольственной безопасности юга России: инновационные технологии для сохранения биоресурсов, плодородия почв, мелиорации и водообеспечения» (г. Ростов-на-Дону, 2011), «Современные проблемы теоретической и практической ихтиологии» (г. Одесса, 2011), «Pontus Euxinus – 2011» (г. Севастополь, 2011), «Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных регионов России и сопредельных территорий» (г. Краснодар, 2012), «Интенсивная аквакультура на современном этапе» (г. Махачкала, 2013), «Технологический форсайт» (г. Краснодар, 2014).

Публикации результатов исследований. По теме диссертационного исследования опубликовано 10 работ, из которых 3 – в периодических рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 – в прочих рецензируемых научных российских изданиях, 6 – в материалах и тезисах докладов научно-практических конференций разных уровней.

Объём и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов, практических рекомендаций, библиографического списка, списка иллюстрированного материала и четырёх приложений. Работа изложена на 201 странице печатного текста, содержит 41 таблицы и 22 рисунка. Список ли-

тературных источников включает 255 наименований, в том числе 96 – на иностранных языках.

**Благодарности.** Особую благодарность автор выражает ведущим селекционерам ФСГЦР Н.И. Шиндавиной и В.Я. Никандрову за помощь в выборе направления исследования, постановках экспериментов, сборе и обработке материала. Автор работы выражает искреннюю благодарность научному руководителю А.Н. Пашкову за неоценимую помощь в обработке результатов исследований и подготовке материалов работы. Отдельно благодарю коллег племзавода «Адлер»: В.А. Янковскую, Я.В. Кондратенко, Ю.А. Папазян, Ю.В. Татарникова и С.Н. Киселёва.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. Аналитический обзор

Рассмотрены систематическое положение и биологические особенности радужной форели, организация разведения и селекционно-племенной работы с ней в условиях племенных заводов; проведён анализ существующих методов оценки самок радужной форели по качеству икры и потомства; описаны влияние условий выращивания на репродуктивные характеристики производителей и качество их потомства, а также биологические способы повышения эффективности воспроизводства радужной форели.

### Глава 2. Особенности разведения и выращивания радужной форели на ФГУП «Племенной форелеводческий завод «Адлер»

В главе даны общая характеристика указанного предприятия, описаны его производственные мощности и технологический цикл, гидрологический режим в бассейнах. Приведены характеристики пород и отводок радужной форели, содержащихся на заводе, и информация по особенностям их созревания.

### Глава 3. Материал и методы исследований

Работа выполнена на базе племзавода «Адлер» в период с 2007 по 2015 гг. Материалом для исследований послужили разновозрастные производители, овулировавшая и оплодотворенная икра, а также развивающиеся эмбрионы радужной форели четырех пород: камлоопс, адлер, Дональдсона, стальноголовой лосось и одной отводки – августин.

Всего за период исследований проведена оценка по разным показателям 4981 экз. производителей, поставлено 3699 вариантов искусственных опло-

творений, исследовано по оплодотворяемости 401,4 тыс. шт. икринок, осуществлены индивидуальные измерения 14,6 тыс. икринок и 319,6 тыс. шт. эмбрионов на стадии пигментации глаз. Также в рамках проведенной работы проведена массовая оценка в производстве 9390 экз. производителей, 30 млн. шт. икры и 25 млн. шт. эмбрионов на стадии пигментации глаз.

Оценку самок радужной форели проводили по размерно-массовым, репродуктивным признакам, показателям качества икры (оплодотворяемость икры) и потомства (выживаемость и выход эмбрионов на стадии пигментации глаз).

Выживаемость эмбрионов определяли на стадии пигментации глаз как процентное отношение нормально развивающихся эмбрионов к количеству оплодотворенных икринок. Выход эмбрионов определяли на стадии пигментации глаз как процентное отношение нормально развивающихся эмбрионов к общему количеству икры, заложенному на инкубацию.

Оценку самцов осуществляли по показателям качества спермы: доле подвижных сперматозоидов и их активности.

Определение стадий зрелости гонад самок проводили визуально по шкале О.Ф. Сакун и Н.А. Буцкой [1968].

Для изучения возможности применения ранней оценки самок по качеству их половых продуктов в условиях племенного завода было проведено испытание ряда предложенных ранее методов: по средней массе овулировавших икринок и изменчивости их массы [Small, 1979], по относительному увеличению массы икринок во время набухания [Lahnsteiner, Patzner, 2002], по характеру распределения жировых капель на поверхности желтка овулировавших икринок [A lack of consistent ..., 2009] и по величине помутнения смеси икры с водой [Assessment of water turbidity ..., 2004].

При изучении эффективности оплодотворяющих растворов использовали следующие рецептуры (на 1 л воды): раствор №1 (раствор Хамора) – 6 г NaCl, 0,2 г CaCl<sub>2</sub>, 4,5 г CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> [Новоженин, Линник, Сычев, 1983], раствор №2 – 9,04 г NaCl, 0,24 г KCl, 0,26 г CaCl<sub>2</sub> [Микодина, Панченков, Яблоков, 1990], раствор №3 (D532) – 7,31 г NaCl, 2,42 г (НОСН<sub>2</sub>)<sub>3</sub>CNH<sub>2</sub>, 2,25 г NH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH, рН до 9,0 [Billard, 1992]. Также в этой серии экспериментов использовали воду, обеднённую по дейтерию и тритию (получена в центре водоподготовки КубГУ).

Статистическая обработка полученных результатов проведена с использованием стандартных методов [Лакин, 1990].

#### Глава 4. Совершенствование методов ранней оценки качества самок по характеристикам икры

##### 4.1 Оценка по средней массе овулировавших икринок и их изменчивости по массе

На большом фактическом материале (оценка 1202 самок разных пород и возрастов в нерестовые компании различных лет) была проанализирована корреляция между средней массой икринок и их оплодотворяемостью, выживаемостью и выходом эмбрионов на стадии пигментации глаз.

Лишь в 8 % случаев была обнаружена разнонаправленная взаимосвязь между средней массой икринок и их оплодотворяемостью и, также, в 8 % – положительная связь между средней массой икринок и выживаемостью эмбрионов. Выход эмбрионов в 9 % случаев коррелировал со средней массой икринок, но корреляции имели разнонаправленный характер. Указанные статистически достоверные зависимости между средней массой икринок и показателями качества икры и потомства проявились в отдельных опытах, в разные годы в разных породных и возрастных группах. Следовательно, использование данного признака как критерия ранней оценки качества самок нецелесообразно.

Изменчивость массы икринок, оценённая по величине коэффициента вариации, составляла в среднем 4,6 % при колебаниях от 3,7 до 5,8 %. С увеличением изменчивости икринок по массе в 63 % случаях достоверно снижалась выживаемость эмбрионов, что дает основание для использования данного показателя как дополнительного критерия оценки самок и раннего прогноза выживаемости эмбрионов. Однако его определение – трудоёмкий процесс, поэтому данный признак не может быть рекомендован для использования на племенных заводах, когда в воспроизводстве участвуют тысячи самок.

##### 4.2 Оценка по относительному увеличению массы икринок во время набухания

Исследования показали, что степень набухания икры (оценённая по увеличению её массы) существенно менялась, варьируя в зависимости от породной принадлежности, возраста самок и года наблюдений. Только в семи случаях из 33 проанализированных (21,2 %) была отмечена достоверная корреляция между

степенью набухания икры и качеством икры и потомства. При этом она носила разнонаправленный характер.

Наши результаты существенно отличались от полученных ранее австрийскими учёными [Lahnsteiner, Patzner, 2002], выявившими существование достоверной положительной связи между массой икринки и выходом эмбрионов. Этот факт может объясняться разными условиями содержания рыб или свойствами пород. Таким образом, метод оценки качества самок по относительному увеличению массы икринок не может рассматриваться как универсальный.

##### 4.3 Оценка по характеру распределения жировых капель на поверхности желтка овулировавших икринок

Суть метода заключается в визуальной оценке овулировавших икринок по характеру распределения жировых капель на поверхности желточной оболочки [A lack of consistent ..., 2009]. Эксперименты по оценке метода были поставлены нами на двухгодовалых самках пород августин и камлоопс. Оплодотворение икры производили в воде и в оплодотворяющем растворе D532.

Установлено, что по расположению жировых капель в икре самки образовали три группы: I – с равномерным распределением мелких капель, II – с сгущающимися и соединяющимися каплями, III – с крупными, объединяющимися на одном полюсе каплями (рис. 1). Но при этом отнесение икринок к той или иной группе вызывало определённые затруднения. В пробе икры, взятой от одной самки, отдельные икринки нередко можно было отнести к разным группам.



группа I

группа II

группа III

Рисунок 1 – Деление икры на группы по расположению жировых капель на поверхности желтка икринок (пояснения в тексте)

У форели августин при оплодотворении в воде показатели оплодотворения икры и выхода эмбрионов имели самые высокие значения в группе I, самые низкие – в группе III, а в группе II они имели промежуточные величины

(табл. 1), распределяясь в соответствии с характеристиками, данными авторами методики. Однако достоверность эти различий не подтверждена статистически.

**Таблица 1.** Показатели оплодотворяемости икры и выхода эмбрионов самок радужной форели в зависимости от распределения жировых капель на поверхности икринок, %

Порода, объём выборки	Условия оплодотворения	Оплодотворяемость икры			Выход эмбрионов		
		группы самок по распределению жировых капель					
		I	II	III	I	II	III
Августин, n = 18 экз.	вода	60±27,7	36±9,9	26±6,5	52±25,3	29±8,7	21±5,6
	оплодотворяющий раствор	80±17,7	89±3,6	83±5,4	63±23,1	75±6,1	63±10,2
Камлоопс, n = 18 экз.	вода	15±5,9	42±17,1	51±17,2	14±5,9	25±15,3	33±17,6
	оплодотворяющий раствор	94±1,3	84±5,8	93±4,0	85±4,8	56±14,8	65±13,0

При применении оплодотворяющего раствора разница в оплодотворяемости икры и выходе эмбрионов у августина практически нивелировалась (табл. 1).

У самок форели камлоопс лучшие показатели качества потомства были отмечены у рыб, распределение жировых капель на поверхности желтка которых соответствовало группам II и III, что противоречит результатам, полученным авторами методики. Указанная ситуация наблюдалась как в случае оплодотворения икры в воде, так и в оплодотворяющем растворе (табл. 1).

Таким образом, наши результаты не совпадали с результатами авторов метода. Использовать раннюю оценку качества самок по распределению жировых капель на поверхности желтка овулировавших икринок не рекомендуется.

#### 4.4 Тестирование самок на наличие в икре содержимого лопнувших икринок

Известно [Wilcox, 1984; Assessment of water turbidity ..., 2004], что отцеженная икра самок радужной форели может загрязняться белковым содержимым лопнувших икринок, что снижает её оплодотворяемость. Наличие загрязнения проявляется в определённой интенсивности помутнения смеси икры с водой, что позволяет оценить его величину.

Мы предположили, что степень загрязнения можно оценивать не только по степени помутнения смеси икра – вода, но и смеси полостная жидкость – во-

да. Для этого нами была разработана визуальная шкала оценки степени загрязнения икры белком лопнувших икринок (рис. 2).



0 баллов 1 балл 2 балла 3 балла 4 балла 5 баллов

0 баллов – смесь прозрачная; 1 балл – смесь белесая, опалесцирует, 2 балла – смесь побелевшая; 3 балла – смесь белая, но осадка не видно; 4 балла – в смеси имеется творожистая взвесь; 5 баллов – смесь расслаивается с выпадением густого осадка.

Рисунок 2 – Шкала степени помутнения смеси воды с полостной жидкостью или икрой

Сравнительный анализ двух способов тестирования (по полостной жидкости и по икре) показал, что первый оказался более точным индикатором степени загрязнения свеженной икры содержимым лопнувших икринок: коэффициент корреляции между процентом оплодотворения и степенью мутности смеси полостная жидкость – вода был статистически достоверным ( $r = -0,43$ ;  $p = 0,05$ ), а смеси икра – вода – нет ( $r = -0,20$ ;  $p = 0,44$ ). Этот факт обусловлен тем, что полостная жидкость омывает всю порцию икры во время её отцеживания, включая содержимое лопнувших икринок, в то время как в отдельных пробах икры, взятых на анализ, разрушенные яйцеклетки могут отсутствовать.

Кроме более высокой чувствительности, оценка загрязнения икры по смеси полостная жидкость – вода имеет и другие преимущества: она не связана с потерями икры, используемой на анализ, и даёт возможность применять в качестве критерия оценки инструментальный показатель – pH полостной жидкости (табл. 2).

Для всех исследованных пород и половозрелых групп самок радужной форели была выявлена достоверная отрицательная взаимосвязь между степенью мутности смеси полостная жидкость – вода и величиной её pH, из чего было сделано предположение о возможности использования обоих способов тестирования для индивидуальной оценки самок: визуального – по мутности полостной жидкости в смеси с водой и инструментального – по величине pH полостной жидкости.

Установлено, что наименьшая оплодотворяемость икры наблюдается при рН полостной жидкости в интервале 6,8–7,2, и мутности её смеси с водой 4–5 баллов. Наилучшими показателями характеризовались самки, полостная жидкость которых имела рН 8,0 и выше, а мутность её смеси с водой составляла 0 баллов (двухгодовики) и 0–1 балл (трёхгодовики) (табл. 3, 4).

**Таблица 2.** Оценка самок радужной форели разных пород по характеристикам полостной жидкости и оплодотворяемости икры

Порода, возраст	Объём выборки, экз.	Характеристика полостной жидкости		Оплодотворяемость икры, %	
		рН	мутность с водой, балл	в воде	в оплодотворяющем растворе
Камлоопс, 2 года	43	7,8±0,03	1,7±0,25	55±4,9	92±1,4
Камлоопс, 3 года	103	7,9±0,02	1,0±0,11	70±2,9	84±2,7
Адлер, 2 года	79	7,8±0,03	1,4±0,17	60±3,9	95±0,9
Адлер, 3 года	162	7,9±0,01	1,1±0,10	79±1,5	95±0,4
Стальноголовый лосось, 2 года	35	7,7±0,05	2,2±0,25	64±4,3	98±0,4
Стальноголовый лосось, 3 года	135	8,1±0,02	1,1±0,09	70±2,4	96±0,5
Все породы, 2 года	154	7,8±0,02	1,7±0,12	60±2,5	95±0,6
Все породы, 3 года	351	7,9±0,01	1,1±0,06	74±1,2	92±0,9

**Таблица 3.** Оплодотворяемость икры в воде в зависимости от рН полостной жидкости у разновозрастных групп радужной форели

рН	Оплодотворяемость икры по возрастным группам, %				рН	Оплодотворяемость икры по возрастным группам, %			
	п, экз.	2 года	п, экз.	3 года		п, экз.	2 года	п, экз.	3 года
6,8-7,2	4	9±12,5	2	25±4,5	7,9	26	66±4,9	65	73±3,1
7,3	4	23±12,5	3	58±17,6	8,0	28	80±4,7	74	82±2,0
7,4	8	29±8,8	2	24±3,9	8,1	17	87±6,1	37	81±2,4
7,5	12	40±7,2	4	69±11,0	8,2	4	73±12,4	12	77±3,4
7,6	13	36±6,9	18	51±4,3	8,3	0	–	5	83±7,4
7,7	18	51±5,9	38	65±3,9	8,4	0	–	2	94±4,7
7,8	20	66±5,6	45	68±4,1	среднее	155	60±2,5	307	74±1,4

Таким образом, результаты исследований показали, что полостную жидкость можно использовать для ранней экспресс-оценки самок по уровню загрязнения их икры содержимым лопнувших икринок с применением визуаль-

ного (мутность смеси полостная жидкость – вода) или инструментального (рН полостной жидкости) методов.

**Таблица 4.** Оплодотворяемость икры в воде в зависимости от мутности полостной жидкости у разновозрастных групп радужной форели

Мутность полостной жидкости, баллы	Оплодотворяемость, %			
	п, экз.	2 года	п, экз.	3 года
0	52	78±3,6	136	81±1,9
1	25	67±5,2	51	79±3,1
2	23	59±5,5	62	66±2,8
3	27	54±5,0	47	65±3,3
4	27	27±5,0	11	50±6,7
5	1	4±26,4	0	–

В последние годы на многих рыбоводных заводах отмечено увеличение числа самок радужной форели с ослабленной оболочкой икры. Причины этого явления пока не выяснены. Его негативные последствия можно устранить с помощью оплодотворяющих растворов (табл. 2). Однако, при отсутствии мер по устранению причин истончения оболочки, этот процесс может интенсифицироваться, что приведёт к резкому увеличению числа абортивных вылуплений и снижению выживаемости эмбрионов в разы. Для исключения из маточных стад самок, продуцирующих икру со слабой оболочкой, на племзаводе «Адлер» нами был введён новый селекционный критерий – степень загрязнения икры содержимым лопнувших икринок.

## Глава 5. Влияние условий выращивания радужной форели на племенные характеристики самок, качество их половых продуктов и потомства

### 5.1 Влияние повышенной температуры воды

В августе–сентябре 2010 г. из-за длительной засухи и нехватки воды на заводе были зарегистрированы критически высокие для содержания производителей радужной форели температуры воды. С начала августа до конца сентября среднесуточная температура воды в бассейнах держалась на уровне 19–20 °С, что было на 6–7 °С выше оптимальной.

Задача данного этапа работ заключалась в изучении воздействия высоких температур воды в летне-осенний период на репродуктивные функции и качество потомства самок разных пород радужной форели. Для сравнения результа-

тов нерестового сезона 2010–2011 гг. использовали данные благоприятного по температурному режиму сезона 2009–2010 гг.

Коллекция радужной форели на племзаводе «Адлер» сформирована таким образом, что производители разных пород и отводок созревают и нерестятся поочередно: августин (конец августа–октябрь), камлоопс (конец сентября–ноябрь), адлер (ноябрь–декабрь), Дональдсона (конец декабря–январь), стальноголовый лосось (январь–февраль). Таким образом, высокая температура воды в августе–сентябре воздействовала на производителей, гонады которых находились на разных этапах гаметогенеза. При этом разные породы радужной форели отреагировали на действие высоких температур по-разному.

IV–V и V стадии зрелости гонад (форель августин). Высокие температуры воды в августе–сентябре 2010 г. регистрировались в период, когда самки форели августин находились на завершающих этапах гаметогенеза – IV–V и V стадиях зрелости гонад.

Динамика их нереста на начальных этапах не отличалась от предыдущих лет с благоприятной температурой воды (рис. 3). После подъёма её значений выше 20 °C овуляция у рыб резко снизилась, но не прекратилась полностью. В это время в яичниках икра развивалась асинхронно – её небольшая часть была визуальна нормальной, часть – перезревшей. Снижение температуры воды до 18 °C восстановило нормальное созревание и нерест самок этой породы (рис. 3).

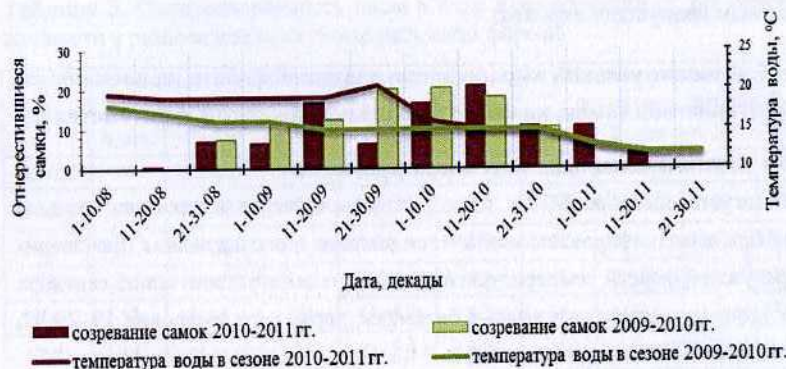


Рисунок 3 – Температурный режим в бассейнах и динамика нереста самок форели августин

Способность к овуляции икры у форели августин при высокой температуре воды можно объяснить тем, что этих рыб с 2000 г. воспроизводят преимущественно в период, когда температуры воды составляют 17–19 °C, что выше оптимальных для нереста радужной форели (12–14 °C).

Нарушение температурного режима на финальных стадиях созревания самок форели августин отразилось на нормальном развитии эмбрионов. Несмотря на высокую оплодотворяемость икры (табл. 5), выживаемость и выход эмбрионов в 2010–2011 гг. оказались ниже, чем в 2009–2010 гг.

Таблица 5. Результаты индивидуальной оценки по качеству икры и потомства трёхгодовалых самок радужной форели разных пород в нерестовые сезоны 2009–2010 и 2010–2011 гг., %

Порода, период нереста		оплодотворяемость икры		выживаемость эмбрионов		выход эмбрионов	
		2009–2010 гг.	2010–2011 гг.	2009–2010 гг.	2010–2011 гг.	2009–2010 гг.	2010–2011 гг.
Августин	начало нереста	82±4,8	93±3,3	90±1,5	53±5,8	75±4,5	51±6,0
	середина нереста	–	97±0,9	–	81±4,7	–	78±4,7
	в среднем	82±4,8	95±1,6	90±1,5	67±4,2	75±4,5	65±4,2
Камлоопс	начало нереста	94±2,5	85±2,9	83±8,2	61±3,6	78±8,1	48±4,0
	середина нереста	98±0,3	73±5,7	89±2,6	57±6,3	87±2,6	48±7,0
	в среднем	96±0,6	80±3,5	87±3,2	59±3,9	84±3,1	48±3,7
Адлер	начало нереста	97±0,8	92±1,5	95±1,2	83±4,4	92±1,5	76±4,4
	середина нереста	95±0,7	95±0,8	95±0,8	93±1,7	91±1,1	87±2,0
	в среднем	96±0,6	94±0,9	95±0,6	88±2,5	91±0,9	82±2,7
Дональдсона	в среднем	98±0,5	97±1,0	97±0,4	95±2,4	95±0,7	91±2,5
Стальноголовый лосось	в среднем	97±0,5	98±0,5	95±0,7	98±0,6	92±0,8	95±3,4

Примечание: началом нереста считали период, к которому созрело 10–30, серединой – 40–60 % самок

III–IV, IV стадии зрелости гонад (форель камлоопс). На самок форели камлоопс высокие температуры воды воздействовали в период, когда их гонады должны были переходить из III в IV, либо находиться в начале IV стадии зрелости.

Однако под действием повышенных температур воды их созревание замедлилось. Переход к последним стадиям созревания начался, когда температура воды снизилась до 15–16 °C. По этой причине овуляции икры в нормальные для породы сроки не происходило.



Появление рыб с созревшими половыми продуктами начали регистрировать только с наступлением благоприятных нерестовых температур (рис. 4). Среди особей, созревших в самом начале нереста, была обнаружена часть рыб с резорбированной икрой в ястыках, что свидетельствовало о значительном воздействии негативных условий, предшествующих созреванию.

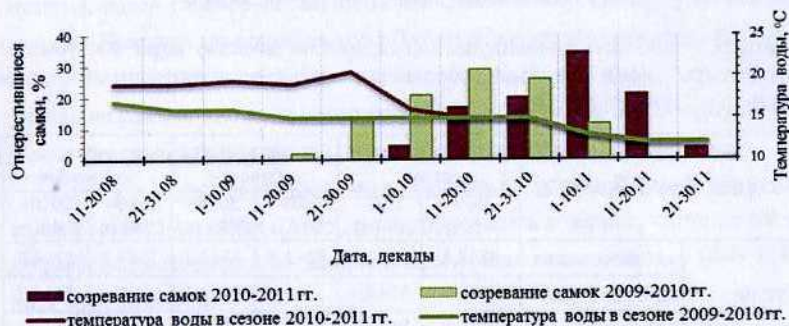


Рисунок 4 – Температурный режим в бассейнах и динамика нереста самок форели камлоопс

Результаты инкубации икры форели камлоопс показали, что в нерестовом сезоне 2010–2011 гг. эффективность её воспроизводства была крайне низкой. Самки этой породы отреагировали на высокие температуры воды в период, предшествующий овуляции, снижением качества икры и потомства: оплодотворяемости на 16 %, выживаемости эмбрионов на 28 %, выхода эмбрионов на 36 % (табл. 5).

III, III–IV зрелости гонад (форель адлер). При нормальной температуре воды у основной части самок этой породы в августе–сентябре гонады находятся на III стадии зрелости, а в октябре начинают переход к IV. Нерест происходит с конца октября по начало декабря. В сезоне 2010–2011 гг., несмотря на неблагоприятные температурные условия августа–сентября, самки форели адлер не изменили динамики нереста. Негативное влияние повышенных температур воды сказывалось в основном в начале нереста, когда было отмечено незначительное снижение показателей качества икры и потомства (табл. 5).

III стадия зрелости гонад (форель Дональдсона и стальноголового лосося). Самки форели Дональдсона и стальноголового лосося в августе–сентябре находились на III стадии зрелости гонад. Период неблагоприятных температур не затронул переходных стадий оогенеза. Поэтому относительно благополучного

сезона 2009–2010 гг. рыбы этих пород в нерестовый сезон 2010–2011 гг. не ухудшили своих характеристик ни по срокам нереста, ни по показателям качества икры и потомства (табл. 5).

Таким образом, причины отличий в оплодотворяемости икры, выживаемости и выходе эмбрионов у самок разных пород радужной форели в нерестовый период 2010–2011 гг. в сравнении с 2009–2010 гг. могут быть обусловлены особенностями их оогенеза. У рыб наиболее чувствительными к действию неблагоприятных факторов среды, в т.ч. температуры воды, являются завершающие этапы созревания [Сакун, Буцкая, 1968; Кошелев, 1984; Мурза, Христофоров, 1991].

В августе–сентябре 2010 г. гонады самок породы августин достигли IV–V и V стадий зрелости, что могло привести к нарушению процессов созревания и последующей высокой гибели эмбрионов (табл. 5).

У части самок форели камлоопс повышение температур воды в августе–сентябре привело к появлению отклонений в нормальном процессе созревания гонад за счёт пролонгации их нахождения на III стадии зрелости. Это могло привести к нарушениям в формировании оболочки ооцита, и, как следствие, — низкой оплодотворяемости икры. С наступлением нерестовых температур очень быстро проходили переходная III–IV и IV стадии, что могло повлиять на нормальное завершение созревания икры и привести к последующей низкой выживаемости эмбрионов (табл. 5).

Отсутствие негативных последствий воздействия высоких преднерестовых температур на качество потомства форели Дональдсона, стальноголового лосося и основной части маточного стада форели адлер, мы связываем с тем, что в период повышенных температур самки этих пород находились в середине III стадии развития гонад, менее чувствительной к воздействию неблагоприятных факторов. Высокие преднерестовые температуры негативно воздействовали только на часть самок форели адлер, созревших в начале нерестового периода. У них отмечено незначительное снижение показателей оплодотворяемости икры и выживаемости эмбрионов (табл. 5).

## 5.2 Влияние введения в посленерестовый рацион самок корма с повышенным содержанием липидов

Традиционно используемая на заводе схема кормления производителей радужной форели в межнерестовый период (служила контролем) следующая:

– месяцы № 1–9: кормление рыб кормом с содержанием липидов 13 % по нормативам, указанным его производителем;

– месяц № 10: кормление рыб тем же кормом, но со снижением величины суточного рациона в 2 раза;

– месяц № 11 и нерест: производителей не кормят.

Нами были внесены изменения в указанную схему кормления производителей в посленерестовый период (опыт). В эти сроки (месяцы № 1–5) рацион рыб включал корм с повышенным до 28 % содержанием липидов. Кормление проводили по нормативам, указанным производителем. С месяца № 6 рыб переводили на корм с содержанием липидов 13 % и далее кормили по традиционной схеме.

Оказалось, что изменение рациона в посленерестовый период в сторону увеличения жирности корма не повлияло на величины подавляющего большинства проанализированных показателей самок (табл. 6).

**Таблица 6.** Племенные характеристики самок радужной форели, содержащихся на разных режимах и рационах кормления и результаты их сравнения с помощью t-критерия Стьюдента

Показатель	Значение показателя		t-критерий	Уровень значимости
	контроль	опыт		
Масса тела самок, кг	4,0 ± 0,06	4,1 ± 0,06	1,13	0,24
Продолжительность нереста, дней	91	62	–	–
Рабочая плодовитость, тыс. шт.	5,5 ± 0,21	6,1 ± 0,20	1,83	0,07
Относительная плодовитость, тыс. шт./кг	1,68 ± 0,073	1,75 ± 0,059	0,64	0,46
Масса икринки, мг	112,9 ± 2,09	102,0 ± 1,85	3,92	0,01
Оплодотворяемость икры, %	91 ± 1,4	92 ± 2,3	0,37	0,71
Выживаемость эмбрионов, %	88 ± 4,9	82 ± 6,2	0,76	0,45
Выход эмбрионов, %	80 ± 4,8	77 ± 6,5	0,37	0,71
Примечание: различия статистически достоверны при уровне значимости ≤ 0,05				

Достоверные различия были найдены только по показателю «масса икринки», которая в опыте оказалась на 10 % ниже, чем в контроле. Однако снижение средней массы икринок в опыте не оказало негативного влияния на оплодотворяемость икры, выживаемость и выход эмбрионов (табл. 6).

Из очевидных положительных аспектов введения в посленерестовый рацион производителей корма с повышенным содержанием липидов следует от-

метить существенную консолидацию нереста самок, который в опыте был на месяц менее протяжённым, и увеличение рабочей плодовитости (на 10,9 %). Кроме того, за счёт разницы в стоимости кормов, экономический эффект от испытуемой диеты составил 10,5 %.

Таким образом, введение в посленерестовый рацион самок корма с повышенным содержанием липидов способствует лучшей реализации их биологического потенциала. Но, чтобы не допустить измельчения икры, в процессе формирования племенного ядра необходимо строго контролировать массу икринок, отбраковывая особей со слишком мелкой икрой.

## Глава 6. Повышение эффективности оплодотворения икры радужной форели

### 6.1 Сравнительная оценка эффективности различных сред для оплодотворения икры

#### 6.1.1 Оценка оплодотворяющих растворов

Негативное воздействие загрязнения икры содержимым лопнувших икринок устраняется с помощью оплодотворяющих растворов, которые можно использовать вместо воды при оплодотворении икры. Нами были испытаны три оплодотворяющих раствора разной рецептуры. Два из них были ранее апробированы в нашей стране и рекомендованы для отечественного форелеводства: раствор №1 (раствор Хамора) [Новоженин, Линник, Сычев, 1983] и раствор №2 [Микодина, Панченков, Яблоков, 1990]. Раствор №3 известен за рубежом под условным названием D532 [Billard, 1992]. Контролем в эксперименте служила традиционно используемая для оплодотворения вода, поступающая в цех.

Установлено, что у самок радужной форели всех пород доля оплодотворенной икры в воде была ниже, чем в оплодотворяющих растворах (табл. 7). Достоверность этих отличий подтверждена статистически.

Внутри отдельных пород оплодотворяющие растворы практически не отличались по своей эффективности. Ни одна сравниваемая пара растворов ни по одному показателю качества икры и потомства не продемонстрировала статистически достоверных отличий. Это свидетельствует о том, что оплодотворяющие растворы одинаково эффективно предотвращают коагуляцию белка лопнувших икринок в процессе оплодотворения икры.

У отдельных пород оплодотворяющие растворы по-разному повышали процент оплодотворения. Самый большой эффект от их применения наблюдался у форели Дональдсона и стальноголового лосося, у которых оплодотворяемость увеличилась в среднем на 33 и 31 % по сравнению с водой (табл. 7).

**Таблица 7.** Сравнительная оценка эффективности оплодотворяющих растворов по показателям качества икры и потомства, %

Среда оплодотворения	Порода радужной форели							
	камлоопс		адлер		Дональдсона		стальноголового лосося	
	$\bar{x} \pm m_x$	CV	$\bar{x} \pm m_x$	CV	$\bar{x} \pm m_x$	CV	$\bar{x} \pm m_x$	CV
оплодотворяемость икры								
Вода	71 ± 8,0	42,2	85 ± 4,0	16,9	64 ± 5,9	34,6	61 ± 6,1	37,7
Раствор № 1	92 ± 2,2	9,0	97 ± 0,6	2,1	96 ± 1,4	5,5	93 ± 1,6	6,4
Раствор № 2	94 ± 2,5	9,9	97 ± 0,8	2,8	98 ± 0,5	1,8	93 ± 1,4	5,4
Раствор № 3	93 ± 1,7	6,6	97 ± 0,8	2,9	97 ± 0,7	2,7	91 ± 1,4	5,8
выживаемость эмбрионов								
Вода	84 ± 8,0	35,8	95 ± 1,1	4,3	89 ± 2,7	11,3	86 ± 5,2	22,7
Раствор № 1	84 ± 8,2	36,8	94 ± 2,0	7,8	90 ± 2,4	10,0	88 ± 4,2	17,7
Раствор № 2	82 ± 8,2	37,3	94 ± 1,0	3,9	90 ± 3,1	12,8	89 ± 4,9	20,6
Раствор № 3	83 ± 8,2	37	95 ± 1,2	4,7	91 ± 2,8	11,6	88 ± 4,9	20,7
выход эмбрионов								
Вода	61 ± 8,8	54,1	81 ± 4,4	19,5	57 ± 5,6	37,2	55 ± 6,8	46,8
Раствор № 1	78 ± 8,0	38,5	91 ± 2,2	8,8	86 ± 2,5	10,8	83 ± 4,5	20,4
Раствор № 2	78 ± 8,1	38,8	91 ± 1,3	5,2	88 ± 3,1	13,0	84 ± 5,0	22,5
Раствор № 3	78 ± 7,8	37,6	92 ± 1,5	6,0	88 ± 2,7	11,4	80 ± 4,8	22,4

Во всех экспериментах при оплодотворении в воде наблюдали высокий коэффициент вариации оплодотворяемости икры: от 17 до 42 %. При использовании вместо воды оплодотворяющих растворов коэффициент вариации признака снижался в 4–12 раз, а у Дональдсона – даже в 19 раз (табл. 7).

Выживаемость эмбрионов из икры, оплодотворенной в разных средах, включая воду, достоверно не различалась. Это подтверждает тот факт, что содержимое лопнувших икринок влияет только на процесс оплодотворения и не затрагивает жизнеспособность эмбрионов.

Выход эмбрионов от икры, оплодотворенной в воде, во всех случаях был достоверно ниже, чем оплодотворенной в оплодотворяющих растворах (табл. 7). Это объясняется тем, что выход эмбрионов является интегрирующим

показателем, включающим в себя как оплодотворяемость, так и выживаемость эмбрионов.

Определить наиболее эффективный оплодотворяющий раствор в данном эксперименте оказалось невозможно, т.к. все растворы показали одинаково высокие результаты. Однако в последние годы на племзаводе «Адлер» стали отмечать ухудшение производственных показателей при работе с раствором Хамора (раствор №1). Анализ применяемой на предприятии биотехники показал, что в условиях племзавода готовый раствор Хамора хранится несколько дней. При хранении у него снижается величина pH до 5,5 единиц, что негативно влияет на подвижность сперматозоидов.

Раствор №3 (D532) имеет буферные свойства, поэтому при его хранении подкисления среды не происходит. Учитывая тот факт, что при больших объемах воспроизводства на заводах существует необходимость заготовки впрок необходимого количества оплодотворяющего раствора, это даёт нам основание рекомендовать для использования в производстве именно раствора D532, обладающего буферными свойствами. Растворы №1 и №2 не обладают этой способностью, поэтому могут использоваться только свежеприготовленными.

### 6.1.2 Оценка воды с модифицированным изотопным составом

Традиционно, до появления оплодотворяющих растворов, в качестве среды для оплодотворения икры радужной форели использовали воду. В последнее время появились данные о высокой биологической активности т.н. «лёгкой воды», обеднённой по дейтерию и тритию [Влияние воды ..., 2000, 2011 и др.].

Мы изучили возможность её применения в качестве среды для оплодотворения икры радужной форели. В эксперименте были использованы пять сред: вода из инкубационных аппаратов, раствор D532, дистиллированная вода – концентрация дейтерия 350 мг/л, «лёгкая вода» I (85 мг дейтерия/л), «лёгкая вода» II (175 мг дейтерия/л).

Лучшие результаты на всех этапах опыта показал раствор D532 (табл. 8). Таким образом, «лёгкая вода» не показала ожидаемой более высокой эффективности в сравнении с другими средами.

### 6.2 Сравнительная оценка различных сред для активации сперматозоидов

Повышение эффективности биотехники оплодотворения икры возможно не только за счёт снятия негативных эффектов воздействия на икру, но и путём улучшения характеристик спермы.

**Таблица 8.** Сравнительная оценка эффективности применения «лёгкой воды» и других сред для оплодотворения икры радужной форели, %

Среда для оплодотворения	рН	Показатель качества икры и потомства		
		оплодотворяемость икры	выживаемость эмбрионов	выход эмбрионов
Вода	7,7	87 ± 2,5	99 ± 0,4	87 ± 2,7
Раствор D532	9,0	95 ± 1,5	99 ± 0,4	93 ± 1,8
Дистиллированная вода	6,9	93 ± 2,0	99 ± 0,4	92 ± 2,2
«Лёгкая вода» I	7,1	88 ± 1,7	98 ± 0,6	87 ± 1,9
«Лёгкая вода» II	6,9	90 ± 1,8	99 ± 0,4	89 ± 2,0

Нами была проведена серия экспериментов по изучению возможностей применения оплодотворяющих растворов для активизации сперматозоидов радужной форели (табл. 9).

**Таблица 9.** Сравнительная оценка подвижности и активности сперматозоидов в разных средах, используемых для оплодотворения

Порода, возраст	Характеристики спермы	Значение показателя в разных средах			
		вода	раствор № 1	раствор № 2	раствор №3
Камлоопс, 2 года	активность, сек.	20±0,4	–	24±0,8	34±2,2
	доля подвижных спермиев, %	76±8,1	–	78±8,0	91±5,0
Дональдсона, 2 года	активность, сек.	17±1,3	18±1,4	18±1,5	27±1,2
	доля подвижных спермиев, %	18±6,3	22±6,4	21±6,3	30±6,5
Стальноголовый лосось, 3 года	активность, сек.	18±0,7	19±0,6	20±0,9	32±2,2
	доля подвижных спермиев, %	82±8,5	81±8,1	83±8,5	87±7,2

Установлено, что при одинаковых условиях активность сперматозоидов в оплодотворяющем растворе №3, была достоверно выше, чем при использовании других сред. Растворы №1 и №2 показали себя на одном уровне с водой. Кроме того, при использовании раствора №3 подвижные сперматозоиды появлялись даже в пробах спермы, неактивной в других средах.

Таким образом, мы наблюдали лучшие активирующие показатели буферного раствора D532 (раствор №3) по сравнению с остальными оплодотворяющими средами. Если при оплодотворении с использованием избытка спермы эти характеристики несущественны, то для промышленного разведения в условиях племзавода, где количество самцов ограничено, раствор D532 имеет явные преимущества.

### 6.3 Влияние кислорода на качество спермы в процессе её хранения

В процессе воспроизводства при хранении спермы в холодильнике (5–6 °С) было отмечено снижение её качественных характеристик в закрытой таре по сравнению с дополнительно оксигенированной спермой. Поэтому целью данного этапа работ было подобрать условия, обеспечивающие минимальные потери качества спермы в процессе хранения.

В результате проведённых экспериментов было доказано, что хранение спермы с дополнительной оксигенацией медицинским кислородом, по сравнению со стандартным способом хранения в закрытых ёмкостях, повышает активность сперматозоидов на 11–35 %.

### ВЫВОДЫ

1. Средняя масса икринок и их изменчивость по массе, относительное увеличение массы икринок во время набухания, а также характер распределения жировых капель на поверхности желтка овулировавших икринок не являются универсальными критериями ранней оценки самок радужной форели по качеству икры и потомства.

2. Критериями ранней экспресс-оценки качества самок являются величина рН полостной жидкости и степень мутности смеси полостная жидкость–вода.

3. Наилучшими показателями оплодотворяемости икры при активации половых продуктов водой характеризуются самки с величиной рН полостной жидкости 8,0 и выше и оценкой по мутности смеси полостная жидкость – вода 0 баллов (двухгодовики) или 0–1 балл (трёхгодовики).

4. Степень влияния повышения температуры воды до 19–20 °С на племенные характеристики самок зависит от стадии зрелости гонад, на которой находилась особь в период воздействия:

– IV–V, V (августин): нарушение нормального процесса овуляции; снижение выживаемости эмбрионов в среднем на 23 %, выхода эмбрионов – на 10 %;

– III–IV, IV (камлоопс): смещение сроков созревания; снижение оплодотворяемости в среднем на 16 %, выживаемости эмбрионов – на 28 %, выхода эмбрионов – на 36 %;

– III, III–IV (адлер): созревание в нормальные для породы сроки; у части самок, созревающих в начале периода нереста снижение оплодотворяемости в

среднем на 5 %, выживаемости эмбрионов – на 12 %, выхода эмбрионов – на 9 %; у самок основной части стада негативное влияние не отмечено;

– III (Дональдсона и стальноголовый лосось): негативное влияние не отмечено ни по срокам созревания, ни по качеству половых продуктов и потомства.

5. Введение в посленерестовый рацион самок корма с повышенным содержанием липидов не приводит к изменению большинства показателей продуктивности, качества икры и потомства в сравнении с самками, содержащимися на постоянном низкожирном рационе. При этом продолжительность нереста становится на месяц короче, а за счет разницы в стоимости кормов экономический эффект от испытываемой диеты составляет 10,5 %.

6. При применении оплодотворяющих растворов вместо воды оплодотворяемость икры радужной форели возрастает в зависимости от породы на 12–34 %, выход эмбрионов – на 10–31 %. Все свежеприготовленные оплодотворяющие растворы показывают примерно одинаковую эффективность. Наиболее оптимальным в условиях производства является применение оплодотворяющего раствора №3 (D532), обладающего буферными свойствами, что позволяет готовить его заранее в необходимых количествах.

7. Применение оплодотворяющих растворов вместо воды улучшает характеристики используемой для оплодотворения спермы. Лучшими показателями обладает раствор №3 (D532), в котором активность и доля подвижных сперматозоидов выше, чем при использовании растворов №1, №2 и воды, соответственно на 9–14 секунд и 4–18 %.

8. Хранение спермы с дополнительной оксигенацией медицинским кислородом по сравнению со стандартным способом хранения в закрытых ёмкостях повышает активность сперматозоидов на 11–35 %.

### ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При оплодотворении икры радужной форели в качестве активатора необходимо использовать не воду, а оплодотворяющие растворы. В производстве рекомендуется применять обладающий буферными свойствами оплодотворяющий раствор D532 следующего состава: 7,31 г NaCl, 2,42 г 2,42 г (НОСН<sub>2</sub>)<sub>3</sub>CNН<sub>2</sub>, 2,25 г NH<sub>2</sub>СН<sub>2</sub>СООН на 1 л дистиллированной воды с доведением рН до 9,0.

2. При использовании в качестве активатора половых продуктов воды, перед оплодотворением рекомендуется оценивать самок по качеству полостной жидкости, с разделением их на группы по результатам оценки, и дифференцированно оплодотворять следующим образом: икру от самок с оценкой полостной жидкости по «мутности» 0 баллов перед оплодотворением можно объединять в одну ёмкость по 3–5 самок и оплодотворять; икру от самок с оценкой полостной жидкости по «мутности» в 1–2 балла оплодотворять индивидуально; икру от самок с оценкой полостной жидкости по «мутности» в 3–5 баллов в воспроизводстве не использовать.

3. Самок радужной форели рекомендуется кормить по следующей схеме: первые пять месяцев после нереста – кормами с повышенным содержанием липидов (28 %), следующие четыре месяца – кормами с пониженным содержанием липидов (13 %), за два месяца до начала нереста норму кормления снизить вдвое, за один месяц до начала нереста и в течение нерестового периода кормление полностью прекратить.

4. При дефиците спермы, её плохом качестве (малая концентрация сперматозоидов, короткий период активности, низкий процент подвижных сперматозоидов), а также при хранении до следующих суток, перед её использованием рекомендуется повысить активность сперматозоидов путём их оксигенации медицинским кислородом.

### Список работ, опубликованных по теме диссертации

#### Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Шиндавина Н.И., Моисеева Е.В., Никандров В.Я., Янковская В.А. Апробация экспресс-методов оценки качества икры у радужной форели // Рыбное хозяйство. – 2011. – №1. – С. 62–64.

2. Шиндавина Н.И., Никандров В.Я., Моисеева Е.В., Янковская В.А. Оценка самок радужной форели по качеству икры: тестирование на наличие в икре содержимого лопнувших икринок // Рыбное хозяйство. – 2013. – №3. – С. 81–85.

3. Моисеева Е.В., Шиндавина Н.И., Пашков А.Н. Влияние высоких температур воды на репродуктивные характеристики самок радужной форели // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный

ресурс]. – 2014. – №10 (104). – IDA [article ID]: 1041410072. – Режим доступа: [ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/72.pdf](http://ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/72.pdf).

#### Публикации в других научных изданиях

4. Рулев Н.А., Янковская В.А., **Моисеева Е.В.**, Никандров В.Я., Шиндавина Н.И. Племзавод «Адлер» // Рыбоводство. – 2011. – №2. – С. 20–24.

5. Янковская В.А. Никандров В.Я., Шиндавина Н.И., **Моисеева Е.В.** Научно-практические аспекты племенной работы в форелеводстве юга России // Актуальные проблемы обеспечения продовольственной безопасности юга России: инновационные технологии для сохранения биоресурсов, плодородия почв, мелиорации и водообеспечения: матер. Междунар. науч. конф. – Ростов-н/Д.: ЮНЦ РАН, 2011. – С. 139–141.

6. **Моисеева Е.В.** Связь между активной реакцией среды овариальной жидкости и качеством икры радужной форели // Pontus Euxinus–2011: тез. VII Междунар. науч.-практич. конф. молодых учёных по проблемам водных экосистем, посвящённой 140-летию Института биологии южных морей НАНУ. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – С. 176–178.

7. **Моисеева Е.В.** Шиндавина Н.И. Сравнительная оценка эффективности применения оплодотворяющих растворов для осеменения икры радужной форели // Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології: тези IV Міжнар. іхтіологічн. наук.-практич. конф. – Одеса: Фенікс, 2011. – С. 170–172.

8. **Моисеева Е.В.** Шиндавина Н.И., Пашков А.Н. Предварительные результаты использования воды с модифицированным изотопным составом в качестве среды для оплодотворения икры радужной форели // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных регионов России и сопредельных территорий: матер. XXV Межреспуб. науч.-практич. конф. с междунар. участием. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2012. – С. 44–46.

9. **Моисеева Е.В.** Влияние переменного режима кормления на племенные качества повторнонерестящихся самок радужной форели // Интенсивная аквакультура на современном этапе: матер. науч.-практич. конф. с междунар. участием. – Махачкала: Эко-пресс, 2013. – С. 147–151.

10. **Моисеева Е.В.** Совершенствование процесса осеменения икры при воспроизводстве радужной форели // Технологический форсайт: матер. Всерос. науч.-практич. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т; «Вика-Принт», 2014. – С. 184–187.