

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

МОИСЕЕВА ЕЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА

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

03.02.06 – ихтиология

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
Пашков Андрей Николаевич,
кандидат биологических наук

Краснодар 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1 Аналитический обзор.....	12
1.1 Систематическое положение и особенности биологии радужной форели.....	12
1.2 Роль племенных заводов в организации селекционно-племенной работы в форелеводстве.....	20
1.3 Критерии ранней оценки качества производителей радужной форели по характеристикам половых продуктов	24
1.4 Влияние условий выращивания на репродуктивные характеристики производителей, качество половых продуктов и потомства	33
1.5 Обзор способов повышения эффективности разведения радужной форели.....	37
2 Особенности разведения и выращивания радужной форели на ФГУП «Племенной форелеводческий завод «Адлер»	42
2.1 Общая характеристика предприятия и условия содержания ремонтно-маточных стад.....	42
2.2 Состав маточных стад и их характеристика.....	50
2.3 Формирование маточных стад.....	56
3 Материал и методы исследований.....	59
3.1 Материал исследования.....	59
3.2 Методы исследований.....	62
4 Совершенствование методов ранней оценки качества самок по характеристикам икры.....	76
4.1 Оценка по средней массе овулировавших икринок и их изменчивости по массе.....	76
4.2 Оценка по относительному увеличению массы икринок во время набухания	90

4.3 Оценка по характеру распределения жировых капель на поверхности желтка овулировавших икринок	95
4.4 Тестирование самок на наличие в икре содержимого лопнувших икринок	100
5 Влияние условий выращивания радужной форели на племенные характеристики самок, качество их половых продуктов и потомства.....	113
5.1 Влияние повышенной температуры воды	113
5.2 Влияние введения в посленерестовый рацион самок корма с повышенным содержанием липидов.....	131
6 Повышение эффективности оплодотворения икры радужной форели.....	138
6.1 Сравнительная оценка эффективности различных сред для оплодотворения икры.....	138
6.1.1 Оценка оплодотворяющих растворов.....	138
6.1.2 Оценка воды с модифицированным изотопным составом	144
6.2 Сравнительная оценка различных сред для активации сперматозоидов.....	143
6.3 Влияние кислорода на качество спермы в процессе её хранения.....	150
Выводы	154
Практические рекомендации.....	156
Библиографический список	157
Список иллюстрированного материала	185
Приложения.....	190
Приложение А Результаты однофакторных дисперсионных анализов по оценке влияния возраста самок радужной форели и года исследования на среднюю массу икринки, коэффициент её вариации и качество икры и потомства (с учётом породной принадлежности)	191
Приложение Б Результаты корреляционных анализов связи между изменениями средней массы икринок, коэффициентов вариации массы	

икринок и показателей качества потомства у разновозрастных самок нескольких пород радужной форели в отдельные годы наблюдения.....	195
Приложение В Результаты корреляционных анализов масса- репродуктивных показателей радужной форели, содержащейся на разных рационах кормления.....	199
Приложение Г Акты внедрения	200

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы.

В середине 1970-х гг. в мировой аквакультуре наметилась тенденция расширения масштабов культивирования лососевых рыб и, в частности, радужной форели *Parasalmo* (= *Oncorhynchus*) *mykiss* (Walbaum, 1792). Возросший интерес к разведению этих рыб не случаен. Их выращивание экономически выгодно, т.к. мясо и икра относятся к деликатесной рыбной продукции. Цены на свежую и, особенно, на переработанную продукцию высоки, а спрос на рынке отличается стабильностью и устойчивостью. Мировое производство радужной форели в настоящее время находится на уровне 0,7 млн. т, что составляет порядка 22 % от общего объёма выращивания всех лососевых рыб [Состояние мирового рыболовства ..., 2012, 2014].

Форелеводство в Российской Федерации может стать одной из ведущих форм аквакультуры в связи с рядом благоприятных предпосылок. На территории нашей страны устойчивый подземный сток колеблется в пределах 0,8–1,0 тыс. км³, причём в промышленности и сельском хозяйстве используется только 7 % общих запасов подземных вод [Стратегия развития аквакультуры ..., 2007; Об утверждении стратегии ..., 2008; Богерук, 2008]. Грамотное использование этих ресурсов может существенно увеличить производство радужной форели.

К границам Российской Федерации примыкают акватории морей трёх океанов, в которых возможно развитие морского лососеводства. В различных регионах страны имеется сеть тепловых и атомных станций, сбросные воды которых по своему температурному режиму в осенне-зимние месяцы соответствуют требованиям, необходимым для разведения радужной форели, независимо от климатических условий данного региона [Кудерский, 1996].

В форелеводстве можно использовать следующие типы хозяйств:

– холодноводные, снабжаемые водой из поверхностных вод с температурным режимом, имеющим выраженную суточную и сезонную динамику;

- холодноводные (ключевые и артезианские), температура воды в которых отличается относительным постоянством;
- тепловодные, использующие тёплые сбросные воды энергетических объектов;
- базирующиеся на использовании установок с замкнутым водоснабжением, работающих как в закрытых помещениях, так и на открытых площадках;
- марикультурные хозяйства, использующие акватории морей и океанов для садкового выращивания рыб.

Таким образом, разнообразие природно-климатических условий, а также значительный научно-технический потенциал позволяют развивать форелеводство России в тех направлениях, которые наиболее распространены и в мировом рыбоводстве: холодноводное, тепловодное и марикультура [Бабий, 1998; Племзавод «Адлер», 2011].

Важная роль в развитии форелеводства нашей страны принадлежит племенным рыбоводным заводам. Такие заводы служат главным источником не только племенного, но и посадочного материала, и от их деятельности во многом зависит эффективность работы товарных рыбных хозяйств [Никандров, 2000; Никандров, Шиндавина, 2006].

Маточные стада, входящие в состав племенных рыбоводных заводов, представляют собой наиболее ценную часть генофонда разводимых рыб и одновременно являются основными ресурсами селекции. В этой связи именно на племенных рыбоводных заводах научное обеспечение комплекса рыбоводных и селекционных работ приобретает ведущее значение.

Реализация программ разведения и селекции связана с необходимостью решения ряда научных и технических задач, включающих обоснование основных направлений селекции и методов формирования маточных стад. При этом ведущей задачей разведения и селекции является поддержание признаков, определяющих однородность, отличимость и стабильность селекционного достижения; а цель воспроизводства состоит в перспективном планировании селекционно-племенной работы с большим массивом племенного поголовья с

целью получения высококачественного посадочного материала, удовлетворяющего потребностям товарных хозяйств [Шиндавина, 1995; Никандров, Шиндавина, 2005; 2006].

Потребность в увеличении объёмов производства рыбы привела к интенсификации рыбоводства в целом, и форелеводства в частности. Выращивание при высоких плотностях посадки [Брайнбалле, 2010], изменение состава кормов за счёт замены белков животного происхождения на более дешёвые растительные [Щербина, Гамыгин, 2006] и прочие факторы негативно отразились на качестве половых продуктов и получаемого из них посадочного материала [Сравнительная оценка производителей ..., 2011 а, б].

В связи с тем, что племенные рыбоводные заводы служат главным источником посадочного материала, уровень решения проблем воспроизводства на них приобретает решающее значение для успешной работы товарных хозяйств [Никандров, 1995, 2002].

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 оплодотворённой 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 в производственную деятельность 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 в образовательную деятельность 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.

Результаты исследований были доложены на Международной научной конференции «Актуальные проблемы обеспечения продовольственной безопасности юга России: инновационные технологии для сохранения биоресурсов, плодородия почв, мелиорации и водообеспечения» (Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, 27–30 сентября 2011 г.);

IV Международной научно-практической конференции «Современные проблемы теоретической и практической ихтиологии» (Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова, г. Одесса, 7–11 сентября 2011 г.), VII Международной научно-практической конференции молодых учёных по проблемам водных экосистем «Pontus Euxinus – 2011» (Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского, г. Севастополь, 24–27 мая 2011 г.), XXV межреспубликанской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных регионов России и сопредельных территорий» (Кубанский государственный университет, г. Краснодар, 12 октября 2012 г.), научно-практической конференции с международным участием «Интенсивная аквакультура на современном этапе» (Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, 1–4 октября 2013 г.), Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Технологический форсайт» (Кубанский государственный университет, г. Краснодар, 1–3 октября 2014 г.).

Публикации результатов исследований.

По теме диссертационного исследования опубликовано 10 работ, из которых 3 – в периодических рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов работ, 1 – в прочих рецензируемых научных российских изданиях, 6 – в материалах и тезисах докладов международных, всероссийских и межреспубликанских конференций.

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 таблицу и 22 рисунка. Список литературных источников включает 255 наименований, в том числе 96 – на иностранных языках.

Благодарности.

Особую благодарность автор выражает ведущим селекционерам Федерального селекционно-генетического центра рыбоводства к.б.н. Шиндавиной

Нине Ивановне и к.б.н. Никандрову Владимиру Яковлевичу за помощь в выборе направления исследования, постановках экспериментов, сборе и обработке огромного материала, интерпретации полученных результатов, а также предоставлении публикаций зарубежных и отечественных исследователей.

Автор работы выражает искреннюю благодарность научному руководителю к.б.н., заведующему кафедрой водных биоресурсов и аквакультуры Кубанского государственного университета Пашкову Андрею Николаевичу за неоценимую помощь в обработке результатов исследований и подготовке материалов диссертационной работы.

Отдельно благодарю коллег ФГУП «Племзавод «Адлер»»: главного рыбовода-селекционера, к.с.х.н. Янковскую В. А., ихтиопатологов Кондратенко Я. В. и Папазян Ю. А., рыбоводов Татарникова Ю. В. и Киселёва С. Н.

1 Аналитический обзор

1.1 Систематическое положение и особенности биологии радужной форели

Радужная форель (микижа) – сложный полиморфный вид, имеющий высокую адаптивную пластичность и большое фенетическое разнообразие [Scott, Crossman. 1979; Анализ микросателлитной ДНК ..., 2010].

В этой связи таксономический статус радужной форели и её отдельных форм был предметом научных споров фактически с момента её первоописания. Только для североамериканских популяций радужной форели было предложено свыше 20 видовых названий, использовавшихся для идентификации отдельных форм. Наиболее известными из них являются *Salmo kamloops*, *S. irideus*, *S. gilberti*, *S. gairdneri*, *S. penshinensis*, *S. mykiss* [Miller, 1950; Gall, Gross, 1978].

Чаще всего различные формы радужной форели, обитающей в североамериканских водоёмах, относили к двум биологическим видам – ведущему проходной образ жизни *Salmo gairdneri* Richardson (описан в 1836 г. из р. Колумбия) и постоянно обитающему в реках (жилому) *Salmo irideus* Gibbons (описан в 1855 г. из ручья Леандо в штате Калифорния). Азиатские популяции относили к виду *Salmo mykiss* Walbaum (описан в 1792 г. из рек Западного побережья Камчатки).

В начале 1970-х гг. В.Д. Владыковым [Vladykov, Gruchy, 1972] было обосновано повышение ранга таксона тихоокеанские (дальневосточные) форели (*Parasalmo*) с подродового до родового. Основные признаки рода *Parasalmo* следующие: наличие мелких чёрных пятен на хвостовом плавнике; отсутствие выемки на межчелюстной кости, восходящий отросток которой направлен вверх; рукоятка сошника имеет боковые выступы; язычная кость не сужается в каудальном направлении; парасфеноид имеет длинную орбитальную часть. В

отличие от обитающих симпатрично в бассейне Тихого океана тихоокеанских лососей (*Oncorhynchus*), рыбы рода тихоокеанские (дальневосточные) форели (*Parasalmo*) полициклически и нерестятся несколько раз в жизни [Дорофеева, 2003].

Соответственно, после выделения самостоятельного рода *Parasalmo*, в систему семейства лососевые (*Salmonidae*) были внесены изменения и перечисленные выше виды были исключены из рода *Salmo* и вошли в род *Parasalmo*.

Впоследствии было аргументировано, что *Salmo mykiss*, *Salmo gairdneri*, *Salmo irideus* и некоторые другие близкородственные им формы являются единым биологическим видом. По правилу приоритета, закреплённому в Международном кодексе зоологической номенклатуры [2004], ему было присвоено единое видовое название *Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792).

При этом внутри указанного вида было выделено шесть подвидов [Behnke, 1992], из которых наиболее широкое распространение имеют североамериканский *Parasalmo mykiss irideus* (включает жилую (радужная форель) и проходную (стальноголовый лосось) формы) и азиатский *Parasalmo mykiss mykiss* (включает жилую (микижа) и проходную (камчатская сёмга) формы [Аннотированный каталог ..., 1998].

В 1980-х гг. на основе результатов анализа митохондриальной ДНК [Berg, Farris, 1984; Gyllesten, Wilson, 1987 и ряда остеологических признаков [Smith, Stearley, 1989] американскими специалистами была показана филогенетическая близость радужной форели и тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus*.

Полученные данные были представлены в июне 1988 г. на конференции Американского общества ихтиологов и герпетологов, после чего Американский Комитет по наименованиям рыб принял решение об отнесении всех тихоокеанских форелей и лососей к роду *Oncorhynchus*, противопоставив эту филогенетическую ветвь атлантическим форелям и лососям рода *Salmo* [Kendall, 1988; Gall, Crandell, 1992].

Близкая степень родства родов *Parasalmo* и *Oncorhynchus* подтверждена и работами ряда отечественных специалистов [Медников, 2001; Осин, 2004; Соколов, 2005].

Так, по представлениям Б.М. Медникова [2001], основанным на данных генетического анализа, роды *Parasalmo* и *Oncorhynchus* имеют общего предка, который выделился в роде *Salmo* после обособления видов *S. trutta* и *S. salar* (или их предковых форм).

Паразитологическое исследование, проведённое С.Г. Соколовым [2005], показало, что у представителей рода *Parasalmo* нет ни одного вида паразитов, свойственных только этому роду. В тоже время у родов *Parasalmo* и *Oncorhynchus* виды паразитов, свойственные только этим двум родам, есть. Этот результат позволил автору предположить филогенетическую близость указанных родов.

Однако большинство отечественных ихтиологов не поддерживает объединение родов *Parasalmo* и *Oncorhynchus*. Тихоокеанские благородные лососи и форели, по их представлениям, должны выделяться в самостоятельный род *Parasalmo* [Дорофеева, Горшков, Романов, 1992; Дорофеева, 1994; Глубоковский, 1995; Проблемы родового статуса ..., 1999 и др.].

Как указывают Н.Г. Богуцкая и А.М. Насека [2004], близость родов *Parasalmo* и *Salmo*, обоснованность выделения тихоокеанских благородных лососей в отдельный род и его связи с родом *Oncorhynchus* являются предметом большого числа научных исследований, использующих различные методы. При этом проблема разногласий заключается преимущественно «в различных методологических установках авторов и различной оценке «важности» отдельных признаков для классификации» (цит. по: Н.Г. Богуцкая и А.М. Насека [2004] с. 154).

Учитывая систематические разногласия между специалистами разных школ в отношении родовой принадлежности радужной форели, в последнее время в отечественной литературе её видовое название обычно обозначается как *Parasalmo* (= *Oncorhynchus*) *mykiss* (Walbaum, 1792) [Анализ микросателлитной

ДНК ..., 2010; Макеева, Павлов, Павлов, 2011; Мельникова, Павлов, Шитова, 2014 и др.].

Радужная форель – широко распространённый вид. Её нативный ареал имеет амфипацифический характер.

В Северной Америке она обитает в реках, озёрах и прибрежной части Тихоокеанского побережья США (штаты Аляска, Вашингтон, Орегон, Айдахо, Калифорния), а также в провинции британская Колумбия на территории Канады. Северной границей распространения в этой части ареала является бассейн р. Кускоквим (64° с.ш.), южной – северная часть полуострова Калифорния. Отдельные проходные особи могут встречаться в Тихом океане вплоть до мексиканского побережья (46° с.ш.) [Needham, Gard, 1959; MacCrimmon, 1971].

В азиатских водах встречается в основном у берегов Камчатки и в её реках. Единично заходит в реки материкового побережья Охотского моря и в лиман Амура. На о-ве Большой Шантар обитает реликтовая популяция жилой формы [Тихоокеанские благородные лососи ..., 2001; Макеева, Павлов, Павлов, 2011].

В США радужная форель – давний и традиционный объект аквакультуры. Её разведение началось в 1870-х гг. из «икры на глазке», взятой из реки Мак-Клоуд в Калифорнии и перевезённой на восточное побережье США в штат Каледонию [Needham, Behnke, 1968]. К настоящему времени в стране сформировано более 80 различных пород радужной форели, из которых только domesticiрованные составляют 66 наименований [Kincaid, 1981].

В Европу радужная форель впервые попала в 1879 г., когда во Францию на промышленную выставку была завезена её оплодотворённая икра. С конца XIX в. икру радужной форели с территории США начали активно завозить в различные страны мира [Промысловые рыбы ..., 1949; MacCrimmon, 1971; Мартышев, 1973; Laird, Needham, 1988]. В результате широкомасштабных работ по расселению она была завезена на все континенты (кроме Антарктиды) и стала в аквакультуре одним из наиболее популярных объектов полноциклического культивирования. В настоящее время радужная форель является объектом аквакультуры более чем в 86 странах мира [Новоженин, 2001; Зданович, Пушкарь, Келехсаев, 2009].

В Россию радужную форель завезли в 1890 г. из Германии. Но во время Великой Отечественной войны рыб сохранить не удалось, поэтому в 1948 г. был произведён повторный завоз икры этого вида. Страной-донором также послужила Германия [Боровик, 1969].

Формула плавников радужной форели: D III–IV 9–12; A III–IV 8–10; P I 11–14; V I 8–10. В боковой линии 110–144 чешуи, жаберных лучей 9–12, жаберных тычинок 16–22, пилорических придатков 20–70, позвонков 60–65, базибранхиальных зубов нет или они встречаются редко [Камчатские благородные лососи ..., 1973; Тихоокеанские благородные лососи ..., 2001].

Радужная форель имеет широкий диапазон экологической валентности [Molony, 2001], что, видимо, и является основной причиной её широкого распространения [Кузищин, 2010]. Как указывают В.В. Зданович, В.Я. Пушкарь и М.З. Келехсаев [2009], среди лососевых рыб радужная форель – наиболее эвритермный представитель, имеющий максимальное широтное распределение.

Радужная форель как биологический вид представлена формами с разными жизненными стратегиями – типично проходной, эстуарной, речной и некоторыми промежуточными вариантами (проходная со стадией полуфунтовика и речная эстуарная [Павлов, Савваитова, Кузищин, 1999; Разнообразие жизненных стратегий ..., 2008]. При этом распространение этих форм и их соотношение по численности отличаются в разных частях ареала вида и даже могут меняться в разные годы в одном и том же водоёме [Павлов, Савваитова, Кузищин, 1999].

Показано, что основными факторами, определяющими соотношение форм с проходной и резидентной жизненными стратегиями, являются условия нереста (площадь и расположение нерестилищ), наличие в водотоке зимовальных ям, продуктивность реки, наличие достаточных площадей для нагула как молоди, так и взрослых рыб [Разнообразие жизненных стратегий ..., 2008].

Поэтому проходная жизненная стратегия преобладает в простых, небольших речных системах, в которых невозможна реализация полного жизненного цикла крупных особей, а кормовая база обеспечивает только питание молоди и мелких карликовых самцов. Резидентная стратегия характерна для

сложных, более крупных речных систем, где достаточно кормовых ресурсов, чтобы обеспечить половое созревание рыб в пресной воде [Мальцев, 2007].

Проходная форма радужной форели азиатской части ареала (камчатская сёмга) заходит в реки на нерест преимущественно с конца августа по ноябрь. Возраст первого захода рыб – 4–5 лет. Средние размеры производителей: длина – 60–80 см, масса – 2,4–7,7 кг. После зимовки в реках на ямах, ранней весной они направляются к местам нереста. Размножение происходит с конца мая до середины июня при температуре воды 1–5 °С. Икра откладывается в «гнезда» на глубинах 0,5–2,5 м, обычно в местах перехода от плёсов к перекатам. Плодовитость – от 3,3 до 12,8 тыс. икринок.

Инкубационный период длится 3–5 недель. После выклева молодь обычно ещё 2–3 года живёт в реке. Спектр её питания включает зообентос (в основном личинок насекомых), падающих в воду воздушных насекомых, мальков рыб. Скат смолтов в море происходит в начале лета. Некоторые рыбы могут после нагула в море возвращаться в реки на зимовку [Камчатские благородные лососи ..., 1973; Черешнев, Шестаков, Скопец, 2001; Дорофеева, 2003 и др.].

Пресноводная форма радужной форели азиатской части ареала (микижа) постоянно обитает в реках и некоторых озёрах, преимущественно на Камчатке. Предельные размеры – длина 60 см и масса 3 кг. Средние размеры половозрелых рыб варьируют от 20 до 40 см при массе от 150 до 1900 г. Основная часть рыб становится половозрелой в пятилетнем возрасте. Нерест в реках, обычно с мая по июнь, на перекатах с быстрым течением и песчано-галечным грунтом, в предварительно построенные «гнезда». Плодовитость 610–2600 икринок. Личинки и мальки кормятся зообентосом и воздушными насекомыми. С длины 75–80 мм в спектре их питания появляется рыба. Взрослые особи – типичные животоядные рыбы со склонностью к хищничеству [Камчатские благородные лососи ..., 1973; Черешнев, 1996; Дорофеева, 2003 и др.].

Биологические особенности популяций радужной форели американской части ареала описаны преимущественно ихтиологами США и Канады.

Отечественные специалисты приводят данные, полученные в основном на основе анализа результатов выращивания этого вида в аквакультуре.

Известно, что радужная форель – реофильная и оксифильная рыба. Гибель её эмбрионов отмечена уже при содержании кислорода менее 3,5 мг/л [Остроумова, 1963, 1969]. Для обеспечения нормального хода обменных процессов у молоди и взрослых особей концентрация кислорода не должна быть ниже 80–100 % насыщения (7–12 мг/л в зависимости от температуры). При 1,2–1,3 мг O₂/л рыбы погибают [Привольнев, 1976; Кляшторин, 1982].

Радужная форель выносит температуру воды от 0 до 30 °С, но её физиологический оптимум лежит между 10 и 12 °С. Быстрый рост при хорошем качестве воды также наблюдается при 15–20 °С. При повышении температуры воды до 22–23 °С темпы роста снижаются, а при 24–26 °С – резко падают [Garside, Tait, 1958; Mantelman, 1958; Lee, Rinne, 1980; Зданович, Пушкарь, Келехсаев, 2011; Зданович, Панов, Келехсаев, 2013 и др.].

Активная реакция среды (рН) в местах обитания североамериканской радужной форели может меняться в пределах 6,5–8,5. Как правило, при рН менее 5,6 радужная форель не может размножаться. Но некоторые её формы способны воспроизводиться даже при рН равном 5,0. Этот факт ещё раз доказывает широкую экологическую пластичность данного вида и возможность адаптации отдельных популяций к очень специфическим условиям [Титарев, 1980].

По отношению к солёности воды радужная форель, обитающая в североамериканских водоёмах, – эвригалинный вид. Увеличение содержания солей в воде она не переносит только на ранних стадиях развития (икра, личинки, сеголетки). По достижении годовалого возраста рыбы легко переносят попадание в солёную воду. Поэтому взрослые особи радужной форели отлично развиваются не только в пресной воде, но и в морской с солёностью 20–30 ‰ [Канидьеv, Новоженин, Титарев, 1974].

В зависимости от места обитания, климатических условий района, а, следовательно, температурного режима водоёма, время и скорость полового созревания радужной форели могут изменяться. В естественных условиях самки

обычно становятся половозрелыми на 3–4 году жизни, а самцы на год раньше [Bromage, Cumaranatunga, 1988].

По типу икрометания радужная форель, обитающая в водоёмах Северной Америки, является полициклическим видом (нерестится несколько раз в жизни), а по местам размножения – литофилом. Её нерест происходит в верхнем течении рек и ручьёв в вырытые в галечниковом грунте ямы с конца апреля по середину июня при температуре 3–8 °С. Гибель производителей после нереста составляет порядка 10–30 % [McAfee, 1966; Habitat suitability information ..., 1984; Привезенцев, 1991].

Плодовитость самок зависит от возраста и колеблется в искусственных условиях от 1,5 до 9,0 тыс. [Broodstock management ..., 1992], в естественных [Habitat suitability information ..., 1984] – от 0,5 до 3,0 тыс. икринок.

Длительность инкубационного периода зависит от температуры воды и составляет 320–340 градусо-дней, а время до перехода на активное питание составляет около 500 градусо-дней [Игнатъева, 1975; Billard, 1992]. Экспериментами О.А. Лебедевой и М.М. Мешкова [1969] установлено, что диапазон температурных адаптаций эмбрионов радужной форели лежит в пределах 1,5–10,0 °С, а наиболее благоприятны для их развития температуры воды от 3 до 9 °С.

Рост радужной форели в естественных водоёмах зависит от воздействия комплекса абиотических и биотических факторов среды. При благоприятных условиях она растёт быстро. Её проходная форма (стальноголовый лосось) в возрасте 10 лет может достигать массы 23 кг [Фадеев, 2005]. С возрастом темп роста замедляется [Habitat suitability information ..., 1984; Gall, Crandell, 1992]. В реках США жилая форма радужной форели в среднем достигает за 1 год длины 16,3, за 2 года – 25,9, за 3 года – 33,3, за 4 года – 41,7, за 5 лет – 52,3 см [From, Rasmussen, 1991].

Предельный возраст рыб в естественных условиях (Северная Америка) обычно не превышает шести, но иногда может достигать 11 лет.

Спектр питания североамериканских форм радужной форели в естественных условиях имеет довольно широкий диапазон. Состав пищевого комка зависит от места обитания, возраста, размера, сезона, кормовой базы, температуры и других условий. Хотя радужная форель эврифаг, исследователи отмечают у неё хорошо выраженную селективность питания [Jahn, Lendman, 1993].

В питании сеголеток преобладают планктонные организмы, а также личинки веснянок, подёнок, хирономид. Взрослые особи, как правило, хищники. В их рационе встречаются раки, амфибии, а также мелкие рыбы, в том числе молодь собственного вида. В отдельных случаях в желудках взрослых рыб находили зелёные побеги мягкой водной растительности [Боровик, 1969; Jahn, Lendman, 1993; Staley, Mueller, 2000 и др.].

1.2 Роль племенных заводов в организации селекционно-племенной работы в форелеводстве

Племенным заводам принадлежит ведущая роль в развитии аквакультуры нашей страны. Они служат главным источником не только племенного, но и посадочного материала, и от их деятельности во многом зависит эффективность работы товарных хозяйств. Маточные стада, входящие в их состав, представляют наиболее ценную часть генофонда разводимых рыб и одновременно являются основными ресурсами селекции. В этой связи именно на племенных заводах научное обеспечение комплекса рыбоводных и селекционных работ приобретает ведущее значение [Никандров, 1995; Бабий, 1997, 1998; Богерук, 1996, 2000 и др.].

Основная задача племенных заводов состоит в производстве большого количества качественного рыбопосадочного материала, что требует поддержания высокой численности и определённой степени разнокачественности маточных стад. При их формировании требуется оценить и отобрать для скрещивания значительное число производителей, и это следует учитывать при обосновании

методов отбора рыб по разным признакам [Катасонов, Черфас, 1986; Методика разработки ..., 1999; Никандров, 2002; Никандров, Шиндавина, 2006 и др.].

Технологический процесс на племенных заводах, как правило, не адаптирован для ведения таких прогрессивных форм селекции, как индивидуальный и семейный отбор, поскольку отсутствует необходимое специализированное рыбоводное оборудование. Рыбу выращивают в большом количестве в рыбоводных сооружениях, что исключает возможность проведения работ с заранее отобраным небольшим количеством рыб. Практически нет возможности, например, проводить предварительную оценку и отбор самцов в начале их созревания в целях дальнейшего использования в ходе нереста. Селекционные работы сопряжены с оценкой большого числа производителей, а это значит, что в качестве критериев следует использовать такие признаки, которые поддаются быстрой инструментальной или визуальной оценке непосредственно в ходе нереста [Селекционно-племенная работа ..., 1995; Исследование взаимосвязи ..., 2009 а, б].

Ранее специалистами были предложены разные способы формирования ремонтно-маточных стад радужной форели. Так Г.Г. Савостьянова [1969, 1971, 1974] при комплектовании племенных маточных стад обосновала двухступенчатую схему массового отбора рыб по массе тела с напряжённостью отбора на уровне 43–47 % среди годовиков и 5–10 % среди двухлеток.

Схема, в которой двухступенчатый отбор был заменён однократным ранним массовым отбором с высокой напряжённостью, была разработана Н.А. Лемановой и Е.С. Слуцким [1982, 1984; Способ формирования маточных стад ..., 1985; Слуцкий, Леманова, 1987]. Его осуществляли на молоди массой 1,5–2,5 г, когда отмечается максимальное разнообразие по массе тела [Леманова, 1981].

Суть способа линейной селекции, предложенного В.Я. Никандровым [1982, 1983, 1995] состоит в передаче ценных наследственных качеств максимально большому количеству потомков. В качестве основного селекционного критерия им был использован показатель относительной плодовитости [Никандров, Слуцкий, Образцов, 1985]. Новый метод разведения по линиям, происходящим от

самцов-основателей, был признан изобретением [Способ формирования стада ..., 1984].

Ведущими форелеводами из ВНИИПРХ Н.П. Новожениным и А.В. Линник [1986] была разработана технология формирования маточных стад радужной форели с использованием методов семейной селекции. Учёные предложили отбирать для воспроизводства семьи, выход личинок которых был не менее 10–20 %, и при средней массе молоди 1–2 г выбраковывать только семьи с низкой выживаемостью.

Методы формирования маточных стад радужной форели, описанные выше, были разработаны преимущественно на базе экспериментальных станций с маточными стадами небольшой численности и поэтому не всегда применимы для племенных заводов.

При формировании маточных стад в племенных форелевых хозяйствах следует учитывать особенности, присущие предприятиям данного типа. Как правило, это рыбхозы с высоким объёмом производства, содержащие многочисленные ремонтно-маточные стада. При формировании маточных стад требуется оценить и отобрать для скрещивания значительное число производителей [Шиндавина, 1995].

До сих пор в рыбоводной практике используют главным образом нормативные показатели, которые содержатся в инструкциях, рекомендациях и методических указаниях [Савостьянова, 1974; Новоженин, 1985; Новоженин, Линник, 1986; Каталог пород, кроссов ..., 2001 и др.]. Они имеют ряд существенных недостатков. Главным из них является то, что, интервалы отбора по всем предложенным признакам имеют фиксированные величины. Между тем, известно, что форелевые хозяйства различаются условиями содержания (температурным режимом, гидрохимическим составом воды, проточностью и т.д.), что обязательно сказывается на темпах роста рыб. Поэтому масса тела самок и самцов к моменту их отбора в ремонтно-маточные стада может иметь значения, не сопоставимые с требуемыми в инструкциях.

Одним из успешных направлений развития племенного форелеводства в России стала разработка и реализация программы крупномасштабной селекции как способа эффективного использования наследственного потенциала высокопродуктивных пород и промышленных гибридов [Никандров, 2000; Никандров, Шиндавина, 2005].

Для осуществления программы была сформулирована общая задача селекции, которая заключалась в формировании маточных стад пород форели, производители которых характеризовались высокими показателями массы и рабочей плодовитости, а также таким временем нереста в нерестовом сезоне, которое позволяло производить посадочный материал в сроки, соответствующие технологической специфике товарных хозяйств разных типов.

Особое внимание было уделено обоснованию интервалов отбора признаков, по которым проводится оценка [Шиндавина, 1995; Никандров 2002; Никандров, Шиндавина, 2005, 2006]. В ходе селекционных мероприятий отбор на племя особей, в существенной мере отклоняющихся от средних показателей по стаду, приводит к уменьшению генетического разнообразия, потере ценных генетических комбинаций и, как правило, к снижению общей продуктивности производителей и жизнестойкости их потомства.

Значительное внимание было уделено вопросам оценки, отбора и подбора пар производителей для их последующего скрещивания, т.к. они являются важнейшими элементами селекционного процесса. Проведённое авторами моделирование различных схем отбора по нескольким признакам привело к следующим выводам:

- интервалы отбора могут находиться в границах, превышающих средние показатели;
- однократный отбор только по одному из признаков неэффективен и должен быть заменён последовательным (ступенчатым) отбором по признакам, отвечающим общей задаче селекции.

Данная схема формирования ремонтно-маточных стад в условиях крупномасштабного производства была разработана и успешно внедрена на базе

ФГУП «Племенной форелеводческий завод «Адлер» [Бабий, 1997, 1998; Никандров, 2000, 2002].

К настоящему времени все положения, изложенные в схеме формирования маточных стад, сохранили своё значение. Но наряду с этим возникла потребность в обосновании и разработке комплексной оценки производителей по качеству их половых продуктов. Это вызвано тем, что к настоящему времени биотехника выращивания форели претерпела значительные изменения: повысилась интенсификация производства в результате внедрения современного оборудования; системы водообеспечения модернизированы с учётом увеличения энергоэффективности – снижения потребления чистой воды и направленности на биологическую очистку оборачиваемой воды [Remmerswaal, 1999; Проскуренко, 2003; Брайнбалле, 2010]; резко изменились рецептуры кормов, в том числе и за счёт замены рыбной муки растительными компонентами [Щербина, Гамыгин, 2006; Микробаланс ..., 2013].

Специалисты отмечают, что новые условия содержания привели к негативным последствиям в ходе рыбоводного процесса и послужили одной из причин снижения качества половых продуктов у производителей радужной форели [Никандров, Шиндавина, 2006; Сравнительная оценка влияния ..., 2010 а, б; Сравнительная оценка производителей ..., 2011 а, б].

1.3 Критерии ранней оценки качества производителей радужной форели по характеристикам половых продуктов

Основная цель деятельности племенных заводов заключается в воспроизводстве селекционных достижений. При этом количество и качество икры и потомства является важнейшим фактором, определяющим эффективность всего производства и показателем племенной ценности производителей [Шиндавина, Никандров, 1987].

Под качественными половыми продуктами в рыбоводстве понимают такие икру и сперму, из которых можно получить высокий процент нормально

развивающихся личинок, молоди, а затем и взрослых рыб [Рыбоводно-биологическая характеристика..., 1982].

Оценка качества икры в большинстве случаев проводится уже после её оплодотворения на разных стадиях развития эмбрионов: от дробления до выклева [Мантельман, 1983; Шиндавина 1983, 1987; Gjedrem, Gunnes, Gjedrem, 1983; Nagler, Persons, Cloud, 2000 и др.].

Однако наружное оплодотворение, которое характерно для подавляющего большинства видов рыб, позволяет оценивать качество мужских и женских половых клеток ещё до оплодотворения, то есть осуществлять презиготическую оценку и отбор гамет у созревших производителей. Ранняя оценка половых продуктов в значительной степени позволяет снизить трудозатраты и повысить эффективность нерестовых кампаний в рыбоводстве [Шиндавина, 1986; Казаков, Образцов, 1990; Billard, 1992 и др.].

Критерии, по которым чётко можно определить фертильность икры, а также жизнеспособность будущих эмбрионов для лососевых рыб в общем и радужной форели в частности, крайне ограничены. С помощью морфологического критерия «икра типа «горох», может быть легко определена сильно перезревшая икра. Однако критерии оценки качества икры, по которым возможно обнаружить начальные этапы перезревания, а также другие изменения, которые повлияют на качество потомства, в настоящее время не разработаны [Wilcox, 1984; Billard, 1992; Микулина, 2007 и др.].

Некоторые авторы полагают, что уменьшение размера икры сопровождается увеличением смертности эмбрионов [Pitman, 1979; Small, 1979; Есавкин, 2012], в то время как другие отрицают влияние размера икры на её жизнеспособность [Шиндавина, 1986; Glebe, Appy, Saunders, 1979; Kato, Kamler, 1983; Thorpe, Miles, Keay, 1984; Springate, Bromage, 1985]. Причиной разногласий в выводах специалистов могут быть различия в возрасте и размерах исследованных производителей, условиях их содержания и, что наиболее важно, – различия во времени отцеживания икры относительно времени завершения созревания самок [Springate, Bromage, 1985; Bromage, Gumaranatunga, 1988].

В отечественных рекомендациях по воспроизводству радужной форели указывается, что важным критерием оценки качества икры в потомстве отдельных самок является её вариабельность по размеру и массе [Савостьянова, Слуцкий, 1974; Савостьянова, Никандров, 1974, 1976; Слуцкий, 1980; Селекционно-племенная работа ..., 1995].

Увеличение изменчивости икринок по массе или размеру происходит вследствие асинхронности в развитии яйцеклеток, что является отклонением от нормального процесса оогенеза [Савостьянова, Слуцкий, 1974; Савостьянова, Никандров, 1974; Мелехова, Чертихина, 2009]. Одной из причин может быть преждевременная овуляция и выход не вполне зрелых яйцеклеток, а также перезревание икры при длительном нахождении в полости тела самки [Микулина, 2007; Залепухин, 2009].

В обоих случаях повышение вариабельности икринок по массе и размерам сопровождается, как правило, снижением уровня их оплодотворяемости и жизнеспособности. Полученные результаты дали основание рассматривать размер овулировавших икринок радужной форели и величину их изменчивости по этому признаку в качестве показателя рыбоводной ценности самок, а также как показатель селекционной ценности рыб при проведении селекции на скорость созревания [Селекционно-племенная работа ..., 1995].

В последние годы появился ряд работ зарубежных авторов, посвящённых тестированию качества икры лососевых на ранних сроках развития потомства с помощью быстрых и доступных методик, основанных на визуальных наблюдениях или инструментальных измерениях [Lahnsteiner, Weismann, Patzner, 1999; Lahnsteiner, Patzner, 2002; Morphological characterization ..., 2007; Mansour, Lahnsteiner, Patzner, 2008 и др.].

Польские учёные предложили проводить раннюю оценку качества икры по распределению жировых капель на поверхности желтка икринки [Mansour, Lahnsteiner, Patzner, 2007; Morphological characterization ..., 2008; A lack of consistent ..., 2009]. Суть метода состоит в визуальной оценке овулировавших

икринок по характеру распределения жировых капель на поверхности желточной оболочки.

Исследования, проведённые на кумже (*Salmo trutta*), показали, что икра отдельных самок, различающаяся по проценту развивающихся зародышей на стадии «глазка», имела отличия и по характеру распределения жировых капель на внутренней поверхности желтка. Равномерный характер расположения капель по всей поверхности свидетельствовал о хорошем качестве яйцеклеток. Укрупнение жировых пузырьков и скопление их на отдельных участках было связано с достоверным снижением количества развивающихся зародышей [Morphological characterization ..., 2008].

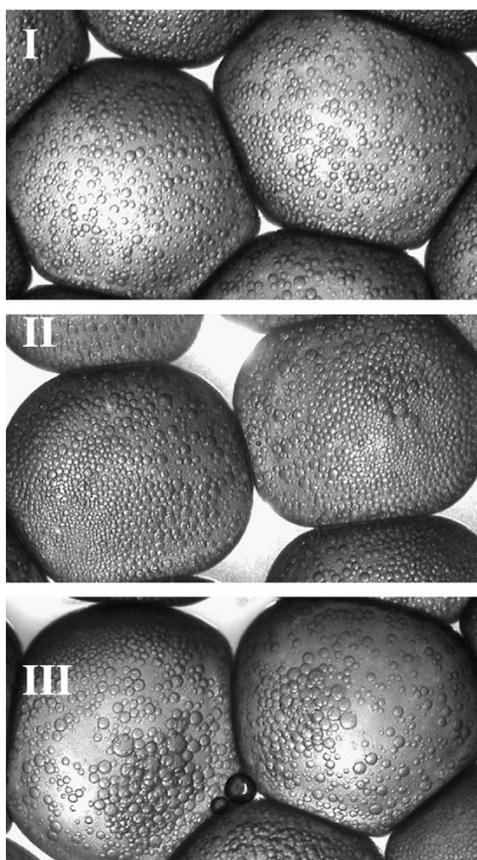
У арктического гольца (*Salvelinus alpinus*), который, по сравнению с кумжей, отличался большим разнообразием по качеству икры, деление на категории по характеру распределения жировых капель было несколько иным [Mansour, Lahnsteiner, Patzner, 2007].

Позже [A lack of consistent ..., 2009] была проведена оценка радужной форели двух пород: с осенним и весенним нерестом. Исследователи разделили самок по распределению жировых капель на поверхности икринок на три категории (рисунок 1).

У осенненерестящейся форели распределение жировых капель в икре было достоверно связано с уровнем выживаемости потомства, а у рыб весеннего нереста взаимосвязь отсутствовала [A lack of consistent ..., 2009].

Основываясь на механизме кортикальной реакции и механизме сопротивления хориона, австрийские учёные [Lahnsteiner, Weismann, Patzner, 1999; Lahnsteiner, Patzner, 2002] предложили метод оценки качества икры радужной форели по степени поглощения ею воды, т.е. по её набуханию. Ими было показано, что процент набухания икры в воде через 120 минут положительно коррелировал с выходом эмбрионов на стадии пигментации глаз.

Икра высокого качества имела достоверно более высокий уровень поглощения воды, чем икра низкого качества. Тест предлагали использовать для оценки качества икры лососевых рыб в интервале от 30 до 120 минут набухания.



категория I – жировые капли распределяются равномерно; категория II – некоторые жировые капли сгущаются; категория III – жировые капли большего диаметра и собираются на одном полюсе

Рисунок 1 – Категории распределения жировых капель в икре радужной форели
[по: A lack of consistent ..., 2009]

Уровень оплодотворения икры является одним из важных параметров, определяющих успех заводского разведения лососевых рыб. Снижение этого показателя было отмечено на многих форелевых хозяйствах разных стран – США, Польши, Австрии [Wilcox, Stoss, Donaldson, 1984; Billard, 1992; Assessment of water turbidity ..., 2004; Ovarian fluid pH ..., 2007 и др.].

При искусственном разведении самок и самцов радужной форели неоднократно проверяют с целью обнаружения созревших особей. Сбор половых продуктов проводят вручную путём надавливания на брюшную полость рыб. Во время ручного отцеживания в рыбоводную ёмкость с икрой возможно попадание различных примесей в виде крови, мочи и фекалий. Эти виды загрязнений, как выяснилось, не оказывают заметного влияния на результат оплодотворения икры, если только загрязнение не слишком сильное [Van Heerden, Van Vuren, Steyn, 1993; Billard, 1992].

К самым опасным примесям относят содержимое икринок, разрушающихся во время отцеживания или перемешивания больших объёмов икры. Угнетающее действие «жидкости икры» (раздавленных в воде икринок) на сперматозоиды волжской сельди было описано еще в 1938 г. Н.С. Строгоновым [Турдаков, 1965]. В работе Г. Карла [Carl, 1941] указано, что с проблемой лопнувших икринок рыбоводы столкнулись практически с самого начала работы с лососевыми рыбами, а присутствие таких икринок они определяли по коагуляции яичного белка в воде.

При изучении влияния веществ икры и овариальной жидкости на сперматозоиды рыб [Турдаков, 1965] было замечено, что агглютинация сперматозоидов радужной и ручьевой форелей, в отличие от других исследованных видов рыб, происходит в «яичной воде почти любой концентрации и тем сильнее, чем эта концентрация выше» [цит. по: Турдаков, 1965, с. 307].

В работах зарубежных авторов, проведённых на лососевых рыбах, было показано, что присутствие в отцеженной икре содержимого лопнувших икринок способно снижать процент оплодотворения в несколько раз по сравнению с чистой икрой [Wilcox, Stoss, Donaldson, 1984; Grobler, Stein, Van Vuren, 1992; Broken eggs decrease pH ..., 2007; Hugunin, Parsons, Nagler, 2008; Broken eggs influence ..., 2011 и др.]. По данным Р. Билларда [Billard, 1992] оплодотворение не происходит, если разрушается более 1 % икринок.

Группой польских учёных [Assessment of water turbidity ..., 2004] сделан акцент на разработку простого и быстрого метода для определения качества икры лососевых рыб в производственных условиях. Они провели ряд экспериментов по установлению влияния на качество икры помутнения воды, вызванного икринками из порций отцеженной икры. Так, небольшую мерную порцию отцеженной икры помещали в стакан с определённым количеством воды и, если вода оставалась прозрачной, – это означало, что все икринки целы. Разрушение икринок сопровождалось коагуляцией в воде желтка и сразу вызывало помутнение воды.

Таким образом, икру можно было разделить на две группы: «мутную» и «прозрачную». Авторами было показано, что в группе с «прозрачной» икрой выход эмбрионов на стадии «глазка» был достоверно выше ($67 \pm 9,6$ %), чем в группе с «мутной» ($16 \pm 3,0$ %). Если воду при оплодотворении заменяли буферным раствором, процент оплодотворения в вариантах с «мутной» икрой существенно возрастал, и различия по этому показателю между группами становились не достоверными.

Характерной особенностью репродуктивной системы самок лососевых рыб является то, что зрелые ооциты выпадают в полость тела, где их окружает полостная жидкость, объём которой составляет 10–30 % от массы икры [Lahnsteiner, Weismann, Patzner, 1995].

Овуляторная жидкость по составу белков, макро- и микроэлементов, а также гормонов, представляет собой диализат крови [Мурза, Христофоров, 1991]. Поэтому изучение качества икры зачастую сопровождается и изучением свойств полостной жидкости.

В полостной жидкости самок, икра которых вызывает помутнение воды, наблюдали более высокое содержание белка и жира, чем у особей, яйцеклетки которых не вызывали помутнения. Предполагается, что помутнение воды вызвано наличием липидов и липопротеинов, содержащихся в икринках, и попавших при их разрушении в полостную жидкость, что подтверждается тем, что мутность

смеси исчезает при добавлении солевых растворов [Assessment of water turbidity ..., 2004].

Однако определение степени помутнения раствора воды с икрой носит субъективный характер и не даёт объективной оценки, при каком уровне загрязнения икринки можно считать нефертильными, субфертильными или фертильными.

Для ответа на этот вопрос ряд учёных [Broken eggs decrease ..., 2007; Ovarian fluid ..., 2007] предложили использовать показатель активной реакции (рН) полостной жидкости. Поскольку рН желтка радужной форели равен 6,50–6,55 [Krishna, 1953], а нормальный рН овариальной жидкости – $8,29 \pm 0,02$ [Billard, 1992], это дало основание предполагать, что попадание содержимого лопнувших икринок в полостную жидкость будет приводить к понижению величины рН. Г. Детрих с соавторами [Broken eggs decrease ..., 2007], изучая маточное стадо радужной форели, в котором 70 % самок давали мутную смесь воды с полостной жидкостью, доказали взаимосвязь между мутностью и рН полостной жидкости.

В работе норвежских специалистов [Urbach, Folstad, Rudolfson, 2005] показано влияние полостной жидкости самок арктического гольца на подвижность спермиев самцов. Обнаружены отличия среди самцов по способности их сперматозоидов активно двигаться в разбавленной полостной жидкости, в зависимости от индивидуальных особенностей отдельных самок. Однако механизм избирательного действия самок на спермии самцов в данной работе определён не был.

Объяснение причин избирательного воздействия самок на качество спермиев было предложено М. Войтчаком с соавторами [Ovarian fluid ..., 2007], которые выявили взаимосвязь между рН полостной жидкости и её способностью влиять на подвижность спермиев.

Исследования ряда учёных [Турдаков, 1972; Ovarian fluid ..., 2007] показали, что в полостной жидкости радужной форели, имеющей относительно низкий рН (7,29–7,67) спермии оставались неподвижными, а с увеличением рН

полостной жидкости возрастали активность спермиев и процент движущихся сперматозоидов.

Увеличение содержания желтка икринок в порциях отцеженной икры может быть вызвано как снижением прочности оболочек овулировавших икринок, так и разрушением их во время отцеживания [Nomura, 1964].

Известно, что условия выращивания рыб могут оказывать влияние на формирование микроструктуры оболочки икры. На прочность икринок отрицательное воздействие оказывают неблагоприятные условия среды во время их формирования и развития в организме самок. К ним можно отнести температуру, недостаток кислорода, присутствие химических веществ, ингибирующих общий обмен, качество и количество кормов, асинхронность развития яйцеклеток [Зотин, 1954, 1958; Рубцов, 1981].

Исследования по выявлению причин, вызывающих изменение прочности оболочки икры, продолжаются и в настоящее время. Так, например, в опытах, проведённых на карпе, испытывали два рациона кормления производителей: белковый с преобладанием в корме кислых элементов, и углеводный, где преобладали щелочные элементы. Белковый рацион ускорял созревание самок, при этом оболочка икринок была на 18,2 % толще, а её прочность в 2,3 раза больше по сравнению с углеводным рационом [Воробьева, Рубцов, Марков, 1986].

В другой работе показано, что неблагоприятные условия зимовки сазана в прудах привели к тому, что у одноразмерных икринок толщина оболочки у таких рыб оказалась меньше, чем у икринок, полученных от самок из естественных водоёмов [Рубцов, 1981].

Таким образом, анализируя литературные данные, можно прийти к заключению, что представляющие огромный интерес для рыбоводов и селекционеров методики ранней оценки качества икры пока окончательно не определены. Критерии презиготической оценки качества половых продуктов, позволяющих быстро оценить их в производственных условиях форелеводческих заводов, требуют разработки.

1.4 Влияние условий выращивания на репродуктивные характеристики производителей, качество половых продуктов и потомства радужной форели

При естественном фотопериоде условия выращивания рыб, к которым относят температуру воды, проточность, гидрохимический режим (в том числе и содержание в воде кислорода), а также плотности посадки рыб, рецептуру кормов, режимы кормления, оказывают существенное влияние на племенную ценность производителей, формирование яйцеклеток в процессе гаметогенеза и тем самым, – на численность и качество потомства [Турдаков, 1972; Сычев, Новоженин, Сергеева, 1981; Jones, Bromage, 1987; Pankhurst, King, 2010; Есавкин, 2012 и др.].

Рассмотрим имеющиеся данные по их воздействию на производителей подробнее.

Температура воды. К числу факторов, оказывающих большое влияние на биологические процессы у рыб, относят флуктуации температуры воды.

Радужная форель может обитать при довольно широком диапазоне температур – от 2,0 до 27,5 °С [Billard, 1992; Голованов, 2013]. Однако исследования показали, что при возможности выбора рыбы предпочитают более узкие температурные пределы, имея термальные предпочтения ниже, чем оптимальная температура для роста [Welch, Ishida, Nagasawa, 1998; Thermal limits ..., 1998; Larsson, 2005]. Точная природа многих таких влияний до сих пор неизвестна, но очевидно, что повышенные температуры воды способны воздействовать на все стадии жизненного цикла лососевых рыб [Graham, Harrod, 2009]. Особенно существенно воздействие температуры воды на динамику генеративных процессов в периоды, предшествующие созреванию и овуляции икры. Результаты наблюдений, проведённых на радужной форели и других видах лососевых рыб, дают основание полагать, что температурное воздействие в большей степени проявляется на процессах, связанных с финалом созревания и овуляции, чем с протеканием вителлогенеза [Gillet, 1991; King, Panchurst, 2000; King, Panchurst, Watts, 2007].

Повышение преднерестовых температур оказывало негативное воздействие на овуляцию, продукцию икры и оплодотворяемость, а также приводило либо к полному подавлению, либо к значительным задержкам в созревании самок радужной форели [Thermal requirements ..., 1973; Кошелев, 1984; Gillet, 1991; Effect of holding temperature ..., 1996; Pankhurst, Tomas 1998 и др.].

Так, влияние температуры воды на овуляцию самок и выживаемость икры у радужной форели было подробно изучено группой учёных из Австралии и Канады, которые установили, что постовуляционная жизнеспособность их икры уменьшалась при воздействии температуры выше 13 °C [Effect of holding temperature ..., 1996].

Угнетающее влияние повышенных температур на качество половых продуктов самцов также наблюдали у радужной форели, которую содержали при 18 °C в течение трёх месяцев перед нерестом, в результате чего снижался объём эякулята [Bretton, Billard, 1977].

Температурные показатели необходимо учитывать при организации искусственного воспроизводства лососевых рыб. На примере разных видов лососевых рыб описаны особенности созревания самок и качество их потомства в зависимости от влияния преднерестовых температур воды [Thermal requirements for maturation ..., 1973; Gillet, 1991; Pankhurst, Thomas 1998 и др.]. В перечисленных работах изучали воздействие температуры на самок, находящихся на последних стадиях зрелости гонад. В то время как анализ влияния температуры на самок в другие периоды вителлогенеза практически не проводился. Недостаточно литературных данных и о влиянии высоких температур воды на качество потомства.

Содержание кислорода и гидрохимический состав воды. При искусственном разведении большое внимание уделяется обмену воды в рыбоводных ёмкостях. В период трофоплазматического роста ооцитов, особенно на завершающих этапах их развития, происходит интенсивный рост яйцеклеток, в связи с чем возрастает уровень обмена, который должен быть обеспечен высоким содержанием кислорода в воде. Недостаток воды в этот период выращивания

приводит к дефициту кислорода и увеличению концентрации продуктов жизнедеятельности, плохому усвоению корма, особенно при высоких плотностях посадки. Угнетение общего физиологического состояния рыб оказывает негативное влияние на развитие ооцитов, находящихся на завершающих стадиях оогенеза [Сычев, Новоженин, Сергеева, 1981; Кошелев, 1984; Микулин, 2000; Микулина, 2007 и др.].

Недостаток кислорода может приводить к негативным последствиям и после овуляции икры. Так, в процессе инкубации на ранних стадиях икра способна выдерживать снижение доли растворенного кислорода до 30–40 %, но с началом гастрюляции потребность в нём резко увеличивается, и нарушения эмбриогенеза могут начаться уже при 60–70 % насыщении воды кислородом [Остроумова, 1969].

Рацион и режим кормления. Не меньшее воздействие на племенные свойства производителей оказывает несоответствие условий кормления биологическим потребностям рыб. Количество и качество половых клеток у них зависит главным образом от обеспеченности пищей, а при искусственном разведении – от количества и качества кормов [Ростовцев, 1977; Broodstock management ..., 1992; Izquierdo, Fernandez-Palacios, Tacon, 2001]. Нехватка пищи может затормозить формирование половых продуктов и снизить плодовитость [Шиндавина, Янковская, 1997; Jones, Bromage, 1987].

В природе рыбы испытывают сезонно-переменную потребность в пище, обусловленную как изменением параметров внешней среды, так и периодичностью циклов созревания [Daily and seasonal patterns ..., 1993; Tveiten, Johnsen, Jobling, 1996; Noel, Bail, 1997]. Положительное влияние увеличения интенсивности кормления на репродуктивные качества рыб доказано многими авторами [Склярков, Гамыгин, Рыжков, 1984; Алешин, Чмилевский, 1987; Springate, Bromage, Cumaranatunga, 1985; Billard, 1992 и др.].

Режим кормления и рацион также влияют на долю созревающих производителей и сроки нереста в нерестовом сезоне [Effect of feeding rates ..., 1982; Выращивание радужной форели ..., 2000].

Результаты исследований по оценке воздействия уровня рациона на качество икры различаются. Так, например, в работах ряда авторов [Springate, Bromage, Cumaratunga, 1985; The effect of broodstock ration ..., 1988] какого-либо влияния рационов кормления на качество икры не отмечено. Однако Т. Такеучи с соавторами [Effect of low protein ..., 1981] отметили повышенный выклев из икры, полученной от самок радужной форели, содержащихся на низкобелковой диете (36 % протеина). В то же время Д. Ролей [Roley, 1983] нашёл, что оплодотворённая икра, полученная от самок, которых кормили пищей с содержанием белка 47 %, имела лучшую выживаемость, чем от самок, получавших в пищу 27 и 37 % белка.

Что касается потребности в липидах, то информация об уровне жира и необходимых жирных кислотах, требуемых в диете самок радужной форели, практически отсутствует. Также нет данных о действии различного содержания липидов в кормах, на качество икры. Так, Р. Харди [Hardy, 1983] не выявил каких-либо различий в действии кормов с содержанием жира 7, 12, 18 и 25 % на качество икры. Однако Ф. Ватанабе [Watanabe, 1985] предположил, что самкам необходимы омега-6 липиды, низкое содержание которых сказывается на качестве яйцеклеток. В.Я. Никандров и Н.И. Шиндавина [2006] рекомендовали кормить производителей кормами с пониженным содержанием жира – 12–14 %, т.к. при кормлении высокожирной диетой (липиды – 20–22 %) у самок наблюдалось разрушение оболочек икринок при отцеживании.

Увеличение в корме витаминов, микроэлементов, пигментов до определённых пределов улучшает качество икры. Однако дальнейшее увеличение, особенно в случае жирорастворимых витаминов, может ухудшить качество икры и способствовать развитию «анемии личинок» [Hardy, 1983; Effect of dietary ..., 2006; Остроумова, 2012].

Частота проверок производителей на готовность к нересту. Влияние срока отцеживания рыбы относительно её времени созревания доказано многими исследователями [Nomura, Sakai, Takashima, 1974; Escaffre, Billard, 1979; The timing of ovulation ..., 1984 и др.]. В искусственных условиях икра форели

овулирует, но не выходит наружу, оставаясь в полости тела самки до тех пор, пока её не сцедят. Овулировавшая икра в полости тела продолжает процесс созревания. Икра, отцеженная между 4 и 10 сутками, после овуляции у самок, содержащихся при температуре воды 10 °С, имеет высокую способность к оплодотворению. После 10 дней отмечено снижение оплодотворяемости икры, а после 20 дней – потеря этой способности [The timing of ovulation ..., 1984].

Фертильность овулировавшей икры обратно пропорциональна температуре выдерживания самок. Жизнестойкость икры снижается в процессе её перезревания, т.к. меняется содержание воды и биохимический состав полостной жидкости, при этом снижается рН и уровень белка [Дислер, 1957; Смирнов, 1975; Viability of inland fall ..., 2000].

Таким образом, анализируя имеющиеся литературные данные можно сделать вывод, что условия содержания производителей рыб вообще и радужной форели в частности могут существенно отразиться на качестве потомства. Поэтому результаты инкубации икры необходимо рассматривать в неразрывной связи с условиями преднерестового содержания производителей.

1.5 Обзор способов повышения эффективности разведения радужной форели

К настоящему времени биотехника выращивания радужной форели претерпела значительные изменения в сравнении с серединой XX в: повысилась интенсификация производства в результате использования современного оборудования, системы водообеспечения были модернизированы с учётом требований экологической безопасности – снижения потребления чистой воды и направленности на биологическую очистку оборачиваемой воды. Резко изменились и рецептуры кормов за счёт существенной замены рыбной муки растительными компонентами [Щербина, Гамыгин, 2001; Остроумова, 2012].

В целях стабилизации достигнутого уровня селекционных показателей все этапы рыбоводного процесса должны проходить на фоне благоприятных условий выращивания и соответствовать технологической специфике хозяйства.

К числу основных способов повышения эффективности разведения радужной форели относятся: кормление производителей, повышение эффективности процесса оплодотворения икры, совершенствование инкубации икры. Рассмотрим их подробнее.

Кормление производителей. Для более полного раскрытия биологического потенциала производителей были разработаны и успешно апробированы переменные режимы кормления [Шиндавина, Янковская, 1997; Выращивание радужной форели ..., 2000]. Суть их заключается в чередовании повышенных и пониженных рационов на разных этапах формирования репродуктивной системы. Поскольку плодовитость самок закладывается в первые месяцы годового репродуктивного цикла, усиленное кормление именно в этот период приводит к быстрому росту рыб (в 1,3 раза) и увеличению плодовитости (в 1,2 раза). Кроме того, возрастает число рыб, созревающих впервые (на 10–12 %), а самки характеризуются более дружным нерестом. Уменьшение рациона за 3–4 месяца до нереста не оказывает негативного влияния на качество производителей, но позволяет экономить корма.

Эти данные послужили основой выбора режима кормления рыб старшего ремонта и производителей: их усиленно кормят 4–6 месяцев в начале годового репродуктивного цикла (125 % от нормы), и сокращают рацион до 75 % за 3–4 месяца до начала нереста. При этом суммарное потребление кормов за репродуктивный цикл остаётся равным нормативному количеству. Предложенная схема кормления имеет важное значение при реализации основной цели селекции, т.к. позволяет получать максимально возможное количество созревающих и крупных рыб уже на втором году жизни [Никандров, Шиндавина, 2006].

Повышение эффективности процесса оплодотворения икры. Одним из факторов снижения оплодотворяемости икры при разведении лососевых рыб является частота проверок производителей на зрелость. Поэтому, необходима

правильная организация работ, учитывающая специфику конкретного предприятия. На хозяйствах с подземными источниками водоснабжения, к которым относится ФГУП «Племенной форелеводческий завод «Адлер», нерест рыб проходит на фоне сравнительно высоких преднерестовых температур: от 8 до 14 °С. Проведённые исследования [Никандров, Шиндавина, 2006] показали, что при обычном просмотре рыб через каждые 7–10 дней возможно перезревание части самок, причём на ранних стадиях, трудно различимых визуалью. Участие таких самок в нересте сопровождается снижением оплодотворяемости икры. Проверка самок не реже одного раза в 3–4 дня оказалась оптимальной (для данных температурных условий) в условиях указанного хозяйства.

Другим фактором, вызывающим снижение процента оплодотворения икры, являются нарушения процесса её оплодотворения. Особенно это касается получения оплодотворённой икры для товарных хозяйств, когда работа ведётся с большим количеством производителей. При отцеживании рыб вручную, а также при перемешивании значительных объёмов икры, может происходить разрушение части икринок.

Опытным путём было установлено, что, во-первых, объём икры, используемой одновременно (в одной ёмкости) для оплодотворения не должен превышать 2,0–2,5 л (икра от 3–5 самок); во-вторых, применение вместо воды специальных оплодотворяющих растворов с оптимальной рН и минеральным составом способно свести до минимума негативные последствия биотехники. По результатам исследований в России лучшим оказался раствор Хамора (на 10 л дистиллированной воды: 60 г NaCl, 2 г CaCl₂, 45 г мочевины) [Новоженин, Линник, Сычев, 1983; Микодина, Панченков, Яблоков, 1990; Никандров, Шиндавина, 2006].

К буферным системам относятся такие растворы или смеси, которые поддерживают концентрацию ионов водорода (H⁺), т.е. определённую рН среды, на фиксированном уровне. Активная реакция (рН) буферных растворов почти не изменяется при их разбавлении или при добавлении к ним некоторых количеств

кислот или оснований. Буферные системы имеют важнейшее значение для жизнедеятельности организмов; они определяют постоянство кислотности различных биологических жидкостей (крови, лимфы, межклеточных жидкостей) [Буферные системы, 2014]. Они же являются основой для составления оплодотворяющих растворов, усиливающих движение сперматозоидов и продлевающих период их подвижности.

Зарубежные специалисты в качестве оплодотворяющего раствора рекомендуют буферный раствор D 532 [Billard, 1977, 1992].

Совершенствование инкубации икры. Для инкубации икры применяют различные модификации установок горизонтального типа. Основными их недостатками являются небольшая мощность и значительные площади для размещения. А.А. Ростовцевым [1979] был внедрён прогрессивный метод инкубации икры для производственных целей – модернизированные аппараты «ИМ», которые позволяют одновременно инкубировать в 3–4 раза больше икры, чем на той же площади в аппаратах горизонтального типа. В.Я. Никандров и Н.И. Шиндавина на племенном заводе «Адлер» апробировали аппараты Вейса, ёмкостью 120 л [Совершенствование методов ..., 1990], а В.В. Сижажев [2002] на Кабардино-Балкарском племенном форелеводческом заводе предложил инкубационные аппараты вертикального типа собственной разработки.

Известно, что условия выращивания рыб на рыбоводных заводах не всегда оказываются идеальными и зачастую влекут за собой появление патогенных, тератогенных или иных нежелательных эффектов. Предотвратить, компенсировать или ослабить такие нарушения рекомендовано воздействием на эмбрионы или личинок рыб мягким электромагнитным излучением в определённом дозовом интервале [Попова, 2004]. Авторы предлагают повышать уровень компенсаторной адаптации, и как результат качество потомства, путём использования лазерного излучения [Попова, 2004; Янковская, Моисеева, Кондратенко, 2008].

Обобщая приведённые выше данные, можно прийти к заключению, что накопленный научный опыт в области селекции радужной форели пока не систематизирован, многие рекомендации носят фрагментарный, отрывочный характер и поэтому недостаточно используются рыбоводами на практике.

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

2.1 Общая характеристика предприятия и условия содержания ремонтно-маточных стад

ФГУП «Племенной форелеводческий завод «Адлер» (далее – племзавод «Адлер») был введён в эксплуатацию в 1967 г. Предприятие расположено в VII зоне рыбоводства на юго-западных предгорьях Главного Кавказского хребта в Адлерском районе города Сочи в долине реки Мзымта (в 13 км выше её устья) (рисунок 2).

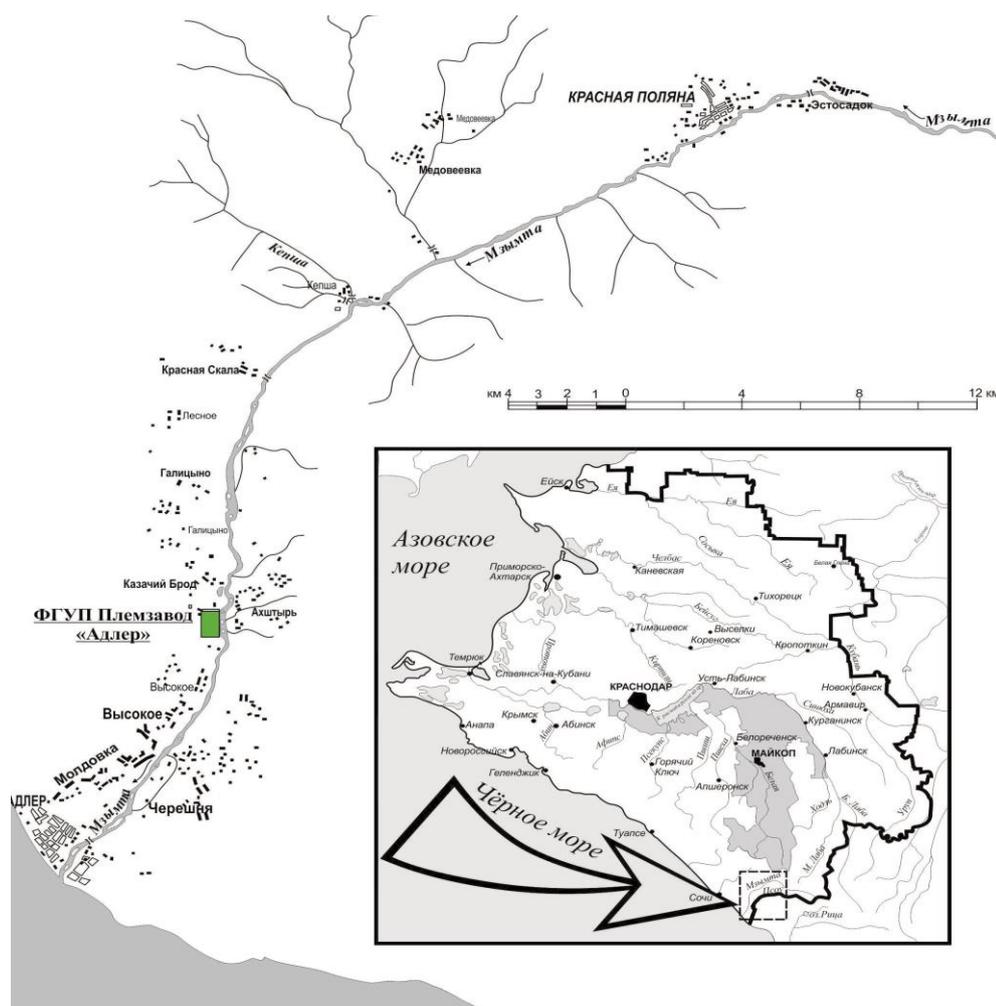


Рисунок 2 – Карта-схема расположения племзавода «Адлер»

Внешний вид завода, его маточного участка, представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Общий вид племзавода «Адлер»

На заводе сформирована уникальная коллекция маточных стад радужной форели как собственной, так и зарубежной селекции, представленная пятью породами и двумя отводками. Общая численность коллекции составляет порядка 30 тыс. шт. производителей. Наличие такого разнопородного и достаточно большого стада позволяет получать оплодотворённую икру с сентября по май месяц и поставлять в хозяйства Российской Федерации и страны СНГ порядка 100 млн. шт. икры на стадии пигментации глаз.

Производственная мощность завода позволяет выращивать и реализовывать до 6 млн. шт. разновозрастного рыбопосадочного материала и 800 т товарной рыбы в год. Рыбоводная икра и молодь поставляются в товарные форелевые хозяйства следующих субъектов Российской Федерации: Московская, Тверская, Челябинская, Мурманская, Архангельская, Рязанская, Смоленская, Белгородская, Пермская, Иркутская, Ленинградская, Тюменская области; Республики Хакассия, Башкирия, Карелия, Мордовия, Северная Осетия-Алания, Адыгея, Дагестан, Коми; Краснодарский и Красноярский края, а также в страны ближнего зарубежья: Абхазию, Армению, Казахстан, Таджикистан, Украину, Белоруссию.

Водоснабжение завода осуществляется из подрусловых и артезианских скважин общим дебетом 5–6 тыс. м³/час. Подрусловые скважины неглубокие – до 20 м. Глубина артезианских скважин составляет 35–40 м. Основное питание артезианских скважин снеговое, поэтому уровень воды в них зависит от времени года. Так, наибольший дебет воды в скважинах регистрируется в период максимального таяния снегов в весеннее время. В горах Кавказа последний снег сходит к концу лета, а новый выпадает к середине осени. По этой причине на заводе существует неблагоприятный период минимального дебета воды с середины июля до начала октября, что видно из графика на рисунке 4. Подрусловые скважины дополнительно к талому снегу подпитываются дренажной водой из реки Мзымта.

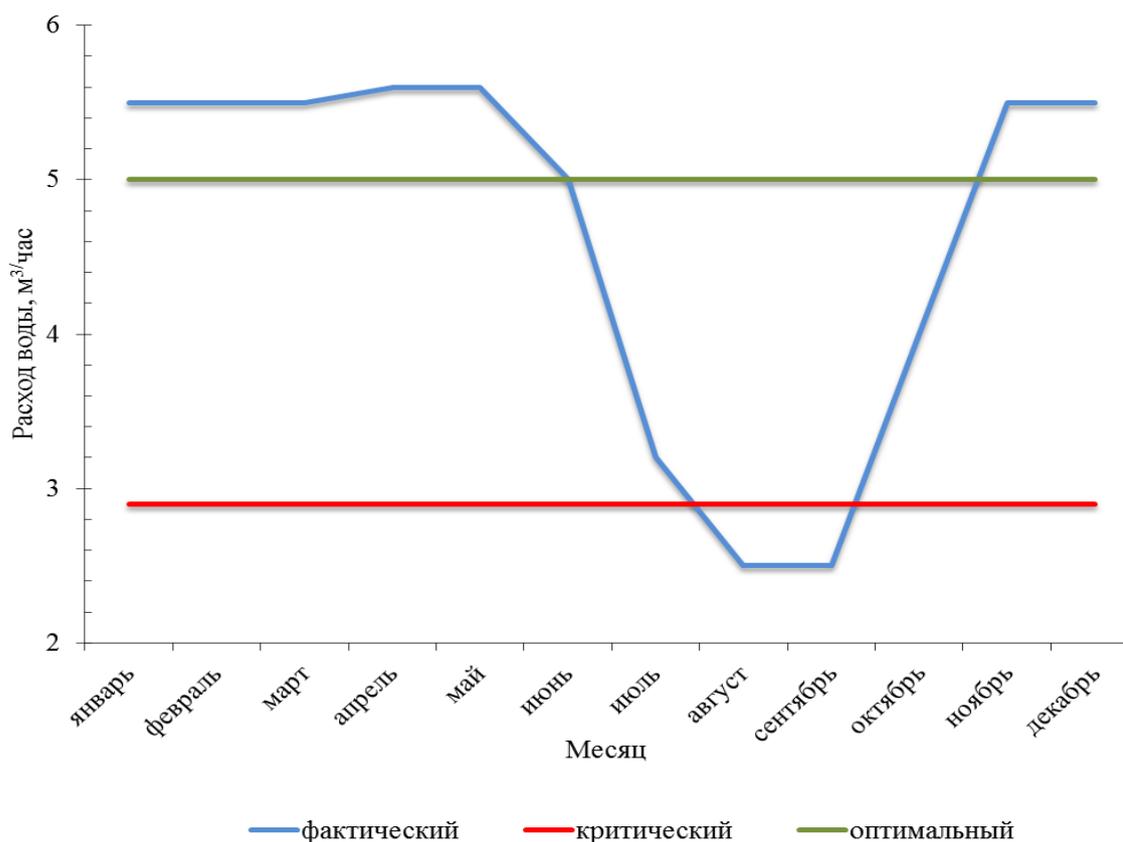


Рисунок 4 – Годовой профиль расхода водопотребления на племзаводе «Адлер»

Качество воды полностью соответствует требованиям ОСТ 155 372-87, предъявляемым к источникам водоснабжения форелевых хозяйств [Титарев,

Линник, Сергеева, 1991]. Содержание кислорода на водоподаче составляет 100 % насыщения. На сбросе уровень растворенного кислорода в воде колеблется от 30 до 90 % насыщения и зависит от температуры воды и плотностей посадки рыбы. Активная реакция среды (рН), изменяется в течение сезона от 7,8 до 8,0 ед. Поступающая вода не содержит взвесей, вредных примесей и исключает возникновение опасных паразитарных и инфекционных заболеваний, что способствует выращиванию экологически чистой продукции.

Благодаря изолированному источнику водоснабжения и строгим профилактическим мерам за последние 30 лет на заводе не отмечено ни одного случая возникновения эпизоотий.

Температура воды в артезианских скважинах относительно постоянная – в пределах 12 °С, в подрусловых – изменяется сезонно от 7,7 до 15,2 °С. Несмотря на то, что температура воды в артезианских скважинах постоянна, в бассейнах она имеет сезонные колебания в результате её прогрева летом или охлаждения зимой. Температура воды бассейнов зависит также от их конфигурации и интенсивности водообмена. Большие размеры нагульных бассейнов ремонтно-маточного участка в период минимальной проточности в летний сезон приводят к значительному прогреванию воды в них (таблица 1).

Температура воды в инкубационно-личиночном цехе колеблется от 9,5 до 14,5 °С, составляя в среднем 10,6 °С.

Температура воды, при которой выращиваются производители, колеблется от 8 до 20 °С в зависимости от сезона и года (таблица 1). Производителей на заводе содержат в неглубоких бассейнах с большой площадью водного зеркала. В условиях юга России в летний период при высоком уровне солнечной инсоляции и температуре воздуха, достигающей до 35–38 °С в тени, последние, при нормативном расходе воды 20 л/сек, имеют особенность очень быстро прогреваться.

Таблица 1 – Многолетняя динамика температуры воды в нагульных бассейнах и инкубаторе

Год	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
нагульные бассейны												
2007 – 2009	9,2	10,2	11,3	12,0	13,1	13,4	13,7	16,2	13,1	12,0	11,6	10,1
2010	9,0	10,0	10,0	12,0	15,5	17,4	18,4	20,0	19,0	13,2	11,1	10,3
2011 – 2012	8,5	10,1	10,4	12,0	15,3	17,3	18,3	19,0	17,0	13,2	11,1	10,3
инкубатор												
2007 – 2010	8,5	8,2	7,8	8,0	8,7	10,0	12,5	15,0	14,0	13,5	12,5	10,6
2011 – 2012	10,5	10,2	9,5	9,7	10,2	10,2	12,3	14,5	14,0	13,4	12,4	10,6

Для того чтобы удерживать температуру воды в бассейнах на нормальном уровне для жизнедеятельности производителей форели, требуется увеличение водообмена в 1,5–2,0 раза.

Но, как указывалось выше, дебет скважин завода имеет сезонно-зависимый характер и в летне-осенний период отличается минимальными объёмами. Итогом этого является снижение расхода воды в летнее время, и, как следствие, увеличение температур в бассейнах. Так, в 2010 г. с июля по сентябрь самки содержались при температурах воды 20–21 °С, что выходит за пределы их физиологической нормы.

При снижении содержания кислорода в воде на сбросе ниже 50 % включаются аэраторы для насыщения воды кислородом.

Икра. Племенная икра инкубируется в горизонтальных аппаратах Аткинса (рисунок 5), при плотности 20–30 тыс. шт. икринок на аппарат. Расход воды в аппарате составляет 0,25 л/сек.



Рисунок 5 – Инкубационные аппараты Аткинса

При большом объёме производства инкубируемой икры используются модернизированные аппараты Вейса (рисунок 6), куда закладывается икра в количестве 200–250 тыс. шт./аппарат. Ввиду возможной опасности тератогенного эффекта, племенная икра не подвергается антимицозной обработке химическими препаратами. Борьба с сапролегниозом племенной икры осуществляется только путём отбора пораженных икринок.

Многолетняя динамика температуры воды в инкубационных аппаратах представлена в таблице 1. В основном температура воды в инкубаторе благоприятна для развития эмбрионов [Привольнев, 1969, Титарев, 1980].

Личинки и мальки содержатся в проточных бетонированных бассейнах-питомниках, размером 5х0,5х0,5 м, объемом 1,0 м³ и расходом воды 2–4 л/сек (рисунок 7).



Рисунок 6 – Модернизированные аппараты Вейса



Рисунок 7 – Питомники для выращивания личинок и мальков

Личинку, поднявшуюся на плав, из инкубационных аппаратов высаживают в питомник из расчёта 15–20 тыс.шт./м². Нагрузка биомассы в питомнике начальная – 10 кг/м³, конечная – 80 кг/м³.

Кормление осуществляют стартовыми кормами фирмы «Biomar» размером гранул 0,3–1,1 мм с использованием автоматических дисковых кормушек «Ewos». Норма кормления рассчитывается по таблицам максимального прироста.

Сеголетки выращиваются в выростных прямоточных бетонированных бассейнах, размером 30х5х0,8 – 30х5х1,1 м, объёмом 150 м³ и расходом воды 7–15 л/сек. (рисунок 8). Бассейны снабжены системой дополнительной аэрации в виде лопастных аэраторов или воздушных компрессоров низкого давления. Плотность посадки рыб 0,2–0,5 тыс. шт./м², при начальной биомассе 1–2 кг/м³ и конечной – 6–11 кг/м³. Содержание растворенного в воде кислорода колеблется в пределах 40–90 % насыщения. Кормление до 5 раз в день вручную кормами «Biomar», фракцией 1,5–4,5 мм.

Годовики и старший ремонт содержатся в нагульных бетонированных прямоточных бассейнах размером 13х70х0,8 – 13х70х1,2 м, объёмом 910 м³ (рисунок 8). Бассейны оборудованы лопастными аэраторами, которые включаются при снижении содержания растворенного кислорода ниже 50 %.



Рисунок 8 – Общий вид нагульных (слева) и выростных (справа) бассейнов

Расход воды составляет 5–20 л/сек, полный водообмен в одном нагульном бассейне осуществляется за 12–50 часов. Расход воды зависит от сезона года. Как было отмечено при описании характеристик племзавода, в летне-осенний сезон предприятие испытывает дефицит воды в скважинах.

Кормление рыб осуществляется по кормовым таблицам, рекомендуемым производителями кормов. В летнее время при ухудшении температурного и гидрохимического режимов в бассейнах старший ремонт и производителей кормят по поедаемости. Во время высоких температур и низкой проточности рыбу не кормят.

Очень важным этапом рыбоводного процесса является кормление производителей. На племзаводе «Адлер» его осуществляли следующим образом:

- сразу после нереста кормление нежирным кормом фирмы «Биомар» Genio-991 в течение 8–9 месяцев;
- за 2 месяца до нереста дозу корма уменьшают в 2 раза;
- за 1 месяц до нереста прекращается кормление.
- в период нереста производителей не кормят.

2.2 Состав маточных стад и их характеристика

На племзаводе «Адлер» содержат наиболее распространённые в России породы радужной форели иностранного происхождения – камлоопс, Дональдсона и стальноголовый лосось, а также собственные породы (адлер, адлерская янтарная) и отводки (августин и поздний стальноголовый лосось).

За исключением стальноголового лосося и его отводки (стальноголовый лосось позднего нереста), созревание производителей раннее – в возрасте два года. Впервые нерестящиеся самки этого возраста в воспроизводстве не участвуют. Основа маточного стада – это трёхгодовалые самки и двухгодовалые самцы. Последние используются в нересте один сезон, а затем их выбраковывают.

Коллекция пород радужной форели на племзаводе «Адлер» создана с учётом чередующегося друг за другом нереста самок (рисунок 9).

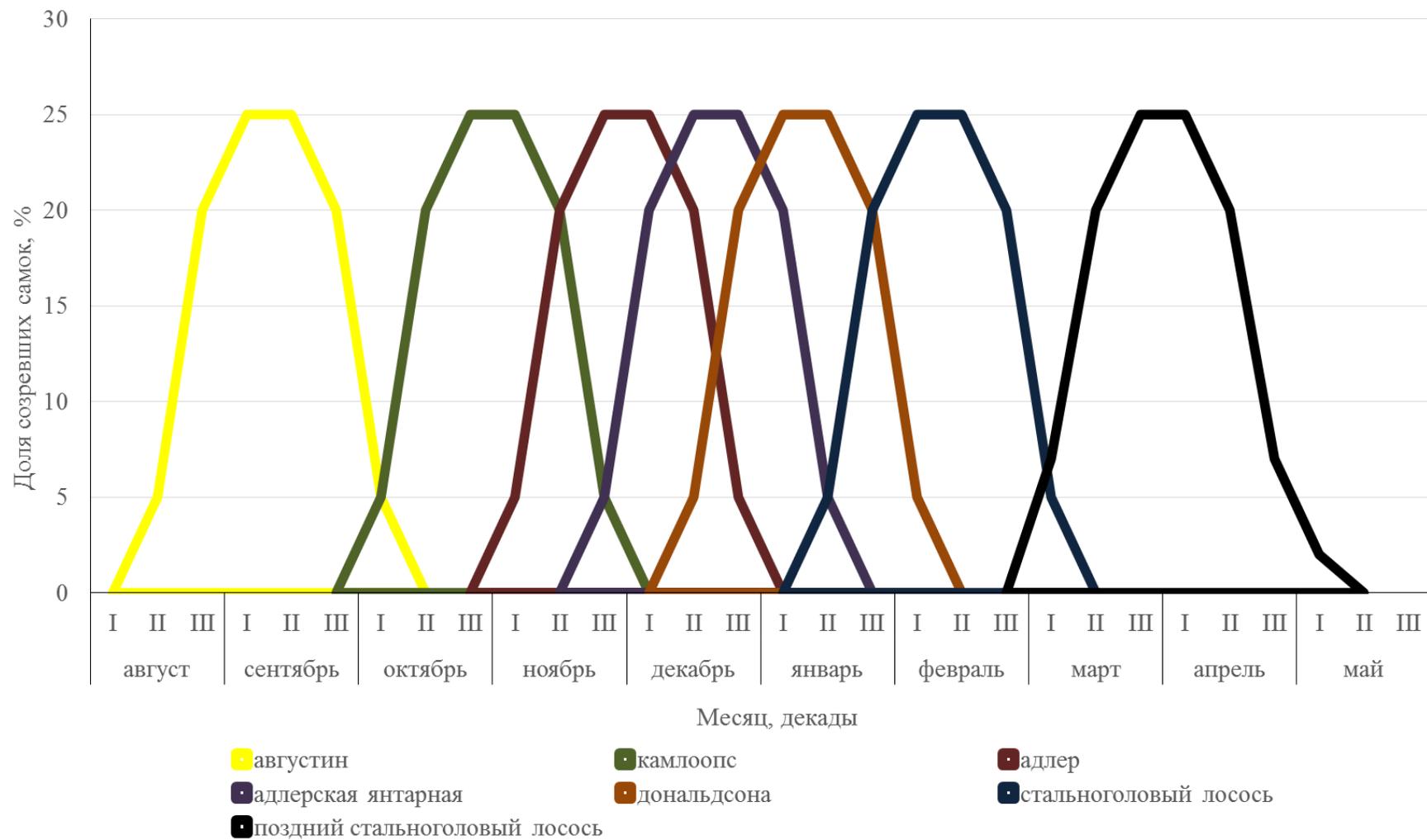


Рисунок 9 – Схема очередности и продолжительности нереста пород радужной форели на племзаводе «Адлер»

Это позволяет производить рыбоводную икру практически круглогодично в течение 9 месяцев с сентября по май.

В таблице 2 в сравнительном аспекте приведены основные рыбоводно-биологические характеристики пород радужной форели, содержащейся на племзаводе «Адлер».

Форель августин (отводка форели камлоопс). Селекция по признаку «сверххранний нерест» начата с 1997 г., по качеству икры и потомства – с 2007 г., т.е. с III-го поколения селекции. Половой зрелости 100 % производителей достигают в возрасте двух лет. Нерест на племзаводе «Адлер» длится с августа по октябрь. Созревание и искусственное воспроизводство происходят на фоне неблагоприятных для радужной форели высоких температур воды, негативно влияющих на вителлогенез, овуляцию и инкубацию. Масса икринки – самая маленькая.

Форель камлоопс. Радужная форель камлоопс, природные популяции которой обитают во внутренних водоемах Канады, является типичной озерной формой. В первой половине XX века началось рыбохозяйственное освоение этой разновидности радужной форели [Wales, 1950]. Х.Л. Кинкайд [1987] описал порядка 50 одомашненных маточных стад этой форели, разводимых в США. На родине форель камлоопс нерестится в сентябре.

На племзавод «Адлер» икра форели камлоопс была доставлена в 1986 г из Кисловодского хозяйства. С тех пор ведётся её селекция по темпу роста, плодовитости, времени созревания в нерестовом сезоне. В процессе совершенствования породы удалось сместить сроки массового созревания почти на месяц [Никандров, Шиндавина, 2006]. Первое созревание – в возрасте 2 года. Нерест – с октября по ноябрь (рисунок 9). Основные рыбоводные характеристики представлены в таблице 2.

В условиях России основное направление селекции породы – поддержание стандартов породы, отбор ранненерестующих самок по сроку созревания, изучение комбинационной способности в скрещиваниях с другими породами [Государственный реестр ..., 2015].

Таблица 2 – Основные характеристики пород радужной форели, содержащихся на племзаводе «Адлер»

Признаки	Породы радужной форели					
	августин	камлоопс	адлер	адлерская янтарная	Дональдсона	стальноголовый лосось
Возраст созревания, год	2	2	2	2	2	3
Нерест, месяц	конец августа – сентябрь	конец сентября – октябрь	ноябрь – декабрь	декабрь – январь	конец декабря – январь	конец января – март
Средняя масса производителей, кг*:						
самки	2,00	2,10	2,20	2,10	2,00	2,20
самцы	0,80	0,72	0,75	0,75	0,70	1,30
репродуктивные характеристики самок**						
Средняя рабочая плодовитость, тыс. шт. икринок	3,9	4,0	4,3	3,6	4,6	3,9
Средняя относительная плодовитость, шт. икринок/1 кг массы рыбы	2500	2600	2200	2000	2900	2000
Средняя масса икринки, мг	65	67	77	75	73	90
Средняя масса икры, г	300	340	370	290	360	320
Примечания: – * – масса самок приводится в возрасте трёх лет, самцов – двух, за исключением стальноголового лосося, для которого масса самцов указана в три года; – ** – репродуктивные характеристики приведены для самок в возрасте 3 года						

Форель адлер. Работы по созданию породы радужной форели адлер были начаты в 1975 г. Исходными группами послужили стальноголовый лосось и радужная форель. Селекционную работу в рамках создания породы проводили в два этапа. На первом этапе была поставлена задача выведения новой формы форели с высоким продукционными качествами и адаптацией к условиям выращивания. На втором этапе – селекция на скорость полового созревания и консолидацией исходного маточного стада по признаку срока нереста в нерестовом сезоне. В 1997 г. порода была зарегистрирована в государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, на неё получено свидетельство № 29738 от 25.06.1997 [Янковская, 1998, 1999]. Основные селекционные направления при работе с породой – ранний нерест, ранние сроки полового созревания, увеличение скорости роста и плодовитости, высокая выживаемость потомства в условиях повышенных плотностей посадки [Характеристика породы ..., 2002; Государственный реестр ..., 2015].

Производители отличаются хорошими показателями массы тела и рабочей плодовитости благодаря длительному направленному отбору по этим признакам. Порода скороспелая – первый нерест в 2 года. Основная часть самок созревает в ноябре (рисунок 9). Масса икринок трёхлетних самок в среднем составляет 70–80 мг. Основные рыбоводные характеристики представлены в таблице 2.

Форель адлерская янтарная. Цветовая морфа радужной форели. Икра золотистой окраски на стадии пигментации глаз была доставлена в январе 1998 г. на племзавод «Адлер» с Чегемского рыбозавода. Первая генерация золотистой форели имела значительное разнообразие по окраске тела: от светло-золотистых до особей обычной «дикий» окраски. В основу селекционной работы был положен признак «яркий золотистый окрас тела» [Особенности фенотипа ..., 2002]. В 2003 г. порода была зарегистрирована в государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, на неё получено свидетельство № 38475 от 30.10.2003. Скороспелая порода – созревает в возрасте 2 года. Пик созревания приходится на декабрь месяц (рисунок 9). Основные рыбоводные характеристики представлены в таблице 2.

Форель Дональдсона. Была выведена в США в результате 38-летней селекционной работы с местными расами радужной форели штата Вашингтон и проходным стальноголовым лососем, взятым из различных рыбопитомников и из природных популяций. В качестве основной была намечена следующая цель селекции: получение раносозревающих, быстро растущих, устойчивых к болезням с высокой продукцией икры особей [Donaldson, Olson, 1955].

На племзавод «Адлер» завезена в виде оплодотворённой икры в 1986 г. [Совершенствование методов ..., 1990]. Порода характеризуется высокими темпами роста и высокой рабочей плодовитостью. Самки созревают на втором году жизни, нерест происходит в декабре – январе (рисунок 9). Основные рыбоводные характеристики породы представлены в таблице 2.

Порода очень требовательна к условиям выращивания. Поэтому форель Дональдсона показывает хорошие рыбоводные результаты в хозяйствах различного при строгом соблюдении биотехнологических режимов и норм кормления [Никандров, Шиндавина, 2006].

Форель стальноголовый лосось. Во второй половине XIX века американские рыбоводы начали заниматься акклиматизацией форели в реках восточного побережья Америки, в том числе и проходной формой – стальноголовым лососем [Gall, Crandell, 1992]. В Россию в порядке научного обмена были доставлены четыре партии оплодотворённой икры стальноголового лосося, в том числе в Чернореченское форелевое хозяйство (Абхазия) [Шатуновский, Агрба, Котова, 1970], откуда стальноголовый лосось был доставлен в 1987 г. на племзавод «Адлер» [Никандров, Шиндавина, 2006].

Отличается высокой плодовитостью и быстрыми темпами роста, а также самой крупной икрой среди всех пород (90–100 мг средняя масса икринок трёхлетних самок) (таблица 2). Селекция ведётся на поздний возраст созревания (в 3 года), высокий темп роста и выживаемость потомства. Нерестится с января по март (рисунок 9). Порода зарегистрирована в Государственном реестре селекционных достижений ... [2015].

Форель стальноголовой лосось позднего нереста (отводка форели стальноголовой лосось). С 2009 г. начались первые работы по созданию отводки по признаку сверхпоздний нерест в нерестовом сезоне, поздний возраст созревания и высокий темп роста. Нерест отводки планируется закреплять в апреле–мае, что на 1,5–2,0 месяца позже основной группы. Возраст созревания у породы планируется в 3–4 года для обеспечения посадочным материалом товарных хозяйств, выращивающих форель крупной навеской в 3–4 кг.

2.3 Формирование маточных стад

Формирование племенных стад пород радужной форели на племзаводе «Адлер» осуществляется на основании комбинированного отбора с применением метода отбора по независимым уровням, разработанного В.Я. Никандровым и Н.И. Шиндавиной [2006] применительно к стадам радужной форели в условиях племенных заводов. Последовательность, признаки и интервалы отбора изложены в краткой форме в таблице 3.

Среди сеголеток и годовиков производится массовый отбор по массе тела с напряжённостью 50–60 % в каждом возрасте. Следующий этап отбора заключается в закреплении такого признака как скорость созревания. Суть заключается в выбраковке всех особей, которые созрели ранее или позднее возраста созревания, характерного для той или иной породы. За исключением стальноголового лосося и его отводки, все остальные породы на племзаводе отличаются скороспелостью: 90–100 % стада созревает в возрасте 2 года.

Воспроизводство породы начинается с бонитировки стада – оценки рыб по племенным и продуктивным показателям и определения границ отбора в племенное ядро методами вариационной статистики. Перед проведением бонитировок и отбором половых продуктов производителей обездвигивают в водном растворе анестетика трикаин (MS-222) или в 10 % спиртовом растворе бензокаина. Время анестезии – 1–3 минуты.

Таблица 3 – Схема последовательного отбора радужной форели при формировании ремонтно-маточного стада (на племзаводе «Адлер»)

Объект отбора (этап)	Признак	Интервал отбора	
Сеголетки, годовики	масса тела	конечная напряжённость 50–60 %	
Двухгодовики (самки, самцы)	скорость созревания	2 года (для стальноголового лосося – 3 года)	
	масса тела	согласно породному стандарту	
Трёхгодовики самки и двухгодовики самцы	срок созревания в нерестовом сезоне	период массового созревания	
	масса тела	от $\bar{x} - (0,5\sigma)$ до $\bar{x} + (1,5\sigma)$	
	рабочая плодовитость	\bar{x} и выше	
	сопутствующие признаки: индекс высоты индекс толщины	не ниже породного стандарта	
	самки	средняя масса икринки	от $\bar{x} - (2\sigma)$ до $\bar{x} + (2\sigma)$
		индекс репродуктивности	\bar{x} и выше
	самцы	относительная плодовитость	\bar{x} и выше
		семьи	процент оплодотворения
	выход эмбрионов		85 % и выше

Формирование производителей племенного ядра осуществляется путём отбора по следующим признакам: срокам созревания в нерестовом сезоне, массе тела, индексам толщины и высоты тела, рабочей плодовитости, индексу репродуктивности и массе икринки у самок, а также относительной плодовитости у самцов.

Для консолидации породы по признаку «срок нереста» в нерестовом сезоне воспроизводительное скрещивание осуществляют в один календарный день (± 3 дня).

При отборе по массе тела производителей допускается отклонение от среднестатистической величины, рассчитываемое как доля дисперсии массы (таблица 3). Для остальных признаков также приняты определённые интервалы отбора (таблица 3).

Оплодотворение икры проводят сухим способом в избытке спермы. В качестве активатора и разбавителя спермы используют оплодотворяющие растворы. До 2008 г. использовали раствор Хамора, в нерестовый период 2008–2009 гг. – раствор № 2 (под условным названием «японский»); с 2010 г. – буферный раствор D532.

Из отобранных по массо-размерным и продукционным показателям производителей формируют 40–45 гнезд по принципу: одна самка на два – три самца. Каждое гнездо инкубируют отдельно в аппаратах Аткинса. За период инкубации проводят индивидуальную оценку по качеству икры и потомства с определением процентов оплодотворения, выживаемости и выклева эмбрионов, отмечают степень устойчивости икры к поражению сапролегниозом.

Из оставленных для воспроизводства гнезд отбирают по 1,5–2,5 тыс. шт. молоди и далее выращивают совместно в общем питомнике. При достижении молодью массы тела 4–6 г проводят первую сортировку по массе при помощи ручной сортировальной машины с напряжённостью отбора 70 %. Вторая сортировка напряжённостью 50–60 % проводится при достижении рыбами массы тела 70–150 г.

После достижения ремонтной группой возраста 22–23 месяца проводят отбор по возрасту созревания, экстерьеру, морфотипу. Также проводят разделение по полу. Самок после нереста содержат отдельно от самцов. Самцов отбирают и используют в нерестовой кампании несколько раз. Исключение составляет стальноголовый лосось и его отводка, у которых в этом возрасте, согласно селекционной программе, выбраковывают всех особей, созревших в 2 года.

3 Материал и методы исследований

3.1 Материал исследования

Сбор материала осуществляли на базе ФГУП «Племенной форелеводческий завод «Адлер» в период с 2007 по 2015 гг.

Материалом для исследований послужили разновозрастные производители, овулировавшая и оплодотворённая икра, а также развивающиеся эмбрионы радужной форели четырёх пород: камлоопс, адлер, Дональдсона, стальноголовый лосось и одной отводки – августин.

Всего за период написания работы по теме диссертации:

- проведена индивидуальная оценка по разным показателям 4981 экз. производителей;
- поставлено 3699 шт. индивидуальных искусственных оплодотворений;
- исследовано по оплодотворяемости 401,4 тыс. шт. икринок;
- исследовано по выживаемости и выходу 319,6 тыс. шт. эмбрионов на стадии пигментации глаз;
- осуществлены индивидуальные взвешивания 14,6 тыс. шт. икринок.

Объём исследованного материала более детально изложен в таблице 4.

Также в рамках проведённой работы осуществлена массовая оценка в производстве 9390 экз. разновозрастных производителей, 30 млн. шт. икры и 25 млн. шт. эмбрионов на стадии пигментации глаз радужной форели разных пород.

Таблица 4 – Объём исследованного материала

Исследование		Оценка производителей, экз.		Индивидуальные оплодотворения	Исследовано, тыс. шт.			
		самки	самцы		икры			эмбрионов
					оплодотворённой	овулировавшей	набухшей	
Совершенствование критериев ранней оценки качества самок	средняя масса икринки	1202	–	–	–	–	–	–
	качество икры и потомства	1896	–	2872	313,6	–	–	247,8
	изменчивость массы икринки	282	–	–	–	8,5	–	–
	увеличение массы икринок во время набухания	202	–	–	–	–	6,1	–
	распределение жировых капель на поверхности желтка	36	–	–	–	–	–	–
	наличие в полостной жидкости содержимого лопнувших икринок	590	–	–	–	–	–	–
	pH полостной жидкости	462	–	–	–	–	–	–

Продолжение таблицы 4

Исследование		Оценка производителей, экз.		Индивидуальные оплодотворения	Исследовано, тыс. шт.			
		самки	самцы		икры			эмбрионов
					оплодотворённой	овулировавшей	набухшей	
Влияние условий выращивания на племенные качества производителей	качество икры и потомства	493	–	520	52,7	–	–	39,5
	масса тела	98	–	–	–	–	–	–
	репродуктивные показатели	98	–	–	–	–	–	–
	pH полостной жидкости	27	–	–	–	–	–	–
Совершенствование процесса оплодотворения икры	качество икры и потомства	116	–	307	35,1	–	–	32,3
	качество спермы	–	103	–	–	–	–	–
Примечание – Качество икры и потомства включает оплодотворяемость икры, выживаемость и выход эмбрионов на стадии пигментации глаз.								

3.2 Методы исследований

Индивидуальная оценка самок по качеству икры и потомства.

Индивидуальная оценка самок по качеству икры и потомства проводилась ежегодно среди рыб всех пород в возрасте двух-, трёх- и четырёх лет. Эти данные использовались, во-первых, при мониторинге состояния маточных стад, во-вторых, при отборе самок для воспроизводительного скрещивания пород.

При индивидуальных оценках из стада случайным образом отбирали самок, созревших в один день. При этом в оценке не участвовали самки, имеющие икру с визуальными признаками перезревания (наличие икры типа «горох»), с некротическими включениями, с кровянистой полостной жидкостью, видимые «двукратники» (наличие нерезорбированной икры летнего нереста). Для оценки от каждой самки в индивидуальные пластиковые кюветы отбирали пробы икры, по 100 штук от трёх- и четырёхгодовалых рыб и по 200 штук – от двухгодовалых. Во время отцеживания самок при помощи марлевого сита отделяли полостную жидкость от икры.

Для оплодотворения икры использовали смесь спермы самцов той же породы. Сперму самцов отцеживали непосредственно перед оплодотворением индивидуально в сухие пробирки, отбраковывая визуально непригодную (малый объём или недостаточно густой эякулят, а также наличие в ней посторонних примесей – крови, мочи или фекалий).

Оплодотворяли икру полусухим способом в избытке свежеприготовленной смеси спермы от нескольких самцов. В качестве активатора спермы использовали или поступающую в инкубационный цех воду (контроль), или свежеприготовленные оплодотворяющие растворы разных составов.

Опытные партии икры инкубировали индивидуально в специально сконструированных ячейках (рисунок 10) в аппаратах Аткинса.

Ежедневно проводили мониторинг инкубируемой икры. Отход в первый день считали биотехническим и в расчётах не учитывали. Со второго дня отбирали погибшие (побелевшие) икринки. С периода наступления стадии

«устойчивого глазка» икры (порядка 170–180 градусо-дней) также удаляли anomalно развивающиеся зародыши с такими признаками, как: отсутствие, недоразвитые или циклопичные глаза, сиамские близнецы, кровоизлияния, некротические включения, какие-либо деформации тела и прочее, относя их к погибшим эмбрионам (рисунок 11). Таким образом, на стадии пигментации глаз оставляли только нормально развивающихся эмбрионов, что позволяло пренебрегать их единичной гибелью перед выклевом и оценивать качество потомства до выклева.

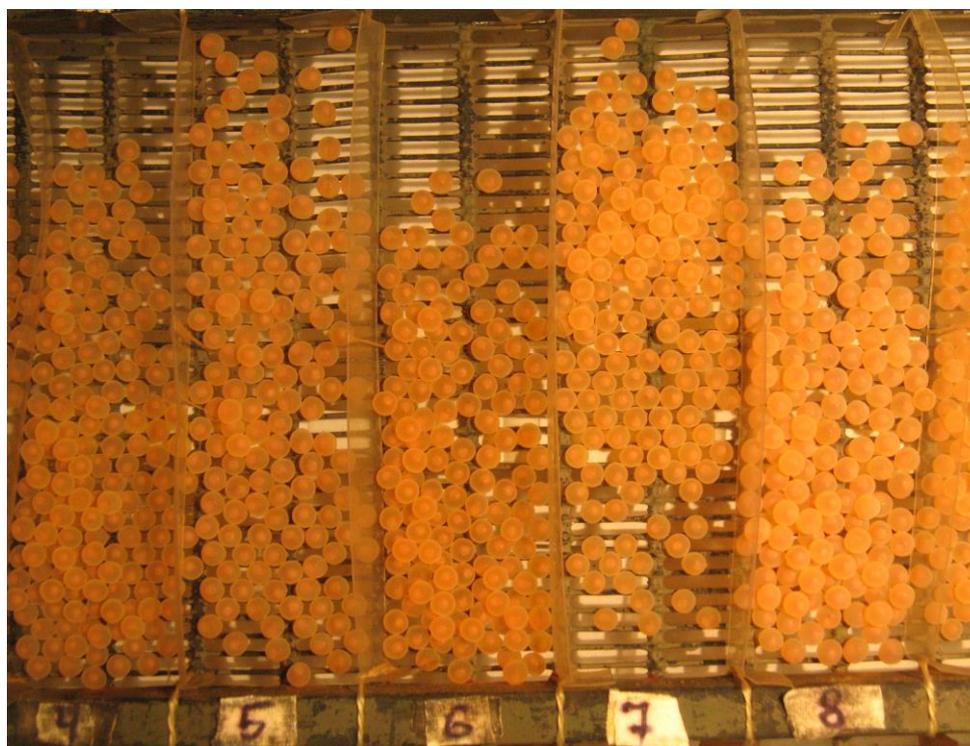


Рисунок 10 – Инкубационные ячейки при индивидуальной оценке самок

Оценку самок по качеству икры и потомства проводили по трём показателям: уровню оплодотворяемости икры, выживаемости эмбрионов и их выходу на стадии пигментации глаз.

Процент оплодотворения определяли на 60–70 градусо-днях на стадии эпиболии $1/3$ – $2/3$. Для выявления оплодотворённых икринок использовали спиртово-уксусную смесь (3:1). Оплодотворяемость икры (процент оплодотворения) определяли, как процентное отношение количества оплодотворённых икринок к общему количеству заложенной на инкубацию икры.



А



Б

А – нормально развивающиеся эмбрионы, Б – эмбрионы с различными патологиями: 1 – кровоизлияния, 2 – близнецы, 3 – циклопичные глаза, 4 – отсутствие глаз, 5 – недоразвитые глаза, 6 – деформация тела, 7 – некротические включения, 8 – искривление позвоночника.

Рисунок 11 – Икра радужной форели на стадии пигментации глаз с эмбрионами, развивающимися в норме и с патологиями

Оплодотворяемость икры $O_{и}$, %, вычисляли по формуле (1):

$$O_{и} = \frac{N_{опл}}{N_{общ}} 100\%, \quad (1)$$

где $N_{опл}$ – количество оплодотворённых икринок, шт.;

$N_{общ}$ – общее количество икринок, шт.

Выживаемость эмбрионов – это процентное отношение количества нормально развивающихся эмбрионов на стадии пигментации глаз к количеству оплодотворённых икринок. Выживаемость эмбрионов $ВыжЭ$, %, вычисляли по формуле (2):

$$ВыжЭ = \frac{N_{р.э.}}{N_{опл}} 100\%, \quad (2)$$

где $N_{р.э.}$ – количество нормально развивающихся эмбрионов, шт.;

$N_{опл}$ – количество оплодотворённых икринок, шт.

Выход эмбрионов – это процентное отношение количества нормально развивающихся эмбрионов на стадии пигментации глаз к общему количеству заложенной икры. Выход эмбрионов $ВыхЭ$, %, вычисляли по формуле (3):

$$ВыхЭ = \frac{N_{р.э.}}{N_{общ}} 100\%, \quad (3)$$

где $N_{р.э.}$ – количество нормально развивающихся эмбрионов, шт.;

$N_{общ}$ – общее количество икринок, шт.

Производственная оценка самок по качеству икры и потомства.

При производственной инкубации икры работа ведётся с большими объёмами производителей и икры. В этом случае проводится групповой нерест, и

икру сразу от нескольких самок массово инкубируют в модернизированных аппаратах Вейса (колбах) (рисунок 6) по 100–250 тыс. икринок.

Общее количество икринок в колбе $N_{\text{икринок}}$, шт., определяли весовым способом по формуле (4):

$$N_{\text{икринок}} = \frac{M_{\text{икры}}}{m_{\text{икринки}}} 1000, \quad (4)$$

где $M_{\text{икры}}$ – масса всей икры в колбе, г;

$m_{\text{икринки}}$ – средняя масса одной икринки в колбе, мг.

Качество икры и потомства в производстве определяли для каждой колбы в отдельности.

Оплодотворяемость икры в производстве определяли методом, описанном выше.

Выживаемость и выход эмбрионов определяли на стадии пигментации глаз для каждой колбы в отдельности после сортировки икры. Выход эмбрионов рассчитывали по формуле (3).

Выживаемость эмбрионов $ВыжЭ$, %, в производстве рассчитывали, зная выход эмбрионов и оплодотворяемость икры по формуле (5):

$$ВыжЭ = \frac{ВыхЭ}{Ои} 100\%, \quad (5)$$

где $ВыхЭ$ – выход эмбрионов, %;

$Ои$ – оплодотворяемость икры, %.

Индивидуальная оценка самцов по качеству спермы.

Во всех случаях проверку самцов проводили в период, близкий к массовому созреванию самок, т.е. в середине нерестового сезона каждой породы. Оценка самцов проводили по качеству их половых продуктов. Перед отбором спермы самцов предварительно обтирали сухой ветошью. Пробы спермы отцеживали

индивидуально в отдельные чистые сухие пробирки. Пробы со спермой до исследования держали в холодильнике при температуре 4–6 °С. Качество спермы оценивали в течение часа после её отбора.

Качество спермы определяли по показателям подвижности и активности сперматозоидов. Для определения качества спермы на предметное стекло наносили 0,1 мл воды или оплодотворяющего раствора и затем вносили туда пробу эякулята на кончике препаровальной иглы. Исследование проводили под микроскопом МС-22 при кратности увеличения 100 раз. Иглу со спермой опускали в каплю жидкости и одновременно включали секундомер.

Подвижность оценивали визуально в процентах по доле подвижных сперматозоидов от их общего количества. Сперма, включающая только неподвижные сперматозоиды или состоящая только из вращающихся или колеблющихся сперматозоидов, считалась имеющей подвижность 0 %.

Активность сперматозоидов измеряли в секундах и определяли как длительность периода активного поступательного движения основной массы спермиев. Когда основная часть (более 50–60 %) спермиев переходила от поступательного движения к колебательному, секундомер останавливали.

Определение средней массы икринок и её изменчивости.

Среднюю массу овулировавших икринок измеряли двумя способами: массово и индивидуально. Массовый способ заключался во взвешивании 30 икринок и делении полученного результата на 30. При индивидуальном способе отбирали по 30 икринок и завешивали каждую икринку отдельно, а затем определяли среднее значение показателя.

Для взвешивания использовали аналитические весы A&D GR-120 с внутренней калибровкой и точностью до 0,01 мг.

Изменчивость массы икринок оценивалась по величине коэффициента вариации (CV) [Лакин, 1990]. При определении изменчивости массы овулировавших икринок использовали индивидуальный способ взвешивания.

Определение набухаемости икры.

Для определения набухаемости икры пользовались методикой Ф. Лahnштейнера и Р.А. Патзнера [Lahnsteiner, Patzner, 2002]. Пробу овулировавшей икры из 30 предварительно взвешенных массовым способом икринок помещали в индивидуальную ячейку в инкубационный аппарат. Через 120 минут после завершения процесса набухания, икринки массово взвешивали и определяли набухаемость икры $H_{и}$, %, по формуле (6):

$$H_{и} = \frac{(m_{н.и.} - m_{о.и.})}{m_{о.и.}} 100\%, \quad (6)$$

где $m_{н.и.}$ – средняя масса набухшей икринки, мг;

$m_{о.и.}$ – средняя масса овулировавшей икринки, мг.

Определение характера распределения жировых капель на поверхности желтка овулировавших икринок.

Оценку самок по характеру распределения жировых капель на поверхности желтка овулировавших икринок проводили, используя работу группы польских учёных [A lack of consistent..., 2009]. По распределению жировых капель на поверхности желтка овулировавших икринок самки условно образовали три группы: I группа самок – равномерное распределение жировых капель на поверхности желтка икры, II группа самок – в икре некоторые жировые капли сгущаются и соединяются, III группа самок – жировые капли в икре крупные, объединяются на одном полюсе.

Тестирование самок на наличие в икре содержимого лопнувших икринок.

Оценку самок по наличию в отцеженной икре содержимого лопнувших яйцеклеток проводили визуально по показателю помутнения смеси воды с икрой и воды с полостной жидкостью, а также инструментально при помощи измерения рН полостной жидкости.

Самок оценивали индивидуально. Перед отбором брюшко самок протирали насухо чистой ветошью. Икру отцеживали на сито, обтянутое марлей, что

позволяло отделить от неё полостную жидкость. Отбор проб полостной жидкости и икринок для анализа производили в середине сцеживания.

Для визуальной оценки использовали порцию икринок, объёмом 10 мл, или полостную жидкость, объёмом 5 мл, помещали их в мерную ёмкость и добавляли воду до 30 или 20 мл соответственно. В зависимости от количества присутствующего белка раздавленных икринок смесь воды с икрой или воды с полостной жидкостью приобретала определённую мутность за счёт коагуляции белка. Степень помутнения смеси оценивали визуально в баллах, согласно разработанной нами шкале (детальное описание приведено в разделе 4.4).

Для определения рН полостной жидкости, также как и в предыдущем случае, использовали пробу полостной жидкости, отобранную в середине сцеживания. Измерения проводили в полевых условиях портативным рН-метром Hanna HI 98127 с точностью до 0,1 ед. Перед каждым опытом рН-метр калибровали по двум точкам стандартными калибровочными буферными растворами с рН 4,00 и 6,99.

Влияние температуры воды на племенные характеристики самок

Изучение влияния температуры воды на племенные характеристики производителей проводили на самках радужной форели августин, камлоопс, адлер, Дональдсона и стальноголовом лососе. Были исследованы особи в возрасте трёх- – четырёх лет. Критериями оценки самок служили особенности их овуляции, динамика созревания рыб в нерестовом сезоне, а также качество икры и потомства.

Температуру в бассейнах измеряли электронным термометром Chektemp-1 ежедневно в середине бассейна на глубине 1,0 м.

Определение стадий зрелости гонад проводили визуально по шкале О.Ф. Сакун и Н.А. Буцкой [1968]. Для этого ежемесячно случайным образом отбирали у каждой породы по 10 экз. рыб, которых вскрывали и определяли стадию зрелости.

Для определения динамики нереста самок проверяли на зрелость два раза в неделю в сроки нереста той или иной породы. Динамику нереста рассчитывали для каждой породы отдельно по доле отнерестившихся в ту или иную декаду самок.

При проверке самок по качеству икры и потомства для оплодотворения использовали сперму самцов, содержащихся при нормальном температурном режиме.

Проводили индивидуальную оценку по качеству икры и потомства самок, отнерестившихся вначале и середине их нерестового сезона. Самок, отнерестившихся в конце их нерестового сезона не оценивали, т.к. они заведомо отличаются плохим качеством половых продуктов [Никандров, Шиндавина, 2006]

Определение влияния введения в посленерестовый рацион самок корма с повышенным содержанием липидов.

Опыт проводили на самках стальноголового лосося в период их выращивания в возрасте от трёх до четырёх лет. После первого нереста в возрасте 3 года самок этой породы разделили на две равные группы по 1000 экз.: опыт и контроль.

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 этим кормом проводили по нормативам, указанным производителем. С месяца № 6 рыб переводили на корм с более низким содержанием липидов (13 %) и далее кормили по традиционной схеме.

Схема проведения опыта представлена в таблице 5, рецептуры используемых кормов – в таблице 6.

Таблица 5 – Схема проведения опыта по введению в посленерестовый рацион самок корма с повышенным содержанием липидов

Месяц по порядку	Рацион кормления			
	контроль		опыт	
I-V	кормление кормами с содержанием липидов 13 %	100 % нормы	кормление кормами с содержанием липидов 28 %	100 % нормы
VI-IX			кормление кормами с содержанием липидов 28 %	100 % нормы
X		50 % нормы		50 % нормы
XI	кормление не проводится (преднерестовый период)		кормление не проводится (преднерестовый период)	
XII	кормление не проводится (нерестовый период)		кормление не проводится (нерестовый период)	

Таблица 6 – Характеристика кормов фирмы «Biomar», применяемых при проведении опыта

Компоненты корма	Рецептура корма	
	корма с содержанием липидов 28 % (<i>Aqualife R90</i>)	корма с содержанием липидов 13 % (<i>Ecogen 13</i>)
Сырой протеин, %	42,0	50,0
Сырой жир, %	28,0	13,0
Углеводы, %	14,0	17,0
Клетчатка, %	2,9	1,9
Зола, %	7,0	9,5
Фосфор, %	0,9	1,3
Валовая энергия, кДж	23,9	20,2
Перевариваемая энергия, кДж	21,4	18,4
Обменная энергия, кДж	19,4	16,1

Гидрохимические показатели воды в бассейнах были одинаковые, оптимальные для содержания производителей. Курсов антибактериального кормления за период исследования не проводили.

В период созревания самок на зрелость просматривали раз в три–четыре дня. Динамику нереста рассчитывали для каждой группы отдельно как процентное отношение отнерестившихся в декаду самок к общему числу отнерестившихся самок.

Бонитировку самок проводили согласно Рекомендациям по формированию ремонтно-маточных стад ... [2003], используя бонитировочную доску, с точностью измерений 0,1 см и весы точностью 0,5 г.

Относительная рабочая плодовитость – количество икры, продуцируемое на единицу массы тела. Относительную рабочую плодовитость, *ОРП*, шт./кг, рассчитывали по формуле (7) как частное от деления количества икры, полученной при отцеживании, на массу тела самки без икры:

$$ОРП = \frac{РП}{M - M_{икры}}, \quad (7)$$

где *РП* – рабочая плодовитость, шт.;

M – масса тела, кг;

M_{икры} – масса икры, кг.

По качеству икры и потомства самок оценивали индивидуально.

Оценка различных сред для оплодотворения икры.

В данной работе были испытаны три оплодотворяющих раствора разной рецептуры:

– раствор №1: под условным названием «раствор Хамора» [Новоженин, Линник, Сычев 1983];

– раствор №2: [Микодина, Панченков, Яблоков, 1990];

– раствор № 3: широко известный за рубежом под непатентованным названием D532 [Billard,1992].

Химический состав растворов приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Химический состав оплодотворяющих растворов

Оплодотворяющий раствор	Условное название раствора	Состав раствора (на 10 л дистиллированной воды)
раствор №1	раствор Хамора	60 г NaCl 2 г CaCl ₂ 45 г CO(NH ₂) ₂
раствор №2	–	90,4 г NaCl 2,4 г KCl 2,6 г CaCl ₂
раствор №3	трис-буферный, D532	73,1 г NaCl 24,2 г (HOCH ₂) ₃ CNH ₂ 22,5 г NH ₂ CH ₂ COOH pH до 9,0

Также в этой серии экспериментов использовали воду с модифицированным изотопным составом (обеднённую по дейтерию и тритию), т.н. «лёгкую воду». Она была получена в опытной установке центра водоподготовки ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет».

Для проверки возможности использования «лёгкой воды» в качестве среды для оплодотворения использовали две степени очистки:

- «лёгкая вода» I – 85 мг дейтерия/л;
- «лёгкая вода» II – 175 мг дейтерия/л.

Контролем во всех экспериментах служила природная вода с естественным уровнем содержания дейтерия, поступающая в инкубационные аппараты (350 мг дейтерия/л). Перед оплодотворением температуру всех растворов выравнивали по температуре воды в контроле.

Для проверки эффективности действия оплодотворяющих растворов для активации спермы использовали такие же оплодотворяющие растворы, как и для апробации растворов при оплодотворении икры, то есть растворы №№ 1, 2 и 3.

Влияние кислорода на качество спермы в процессе хранения

Самцов по степени подвижности спермы разделили на три группы:

- группа I – подвижны 100 % сперматозоидов;
- группа II – подвижны от 50 до 100 % сперматозоидов;
- группа III – подвижны менее 50 % сперматозоидов.

Каждую порцию спермы разделили на две пробирки, к одной закачали медицинский кислород и закрыли, другую – только закрыли ватным тампоном. Все пробы в течение 24 часов хранили в холодильнике при температуре 4–6 °С. Через сутки провели повторную проверку активности и подвижности сперматозоидов.

Статистическая обработка данных.

Для статистической оценки полученных результатов нами были использованы стандартные методы вариационной статистики [Лакин, 1990; Боровиков, Боровиков, 1998].

Рассчитывали следующие основные статистические параметры: среднее значение показателя или признака (\bar{x}), стандартную ошибку среднего значения ($\pm m_{\bar{x}}$), максимальное значение показателя или признака (max), минимальное значение показателя или признака (min).

Определение степени влияния факторов на признаки (показатели) изучали при помощи модели однофакторного дисперсионного анализа.

Степень варьирования признака (показателя) определяли по величине коэффициента вариации (CV).

Характер и силу связи между признаками (показателями) определяли с помощью коэффициента корреляции (r).

Для попарного сравнения средних значений признаков (показателей) использовали t-критерий Стьюдента, определяемый либо для зависимых, либо для независимых переменных.

Достоверность отличий оценивали по величине уровня значимости (*p-level*). Отличия считались достоверными на 95 % уровне значимости, если его величина изменялась в пределах от 0,01 до 0,05 включительно и на 99 % уровне значимости при его величине от 0,00 до 0,01 включительно.

Расчёты проведены с использованием пакетов компьютерных программ *Statistica for Windows 12.0* и *Microsoft Excel 2010*, а также специализированной программы, разработанной для племенных форелеводческих заводов «Бонитировочный журнал».

4 Совершенствование методов ранней оценки качества самок по характеристикам икры

Исследования, проведённые на разных видах лососевых рыб, показали, что в заводских условиях выживаемость эмбрионов определяется главным образом качеством самок. Влияние самцов на жизнеспособность потомства проявляется в слабой степени, либо не наблюдается совсем [Smith, Fretwell, 1974; Nagler, Persons, Cloud, 2000; Einum, Fleming, 2000; Wipf, Barnes, 2012 и др.]. Поэтому при оценке производителей по качеству половых продуктов и потомства наибольшее внимание мы уделили исследованиям самок.

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

Ранняя оценка качества самок начинается с определения средней массы овулировавших икринок и их изменчивости по массе.

Массу икринок рассматривают в качестве конечного признака характеристики самок и исходного – в оценке потомства. С размером икры у лососевых рыб связывают темпы роста зародышей и личинок [Галкина, 1967; Казаков, Мельников, 1980; Стасюнайте, 1983; Beaham, Withler, Morley, 1985]. После перехода личинок на внешнее питание эта взаимосвязь, по мнению некоторых авторов, утрачивается [Springate, Bromage, 1985; McKay, Ihssen, Friars, 1986]. Существует ряд работ, в которых показано влияние размера икринок на последующую жизнеспособность эмбрионов [Small, 1979; Pitmann, 1979].

Целью данного раздела нашей работы являлось изучение возможности определения по средней массе икринок или изменчивости их массы (оценённой по величине коэффициента вариации) качественных характеристик икры и потомства и, как следствие, – оценки качества самок на раннем этапе отбора. Для этого нами были проанализированы результаты индивидуальных оценок

разновозрастных и разнопородных самок радужной форели за период с 2007 по 2013 гг.

Сведения по средней массе икринок и качеству потомства различных пород радужной форели за период исследований приведены в таблице 8.

Как следует из данных таблицы 8, между указанными показателями имелись определённые отличия. При помощи однофакторных дисперсионных анализов мы проанализировали для каждой породы достоверность влияния возраста рыб, а также года исследования на среднюю массу икринок и показатели качества икры и потомства (таблицы А.1 и А.2).

Установлено, что разновозрастные самки у всех исследованных пород радужной форели достоверно различались по средней массе икринок (таблица А.1). С возрастом у производителей средняя масса икринок увеличивалась. При этом качество потомства в целом у отдельных пород не зависело от возраста самок (таблица А.1).

Однако показатели оплодотворяемости, выживаемости и выхода эмбрионов внутри каждой возрастной группы той или иной породы достоверно изменялись в зависимости от года наблюдений (таблица А.2).

По этой причине определение возможной связи массы икринки и показателей качества потомства мы проводили при помощи корреляционного анализа с учётом года исследования, возрастной группы и породной принадлежности.

В первую очередь на большом фактическом материале (оценено 1202 самки) мы проанализировали возможную взаимосвязь средней массы икринки с качественными характеристиками икры и потомства. Результаты проведённых корреляционных анализов между показателем «средняя масса икринки» и качественными характеристиками икры и потомства (оплодотворяемость икры, выживаемость эмбрионов, их выход на стадии пигментации глаз) приведены в таблицах Б.1–Б.5.

Таблица 8 – Характеристики средней массы икринки, качества икры и потомства различных пород радужной форели

Возраст самок	Год исследований	Объём выборки, экз.	Средняя масса икринки, мг	Показатели качества икры и потомства, %		
				оплодотворяемость икры	выживаемость эмбрионов	выход эмбрионов
августин						
2 года	2008	20	$\frac{46,4 \pm 2,07}{28,1-71,4}$	$\frac{81 \pm 5,5}{0-100}$	$\frac{79 \pm 3,9}{38-98}$	$\frac{66 \pm 5,9}{0-96}$
	2009	18	$\frac{42,1 \pm 1,60}{26,7-53,2}$	$\frac{85 \pm 3,7}{45-99}$	$\frac{78 \pm 5,2}{10-99}$	$\frac{68 \pm 6,0}{7-98}$
	2010	16	$\frac{39,7 \pm 1,18}{32,0-48,0}$	$\frac{88 \pm 3,0}{60-100}$	$\frac{67 \pm 8,1}{0-96}$	$\frac{60 \pm 7,5}{0-94}$
	в среднем	54	$\frac{43,0 \pm 1,06}{26,7-71,4}$	$\frac{84 \pm 2,5}{0-100}$	$\frac{75 \pm 3,3}{0-99}$	$\frac{65 \pm 3,7}{0-98}$
3 года	2008	32	$\frac{52,0 \pm 1,07}{41,7-69,4}$	$\frac{71 \pm 5,6}{0-100}$	$\frac{77 \pm 3,9}{0-99}$	$\frac{56 \pm 5,3}{0-89}$
	2009	29	$\frac{53,8 \pm 1,02}{42,7-64,9}$	$\frac{82 \pm 4,8}{13-100}$	$\frac{90 \pm 1,5}{68-100}$	$\frac{75 \pm 4,5}{10-96}$
	2010	25	$\frac{65,4 \pm 1,64}{47,1-83,1}$	$\frac{97 \pm 0,9}{82-100}$	$\frac{81 \pm 4,7}{19-100}$	$\frac{78 \pm 4,7}{18-99}$
	2011	26	$\frac{55,5 \pm 1,41}{42,8-69,6}$	$\frac{73 \pm 6,3}{0-100}$	$\frac{69 \pm 5,7}{0-98}$	$\frac{47,4 \pm 5,7}{0-88}$
	в среднем	112	$\frac{54,2 \pm 0,65}{35,6-76,8}$	$\frac{80 \pm 2,7}{0-100}$	$\frac{80 \pm 2,1}{0-100}$	$\frac{63 \pm 7,8}{0-99}$

Возраст самок	Год исследований	Объем выборки, экз.	Средняя масса икринки, мг	Показатели качества икры и потомства, %		
				оплодотворяемость икры	выживаемость эмбрионов	выход эмбрионов
камлоопс						
2 года	2008	19	$\frac{45,8 \pm 1,27}{34,2-56,2}$	$\frac{74 \pm 7,8}{0-100}$	$\frac{93 \pm 1,9}{75-100}$	$\frac{70 \pm 7,6}{0-98}$
	2009	15	$\frac{43,2 \pm 1,27}{37,3-55,6}$	$\frac{94 \pm 1,8}{73-100}$	$\frac{77 \pm 5,4}{18-96}$	$\frac{82 \pm 5,4}{24-99}$
	2010	15	$\frac{41,5 \pm 1,02}{34,3-49,7}$	$\frac{82 \pm 5,2}{34-99}$	$\frac{73 \pm 7,4}{0-100}$	$\frac{60 \pm 7,6}{0-97}$
	2011	18	$\frac{35,6 \pm 1,46}{21,8-46,7}$	$\frac{97 \pm 0,6}{92-100}$	$\frac{98 \pm 0,4}{96-100}$	$\frac{95 \pm 0,8}{89-98}$
	в среднем	67	$\frac{40,2 \pm 0,72}{21,8-56,8}$	$\frac{85 \pm 2,8}{0-100}$	$\frac{84 \pm 2,9}{0-100}$	$\frac{75 \pm 3,6}{0-100}$
3 года	2008	36	$\frac{67,8 \pm 1,12}{47,6-80,6}$	$\frac{89 \pm 1,4}{66-100}$	$\frac{91 \pm 1,7}{55-100}$	$\frac{81 \pm 1,9}{47-98}$
	2009	34	$\frac{64,9 \pm 1,1}{51,5-80,6}$	$\frac{98 \pm 0,3}{90-100}$	$\frac{89 \pm 2,6}{18-98}$	$\frac{87 \pm 2,6}{18-98}$
	2010	30	$\frac{67,1 \pm 1,24}{55,9-82,1}$	$\frac{73 \pm 5,7}{0-99}$	$\frac{59 \pm 6,1}{0-99}$	$\frac{46 \pm 5,9}{0-95}$
	2011	15	$\frac{57,1 \pm 1,40}{47,9-66,9}$	$\frac{92 \pm 5,7}{13-100}$	$\frac{95 \pm 2,0}{74-100}$	$\frac{89 \pm 5,9}{10-100}$

Продолжение таблицы 8

Возраст самок	Год исследований	Объём выборки, экз.	Средняя масса икринки, мг	Показатели качества икры и потомства, %		
				оплодотворяемость икры	выживаемость эмбрионов	выход эмбрионов
3 года	2013	33	$\frac{60,0 \pm 1,19}{49,4-74,0}$	$\frac{88 \pm 3,1}{6-100}$	$\frac{94 \pm 1,0}{76-100}$	$\frac{83 \pm 3,1}{6-100}$
	в среднем	148	$\frac{64,2 \pm 0,62}{47,6-82,1}$	$\frac{88 \pm 1,6}{0-100}$	$\frac{86 \pm 1,8}{0-100}$	$\frac{76 \pm 2,1}{0-100}$
адлер						
2 года	2009	18	$\frac{49,1 \pm 1,25}{35,2-57,5}$	$\frac{95 \pm 1,7}{70-100}$	$\frac{96 \pm 1,2}{79-100}$	$\frac{91 \pm 2,3}{64-99}$
	2010	18	$\frac{40,3 \pm 0,71}{31,6-43,0}$	$\frac{95 \pm 2,4}{65-100}$	$\frac{93 \pm 2,1}{69-100}$	$\frac{89 \pm 3,6}{45-99}$
	2011	61	$\frac{52,3 \pm 0,76}{39,4-67,9}$	$\frac{96 \pm 1,0}{45-100}$	$\frac{97 \pm 0,7}{61-100}$	$\frac{93 \pm 1,2}{44-100}$
	в среднем	97	$\frac{49,5 \pm 0,72}{31,6-67,9}$	$\frac{95 \pm 0,8}{45-100}$	$\frac{96 \pm 0,7}{61-100}$	$\frac{92 \pm 1,1}{44-100}$
3 года	2008	45	$\frac{77,8 \pm 1,05}{60,2-94,3}$	$\frac{95 \pm 0,8}{78-100}$	$\frac{99 \pm 0,4}{88-100}$	$\frac{94 \pm 0,8}{78-100}$
	2009	39	$\frac{77,9 \pm 1,34}{63,3-100,0}$	$\frac{95 \pm 0,7}{79-100}$	$\frac{95 \pm 0,7}{79-100}$	$\frac{91 \pm 1,1}{73-99}$

Возраст самок	Год исследований	Объём выборки, экз.	Средняя масса икринки, мг	Показатели качества икры и потомства, %		
				оплодотворяемость икры	выживаемость эмбрионов	выход эмбрионов
3 года	2010	69	$\frac{73,5 \pm 0,85}{62,0-92,1}$	$\frac{96 \pm 0,6}{70-100}$	$\frac{93 \pm 0,8}{65-100}$	$\frac{88 \pm 1,0}{58-99}$
	2011	44	$\frac{60,6 \pm 0,97}{46,8-80,4}$	$\frac{95 \pm 1,5}{40-100}$	$\frac{94 \pm 1,1}{70-99}$	$\frac{89 \pm 1,9}{40-99}$
	в среднем	197	$\frac{72,5 \pm 0,69}{46,8-100,0}$	$\frac{95 \pm 0,5}{40-100}$	$\frac{95 \pm 0,5}{65-100}$	$\frac{90 \pm 0,6}{40-100}$
4 года	2007	22	$\frac{106,3 \pm 1,68}{88,2-122,1}$	$\frac{92 \pm 1,3}{74-98}$	$\frac{95 \pm 1,5}{70-100}$	$\frac{88 \pm 2,1}{5,2-98}$
Дональдсона						
3 года	2008	45	$\frac{69,9 \pm 0,97}{53,2-87,7}$	$\frac{96 \pm 1,0}{69-100}$	$\frac{98 \pm 0,3}{91-100}$	$\frac{94 \pm 0,9}{69-100}$
	2009	40	$\frac{70,3 \pm 1,27}{54,9-87,7}$	$\frac{94 \pm 0,9}{74-100}$	$\frac{99 \pm 0,4}{86-100}$	$\frac{93 \pm 0,9}{74-99}$
	2010	38	$\frac{74,5 \pm 1,01}{62,5-92,6}$	$\frac{98 \pm 0,5}{86-100}$	$\frac{97 \pm 0,4}{88-100}$	$\frac{95 \pm 0,7}{81-99}$
	2011	38	$\frac{64,8 \pm 0,88}{52-77}$	$\frac{97 \pm 1,0}{65-100}$	$\frac{95 \pm 2,4}{6-100}$	$\frac{91 \pm 2,5}{6-98}$

Возраст самок	Год исследований	Объём выборки, экз.	Средняя масса икринки, мг	Показатели качества икры и потомства, %		
				оплодотворяе- мость икры	выживаемость эмбрионов	выход эмбрионов
3 года	2012	40	$\frac{60,2 \pm 1,01}{48,3-75,1}$	$\frac{98 \pm 0,3}{89-100}$	$\frac{96 \pm 0,6}{85-99}$	$\frac{94 \pm 0,7}{84-99}$
	в среднем	201	$\frac{68,0 \pm 0,57}{48,3-92,6}$	$\frac{97 \pm 0,4}{65-100}$	$\frac{97 \pm 0,5}{6-100}$	$\frac{93 \pm 0,6}{6-100}$
стальноголовый лосось						
2 года	2010	17	$\frac{58,1 \pm 1,59}{44,9-69,3}$	$\frac{93 \pm 3,2}{46-100}$	$\frac{97 \pm 0,5}{93-100}$	$\frac{90 \pm 3,1}{46-99}$
	2011	18	$\frac{56,5 \pm 1,01}{49,0-64,1}$	$\frac{98 \pm 0,7}{90-100}$	$\frac{95 \pm 2,4}{55-100}$	$\frac{93 \pm 2,6}{50-99}$
	в среднем	35	$\frac{57,3 \pm 0,93}{44,9-69,3}$	$\frac{95 \pm 1,6}{46-100}$	$\frac{96 \pm 1,3}{55-100}$	$\frac{92 \pm 2,0}{46-99}$
3 года	2009	39	$\frac{93,7 \pm 1,28}{73,5-108,7}$	$\frac{80 \pm 2,1}{31-99}$	$\frac{98 \pm 0,6}{78-100}$	$\frac{79 \pm 2,1}{30-99}$
	2010	77	$\frac{89,9 \pm 1,02}{70,5-110,0}$	$\frac{97 \pm 0,5}{75-100}$	$\frac{94 \pm 0,8}{60-100}$	$\frac{91 \pm 0,9}{50-99}$
	2011	42	$\frac{86,2 \pm 1,28}{65,2-107,0}$	$\frac{98 \pm 0,5}{83-100}$	$\frac{98 \pm 0,6}{82-100}$	$\frac{95 \pm 0,9}{79-100}$
	2012	46	$\frac{98,5 \pm 1,86}{72,0-133,4}$	$\frac{98 \pm 0,6}{72-100}$	$\frac{96 \pm 0,6}{84-100}$	$\frac{94 \pm 0,9}{64-100}$
	в среднем	204	$\frac{91,8 \pm 0,73}{65,2-133,4}$	$\frac{94 \pm 0,7}{31-100}$	$\frac{96 \pm 0,4}{60-100}$	$\frac{90 \pm 0,7}{30-100}$

Продолжение таблицы 8

Возраст самок	Год исследований	Объём выборки, экз.	Средняя масса икринки, мг	Показатели качества икры и потомства, %		
				оплодотворяемость икры	выживаемость эмбрионов	выход эмбрионов
4 года	2008	42	$\frac{112,9 \pm 1,62}{89,3-138,9}$	$\frac{97 \pm 0,8}{74-100}$	$\frac{99 \pm 0,5}{81-100}$	$\frac{96 \pm 0,9}{74-99}$
	2010	27	$\frac{109,5 \pm 2,97}{72,2-135,6}$	$\frac{91 \pm 1,3}{67-98}$	$\frac{85 \pm 3,9}{20-99}$	$\frac{78 \pm 1,0}{14-96}$
	2011	18	$\frac{106,6 \pm 2,79}{90,4-127,8}$	$\frac{97 \pm 1,0}{86-100}$	$\frac{96 \pm 1,0}{87-100}$	$\frac{92 \pm 1,5}{79-100}$
	в среднем	87	$\frac{110,5 \pm 1,35}{72,2-138,9}$	$\frac{95 \pm 0,6}{67-100}$	$\frac{94 \pm 1,4}{20-100}$	$\frac{90 \pm 1,5}{14-100}$
Примечание – здесь и в аналогичных таблицах числитель – $\bar{x} \pm m_x$, знаменатель – $min-max$						

Для форели августин ни в одной из семи групп не было выявлено достоверной взаимосвязи между средней массой овулировавших икринок и качественными характеристиками икры и потомства (таблица Б.1).

У других пород достоверные взаимосвязи отмечены в отдельные годы в разных возрастных категориях. При этом они имели разнонаправленный характер. Так, достоверная взаимосвязь средней массы икринки проявилась (таблицы Б.2–Б.5):

– с оплодотворяемостью: положительная – у двухгодовалых самок породы адлер в 2010 г., отрицательные – у трёхгодовалых самок породы адлер в 2008 г. и трёхгодовалых самок породы Дональдсона в 2009 г;

– с выживаемостью: положительная – у двухгодовалых самок породы адлер в 2010 г., трёхгодовалых самок породы камлоопс в 2011 г. и трёхгодовалых самок породы стальноголовый лосось в 2010 г.;

– с выходом: положительная – у двухгодовалых самок породы адлер в 2010 г., отрицательная – у трёхгодовалых самок породы адлер в 2008 и 2011 гг., а также у трёхгодовалых самок породы Дональдсон в 2009 г.

Таким образом, связь качества икры и потомства радужной форели со средней массой икринок в отдельных случаях была выявлена, но в целом её можно считать случайной. Так, из 38 проведённых анализов лишь в трёх случаях (8 %) была обнаружена разнонаправленная взаимосвязь между средней массой икринки и оплодотворяемостью и в трёх (8 %) – положительная связь между средней массой икринки и выживаемостью эмбрионов. Выход эмбрионов в 9 % случаев коррелировал со средней массой икринки, но корреляции имели разнонаправленный характер, т.к. данный показатель отражал связь между средней массой икринок и оплодотворяемостью или выживаемостью.

Таким образом, статистически достоверные зависимости между средней массой икринки и показателями качества икры и потомства проявились в отдельные годы в разных породных и возрастных группах. Это даёт основание утверждать, что взаимосвязь качества потомства со средней массой икринки носит случайный характер и не является системным проявлением.

Наши данные согласуются с результатами, полученными ранее другими специалистами, где было показано, что с величиной яйцеклеток не связаны ни оплодотворяемость, ни выход эмбрионов, а изученные характеристики икры обусловлены в большей мере эндогенными факторами, т.е. индивидуальными особенностями отдельных самок [Шиндавина, 2001].

Таким образом, на большом фактическом материале мы показали, что по средней массе овулировавших икринок нельзя судить о возможных результатах инкубации, а, следовательно, этот признак нельзя использовать как критерий ранней оценки качества самок.

Далее, по аналогии, мы изучили изменчивость массы икринок (по коэффициенту её вариации) и возможность использования этого показателя для оценки качества самок. Значения коэффициентов вариации массы овулировавших икринок и показателей качества потомства представлены в таблице 9.

Изменчивость массы икринок, оценённая по величине коэффициента вариации, практически во всех случаях, была невысокой и составляла в среднем 4,6 % при колебаниях от 3,7 до 5,8 %. Самые высокие показатели изменчивости массы икринок отмечены для форели камлоопс, в среднем 5,1 %. Среднее значение исследуемого признака для форели адлер составило 4,7 %. Икра стальноголового лосося на протяжении всего периода исследования отличалась стабильно низкой изменчивостью массы – от 3,7 до 4,2 % (в среднем 3,9 %).

При помощи однофакторных дисперсионных анализов мы проанализировали для каждой породы достоверность влияния возраста рыб, а также года исследования на коэффициент вариации массы икринок и показатели качества икры и потомства (оплодотворяемость икры, выживаемость и выход эмбрионов) (таблица А.3).

Влияние возраста на изменчивость массы икринок не имело статистически достоверного характера ни для одной породы, в то время как год исследования сказывался на изменчивости этого показателя у одной из пород (форель адлер).

Таблица 9 – Изменчивость массы икринки, качество икры и потомства разных пород радужной форели (с учётом возраста самок и года исследований)

в %

Возраст	Год исследований	Объём выборки, экз.	Коэффициент вариации массы овулировавших икринок	Показатели качества икры и потомства		
				оплодотворяемость икры	выживаемость эмбрионов	выход эмбрионов
камлоопс						
2 года	2011	15	$\frac{5,8 \pm 0,33}{3,5-7,9}$	$\frac{97 \pm 0,6}{92-100}$	$\frac{98 \pm 0,4}{96-100}$	$\frac{95 \pm 0,8}{89-98}$
3 года	2011	15	$\frac{4,1 \pm 0,40}{2,0-7,4}$	$\frac{92 \pm 5,7}{13-100}$	$\frac{95 \pm 2,0}{74-100}$	$\frac{89 \pm 5,9}{10-100}$
В среднем		30	$\frac{4,7 \pm 0,17}{2-7,9}$	$\frac{97 \pm 0,6}{13-100}$	$\frac{97 \pm 1,6}{74-100}$	$\frac{94 \pm 1,6}{10-100}$
адлер						
2 года	2010	18	$\frac{5,6 \pm 0,37}{2,4-8,6}$	$\frac{95 \pm 2,4}{65-100}$	$\frac{93 \pm 2,1}{69-100}$	$\frac{89 \pm 3,6}{45-99}$
	2011	61	$\frac{4,2 \pm 0,18}{1,8-7,4}$	$\frac{96 \pm 1,0}{45-100}$	$\frac{97 \pm 0,7}{61-100}$	$\frac{93 \pm 1,2}{44-100}$
3 года	2010	87	$\frac{4,4 \pm 0,21}{1,6-13,3}$	$\frac{95 \pm 0,7}{66-100}$	$\frac{89 \pm 1,7}{0-100}$	$\frac{85 \pm 1,8}{0-99}$
В среднем		166	$\frac{4,5 \pm 0,14}{1,6-13,3}$	$\frac{93 \pm 1,0}{45-100}$	$\frac{95 \pm 0,6}{0-100}$	$\frac{88 \pm 1,1}{0-100}$
стальноголовый лосось						
3 года	2011	54	$\frac{3,8 \pm 0,33}{2,2-13,7}$	$\frac{97 \pm 0,6}{83-100}$	$\frac{94 \pm 2,1}{16-100}$	$\frac{91 \pm 2,1}{14-100}$
4 года	2011	15	$\frac{3,7 \pm 0,29}{2,1-7,9}$	$\frac{96 \pm 1,2}{83-100}$	$\frac{94 \pm 1,1}{16-100}$	$\frac{92 \pm 1,7}{14-100}$
	2012	17	$\frac{4,2 \pm 0,4}{2,0-9,0}$	$\frac{95 \pm 1,5}{86-100}$	$\frac{99 \pm 0,4}{87-100}$	$\frac{93 \pm 1,8}{79-100}$
В среднем		86	$\frac{3,9 \pm 0,18}{2-13,7}$	$\frac{95 \pm 1,4}{81-100}$	$\frac{96 \pm 0,5}{16-100}$	$\frac{91 \pm 1,4}{14-100}$

Учитывая, что в зависимости от года исследования показатели качества потомства достоверно изменяются (таблица А.2), мы провели корреляционные анализы по выявлению взаимосвязи между коэффициентом вариации массы икринок и оплодотворяемостью икры, выживаемостью и выходом эмбрионов с учётом года исследования, возраста самок радужной форели и их породной принадлежности (таблица Б.6).

В пяти из восьми случаев (63 %) выживаемость эмбрионов была статистически достоверно отрицательно взаимосвязана с коэффициентом изменчивости массы икринок. При этом достоверная связь изменчивости массы икринок и выживаемости эмбрионов отмечена для породы адлер во всех случаях, для пород камлоопс и стальноголовый лосось – для одного из трёх.

Оплодотворяемость была связана с изменчивостью икринок по массе только в одном исследовании (у форели камлоопс в 3 года).

Связь выхода эмбрионов с коэффициентом изменчивости массы икринок обнаружена в тех же вариантах, что и с выживаемостью (таблица Б.6).

Ранее при исследовании разноразмерности икринок радужной форели [Савостьянова, Слуцкий, 1974; Савостьянова, Никандров, 1974, 1976; Слуцкий, 1980] было установлено, что индивидуальная изменчивость икринок у одновозрастных самок невелика, коэффициенты вариации составляют 5–7 %. Исключением являлись впервые созревающие самки, у которых этот показатель возрастал до 11–12 %. Увеличение изменчивости икринок по массе и размеру у отдельных самок сопровождалось, как правило, снижением выживаемости эмбрионов. Это дало основание авторам рассматривать размер и массу овулировавших икринок и величину их изменчивости по этому признаку в качестве показателя рыбоводной ценности самок, а также как показатель селекционной ценности рыб.

Наши исследования подтвердили возможность использования показателя изменчивости массы икринок как критерия для оценки выживаемости будущих эмбрионов. Однако следует отметить тот факт, что данный метод очень трудоёмок и занимает значительное количество времени. Для оценки необходимо

использовать свежую овулировавшую икру. Измерение пробы икры от одной самки двумя исследователями занимает порядка 20 минут, следовательно, за 8 часов непрерывной работы будет обработано не более 24 проб. Этот метод оценки нельзя использовать на племенных заводах, когда в воспроизводстве участвуют сотни, а иногда и тысячи самок.

Рекомендовать данный критерий ранней оценки самок можно в тех случаях, когда вариабельность массы икринки значительна и обнаруживается визуально.

4.2 Оценка по относительному увеличению массы икринок во время набухания

Метод ранней оценки качества самок по относительному увеличению массы икринок во время набухания был сравнительно недавно предложен австрийскими учёными [Lahnsteiner, Patzner, 2002].

В серии опытов, проведённых на озерной форели, они установили, что коэффициент корреляции между массой икринки при набухании и выходом эмбрионов был положительным ($r=0,58$) и статистически достоверным ($p=0,05$). Икра высокого качества имела достоверно больший уровень поглощения воды ($12,1 \pm 2,1$ %) по сравнению с икрой низкого качества ($3,4 \pm 1,7$ %).

Апробация предложенного метода была проведена нами на племзаводе «Адлер» в 2009–2010 гг [Апробация экспресс-методов ..., 2011]. Для того, чтобы наиболее полно охватить разнообразие по качеству икры и её массе, мы использовали икру разновозрастных самок четырёх пород радужной форели, которые созревали в разное время нерестового сезона (с осени по весну). Результаты экспериментов представлены в таблице 10.

Степень набухания икры в разных вариантах опыта менялась от 9,7 до 18,8 %, составляя в среднем 13,1 %.

Икра самок одного возраста, но разных пород набухала неодинаково. Так, наибольшее увеличение массы икринок в процессе набухания мы зарегистрировали у двухгодовалых самок форели адлер в 2009 г. (в среднем на

18,4 %), а наименьшее – у двухгодовалых самок форели камлоопс в 2009 г. (в среднем на 10,2 %).

При этом год исследования в отдельных случаях достоверно влиял на степень набухания икры (таблица 11). В разные годы исследований у двухгодовалых самок августина и трёхгодовалых – камлоопса степень набухания икры достоверно различалась ($F=6,41$, $p=0,01$ и $F=15,35$, $p=0,01$ соответственно).

Таблица 10 – Показатели степени набухания икры и качество икры и потомства у разновозрастных самок нескольких пород радужной форели в разные годы исследований

Возраст самок, годы	Год исследований и объём выборки	Масса овулировавших икринок, мг	Степень набухания икры, % массы	Показатели качества икры и потомства, %		
				оплодотворяемость икры	выживаемость эмбрионов	выход эмбрионов
августин						
2	2009 год, n=15	$\frac{41,4 \pm 1,74}{26,7-50,0}$	$\frac{9,9 \pm 1,03}{1,5-15,6}$	$\frac{85 \pm 4,4}{45-99}$	$\frac{80 \pm 3,8}{40-99}$	$\frac{70 \pm 5,7}{18-98}$
	2010 год, n=17	$\frac{39,5 \pm 1,13}{32,0-48,0}$	$\frac{13,1 \pm 0,77}{6,9-20,4}$	$\frac{88 \pm 3,0}{50-100}$	$\frac{67 \pm 7,6}{0-96}$	$\frac{60 \pm 7,6}{0-94}$
3	2010 год, n=25	$\frac{56,4 \pm 1,71}{35,6-76,8}$	$\frac{16,6 \pm 1,20}{7,3-32,3}$	$\frac{97 \pm 0,9}{82-100}$	$\frac{80 \pm 4,7}{19-100}$	$\frac{78 \pm 4,7}{18-99}$
камлоопс						
2	2009 год, n=10	$\frac{42,1 \pm 1,19}{37,6-50,0}$	$\frac{9,7 \pm 1,19}{3,6-15,2}$	$\frac{92 \pm 2,5}{73-98}$	$\frac{84 \pm 7,1}{24-99}$	$\frac{79 \pm 7,4}{18-94}$
	2010 год, n=17	$\frac{41,6 \pm 0,94}{34,3-49,7}$	$\frac{10,7 \pm 0,88}{4,8-16,9}$	$\frac{70 \pm 5,3}{34-98}$	$\frac{74 \pm 6,5}{0-100}$	$\frac{58 \pm 6,9}{0-97}$
3	2009 год, n=14	$\frac{68,1 \pm 2,35}{56,2-82,0}$	$\frac{17,3 \pm 2,13}{7,7-34,7}$	$\frac{72 \pm 6,8}{0-99}$	$\frac{56 \pm 7,3}{0-99}$	$\frac{78 \pm 7,8}{3-97}$
	2010 год, n=24	$\frac{66,9 \pm 1,39}{55,9-82,1}$	$\frac{9,9 \pm 0,74}{0-15,6}$	$\frac{73 \pm 7,0}{0-99}$	$\frac{55 \pm 7,4}{0-96}$	$\frac{47 \pm 7,2}{0-95}$

Возраст самок, годы	Год исследований и объём выборки	Масса овулировавших икринок, мг	Степень набухания икры, % массы	Показатели качества икры и потомства, %		
				оплодотворяемость икры	выживаемость эмбрионов	выход эмбрионов
адлер						
2	2009 год, n=18	$49,1 \pm 1,25$ 35,2–57,5	$18,4 \pm 2,53$ 8,6–58,2	$95 \pm 1,7$ 70–100	$96 \pm 1,2$ 79–100	$91 \pm 2,3$ 64–99
	2010 год, n=18	$40,2 \pm 0,71$ 31,6–43,0	$12,3 \pm 1,79$ 4,6–40,5	$95 \pm 2,4$ 65–100	$93 \pm 2,1$ 69–100	$89 \pm 3,6$ 45–99
стальноголовый лосось						
2	2010 год n=15	$57,5 \pm 1,75$ 44,9–69,3	$11,4 \pm 1,02$ 4,9–21,8	$93 \pm 3,6$ 47–100	$97 \pm 0,5$ 93–100	$90 \pm 3,5$ 46–99
3	2010 год n=29	$85,0 \pm 1,68$ 70,5–110,7	$12,8 \pm 0,17$ 3,0–21,1	$98 \pm 0,5$ 91–100	$93 \pm 1,3$ 73–100	$91 \pm 1,3$ 71–99

В пределах каждой выборки была выявлена большая вариабельность по степени набухания икры: максимальные значения превышали минимальные в 3–10 раз (таблица 10).

Таблица 11 – Результаты однофакторных дисперсионных анализов по оценке влияния года исследования на набухаемость икры у отдельных пород радужной форели

Порода	Возраст	df effect	MS effect	df Error	MS Error	F	p-level
Августин	2	1	90	29	13	6,97	0,01
Камлоопс	2	1	7	25	14	0,55	0,47
Камлоопс	3	1	483	36	31	15,35	0,01
Адлер	2	1	330	34	87	3,80	0,06

Для выявления возможной зависимости между набухаемостью икры и показателями качества потомства нами был проведён корреляционный анализ

между этими признаками с учётом года исследования, а также возрастной и породной принадлежности рыб (таблица 12).

В результате анализа было показано, что только в семи случаях из 33 отмечена достоверная корреляция между степенью набухания икры и характеристиками икры и потомства, а именно:

– отрицательная зависимость между набухаемостью и оплодотворяемостью икры у двухголовалых самок форели адлер в 2010 г.;

– положительная зависимость между набухаемостью и выживаемостью икры у двухгодовалых самок форели августин и адлер в 2010 г. и отрицательная – у трёхгодовалых самок форели камлоопс в 2010 г.;

– положительная зависимость между набухаемостью и выходом у двухгодовалых самок форели августин и адлер в 2010 г. и отрицательная – у трёхгодовалых самок форели камлоопс в 2010 г.

Авторы метода [Lahnsteiner, Patzner, 2002] разделили самок на две группы. В одну группу вошли самки, у которых выход эмбрионов был ниже 25 %, а в другую – выше 75 %. Самки со средними значениями выхода эмбрионов в расчёт не брали. У всех этих самок определяли набухаемость икры. В результате исследователи обнаружили, что икра с низкими показателями качества потомства имела низкую набухаемость.

Таблица 12 – Коэффициенты корреляции между степенью набухания икры и показателями качества потомства

Возраст рыб, годы	Год исследования	Объём выборки, экз.	$\frac{r}{p\text{-level}}$		
			оплодотворяемость	выживаемость	выход
августин					
2	2009	15	$\frac{-0,05}{0,85}$	$\frac{-0,25}{0,37}$	$\frac{-0,13}{0,65}$
	2010	17	$\frac{0,08}{0,77}$	$\frac{0,74}{0,01}$	$\frac{0,65}{0,01}$
3	2010	25	$\frac{-0,09}{0,68}$	$\frac{0,12}{0,57}$	$\frac{0,10}{0,64}$

Возраст рыб, годы	Год исследования	Объём выборки, экз.	$\frac{r}{p\text{-level}}$		
			оплодотворя- емость	выживаемость	выход
камлоопс					
2	2009	10	$\frac{0,46}{0,18}$	$\frac{0,48}{0,16}$	$\frac{0,47}{0,17}$
	2010	17	$\frac{-0,12}{0,63}$	$\frac{0,38}{0,13}$	$\frac{0,25}{0,33}$
3	2009	14	$\frac{-0,75}{0,01}$	$\frac{-0,13}{0,65}$	$\frac{-0,27}{0,35}$
	2010	13	$\frac{0,10}{0,64}$	$\frac{0,49}{0,01}$	$\frac{0,51}{0,01}$
адлер					
2	2009	18	$\frac{-0,07}{0,78}$	$\frac{-0,09}{0,72}$	$\frac{-0,09}{0,71}$
	2010	18	$\frac{-0,73}{0,01}$	$\frac{-0,59}{0,01}$	$\frac{-0,68}{0,01}$
стальноголовый лосось					
2	2010	15	$\frac{0,32}{0,25}$	$\frac{0,16}{0,58}$	$\frac{0,34}{0,21}$
3	2010	29	$\frac{0,06}{0,74}$	$\frac{-0,07}{0,74}$	$\frac{-0,04}{0,82}$

Мы в своей работе не смогли провести аналогичное исследование, т.к. из 177 проверенных по потомству самок только у шести особей выход эмбрионов был ниже 25 %.

В своих наблюдениях мы не выявили зависимости между степенью набухания икры и выходом эмбрионов на стадии пигментации глаз. Полученные нами данные не совпали с результатами исследований авторов предложенного метода.

Можно предположить, что разночтения в результатах, полученных австрийскими учёными и нами, могли быть обусловлены отличиями во внешних факторах, сопутствующих проведению исследований. Прежде всего, следует

отметить существенные различия в температуре воды и, возможно, в условиях выращивания.

Авторы метода проводили исследования на одном из хозяйств Австрии, где рыб содержали при естественном световом режиме и стабильной температуре воды. Масса тела самок в возрасте 3 года составляла в среднем 820 г. Опыты по изучению набухания икринок проводили при температуре воды 5–6 °С и рН 7,8 [Lahnsteiner, Patzner, 2002]. На племзаводе «Адлер» самки такого же возраста, выращенные в условиях более высоких температур, имели среднюю массу тела около 2000 г. Эксперименты проходили при температурах воды от 9 до 15 °С и рН 7,6–8,0.

Известно, что условия выращивания рыб могут оказывать влияние на формирование микроструктуры оболочки икры. Так, например, в исследованиях, проведённых на карпе, испытывали два рациона кормления производителей: белковый с преобладанием в корме кислых элементов, и углеводный, где преобладали щелочные элементы. Белковый рацион ускорял созревание самок, при этом оболочка икринок была на 18,2 % толще, а её прочность в 2,3 раза больше [Воробьева, Рубцов, Марков, 1986]. В другой работе указывалось, что неблагоприятные условия зимовки сазана в прудах привели к утончению толщины оболочки икринок [Рубцов, 1981].

Изменения в структуре оболочки икры лососевых рыб во время набухания были исследованы ещё в середине XX в. А.И. Зотиным [1954, 1958]. Поглощение воды из окружающей среды осмотически активными веществами, выделяемыми яйцеклеткой в перивителлиновое пространство, начиналось сразу после активации икринок. В это время наблюдали временное ослабление прочности оболочки. Начинаясь несколько позже увеличение прочности оболочек препятствовало дальнейшему поступлению воды внутрь яйцеклетки и в конечном итоге определяло размеры перивителлинового пространства. Таким образом, оболочке икры принадлежит активная роль в характере набухания икринок.

Авторы предложенного метода ранней оценки самок по относительному увеличению массы икринок во время набухания рассмотрели физиологическую

основу оценки качества самок. При активации яйцеклеток из кортикальных пузырьков, расположенных в кортикальном слое оболочки, в перивителлиновое пространство высвобождаются осмолиты, которые обеспечивают осмотическое поступление воды из внешней среды. Ограничение размеров перивителлинового пространства происходит за счёт установления подвижного равновесия между силой всасывания воды и свойствами самой оболочки. Была выдвинута гипотеза о том, что снижение уровня поглощения воды могло быть связано либо с нарушениями в процессе выделения осмолитов из пузырьков, либо с изменением структуры кортикальных пузырьков, из которых происходят осмолиты [Lahnsteiner, Weismann, Patzner, 1999].

По-видимому, следует придавать значение также химическому составу воды, с которой вступает в контакт икра при набухании. Оболочки яиц лососевых рыб легко проницаемы для воды, солей и высокодисперсных коллоидов и непроницаемы для низкодисперсных коллоидов [Зотин, 1958]. Эти вещества и соединения могут оказывать влияние на осмотические процессы, происходящие в икре во время набухания.

Таким образом, учитывая противоречивость полученных результатов, которые, возможно, зависели от условий внешней среды и/или биотехники выращивания, мы не считаем целесообразным рекомендовать предложенный австрийскими специалистами [Lahnsteiner, Patzner, 2002] критерий оценки качества икры для широкого применения.

В наших экспериментах связь степени набухания икры с качеством потомства отмечалась в единичных случаях и, к тому же, носила противоречивый характер. Кроме того, обращают на себя внимание значительные различия в выходе эмбрионов в разные годы при одинаковой степени набухания икры (например, у двухгодовалых самок камлоопса), что также ставит под сомнение возможность применения этого метода для индивидуальной оценки самок по качеству потомства.

Таким образом, результаты наших исследований не согласовывались с выводами работы австрийских учёных. Предложенный критерий не может применяться при оценке самок по качеству потомства в качестве универсального.

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

На данном этапе работы нами была проверена возможность оценки качества самок по характеру распределения жировых капель на поверхности желтка овулировавших икринок.

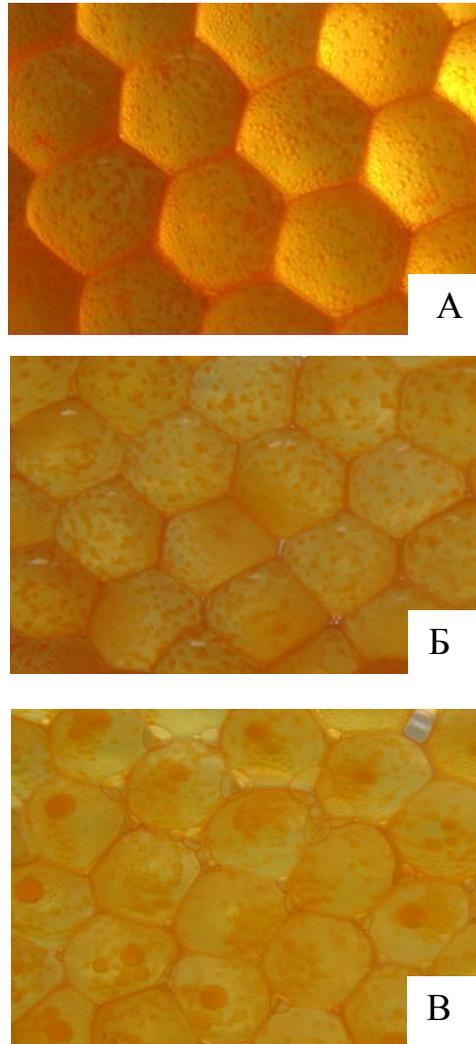
В основу исследований легла методика, предложенная польскими учёными [A lack of consistent ..., 2009]. Её суть заключается в визуальной оценке овулировавших икринок по характеру распределения жировых капель на поверхности желточной оболочки. В экспериментах, проведённых на радужной форели, они показали, что у осенне-нерестящейся форели уровень выживаемости потомства был достоверно связан с распределением жировых капель на поверхности желтка, а у рыб весеннего нереста такая взаимосвязь отсутствовала [A lack of consistent ..., 2009].

На базе племзавода «Адлер» мы провели оценку качества самок по распределению жировых капель на поверхности икринок [Апробация экспресс-методов ..., 2011]. Работы были выполнены в сентябре–ноябре 2008 г.

Показатели оплодотворяемости икры и выхода эмбрионов у самок первого нереста, отличаются, как правило, значительным разнообразием. Можно было ожидать, что это разнообразие отразится и на морфологических особенностях икринок. Поэтому эксперименты были поставлены на впервые нерестящихся двухгодовалых самках радужной форели пород августин и камлоопс. Оплодотворение икры производили в воде и в оплодотворяющем буферном растворе D532.

Действительно, самки по расположению жировых капель в икре условно образовали три группы: с равномерным распределением мелких капель (группа I),

со сгущающимися и соединяющимися каплями (группа II), а также с крупными, объединяющимися на одном полюсе каплями (группа III) (рисунок 12).



А – I группа; Б – II группа; В – III группа

Рисунок 12 – Характер расположения жировых капель на поверхности желтка овулировавших икринок у самок, относящихся к разным группам

При этом у самок форели августин, отнесённых к разным группам, при оплодотворении икры с водой были выявлены различия по качеству икры и потомства (оплодотворяемость икры и выход эмбрионов) (таблица 13).

При этом средние значения процента оплодотворения икры и выхода эмбрионов были самыми высокими в первой группе, а самыми низкими – в

третьей, т.е. распределялись в соответствие с их характеристиками, данными авторами методики [A lack of consistent ..., 2009].

Таблица 13 – Показатели оплодотворяемости икры и выхода эмбрионов двухгодовалых самок радужной форели в зависимости от характера распределения жировых капель на поверхности икринок

Порода, объём выборки	Условия оплодотворения	Оплодотворяемость икры			Выход эмбрионов		
		группы самок					
		I	II	III	I	II	III
Августин, n=18 экз.	вода	$\frac{60 \pm 27,7}{5-89}$	$\frac{36 \pm 9,9}{3-79}$	$\frac{26 \pm 6,5}{1-53}$	$\frac{52 \pm 25,3}{2-84}$	$\frac{29 \pm 8,7}{0-67}$	$\frac{21 \pm 5,6}{0-41}$
	оплодотворяю- щий раствор	$\frac{80 \pm 17,7}{45-99}$	$\frac{89 \pm 3,6}{72-99}$	$\frac{83 \pm 5,4}{54-99}$	$\frac{63 \pm 23,1}{18-95}$	$\frac{75 \pm 6,1}{46-89}$	$\frac{63 \pm 10,2}{6-98}$
Камлоопс, n=18	вода	$\frac{15 \pm 5,9}{0-38}$	$\frac{42 \pm 17,1}{5-83}$	$\frac{51 \pm 17,2}{1-97}$	$\frac{14 \pm 5,9}{0-37}$	$\frac{25 \pm 15,3}{0-69}$	$\frac{33 \pm 17,6}{1-77}$
	оплодотворяю- щий раствор	$\frac{94 \pm 1,3}{90-98}$	$\frac{84 \pm 5,8}{72-98}$	$\frac{93 \pm 4,0}{78-100}$	$\frac{85 \pm 4,8}{63-94}$	$\frac{56 \pm 14,8}{19-90}$	$\frac{65 \pm 13,0}{17-92}$

Однако эти различия не достигали статистически достоверного уровня даже между первой и третьей группами самок, выделяемыми по распределению жировых капель в икре, где они были наибольшими (таблица 14).

При использовании оплодотворяющего раствора процент оплодотворения икры и выход эмбрионов возрастали. Но по их средним значениям тестируемые группы самок августина достоверно не различались между собой (таблица 14). Внутри каждой группы было выявлено большое разнообразие показателей качества икры (таблица 13).

Таблица 14 – Попарное сравнение результатов инкубации икринок разных групп самок, выделенных по распределению жировых капель на их поверхности, с помощью t-критерия Стьюдента

Порода, объём выборки	Условия оплодотворения	Оплодотворяемость икры			Выход эмбрионов		
		t-критерий p-level			t-критерий p-level		
		I–II	I–III	II–III	I–II	I–III	II–III
Августин n=18	вода	$\frac{0,82}{0,32}$	$\frac{1,20}{0,10}$	$\frac{0,84}{0,40}$	$\frac{0,86}{0,29}$	$\frac{1,20}{0,10}$	$\frac{0,77}{0,44}$
	оплодотворяющий раствор	$\frac{-0,50}{0,48}$	$\frac{-0,16}{0,83}$	$\frac{0,92}{0,39}$	$\frac{-0,50}{0,50}$	$\frac{0,00}{1,00}$	$\frac{1,01}{0,35}$
Камлоопс n=18	вода	$\frac{-1,49}{0,10}$	$\frac{-1,98}{0,03}$	$\frac{-0,37}{0,72}$	$\frac{-0,67}{0,44}$	$\frac{0,24}{0,24}$	$\frac{-0,34}{0,74}$
	оплодотворяющий раствор	$\frac{1,68}{0,04}$	$\frac{0,24}{0,77}$	$\frac{-1,28}{0,10}$	$\frac{1,86}{0,04}$	$\frac{1,44}{0,10}$	$\frac{-0,46}{0,66}$

У самок форели камлоопс, отнесённых ко II и III группам по распределению жировых капель на поверхности желтка, были отмечены оптимальные показатели качества потомства, что противоречит результатам, полученным авторами данной методики. Указанная ситуация наблюдалась и в случае оплодотворения икры в воде, и в случае применения оплодотворяющего раствора. Как и у форели августин, внутри каждой группы самок наблюдали большое разнообразие показателей оплодотворяемости и выхода эмбрионов.

Таким образом, полученные нами результаты не соответствовали сведениям польских специалистов.

Следует отметить, что отнесение самок к той или иной группе, особенно к первым двум носило довольно условный характер и вызывало разногласия у разных наблюдателей. То есть оценка была в значительной степени субъективной. Кроме того, зачастую в пробе икры, взятой от одной самки, отдельные икринки можно было отнести к разным категориям (рисунок 13).

О трудностях чёткого разделения на группы самок по распределению жировых капель на поверхности желтка икринок указывают и сами авторы методики [A lack of consistent ..., 2009].

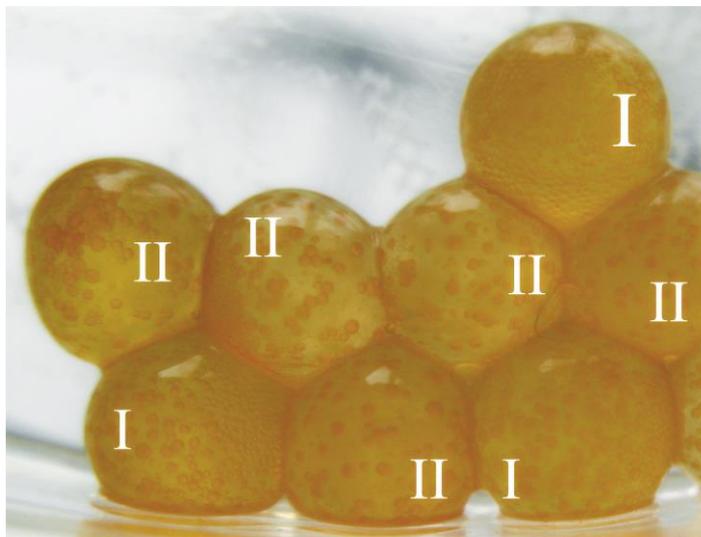


Рисунок 13 – Наличие икринок разных групп в порции икры от одной самки

Таким образом, согласно полученным нами данным, можно сделать вывод о непригодности оценки по распределению жировых капель на поверхности желтка овулировавших икринок для индивидуальной оценки самок по качеству потомства. На наш взгляд, предложенный критерий имеет ряд существенных недостатков.

Во-первых, морфологическая оценка икры в значительной степени субъективна. Разделение самок по морфологии икры на разные группы, особенно на I и II, носило довольно условный характер и нередко вызывало разногласия у разных наблюдателей. Кроме того, в некоторых пробах икры, взятых от одной самки, отдельные икринки можно было отнести к разным группам.

Во-вторых, в пределах отдельных категорий наблюдали большие различия в показателях качества икринок, полученных от разных самок, что исключает возможность проведения индивидуальной оценки самок с использованием этой методики.

Следует отметить, что и сами авторы метода, учитывая разночтения в распределении жировых капель у разных видов лососевых, а также

несогласованность результатов, полученных на двух породах форели, рекомендовали с осторожностью подходить к применению этого способа оценки.

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.

Субъективный характер этого критерия, оцениваемого визуально, ограничивает его применение для индивидуальной оценки самок по качеству икры. Между тем, выявленная тесная взаимосвязь между показателем «мутности» и величиной рН полостной жидкости [Broken eggs ..., 2007] может служить основой для проведения инструментальной оценки.

Исследования мы проводили на племзаводе «Адлер» в 2009–2011 гг [Моисеева, 2011; Оценка самок ..., 2013]. Объект изучения – двух- и трёхгодовалые самки радужной форели разных пород: камлоопс, адлер и стальноголовый лосось. В каждом варианте проверки индивидуально оценивали самок случайной выборки, включающей рыб одного возраста и одной породы, созревших в один день. В качестве критерия оценки использовали оплодотворяемость икры в воде и оплодотворяющем растворе.

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

Польские учёные [Assessment of water turbidity ..., 2004] предложили оценивать смесь воды с икрой, применяя три категории: прозрачная, средней мутности и мутная. Согласно нашим наблюдениям, окраску и мутность взвеси можно визуально разделить на большее количество категорий. Поэтому нами

была разработана собственная визуальная шкала оценки загрязнения икры белком лопнувших икринок. Она представлена на рисунке 14.



0 баллов

1 балл

2 балла

3 балла

4 балла

5 баллов

0 баллов – смесь прозрачная; 1 балл – смесь белёсая, 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 14 – Шкала степени помутнения смеси воды с полостной жидкостью или икрой

Мы провели сравнительный анализ двух способов тестирования: по икре (предложен польскими учёными) и по полостной жидкости.

Исследования провели на 33 самках форели камлоопс двухгодичного возраста. При контакте икры с водой появление «мутности» (1 балл и выше) в смеси наблюдали у 11 самок (33 %), а при смешивании полостной жидкости с водой – у девяти рыб (27 %).

При этом у смеси полостная жидкость–вода мутность в среднем была несколько выше, чем у смеси икра–вода, хотя эти отличия и не имели

статистически достоверного характера ($t_{st} = -1,23$, $p=0,23$). При этом варьирование показателя мутности смеси полостная жидкость–вода имело более широкие пределы, чем изменчивость мутности смеси икра–вода (таблица 15).

Таблица 15 – Результаты теста на «мутность» при использовании смеси воды с икрой и полостной жидкостью

в баллах

Критерий оценки		$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	min–max
Степень мутности смеси	вода – икра	1,4±0,21	0–3
	вода – полостная жидкость	1,8±0,25	0–5

Процент оплодотворения икры при оплодотворении её в воде отличался большим разнообразием, меняясь в пределах от 1 до 86 %, при среднем значении 40 %. Он был статистически достоверно отрицательно взаимосвязан с мутностью смеси полостная жидкость – вода ($r = -0,43$; $p=0,05$). В тоже время, хотя корреляция между процентом оплодотворения и степенью мутности смеси икра – вода также имела отрицательный характер, она оказалась статистически недостоверной ($r = -0,20$; $p=0,44$).

Следовательно, судя по результатам наших исследований, полостная жидкость являлась более точным индикатором для определения степени загрязнения икры содержимым лопнувших икринок. Этот факт может быть 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, этот метод имеет и другие преимущества:

- он не связан с потерями икры, используемой на анализ;

– он даёт возможность применять в качестве дополнительного критерия оценки объективный показатель – рН полостной жидкости.

Поэтому дальнейшую оценку самок мы проводили только с использованием смеси полостная жидкость – вода.

Далее мы исследовали характер взаимосвязи между степенью мутности полостной жидкости, величиной её рН и оплодотворяемостью икры. Результаты представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Оценка самок радужной форели разных пород по характеристикам полостной жидкости и оплодотворяемости икры

Возраст, годы	Объём выборки, экз.	Характеристика полостной жидкости		Оплодотворяемость икры, %	
		рН	степень мутности с водой, балл	в воде	в оплодотворяющем растворе
камлоопс					
2	43	$\frac{7,8 \pm 0,03}{7,3-8,3}$	$\frac{1,7 \pm 0,25}{0,0-5,0}$	$\frac{55 \pm 4,9}{0,7-99}$	$\frac{92 \pm 1,4}{60-100}$
3	103	$\frac{7,9 \pm 0,02}{7,3-8,2}$	$\frac{1,0 \pm 0,11}{0,0-3,0}$	$\frac{70 \pm 2,9}{0-100}$	$\frac{84 \pm 2,7}{0-100}$
адлер					
2	79	$\frac{7,8 \pm 0,03}{7,2-8,1}$	$\frac{1,4 \pm 0,17}{0,0-4,0}$	$\frac{60 \pm 3,9}{0-98}$	$\frac{95 \pm 0,9}{45-100}$
3	162	$\frac{7,9 \pm 0,01}{7,5-8,4}$	$\frac{1,1 \pm 0,10}{0,0-4,0}$	$\frac{79 \pm 1,5}{8-100}$	$\frac{95 \pm 0,4}{66-100}$
стальноголовый лосось					
2	35	$\frac{7,7 \pm 0,05}{6,9-8,2}$	$\frac{2,2 \pm 0,25}{0,0-4,0}$	$\frac{64 \pm 4,3}{0-95}$	$\frac{98 \pm 0,4}{90-100}$
3	135	$\frac{8,1 \pm 0,02}{6,8-8,7}$	$\frac{1,1 \pm 0,09}{0,0-4,0}$	$\frac{70 \pm 2,4}{21-99}$	$\frac{96 \pm 0,5}{80-100}$
все породы					
2	157	$\frac{7,8 \pm 0,02}{6,9-8,2}$	$\frac{1,7 \pm 0,12}{0,0-5,0}$	$\frac{60 \pm 2,5}{0-99}$	$\frac{95 \pm 0,6}{45-100}$
3	400	$\frac{7,9 \pm 0,01}{6,8-8,4}$	$\frac{1,1 \pm 0,06}{0,0-4,0}$	$\frac{74 \pm 1,2}{0-100}$	$\frac{92 \pm 0,9}{0-100}$

Во всех вариантах опыта была получена достоверная отрицательная взаимосвязь между степенью «мутности» смеси полостная жидкость – вода и величиной её рН (таблица 17), из чего можно сделать вывод о закономерном характере выявленных взаимосвязей и возможности использования обоих способов тестирования для индивидуальной оценки самок: визуального – по «мутности» полостной жидкости, и инструментального – по величине рН.

Таблица 17 – Результаты корреляционного анализа между степенью мутности смеси полостная жидкость – вода и величиной её рН

Возраст самок, годы	$\frac{r}{p\text{-level}}$					
	камлоопс	п, экз.	адлер	п, экз.	стальноголовый лосось	п, экз.
2	$\frac{-0,88}{0,01}$	43	$\frac{-0,85}{0,01}$	79	$\frac{-0,86}{0,01}$	35
3	$\frac{-0,61}{0,01}$	103	$\frac{-0,65}{0,01}$	162	$\frac{-0,75}{0,01}$	72

Оплодотворяемость икры в воде в целом была существенно ниже, чем в оплодотворяющем растворе (таблица 16). Проведение однофакторных дисперсионных анализов (таблица 18) по оценке влияния характеристик полостной жидкости радужной форели на оплодотворяемость икры в разных средах показало, что величина рН полостной жидкости и степень помутнения её в смеси с водой достоверно:

- связаны с оплодотворяемостью икры в воде;
- не связаны с оплодотворяемостью икры в оплодотворяющем растворе.

Это ещё раз доказывает, что оплодотворяющие растворы, содержащие смесь солей, в отличие от воды, предотвращают коагуляцию белка, присутствующего в полостной жидкости и за счёт этого повышают эффективность оплодотворения. Основной причиной снижения процента оплодотворения икры в воде, судя по результатам исследований, являлось загрязнение икры содержимым (белком) лопнувших яйцеклеток, имевших слабую оболочку.

Таблица 18 – Результаты однофакторных дисперсионных анализов по оценке влияния характеристик полостной жидкости радужной форели на оплодотворяемость икры в разных средах

Фактор	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
оплодотворяемость икры с использованием воды						
pH полостной жидкости	12	8958	492	514	17,4	0,01
Оценка полостной жидкости по «мутности»	5	17139	499	550	31,1	0,01
оплодотворяемость икры с использованием оплодотворяющего раствора						
pH полостной жидкости	12	311	492	201	1,7	0,10
Оценка полостной жидкости по «мутности»	5	188	499	203	0,92	0,46

Высокая эффективность оплодотворяющих растворов также свидетельствует о том, что яйцеклетки практически всех самок отличались высокой фертильностью.

Содержимое лопнувших икринок снижает pH полостной жидкости, но его негативное действие проявляется только в случае использования в качестве активатора половых продуктов воды. Поэтому следующим этапом работы было определение оценки по «мутности» смеси полостная жидкость – вода и pH полостной жидкости для раннего прогноза уровня оплодотворяемости икры радужной форели при оплодотворении её в воде.

При помощи модели однофакторного дисперсионного анализа мы исследовали влияние породной принадлежности и возраста самок на оценку «по мутности» смеси полостная жидкость – вода и pH полостной жидкости. Результаты приведены в таблице 19.

В результате проведённых статистических анализов показано, что на загрязнение полостной жидкости содержимым лопнувших икринок влияет только возраст самок (таблица 19). Поэтому дальнейший анализ мы проводили без учёта породной принадлежности, но с учётом возрастной группы самок.

Таблица 19 – Результаты однофакторных дисперсионных анализов по оценке влияния породной принадлежности и возраста на оценку смеси полостная жидкость – вода по «мутности» и рН полостной жидкости

Фактор	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
оценка смеси полостная жидкость – вода по «мутности»						
Породная принадлежность	3	0	500	1,8	0,2	0,87
Возраст самок	1	46	503	1,7	26,3	0,01
рН полостной жидкости						
Породная принадлежность	3	0	492	0,1	1,7	0,16
Возраст самок	1	2	503	0,1	33,8	0,01

Мы проанализировали оплодотворяемость икры разновозрастной радужной форели в зависимости от уровня рН полостной жидкости и оценки её по степени мутности смеси полостная жидкость – вода (таблицы 20 и 21).

Таблица 20 – Оплодотворяемость икры в воде в зависимости от рН полостной жидкости у разновозрастных групп радужной форели

в %

рН полостной жидкости	Возрастная группа			
	п, экз.	2 года	п, экз.	3 года
6,8–7,2	4	9±12,5	2	25±4,5
7,3	4	23±12,5	3	58±17,6
7,4	8	29±8,8	2	24±3,9
7,5	12	40±7,2	4	69±11,0
7,6	13	36±6,9	18	51±4,3
7,7	18	51±5,9	38	65±3,9
7,8	20	66±5,6	45	68±4,1
7,9	26	66±4,9	65	73±3,1
8,0	28	80±4,7	74	82±2,0

рН полостной жидкости	Возрастная группа			
	п, экз.	рН полостной жидкости	п, экз.	рН полостной жидкости
8,1	17	87±6,1	37	81±2,4
8,2	4	73±12,4	12	77±3,4
8,3	0	–	5	83±7,4
8,4	0	–	2	94±4,7
среднее	155	60±2,5	307	74±1,4

Наименьший процент оплодотворения регистрировался при рН полостной жидкости в интервале 6,8–7,2 и её оценке по «мутности» в 5 баллов. При этом лучшими показателями характеризовались самки, полостная жидкость которых имела рН выше 8,0, а оценку по «мутности» 0 баллов (у двухгодовалых самок) и 0–1 балл (у трёхгодовалых самок).

Таблица 21 – Оплодотворяемость икры в воде в зависимости от оценки полостной жидкости по «мутности» у разновозрастных групп радужной форели

в %

Оценка полостной жидкости по «мутности», баллы	Возрастная группа			
	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±0,0	0	–

Также из таблицы 20 видно, что при рН полостной жидкости ниже 7,6 можно ожидать, что оплодотворяемость икры будет низкой (ниже 50 %), при рН от 7,7 до 7,9 – средней (оплодотворяемость 50–80 %). При рН полостной жидкости 8,0 и выше прогноз оплодотворяемости икры при использовании воды в качестве активатора будет благоприятным – выше 80 %.

Аналогичные результаты мы получили при анализе самок по оплодотворяемости икры в зависимости от оценки по «мутности» смеси полостная жидкость – вода (таблица 21).

Так, самки с оценкой по «мутности» полостной жидкости в 0 и 1 балл имеют наилучшие показатели результатов инкубации, при оценке 2 и 3 балла – средние, 4 и 5 баллов – самые низкие.

Поэтому критерий ранней оценки самок по показателю «мутности» смеси полостная жидкость – вода, также, как и показатель рН, можно рекомендовать на тех предприятиях, которые используют воду в качестве активатора спермы и икры.

Самки, продуцирующие икру со слабой оболочкой, были обнаружены среди всех пород форели. При этом двухгодовалые рыбы отличались более сильным уровнем загрязнения икры содержимым лопнувших икринок по сравнению с трёхгодовальными (таблица 16). Более низкое качество икры по исследованным признакам, выявленное у двухгодовалых самок в сравнении с трёхгодовальными, по-видимому, является характерной особенностью радужной форели. Ещё в 1960-е гг. было отмечено, что общим свойством молодых самок является разрушение большого количества икринок во время отцеживания по причине слабой оболочки [Nomura, 1964]. Также, по нашему мнению, причиной более сильного разрушения икринок у двухгодовалых особей по сравнению с трёхгодовальными могут служить меньшие размеры тела (700–800 г у двухгодовалых самок и 2000–3000 г – у трёхгодовалых) и, соответственно, полового отверстия, при сравнительно небольшой разнице в размерах икры (40–50 мг у двухгодовалых и 50–80 мг у трёхгодовалых).

Таким образом, результаты наших исследований позволили прийти к следующему заключению.

Полостную жидкость можно использовать для определения уровня загрязнения икры содержимым лопнувших икринок с применением визуальной или инструментальной оценки. В первом случае критерием оценки служит степень «мутности» смеси жидкости с водой, во втором – величина рН полостной жидкости.

Выбор метода тестирования зависит от цели работ. Если проверку проводят в целях разделения икры на «чистую» и «загрязнённую» в полевых условиях производства, тогда пригодна быстрая визуальная оценка по показателю «мутности». Для получения более объективной характеристики производителей по качеству икры в лабораторных условиях следует использовать показатель рН полостной жидкости. В данном случае величина рН является не характеристикой самой полостной жидкости, а индикатором наличия или отсутствия в ней содержимого лопнувших яйцеклеток.

Обнаруженные достоверные корреляции между оценкой полостной жидкости по «мутности», величиной её рН и процентом оплодотворения икры при оплодотворении её в воде позволяют осуществлять раннюю оценку самок по качеству яйцеклеток, проводить мониторинг состояния производителей маточного стада и прогнозировать результаты инкубации. В ходе нереста можно разделять икру, полученную от отдельных самок, и применять дифференцированный подход к биотехнике её оплодотворения. Например, оплодотворять загрязнённую икру индивидуально, не смешивая с чистой, увеличить объёмы оплодотворяющего раствора и спермы при оплодотворении сильно загрязнённой икры или, при значительном объёме половых продуктов, осуществлять выбраковку загрязнённой икры для пищевых целей.

Присутствие в икре содержимого лопнувших икринок существенно снижает процент оплодотворения при использовании воды для активации половых продуктов. В то же время на большинстве хозяйств в качестве оплодотворяющей

среды используют воду. Такая биотехника оплодотворения не допустима для икры, загрязнённой желтком лопнувших икринок.

Снижение процента оплодотворения в воде, вызванное разрушением яйцеклеток во время отцеживания, по-видимому, связано с ослаблением прочности оболочки икры у отдельных яйцеклеток. Причины этого явления, наблюдаемого в последнее время на многих рыбоводных заводах [Assessment of water ..., 2004; Broken eggs decrease pH ..., 2007; Broken eggs influence ..., 2011 и др.] до сих пор не ясны. Негативные последствия этого явления можно устранить с помощью оплодотворяющих растворов.

Исследования, проведённые на племзаводе «Адлер» на самках разных пород радужной форели, показали, что, когда рыб содержали на кормах с высоким процентом животного белка, низким содержанием жира и отсутствием консервантов (до 1992 г.), оплодотворяемость икры была высокой (таблица 22).

Переход рыб на зарубежные корма другой рецептуры (высокий процент растительного белка, высокое содержание жира и добавление консервантов) сопровождался изменением качества икры. Самые низкие показатели оплодотворяемости икры как в воде, так и в оплодотворяющем растворе, были отмечены в период постоянного использования производственных кормов с очень высоким содержанием жира – около 36 % (1995–1997 гг.). С началом использования высококачественных датских кормов с пониженным содержанием жира (13 %), оплодотворяемость икры повысилась, однако не достигла уровня 1990-х гг.

Несмотря на очевидную зависимость оплодотворяемости икры от условий кормления, причины аномального изменения прочности оболочки яйцеклеток пока до конца не ясны [Broken eggs influence ..., 2011]. Этот вопрос сейчас является предметом исследований в разных странах, поскольку значительное снижение уровня оплодотворения было отмечено на многих форелевых хозяйствах мира [Wilcox, 1981; Assessment of water ..., 2004; Broken eggs influence ..., 2011 и др.].

Таблица 22 – Оплодотворяемость икры в зависимости от использования разных кормов

в %

Тип корма, период кормления	Условия оплодотворения	
	в воде	в оплодотворяющем растворе
Гранулированные отечественные корма, до 1992 года	93–98*	_**
Зарубежные корма для товарной рыбы, 1994–1997 гг.	1–50	28–81
Корма для производителей фирмы «Биомар», с 1998 г. и по н. в.	36–76	88–95
Примечания: 1. «*» – пределы средних значений по выборкам; 2. «**» – исследования не проводили		

Если оставить вопрос о причинах снижения прочности оболочки икринок не решенным, этот процесс может привести к более глубоким и, возможно, необратимым последствиям. Можно предположить, что следствием истончения оболочки может явиться преждевременное вылупление личинок из яйцеклетки на завершающих этапах инкубации. В это время ферменты железы вылупления могут более интенсивно разрушать истонченную оболочку. Подобный преждевременный (абортный) выклев будет негативно влиять на выживаемость эмбрионов, снижая её в разы.

По этой причине проблему снижения качества икры, наблюдаемую при современной биотехнике содержания производителей, можно рассматривать в двух аспектах: продолжить проводить эксперименты по изучению влияния различных условий выращивания на племенную характеристику производителей и второе – рассматривать проблему в селекционном аспекте.

Предпосылкой для успешной селекции является наличие в каждой породе радужной форели самок с высокими показателями качества потомства. При проверке племенных рыб, используемых для воспроизводства, были обнаружены самки, у которых оплодотворяемость икры в воде превышала 90 %. В нерестовый

сезон 2009–2010 гг. доля таких особей в выборке составляла: у форели камлоопс – 40 %, у форели адлер – 53 %, у форели Дональдсона и стальноголового лосося – около 10 %. Эти производители представляют большую ценность, поскольку отличаются устойчивостью к воздействию негативных факторов, сохранив высокое качество половых продуктов. Отбор таких особей для дальнейшего разведения может привести к созданию качественно новых маточных стад форели.

В связи с указанным, в последние годы на племзаводе «Адлер» был введён новый селекционный критерий – степень загрязнения икры содержимым лопнувших икринок.

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

5.1 Влияние повышенной температуры воды

Важнейшим фактором, оказывающим огромное влияние на физиологические процессы рыб, как пойкилотермных организмов, является температура воды. Особенно существенно её воздействие на динамику генеративных процессов [Кошелев, 1984; Effect of holding temperature ..., 1996; Pankhurst, King, 2010 и др.].

Нерестовый сезон 2010–2011 гг. на племзаводе «Адлер» отличался неблагоприятными условиями содержания производителей в августе–сентябре 2010 г. Из-за длительной засухи и нехватки воды на заводе в этот период были зарегистрированы критически высокие температуры воды содержания производителей радужной форели. С начала августа до конца сентября среднесуточная температура воды в нагульных бассейнах держалась на уровне 19–20 °С (рисунок 15), что было на 6–7 °С выше оптимальной.

Максимальный подъём температуры зарегистрировали в третьей декаде сентября, когда её значения достигли 20,5 °С. Только с 4 октября началось похолодание, и через четыре дня температура воды в бассейнах снизилась до 14–15 °С (рисунок 15).

Задача данного этапа работ заключалась в изучении воздействия высоких температур воды в летне-осенний период на репродуктивные характеристики и качество потомства самок разных пород радужной форели, находящихся на разных стадиях развития гонад в период воздействия.

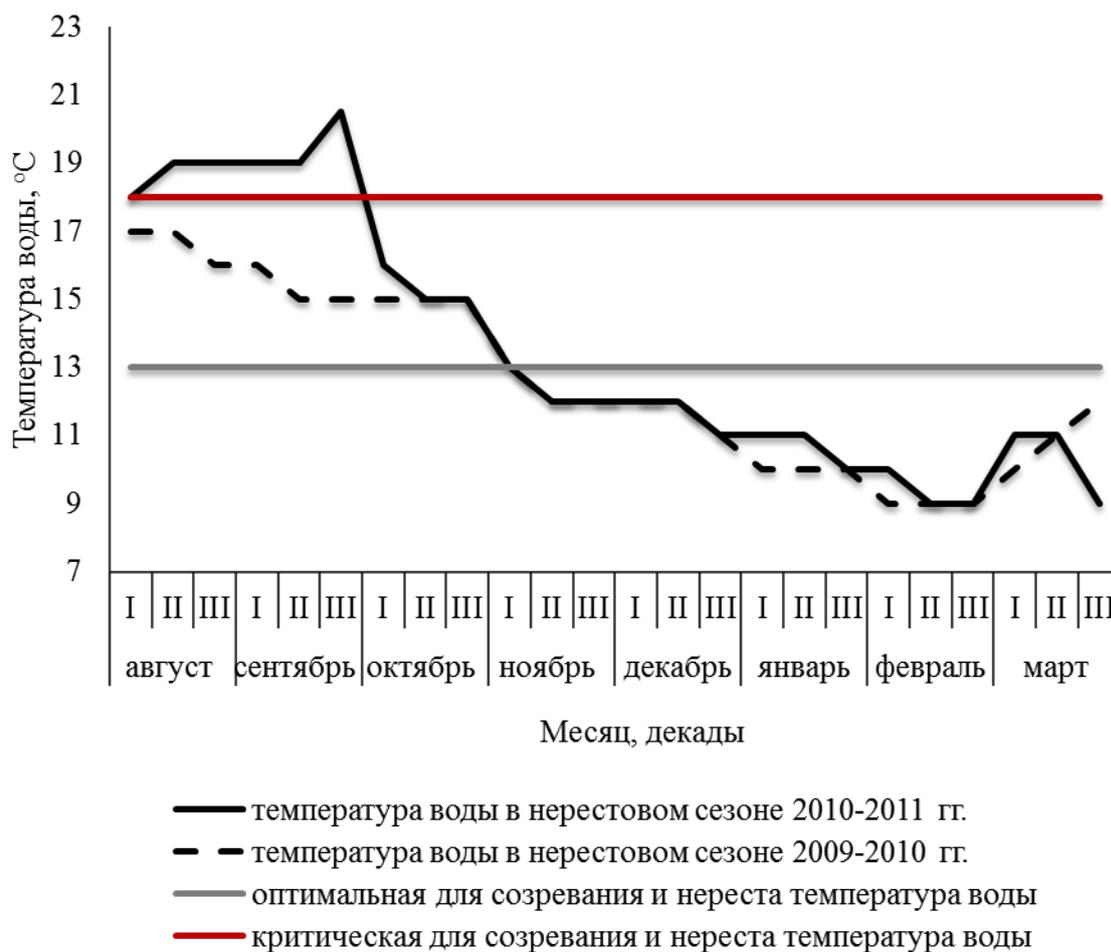


Рисунок 15 – Динамика температуры воды в бассейнах с самками радужной форели

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

Исследования мы проводили на самках в период их выращивания в возрасте от двух до трёх лет. Для сравнения результатов нерестового сезона 2010–2011 гг.

использовали данные благоприятного по температурному режиму сезона 2009–2010 гг. [Моисеева, Шиндавина, Пашков, 2014].

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 нереста самок форели августин на начальных этапах не отличалась от предыдущих лет с благоприятной температурой воды (рисунок 16). Только после подъёма её значений в нерестовых бассейнах выше 20 °С (последняя декада сентября), самки августа резко снизили интенсивность овуляции, но не прекратили её полностью, о чём свидетельствует достаточно большое число самок, отнерестившихся в этот период (рисунок 16).

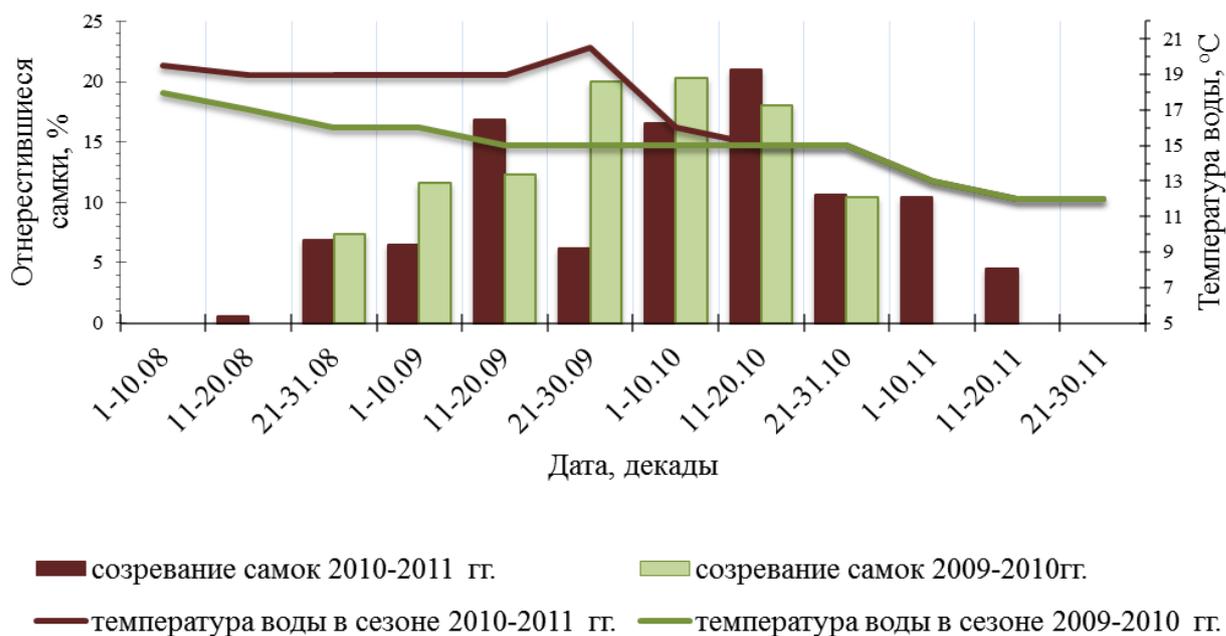


Рисунок 16 – Температурный режим в бассейнах и динамика нереста трёхгодовалых самок форели августин

В это время самки начали продуцировать асинхронно развитую икру, небольшая часть которой была визуальнo нормальной, часть перезревшей, а часть

не овулировала и оставалась в ястыках. При вскрытии рыб обнаружили резорбцию икры, остававшейся в ястыках, оболочка этих икринок была блестящей и утолщенной, что свидетельствовало об их перезревании (рисунок 17).



Рисунок 17 – Перезревание икры радужной форели августин в ястыках

Снижение температуры воды до 18 °С восстановило нормальное созревание самок этой отводки (рисунок 16).

Способность форели августин к овуляции при высокой температуре воды может объясняться тем, что этих рыб с 2000 г. воспроизводят преимущественно в период с 8 по 15 сентября, когда температура воды в бассейнах составляет 17–19 °С, что выше оптимальных для нереста радужной форели (12–14 °С). Тем самым, прошло уже три поколения селекции этой отводки по термоустойчивости и способности созреть при высокой преднерестовой температуре воды.

Нерестовый сезон самок форели августин условно можно разделить на два периода. Первый – с момента созревания первых самок (включал в себя весь период критически высоких температур воды), второй – после начала похолодания и до конца нерестового сезона (таблица 23). В первом периоде

температура воды в бассейнах превышала 19 °С. Икра у самок овулировала частично, а большая её часть была перезревшей. Во втором периоде температура в бассейнах снизилась с 16 до 12 °С. Самки начали продуцировать визуально нормально созревшую икру.

Таблица 23 – Выход эмбрионов форели августин в производстве в нерестовый сезон 2010–2011 гг.

		в %		
Дата оплодотворения	Выход эмбрионов	Дата оплодотворения	Выход эмбрионов	
I период (23 августа–16 сентября)		II период (4 октября–8 ноября)		
23 августа	55	4 октября	69	
30 августа	56		59	
6 сентября	55	7 октября	74	
10 сентября	60		76	
13 сентября	70	7 октября	75	
	42	11 октября	62	
54	64			
47	65			
16 сентября			14 октября	66
				82
		18 октября	66	
		21 октября	82	
		25 октября	77	
		28 октября	90	
		1 ноября	86	
			85	
4 ноября	81			
8 ноября	81			
$\bar{x} \pm m_x$	55±2,9	$\bar{x} \pm m_x$	72±2,8	
Примечание – здесь и в аналогичных таблицах 24 и 25 выход эмбрионов приводится по колбам Вейса				

В таблице 23 представлены результаты инкубации икры форели августин по показателю выхода эмбрионов. В среднем выход эмбрионов у августина составлял 64 %. При этом результаты инкубации икры у самок, созревающих в разные сроки нереста, существенно различались. Выход эмбрионов в первом периоде составлял в среднем 55 %, а во втором – был на 17 % выше.

В сравнении с благоприятным сезоном 2009–2010 гг., выход эмбрионов в нерестовом сезоне 2010–2011 гг. в среднем снизился на 8 % (таблица 24).

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 вскрытие самок показало, что под действием повышенных температур воды этот переход замедлялся: гонады оставались на III стадии зрелости. Переход к последним стадиям созревания начался с похолоданием, когда температура воды в бассейнах снизилась до 15–16 °С. По этой причине овуляции икры в нормальные для породы сроки не происходило.

Таблица 24 – Выход эмбрионов разных пород радужной форели при производственной инкубации в нерестовые сезоны 2009–2010 и 2010–2011 гг.

Порода	Нерестовый сезон					
	2009–2010 гг.			2010–2011 гг.		
	п*, экз.	$\bar{x} \pm m_x$	min–max	п, экз.	$\bar{x} \pm m_x$	min–max
Августин	25	78±2,5	46–92	24	70±2,5	42–90
Камлоопс	15	84±1,5	74–94	14	55±2,3	35–67
Адлер	19	83±1,0	75–92	14	85±1,0	79–90
Дональдсона	22	88±0,8	82–90	10	88±1,3	83–93
Стальноголовый лосось	25	90±0,5	84–94	22	90±0,6	86–95
Примечание – «*» – количество аппаратов Вейса						

в %

С понижением температуры воды начали появляться первые созревшие самки с овулировавшей икрой. Анализ динамики нереста показал, что появление зрелых рыб начали регистрировать только с наступлением благоприятных нерестовых температур, т.е. на две декады позже относительно нормального нереста (рисунок 18). У самок форели камлоопс, в отличие от августина, при температуре воды 19 °С и выше овуляции икры не происходило. В этот период при проверке на зрелость самки были «мягкие», но текучих рыб не было. Икру от самок камлоопс начали получать только с 11 октября, в то время как в прежние годы, благоприятные по температурному режиму, сроки получения икры наступали на две декады раньше.

Среди особей, созревших в самом начале нереста, также, как и в случае с форелью августин, была обнаружена часть рыб с резорбированной икрой в ястыках. Асинхронность в развитии икры свидетельствовала о значительном воздействии негативных условий, предшествующих созреванию.

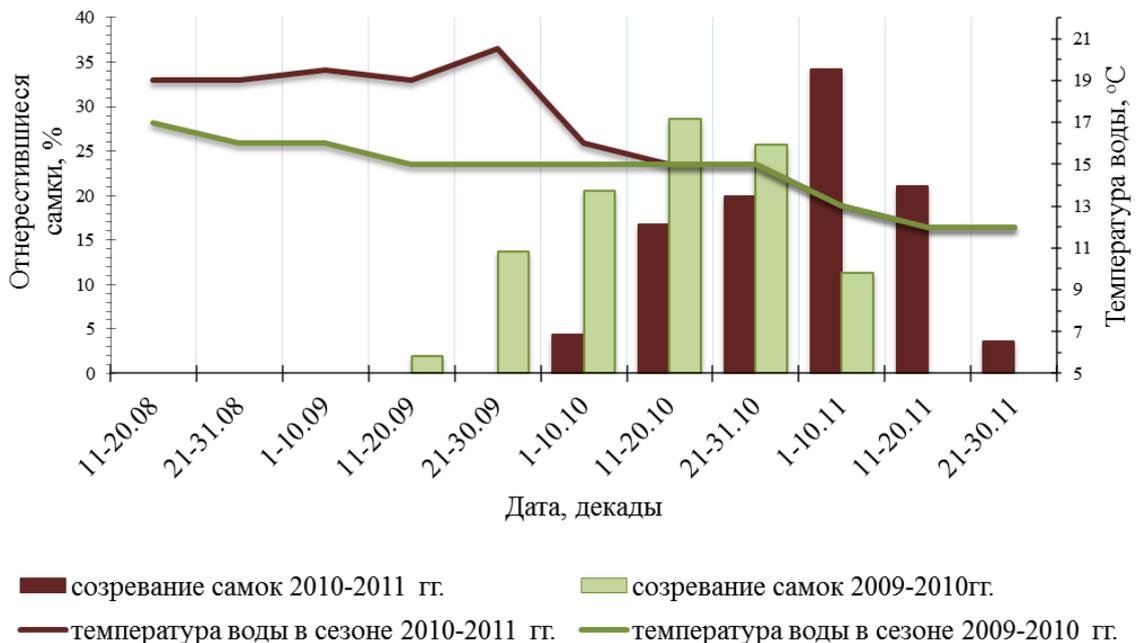


Рисунок 18 – Температурный режим в бассейнах и динамика нереста трёхгодовалых самок форели камлоопс

Результаты инкубации икры форели камлоопс представлены в таблице 25. В начале нерестового сезона 2010–2011 гг. выход эмбрионов форели камлоопс был крайне низким. Так, в период с 11 до 21 октября он составлял в среднем 41 %, меняясь от 28 до 56 %. Начиная с 25 октября, выход эмбрионов во всех случаях был не ниже 50 %, но и не поднимался выше 67 %. Среднее значение данного показателя в рассматриваемый период также было не высоким – 58 %.

По сравнению с форелью августин, качество икры у камлоопса было значительно хуже. За весь период инкубации с 11 октября по 8 ноября выход эмбрионов составил в среднем 52 %, а у августина за этот же промежуток времени – 72 %.

Таблица 25 – Результаты производственной инкубации икры трёхгодовалых самок форели камлоопс в нерестовый сезон 2010–2011 гг.

в %				
Дата оплодотворения	Выход эмбрионов	Дата оплодотворения	Выход эмбрионов	
11 октября	28	25 октября	54	
			57	
	42	28 октября	50	
			60	
14 октября	40	1 ноября	67	
	42		59	
21 октября	56	4 ноября	62	
	35			63
				58
				51
		8 ноября	60	
$\bar{x} \pm m_x$	41±3,7	$\bar{x} \pm m_x$	58±1,5	

По сравнению с предыдущим периодом (2009–2010 гг.), в 2010–2011 гг. качество икры форели камлоопс значительно ухудшилось: выход эмбрионов уменьшился на 29 % (таблица 24).

К тому же, в отличие от августа, высокая температура воды августа–сентября негативно отразилась на качестве потомства самок не только в начале, но и в середине нереста. Это ещё раз подтверждает наше предположение о большей устойчивости форели августин к повышенным температурам воды.

III, III–IV стадии зрелости гонад (форель адлер).

Форель адлер созревает после форели камлоопс. При нормальной температуре воды у основной части самок в августе–сентябре гонады находятся на III стадии зрелости, а в октябре переходят к IV. Лишь отдельные особи могут начинать переход от III стадии к IV раньше положенного.

В сезоне 2010–2011 гг., несмотря на неблагоприятные температурные условия августа–сентября, самки форели адлер не изменили динамики нереста (рисунок 19).

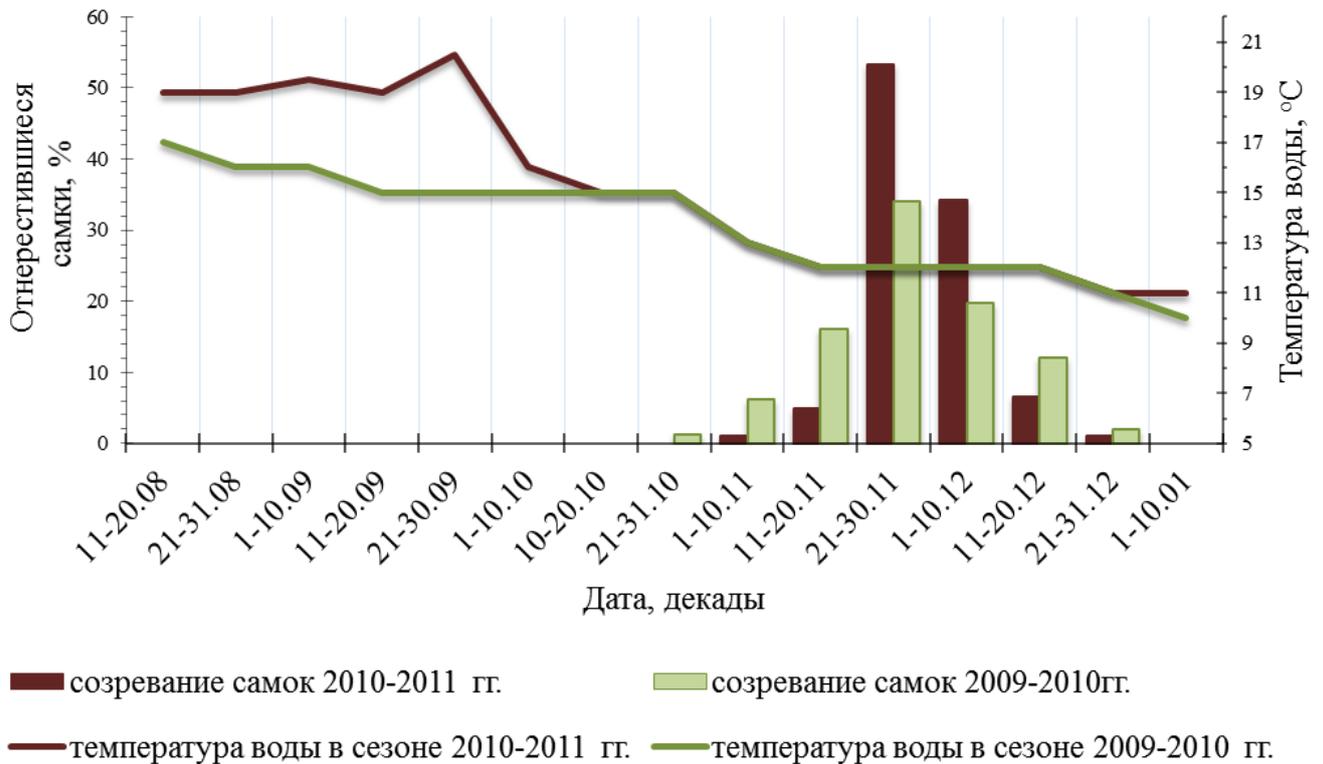


Рисунок 19 – Температурный режим в бассейнах и динамика нереста трёхгодовалых самок форели адлер

Негативного влияния повышенных температур воды в августе–сентябре 2010 г. на созревание самок основной части маточного стада форели адлер не отмечено (таблица 26).

Таблица 26 – Результаты производственной инкубации икры трёхгодовалых самок форели адлер в нерестовый сезон 2010–2011 гг.

в %

Дата оплодотворения	Выход эмбрионов	Дата оплодотворения	Выход эмбрионов
4 ноября	78	25 ноября	88
15 ноября	79		80
22 ноября	89		90
	84	29 ноября	90
	79		86
87	85		
25 ноября	89		87
	85	16 декабря	86
	80		
$\bar{x} \pm m_x$		85±1,0	

Выход эмбрионов у форели адлер был снижен только в первых двух производственных закладках, составив в среднем 78 % (таблица 26). В остальное время величина этого показателя была на уровне предыдущих годов и составляла в среднем 85 % при колебаниях от 80 до 90 %.

В целом выход эмбрионов у форели адлер в нерестовом сезоне 2010–2011 гг. оказался аналогичен предыдущему периоду (2009–2010 гг.) (таблица 24).

III стадия зрелости гонад (форель Дональдсона и стальноголовый лосось).

Самки форели Дональдсона и стальноголового лосося в августе–сентябре находились на III стадии зрелости гонад. Период неблагоприятных температур не затронул завершающих стадий оогенеза. Поэтому относительно благоприятного сезона 2009–2010 гг. рыбы этих пород в нерестовый сезон 2010–2011 гг. не ухудшили своих характеристик ни по срокам нереста (рисунки 20, 21), ни по показателям качества икры и потомства (таблица 24).

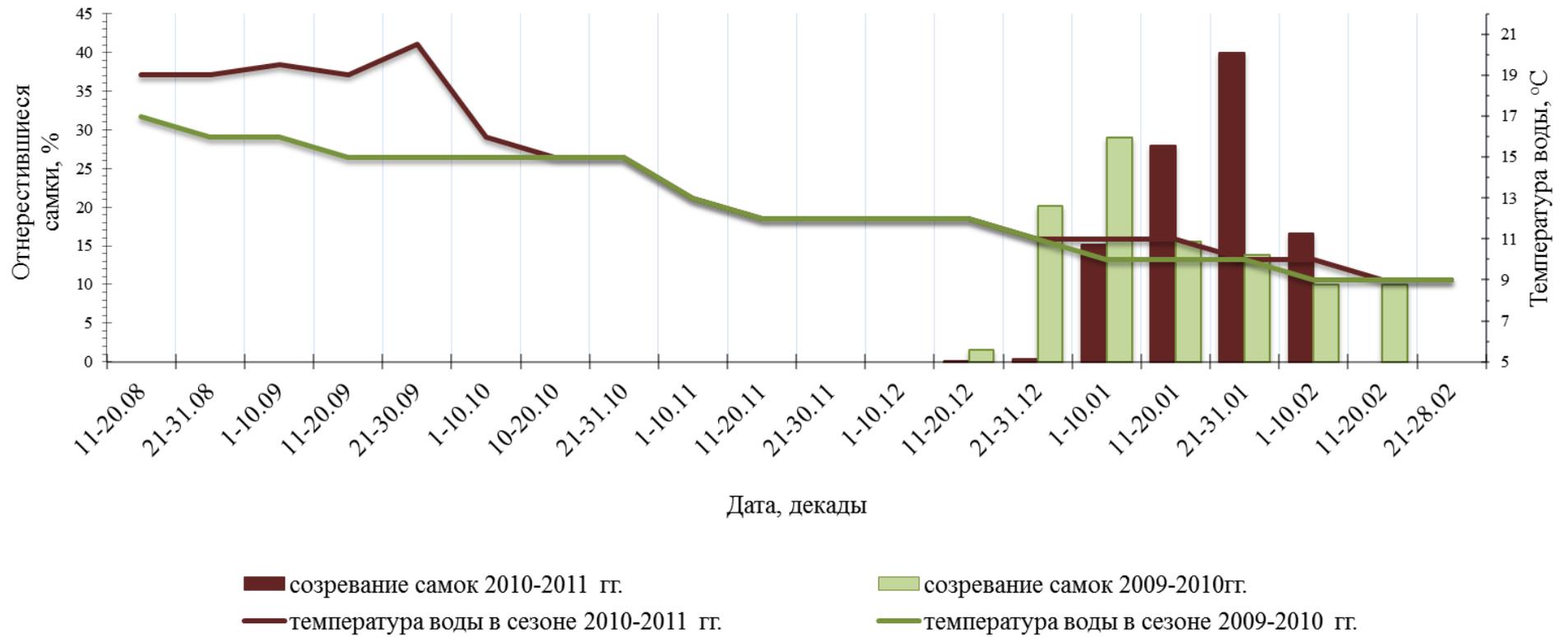


Рисунок 20 – Температурный режим в бассейнах и динамика нереста трёхгодовалых самок форели Дональдсона

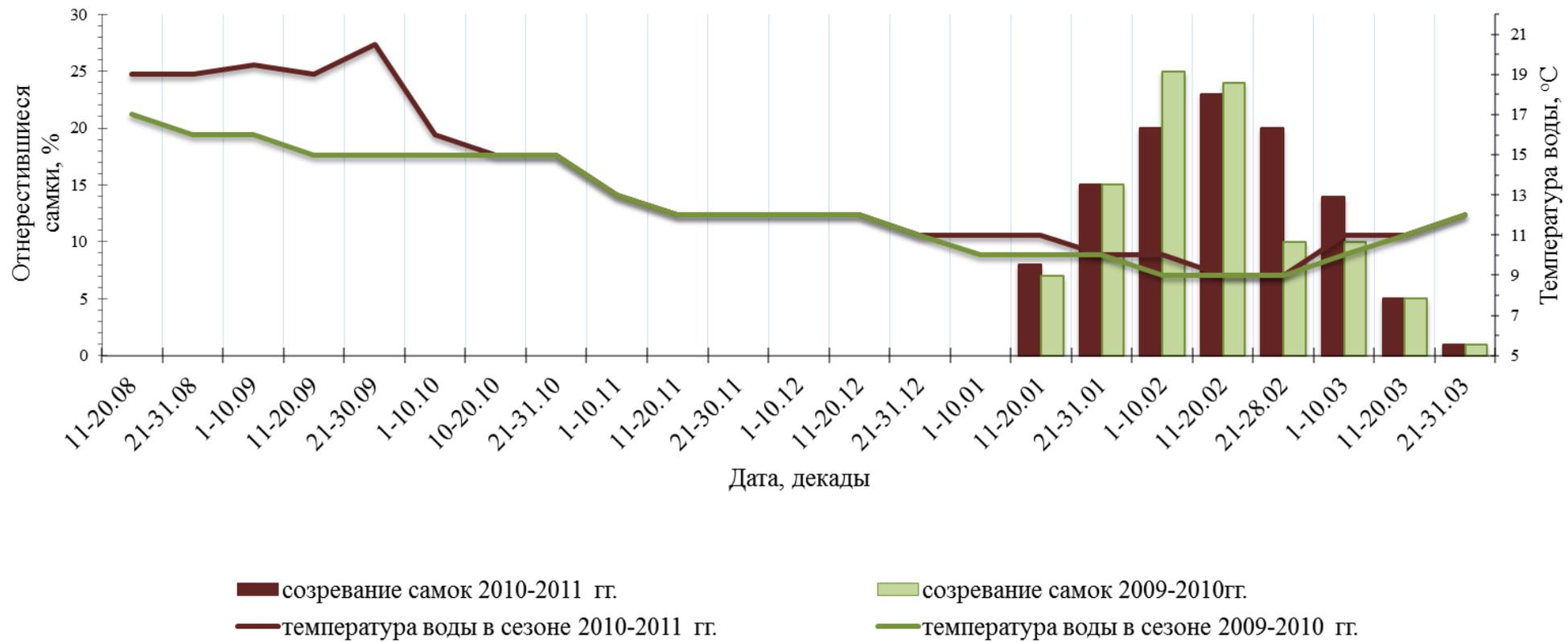


Рисунок 21 – Температурный режим в бассейнах и динамика нереста трёхгодовалых самок форели стальноголовой лосось

Смещение пика нереста форели Дональдсона в сезон 2010–2011 гг. относительно предыдущего периода (рисунок 20) объясняется не температурным воздействием, а успешной селекцией по смещению сроков нереста этой породы.

В производстве при инкубации икры определяют только выход эмбрионов на стадии пигментации глаз от заложенной икры. Эта характеристика является комплексным показателем, включающим две составляющие: процент оплодотворения икринок и выживаемость эмбрионов в процессе эмбриогенеза.

На основании анализа данных только о выходе эмбрионов определить, за счёт чего (оплодотворяемости икры или выживаемости эмбрионов) снизилось племенное качество самок, не представляется возможным. Принципиально важно знать, на какие характеристики повлияло содержание самок при высоких температурах – на способность к оплодотворению икры или на способность к нормальному развитию эмбрионов.

Поэтому нами были проведены индивидуальные проверки самок всех пород по качеству икры и потомства (оплодотворяемость икры, выживаемость и выход эмбрионов). В производстве самки августина и камлоопса в начале и середине нереста проявляли существенно различные производственные характеристики. По этой причине мы провели индивидуальные оценки вышеуказанных пород с учётом данной специфики. Результаты исследований представлены в таблицах 27 и 28.

Как видно из таблицы 27, самки форели августин, созревшие в начале нереста сезона 2010–2011 гг., характеризовались относительно нормальной оплодотворяемостью икры, но очень низкой выживаемостью эмбрионов и, как следствие, их низким выходом. Самки, созревшие в середине нереста этого года, когда температуры воды упала ниже 19 °С, дали потомство с выживаемостью на 28 % выше, чем предыдущие.

Можно полагать, что нарушение температурного режима выращивания самок форели августин в период их созревания в большей степени отразилось на нормальном развитии эмбрионов, чем на способности икры к оплодотворению. В противоположность августину, самки камлоопса отреагировали на содержание

Таблица 27 – Индивидуальная оценка по качеству икры и потомства разнопородных трёхгодовалых самок радужной форели в нерестовые сезоны 2009–2010 и 2010–2011 гг.

Порода, сроки нереста		Показатель качества икры и потомства, $\bar{X} \pm m_x$					
		оплодотворяемость икры		выживаемость эмбрионов		выход эмбрионов	
		нерестовый сезон		нерестовый сезон		нерестовый сезон	
		2009–2010	2010–2011	2009–2010	2010–2011	2009–2010	2010–2011
Августин	начало нереста, n = 29 / 21*	82±4,8	93±3,3	90±1,5	53±5,8	75±4,5	51±6,0
	середина нереста, n = 0 / 25	–	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, n = 14 / 33	94±1,7	85±2,9	89±5,9	61±3,6	78±8,1	48±4,0
	середина нереста, n = 34 / 30	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, n = 13 / 25	97±0,8	92±1,5	95±1,2	83±4,2	92±1,5	77±4,3
	середина нереста, n = 39 / 25	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	начало нереста	–	–	–	–	–	–
	середина нереста n = 38 / 38	98±0,5	97±1,0	97±0,4	95±2,4	95±0,7	91±2,5
	в среднем	98±0,5	97±1,0	97±0,4	95±2,4	95±0,7	91±2,5
Стально-головой лосось	начало нереста	–	–	–	–	–	–
	середина нереста n = 60 / 42	97±0,5	98±0,5	95±0,7	98±0,6	92±0,8	95±3,4
	в среднем	97±0,5	98±0,5	95±0,7	98±0,6	92±0,8	95±3,4

Примечания:
 – «*» – объём выборки (экз.) в сезоне 2009–2010 гг. / в сезоне 2010–2011 гг.;
 – началом нереста считали период, к которому созрело 10–30 % самок, серединой – 40–60 % самок

при высоких температурах воды в период, предшествующий овуляции, снижением и оплодотворяемости икры, и выживаемости эмбрионов (таблица 27).

Нарушение температурных условий содержания в 2010 г. самок форели адлер сказалось на качестве икры и потомства только в начале нереста, когда было отмечено незначительное снижение оплодотворяемости икры (на 5 %) и выживаемости эмбрионов (на 12 %).

Таблица 28 – Результаты попарного сравнения трёхгодовалых самок различных пород радужной форели по качеству икры и потомства в нерестовые сезоны 2009–2010 и 2010–2011 гг. с помощью t-критерия Стьюдента

Порода		t-критерий p-level		
		оплодотворя - емость икры	выживаемость эмбрионов	выход эмбрионов
Августин	начало нереста	$\frac{1,89}{0,09}$	$\frac{6,18}{0,01}$	$\frac{3,20}{0,01}$
	середина нереста	–	–	–
Камлоопс	начало нереста	$\frac{2,68}{0,02}$	$\frac{4,05}{0,01}$	$\frac{3,32}{0,01}$
	середина нереста	$\frac{4,78}{0,01}$	$\frac{4,99}{0,01}$	$\frac{5,22}{0,01}$
Адлер	начало нереста	$\frac{2,94}{0,03}$	$\frac{2,75}{0,05}$	$\frac{3,29}{0,02}$
	середина нереста	$\frac{0,00}{1,00}$	$\frac{1,06}{0,24}$	$\frac{1,75}{0,06}$
Дональдсона	начало нереста	–	–	–
	середина нереста	$\frac{0,89}{0,90}$	$\frac{0,82}{0,41}$	$\frac{1,54}{0,13}$
Стальноголовый лосось	начало нереста	–	–	–
	середина нереста	$\frac{1,16}{0,17}$	$\frac{3,25}{0,01}$	$\frac{0,86}{0,32}$

Высокая температура воды за 4 месяца до нереста не оказала заметного влияния на племенные качества икры форели Дональдсона и стальноголового лосося (таблица 27).

В августе–сентябре 2010 г., когда наблюдались повышенные температуры воды, гонады самок породы августин находились на IV–V и V стадиях развития яйцевых клеток. Воздействие высоких преднерестовых температур на самок с гонадами IV–V и V стадий зрелости приводит к нарушению процессов созревания икры [Мурза, Христофоров, 1991] и, как следствие, – последующей высокой гибели эмбрионов. Именно такой результат и был отмечен нами (таблица 27). Выживаемость оказалась значительно ниже, чем в предыдущий год, в то время как оплодотворяемость икры не ухудшилась.

Согласно нормальному ходу гаметогенеза, самки форели камлоопс должны начинать переход из III в IV стадию зрелости в августе. Однако высокая температура воды в бассейнах в августе–сентябре 2010 г. привела к тому, что самки форели этой породы своевременно не созревали. Мы отмечали пролонгацию нахождения самок на III стадии зрелости гонад до сентября. С наступлением оптимальных нерестовых температур они очень быстро переходили в IV и V стадии.

В период прохождения III стадии, параллельно с процессами накопления питательных веществ, происходит формирование оболочки ооцита [Саун, Буцкая, 1968]. Это могло послужить причиной низкой оплодотворяемости икры форели камлоопс (таблица 27) как следствия нарушения формирования оболочек яйцеклеток под воздействием высоких температур воды. Кроме того, воздействие высоких температур воды могло затронуть и более глубокие процессы, связанные с генетическим аппаратом в икринках, что, как и у августина, отразилось на низкой выживаемости эмбрионов.

Время прохождения стадий созревания гонад форели адлер в 2010–2011 гг. в целом соответствовало условиям гаметогенеза при нормальном температурном режиме. Высокие температуры в сентябре негативно воздействовали только на тех самок, которые созревали в начале нерестового периода. У этих рыб мы

отмечали незначительное снижение показателей оплодотворяемости икры и выживаемости эмбрионов.

Отсутствие негативных последствий воздействия высоких температур на качество потомства у остальной части маточного стада форели адлер, а также у форели Дональдсона и стальноголового лосося, мы связываем с тем, что в период повышенных температур эти самки находились на III стадии развития гонад, которая менее чувствительна к воздействию неблагоприятных факторов среды, так как в этот период происходит только трофоплазматический рост – накопление питательных веществ [Саун, Буцкая, 1968; Кошелев, 1984]. Самки этих пород в 2010–2011 гг. характеризовались высоким качеством икры.

Наши данные согласуются с результатами исследований учёных из Австралии и Канады, которые изучали действие высоких преднерестовых температур на самок радужной форели. Согласно их данным, выдерживание самок форели в течение 2–3 месяцев до предполагаемой овуляции при температуре 15–18 °С снижало выход эмбрионов на глазке, а при 21 °С – приводило к полной их гибели. В этом же исследовании показано, что высокая преднерестовая температура воды (18 °С) является причиной снижения продукции икры, вплоть до её отсутствия при 21 °С [Effect of holding temperature ..., 1996].

Было показано, что у радужной форели, в противоположность атлантическому лосося, эффект воздействия повышенной температуры воды проявлялся в большей степени в задержке, чем в подавлении способности к созреванию [Pankhurst, Tomas, 1998].

В нашей работе мы также отмечали изменения в динамике нереста самок радужной форели под воздействием высоких температур. Самки форели августин и камлоопс в период, когда температура воды стала превышать биологический оптимум на 5–7 °С, перестали овулировать. С установлением температур воды, в пределах, нормальных для созревания, овуляция у самок возобновлялась. Следует отметить, что при одинаково высоких преднерестовых температурах 18–19 °С самки форели августина снизили интенсивность овуляции, но не прекратили её

полностью, в отличие от самок форели камлоопса. Это позволяет нам предположить, что селекция форели августин на теплоустойчивость, проведённая в ряду поколений, была эффективной и дала положительный эффект.

Возможность успешной селекции радужной форели по теплоустойчивости подкрепляется данными зарубежных исследований. В Японии существенно увеличили термостойкость радужной форели путём селекции рыб выращиванием при высокой температуре воды. Показатели выживаемости эмбрионов и личинок, подвергнутых воздействию высоких температур, а также критические температурные максимумы (L_{50} , L_{100}) были значительно выше у селекционной породы, что свидетельствует о высокой степени тепловой толерантности рыб, приобретённой в результате отбора [Thermal tolerance ..., 2005].

Таким образом, результаты данного исследования показали следующее:

1. Температура воды выше 16 °С неблагоприятна для преднерестового содержания производителей радужной форели и отражается как на способности самок к созреванию, так и на качестве икры и потомства. Преднерестовое содержание самок радужной форели при температуре воды выше 19 °С останавливает процесс овуляции, и икра перезревает в ястыках.

2. Степень неблагоприятного воздействия высокой температура воды на икру зависит от стадии зрелости гонад, на которой находилась самка в период воздействия. Самки, последние этапы гаметогенеза (IV и V стадии зрелости гонад) которых проходили на фоне высоких преднерестовых температур, отличались низким племенным качеством икры как за счёт снижения её оплодотворяемости, так и за счёт увеличения гибели эмбрионов в период инкубации. Воздействие высоких температур воды на самок, находящихся на III стадии зрелости гонад, не сказалось отрицательно.

3. Отмечен положительный эффект селекции радужной форели на содержание при высоких преднерестовых температурах, проявившийся у форели августин в способности к овуляции при температуре выше 19 °С, а также в более жизнеспособном потомстве.

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

Известно, что качество и количество корма влияет на племенные характеристики производителей рыб, в том числе и радужной форели. В литературе имеются данные об увеличении плодовитости самок при кормлении кормами повышенной энергетической ценности [Effect of feeding rates ..., 1982; Springate, Bromage, Cumaranatunga, 1985].

Энергетическая основа современных кормов для рыб – это липиды. Ряд авторов [Broodstock management ..., 1992; Никандров, Шиндавина, 2006] рекомендуют содержать маточное стадо форели на постоянной низко липидной диете с содержанием жира 7–14 %, отмечая, что при количестве жира в корме свыше 20 % снижается качество потомства, в частности регистрируется большое количество икринок с ослабленной оболочкой. По этой причине в период с 1996 по 2009 гг. на племзаводе «Адлер» самок маточного стада круглогодично кормили высокобелковыми кормами с невысоким содержанием липидов – 13 %.

Учитывая, что самкам форели для восполнения запасов энергии после нереста требуется повышенное содержание легкоусвояемой энергии в виде жиров, а перед нерестом этой потребности нет, нами был проведён эксперимент с введением в посленерестовый рацион самок кормов 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.

Эксперимент был поставлен в 2009–2010 гг. на повторно нерестящихся самках стальноголового лосося в возрасте от трёх до четырёх лет [Моисеева,

2013]. 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. С месяца № 6 рыб переводили на корм с содержанием липидов 13 % и далее кормили по традиционной схеме.

На первом этапе мы проанализировали динамику гибели самок в опыте и контроле. Ни после нереста, ни в период нагула существенной разницы в количестве погибших производителей мы не зарегистрировали (таблица 29).

Таблица 29 – Гибель самок стальноголового лосося, содержащихся на разных рационах, за межнерестовый интервал

в %

Группа	Отход	
	после нереста (3 месяца)	за весь период нагула
Контроль	9,6	37,3
Опыт	9,3	37,7

В конце декабря 2009 г. самки начали созревать. Различия в динамике нереста между контролем и опытом были существенными (рисунок 22).

Самки в опыте созрели раньше контрольных. Пик массового созревания рыб в опыте отмечали на две недели раньше, чем в контроле. Также нерестовый период в первом случае был на месяц менее протяжённым, чем во втором.

Далее мы проверили самок по племенным характеристикам: массе тела, репродуктивным показателям, качеству икры и потомства (таблица 30).

Результаты оценки показали, что разница в рационах достоверно не отразилась на массе производителей. Сравнительный анализ репродуктивных характеристик также не выявил достоверного влияния на них рациона кормления.

Достоверные различия ($p=0,01$) были найдены только по показателю «масса икринок», который в контроле был на 10 % выше. Однако следует отметить, что при этом в опыте на 10 % увеличивалась и рабочая плодовитость самок.

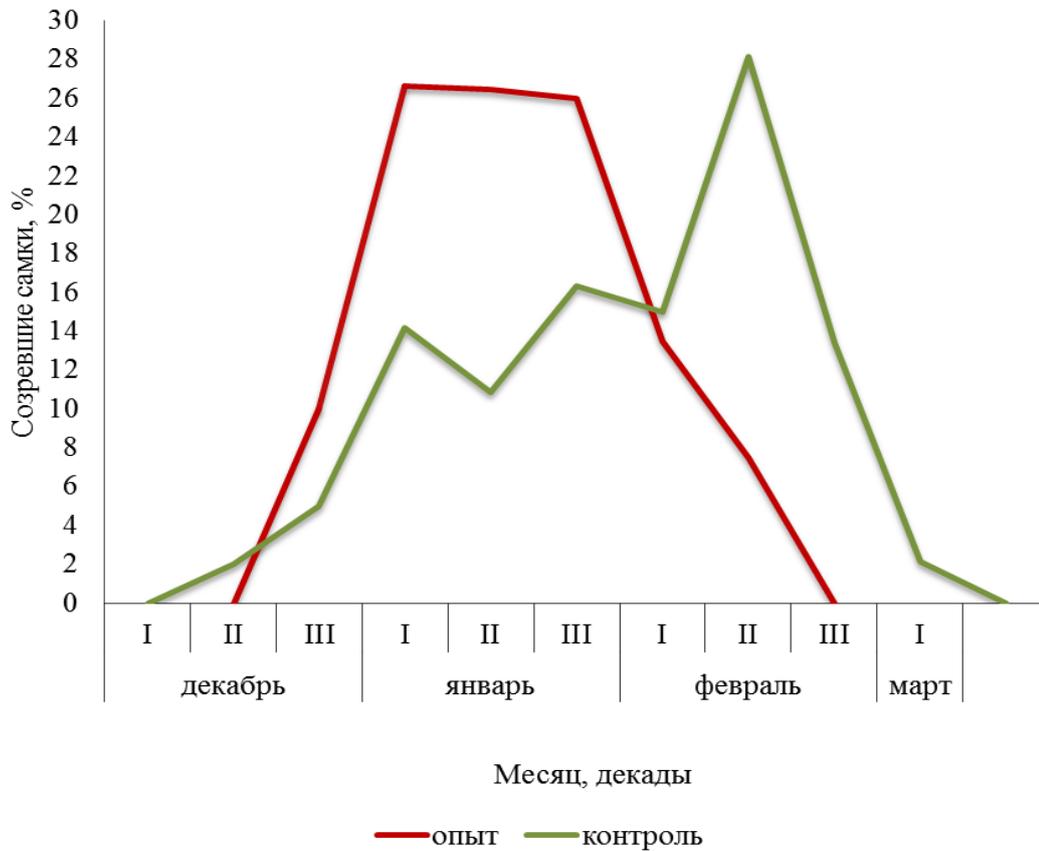


Рисунок 22 – Динамики нереста самок стальноголового лосося, содержащихся на разных рационах

Но достоверность отличий по этому показателю не подтверждена статистически (таблица 30).

Учитывая высокую отрицательную корреляционную связь между показателями массы икринки и рабочей плодовитости ($r = -0,61$, $p = 0,01$) (таблица В.1 и В.2) можно предположить, что при большем объеме выборки различия будут статистически достоверными.

Судя по величинам коэффициентов вариации, показатели массы тела и репродуктивных характеристик рыб из опытной группы отличались большей консолидированностью их значений вокруг средних величин по сравнению с контрольной группой.

Таблица 30 – Оценка самок стальноголового лосося, содержащихся на разных рационах, по племенным характеристикам

Показатель	Контроль		Опыт		t-критерий p-level
	$\frac{\bar{x} \pm m_x}{\min - \max}$	Cv, %	$\frac{\bar{x} \pm m_x}{\min - \max}$	Cv, %	
массо-репродуктивные показатели, n=49/49					
Масса тела, кг	$\frac{4,0 \pm 0,06}{2,7-6,2}$	18,3	$\frac{4,1 \pm 0,06}{3,2-5,4}$	12,8	$\frac{1,13}{0,24}$
Рабочая плодовитость, тыс. шт.	$\frac{5,53 \pm 0,21}{2,61-8,86}$	26,6	$\frac{6,06 \pm 0,20}{3,41-10,33}$	23,5	$\frac{1,83}{0,07}$
Относительная плодовитость, тыс. шт./кг	$\frac{1,68 \pm 0,073}{0,80-3,09}$	30,2	$\frac{1,75 \pm 0,059}{0,86-2,55}$	23,9	$\frac{0,64}{0,46}$
Индекс репродуктивности, г/кг	$\frac{184 \pm 5,5}{107-269}$	21,4	$\frac{174 \pm 4,3}{104-240}$	17,4	$\frac{1,47}{0,16}$
Масса икринки, мг	$\frac{112,9 \pm 2,09}{83,3-144,2}$	12,9	$\frac{102,0 \pm 1,85}{73,3-134,6}$	12,7	$\frac{3,92}{0,01}$
показатели качества потомства, n = 14/13					
Оплодотворяемость икры, %	$\frac{91 \pm 1,4}{80-98}$	5,8	$\frac{92 \pm 2,3}{68-98}$	9,0	$\frac{0,37}{0,71}$
Выживаемость эмбрионов, %	$\frac{88 \pm 4,9}{27-97}$	20,7	$\frac{82 \pm 6,2}{22-99}$	27,5	$\frac{0,76}{0,45}$
Выход эмбрионов, %	$\frac{80 \pm 4,8}{21-93}$	22,4	$\frac{77 \pm 6,5}{2-96}$	30,8	$\frac{0,37}{0,71}$
Примечание – n – объём выборки (экз.), контроль/опыт					

Изменение кормления самок не отразилось на показателях качества потомства. Различия между контролем и опытом по всем показателям качества потомства не достигали статистически достоверного уровня (таблица 30).

При этом варьирование величин оплодотворяемости, выживаемости и выхода эмбрионов, оценённое по величинам коэффициентов вариации, в опытной группе было выше, чем в контрольной.

Для оценки самок, находившихся на разных рационах, по качеству половых продуктов мы изучили степень загрязнения икры содержимым лопнувших

икринок, используя в качестве критериев показатели рН полостной жидкости и оценку по «мутности» смеси полостная жидкость – вода. Результаты приведены в таблице 31.

Тестирование полостной жидкости по «мутности» показало в обоих вариантах присутствие значительного количества самок, в порции отобранной икры которых присутствовал белок лопнувших икринок: 43 % в контроле и 62 % в опыте. При этом, хотя оценка по «мутности» в опыте была в среднем выше, чем в контроле, различия в средних величинах не достигали достоверного уровня (таблица 31). Величина рН полостной жидкости в обоих случаях была одинаковой и составляла 8,2.

Таблица 31 – Результаты сравнения характеристик полостной жидкости самок радужной форели, содержащихся на разных рационах, с использованием t-критерия Стьюдента

Показатель полостной жидкости	Показатель, $\frac{\bar{x} \pm m_{\bar{x}}}{min-max}$		t-критерий p-level
	контроль, n=14	опыт, n=13	
рН, ед.	$\frac{8,2 \pm 0,04}{7,8-8,3}$	$\frac{8,2 \pm 0,05}{8,0-8,5}$	$\frac{0,01}{1,00}$
Тест на «мутность», баллы	$\frac{1,0 \pm 0,21}{0-2}$	$\frac{1,2 \pm 0,27}{0-2}$	$\frac{0,59}{0,56}$

Следовательно, введение в посленерестовый рацион самок корма с повышенным содержанием липидов способствует лучшей реализации биологического потенциала продуцирования икры.

Таким образом, нами экспериментально подтверждено сделанное ранее предположение [Broodstock management ..., 1992], что конечный уровень потенциальной плодовитости устанавливается в начале репродуктивного цикла.

Число созревающих ооцитов может быть модифицировано путём резорбции, которая, как считается, существует на всех этапах развития яйцеклеток. Даже в нормальных условиях часть вителлогенетических ооцитов подвергается резорбции, и это может обеспечивать «тонкую настройку»

плодовитости, которая чётко проявляется во время поздних стадий репродуктивного цикла [Cumaranatunga, Bromage, Springate, 1985; Springate, Bromage, Cumaranatunga, 1985].

Наличие высокой корреляционной связи отрицательного характера между рабочей плодовитостью и массой икринки у повторно нерестящихся самок при кормлении их высокоэнергетическим кормом в начале репродуктивного цикла приводит к уменьшению размера икринки. Поэтому, чтобы не допустить измельчения икры при воспроизводстве селекционных достижений, необходимо строго контролировать этот параметр, отбирая самок по массе икринок выше среднего по стаду [Шиндавина, 1995].

Ранее в работе Н.И. Шиндавиной и В.А. Янковской [1997] было показано, что увеличение нормы кормления на 25–50 % в начале репродуктивного цикла способствует более раннему и дружному нересту самок. В нашей работе использование более дешёвых, но калорийных кормов, в первой половине репродуктивного цикла имело такой же эффект, как и увеличение норм кормления. За счёт разницы в стоимости кормов экономия от испытываемой диеты составила 10,5 % (таблица 32).

Таблица 32 – Расчёт экономической эффективности от введения в посленерестовый рацион самок корма с повышенным содержанием липидов (в ценах 2013 года)

Рацион	Низкожирный корм		Высокожирный корм		Затраты на корм, млн. руб.
	потребность*, т	цена, руб./кг	потребность, т	цена, руб./кг	
Опыт	84	82	96	78	14,376
Контроль	196	82	0,0	78	16,072
Примечание – * из расчёта на 100 т производителей					

В проведённом опыте не отмечено статистически достоверного увеличения содержания белка лопнувших икринок по сравнению с контролем. Также введение в посленерестовый рацион корма с повышенным содержанием липидов

не сказалось на качестве потомства, но при этом оказалось экономически более эффективным, что даёт нам основание рекомендовать данный режим кормления при содержании самок радужной форели.

Таким образом, введение в посленерестовый рацион корма с повышенным содержанием липидов:

- не влияет на постнерестовую выживаемость самок;
- приводит к консолидации нерестового периода;
- увеличивает рабочую плодовитость самок при уменьшении массы икринки;
- не приводит к истончению оболочки икры;
- не снижает племенных качеств производителей;
- является экономически более эффективным.

6 Повышение эффективности оплодотворения икры радужной форели

6.1 Сравнительная оценка эффективности различных сред для оплодотворения икры

6.1.1 Оценка оплодотворяющих растворов

При искусственном отцеживании икры радужной форели неизбежно разрушаются икринки. В норме их количество незначительно. Однако в последние годы при искусственном воспроизводстве отмечено увеличение доли поврежденных икринок [Assessment of water turbidity ..., 2004; Broken eggs decrease ..., 2007]. Изменение состава кормов, интенсификация рыбоводства и прочие факты могут быть причиной этого негативного явления. Однако его истинные причины до сих пор окончательно не выяснены и являются предметом исследований [Исследование взаимосвязи ..., 2009 а, б; Broken eggs influence on fertilization ..., 2011; Оценка самок ..., 2013 и др.].

Как было отмечено в предыдущей главе, белковое содержимое лопнувших икринок снижает рН полостной жидкости, и при использовании воды в качестве активатора спермы препятствует нормальной подвижности сперматозоидов, снижая процент оплодотворения [Ovarian fluid pH ..., 2007; Hugunin, Parsons, Nagler, 2008].

Ранее нами было показано, что негативное воздействие от загрязнения икры содержимым лопнувших икринок устраняется с помощью оплодотворяющих растворов, которые можно использовать вместо воды при оплодотворении икры. Оплодотворяющие растворы – это солевые растворы (часто имеющие буферные свойства), которые препятствуют коагуляции белка икринок, усиливают движения сперматозоидов и продлевают период их подвижности по сравнению с водой.

На племзаводе «Адлер» с начала 1990-х гг. при оплодотворении икры радужной форели применяли оплодотворяющий раствор Хамора [Совершенствование методов разведения ..., 1990]. В результате замены воды этим раствором оплодотворение товарной икры было повышено на 20 %.

В последние годы было отмечено снижение процента оплодотворения при использовании раствора Хамора в производстве [Сравнительная оценка влияния ..., 2010 а]. Возможно, что этот раствор в современных условиях уже недостаточно эффективен и необходимо вводить другие среды, предлагаемые в качестве оплодотворяющих растворов.

В нерестовый сезон 2009–2010 гг. нами был проведён эксперимент по апробации и сравнению эффективности различных оплодотворяющих растворов, используемых в мировой практике [Моисеева, Шиндавина, 2011].

При оплодотворении икры были испытаны три оплодотворяющих раствора разной рецептуры. Два из них – раствор №1, известный как раствор Хамора, и раствор №2, используемый на японских заводах, были ранее апробированы в нашей стране и рекомендованы для отечественного форелеводства [Новоженин, Линник, Сычев, 1983; Микодина, Панченков, Яблоков, 1990]. Раствор №3 широко известен за рубежом под условным названием D532 [Billard, 1992]. Химический состав растворов приведён в таблице 7.

Контролем служила вода, поступающая в инкубационные аппараты.

Результаты исследований представлены в таблице 33. При испытании разных сред для оплодотворения икры радужной форели самые большие отличия наблюдали по степени оплодотворения яйцеклеток в воде по сравнению со всеми оплодотворяющими растворами (таблица 33). У самок радужной форели всех пород процент оплодотворения икры в воде был достоверно ниже (таблица 34), чем в оплодотворяющих растворах. При этом уровень оплодотворения икры у самок всех пород при оплодотворении в растворах был выше нормативного показателя (90 %), установленного для радужной форели [Сборник нормативно-технологической документации ..., 1986].

Таблица 33 – Сравнительная оценка эффективности оплодотворяющих растворов по показателям качества икры и потомства

в %

Порода, возраст	Статистический показатель	Показатели качества икры и потомства											
		оплодотворяемость икры				выживаемость эмбрионов				выход эмбрионов			
		вода	раствор № 1	раствор № 2	раствор № 3	вода	раствор № 1	раствор № 2	раствор № 3	вода	раствор № 1	раствор № 2	раствор № 3
Камлоопс, 3 года n=14	$\frac{\bar{x} \pm m_x}{\min-\max}$	$\frac{71 \pm 8,0}{14-97}$	$\frac{92 \pm 2,2}{67-99}$	$\frac{94 \pm 2,5}{75-99}$	$\frac{93 \pm 1,7}{75-99}$	$\frac{84 \pm 8,0}{13-100}$	$\frac{84 \pm 8,2}{7-100}$	$\frac{82 \pm 8,2}{2-99}$	$\frac{83 \pm 8,2}{3-100}$	$\frac{61 \pm 8,8}{2-96}$	$\frac{78 \pm 8,0}{6-98}$	$\frac{78 \pm 8,1}{2-99}$	$\frac{78 \pm 7,8}{3-98}$
	CV,%	42,2	9,0	9,9	6,6	35,8	36,8	37,3	37	54,1	38,5	38,8	37,6
Адлер, 3 года n=13	$\frac{\bar{x} \pm m_x}{\min-\max}$	$\frac{85 \pm 4,0}{58-99}$	$\frac{97 \pm 0,6}{93-100}$	$\frac{97 \pm 0,8}{92-100}$	$\frac{97 \pm 0,8}{91-100}$	$\frac{95 \pm 1,1}{85-100}$	$\frac{94 \pm 2,0}{73-100}$	$\frac{94 \pm 1,0}{86-98}$	$\frac{95 \pm 1,2}{83-99}$	$\frac{81 \pm 4,4}{54-98}$	$\frac{91 \pm 2,2}{70-98}$	$\frac{91 \pm 1,3}{83-97}$	$\frac{92 \pm 1,5}{79-98}$
	CV,%	16,9	2,1	2,8	2,9	4,3	7,8	3,9	4,7	19,5	8,8	5,2	6,0
Дональдсона, 3 года n=14	$\frac{\bar{x} \pm m_x}{\min-\max}$	$\frac{64 \pm 5,9}{27-93}$	$\frac{96 \pm 1,4}{81-100}$	$\frac{98 \pm 0,5}{94-100}$	$\frac{97 \pm 0,7}{91-99}$	$\frac{89 \pm 2,7}{61-98}$	$\frac{90 \pm 2,4}{64-98}$	$\frac{90 \pm 3,1}{53-98}$	$\frac{91 \pm 2,8}{60-100}$	$\frac{57 \pm 5,6}{26-90}$	$\frac{86 \pm 2,5}{62-96}$	$\frac{88 \pm 3,1}{51-97}$	$\frac{88 \pm 2,7}{59-97}$
	CV,%	34,6	5,5	1,8	2,7	11,3	10,0	12,8	11,6	37,2	10,8	13,0	11,4
Стальноголо- вый лосось, 4 года, n=14	$\frac{\bar{x} \pm m_x}{\min-\max}$	$\frac{61 \pm 6,1}{24-91}$	$\frac{93 \pm 1,6}{76-97}$	$\frac{93 \pm 1,4}{79-99}$	$\frac{91 \pm 1,4}{80-98}$	$\frac{86 \pm 5,2}{23-98}$	$\frac{88 \pm 4,2}{37-97}$	$\frac{89 \pm 4,9}{87-99}$	$\frac{88 \pm 4,9}{87-97}$	$\frac{55 \pm 6,8}{7-85}$	$\frac{83 \pm 4,5}{28-95}$	$\frac{84 \pm 5,0}{21-98}$	$\frac{80 \pm 4,8}{21-93}$
	CV,%	37,7	6,4	5,4	5,8	22,7	17,7	20,6	20,7	46,8	20,4	22,5	22,4

Установлено (таблица 33), что внутри отдельных пород оплодотворяющие растворы практически не отличались по своей эффективности. Ни одна сравниваемая пара растворов ни по одному показателю качества потомства не показала статистически достоверных отличий (таблица 34). Это свидетельствует о том, что оплодотворяющие растворы одинаково эффективно предотвращают коагуляцию белка лопнувших икринок в процессе оплодотворения.

У отдельных пород оплодотворяющие растворы по-разному повышают процент оплодотворения. Самый большой эффект от применения растворов наблюдался для форели Дональдсона и стальноголового лосося, у которых оплодотворяемость увеличилась на 33 и 31 % соответственно по сравнению с водой. Процент оплодотворения икры у камлоопса оплодотворяющие растворы повысили на 22, а у адлера – на 12 %.

Во всех экспериментах при оплодотворении икры в воде наблюдали высокий коэффициент вариации оплодотворяемости икры: от 17 % у адлера до 42 % у камлоопса. При использовании вместо воды оплодотворяющих растворов коэффициент вариации признака снижался в 4–12 раз, а в одном из вариантов (у форели Дональдсона) – в 19 раз (таблица 33).

Выживаемость эмбрионов из икры, оплодотворённой в разных средах, включая воду, достоверно не различались (таблица 34). Это ещё раз подтверждает тот факт, что содержимое лопнувших икринок влияет только на процесс оплодотворения и не затрагивает жизнеспособность эмбрионов.

Выход эмбрионов от икры, оплодотворённой в воде, во всех случаях был достоверно ниже, чем оплодотворённой в оплодотворяющих растворах, где различия не достоверны (таблица 34). 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, как уже отмечалось выше, в последние годы на

Таблица 34 – Попарное сравнение результатов инкубации икры разных пород радужной форели с использованием различных оплодотворяющих растворов и воды при помощи t-критерия Стьюдента для зависимых переменных

Сравнение	t-критерий p-level			
	камлоопс	адлер	Дональдсона	стальноголовый лосось
оплодотворяемость икры				
Вода – раствор № 1	<u>-2,69</u> 0,02	<u>-3,09</u> 0,01	<u>-5,47</u> 0,01	<u>-5,83</u> 0,01
Вода – раствор № 2	<u>-3,03</u> 0,01	<u>-3,03</u> 0,01	<u>-5,72</u> 0,01	<u>-5,73</u> 0,01
Вода – раствор № 3	<u>-2,93</u> 0,01	<u>-3,03</u> 0,01	<u>-5,64</u> 0,01	<u>-5,35</u> 0,01
Раствор № 1 – раствор № 2	<u>-1,26</u> 0,23	<u>-0,50</u> 0,63	<u>-1,33</u> 0,21	<u>-0,35</u> 0,74
Раствор № 1 – раствор № 3	<u>-1,17</u> 0,26	<u>0,20</u> 0,84	<u>-0,64</u> 0,54	<u>1,12</u> 0,28
Раствор № 2 – раствор № 3	<u>0,31</u> 0,76	<u>0,79</u> 0,44	<u>1,64</u> 0,13	<u>1,47</u> 0,16
выживаемость эмбрионов				
Вода – раствор № 1	<u>-0,06</u> 0,95	<u>0,24</u> 0,81	<u>-0,67</u> 0,52	<u>-1,21</u> 0,25
Вода – раствор № 2	<u>0,99</u> 0,34	<u>0,77</u> 0,46	<u>-0,66</u> 0,52	<u>-1,73</u> 0,11
Вода – раствор № 3	<u>0,37</u> 0,72	<u>-0,07</u> 0,95	<u>-0,78</u> 0,45	<u>-0,96</u> 0,35
Раствор № 1 – раствор № 2	<u>1,68</u> 0,12	<u>0,33</u> 0,74	<u>-0,23</u> 0,82	<u>-0,40</u> 0,70
Раствор № 1 – раствор № 3	<u>0,90</u> 0,38	<u>-0,52</u> 0,61	<u>-0,49</u> 0,63	<u>0,64</u> 0,53
Раствор № 2 – раствор № 3	<u>0,83</u> 0,42	<u>1,80</u> 0,10	<u>-0,63</u> 0,72	<u>-1,70</u> 0,11

Сравнение	t-критерий p-level			
	камлоопс	адлер	Дональдсона	стальноголовый лосось
выход эмбрионов				
Вода – раствор № 1	<u>-2,52</u> 0,03	<u>-2,30</u> 0,04	<u>-5,01</u> 0,01	<u>-5,29</u> 0,01
Вода – раствор № 2	<u>-2,56</u> 0,02	<u>-2,23</u> 0,05	<u>-4,99</u> 0,01	<u>-5,34</u> 0,01
Вода – раствор № 3	<u>-2,59</u> 0,02	<u>-2,48</u> 0,03	<u>-5,05</u> 0,01	<u>-4,76</u> 0,01
Раствор № 1 – раствор № 2	<u>0,08</u> 0,94	<u>0,11</u> 0,91	<u>1,19</u> 0,26	<u>-0,53</u> 0,61
Раствор № 1 – раствор № 3	<u>-0,14</u> 0,89	<u>-0,44</u> 0,67	<u>-0,82</u> 0,43	<u>1,30</u> 0,22
Раствор № 2 – раствор № 3	<u>0,17</u> 0,87	<u>0,65</u> 0,53	<u>-0,45</u> 0,65	<u>-2,11</u> 0,06

племзаводе «Адлер» стали отмечать снижение показателей производства при работе с оплодотворяющим раствором Хамора (раствор №1).

Последнее можно объяснить следующим. При проведении эксперимента использовали свежеприготовленные оплодотворяющие растворы на дистиллированной воде, а в производстве они хранятся несколько суток. Дистиллированная вода, входящая в состав растворов, при хранении на воздухе имеет свойство снижать рН до 5,5 единиц за счёт поглощения углекислого газа из атмосферы. Снижение величины рН негативно влияет на подвижность сперматозоидов.

Из трёх оплодотворяющих растворов только раствор №3 имеет буферные свойства, поэтому при его хранении подкисления среды не происходит. Растворы №1 и №2 не обладают этой способностью, поэтому они должны использоваться только свежеприготовленными.

Учитывая тот факт, что за последние годы на предприятии резко увеличились объёмы производства, и существует необходимость заготовки впрок большого объёма оплодотворяющего раствора, вероятнее всего снижение эффективности раствора Хамора произошло именно за счёт его длительного хранения. Этот факт даёт нам основание рекомендовать для использования в производстве буферный раствор D532, лишенный перечисленных недостатков.

6.1.2 Оценка воды с модифицированным изотопным составом

В последнее время активизировались исследования по изучению возможностей использования биологически активных свойств воды с модифицированным изотопным составом, т.е. воды, обедненной по дейтерию и тритию. Ранее [Лобышев, Калиниченко, 1978; Влияние воды ..., 2000, 2011 и др.] было показано стимулирующее действие такой воды (называемой также «лёгкой») на живые организмы, проявляющееся в повышении их активности, стойкости к воздействию негативных факторов среды, активизации репродуктивных функций, улучшении и ускорении обмена веществ.

В качестве тест-объектов в подобных исследованиях использовались в основном высшие растения и мелкие млекопитающие. Изучение возможностей применения «лёгкой воды» на отдельных этапах биотехнологического цикла в рыбоводстве практически не проводилось. Опубликованы только данные о статистически достоверном увеличении в сравнении с контролем выживаемости эмбрионов радужной форели, развивающихся в среде из смеси дистиллята и воды, обедненной по дейтерию, в соотношении 1:1 [Effect of deuterium-depleted water ..., 2003], а также о возможности применения «лёгкой воды» для повышения стрессоустойчивости молоди осетровых рыб (севрюги) [Пашков, Джимаков, Барышев, 2012].

Мы провели тестирование воды, обедненной по дейтерию и тритию, в качестве среды для оплодотворения икры радужной форели [Моисеева, Шиндавина, Пашков, 2012].

При оплодотворении были использованы пять сред: вода из инкубатора (контроль – 350 мг дейтерия/л), оплодотворяющий раствор D532 (350 мг дейтерия/л), дистиллированная вода (350 мг дейтерия/л) и вода с модифицированным изотопным составом (далее – «лёгкая вода») двух степеней очистки – «лёгкая вода» I (85 мг дейтерия/л) и «лёгкая вода» II (175 мг дейтерия/л). Полученные результаты приведены в таблице 35.

Во всех вариантах проверки были получены высокие средние значения критериев качества икры и потомства.

Используемые при оплодотворении растворы оказывали различное влияние только на результат оплодотворения яйцеклеток: процент оплодотворения в растворе D532 был достоверно выше по сравнению с инкубационной водой и обоими вариантами «лёгкой воды» (таблица 36).

Выживаемость эмбрионов не зависела от среды, в которой проходило оплодотворение. Средние значения этого признака между отдельными средами достоверно не отличались.

Таблица 35 – Сравнительная оценка эффективности применения «лёгкой воды» и других сред для оплодотворения икры радужной форели (n – 17 экз.)

Среда для оплодотворения	рН	Показатель качества икры и потомства, $\bar{x} \pm m_x$		
		оплодотворяемость икры	выживаемость эмбрионов	выход эмбрионов
Вода из инкубатора (контроль)	7,7	87 ± 2,5	99 ± 0,4	87 ± 2,7
Раствор D532	9,0	95 ± 1,5	99 ± 0,4	93 ± 1,8
Дистиллят	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

Таблица 36 – Результаты попарного сравнения результатов инкубации икры в различных средах при помощи t-критерия Стьюдента для зависимых переменных

Пара сравнение	t-критерий p-level		
	оплодотворяемость икры	выживаемость эмбрионов	выход эмбрионов
Контроль – раствор D532	$\frac{-2,77}{0,01}$	$\frac{0,01}{1,00}$	$\frac{-1,85}{0,07}$
Контроль – дистиллят	$\frac{-1,87}{0,07}$	$\frac{0,01}{1,00}$	$\frac{-1,44}{1,00}$
Контроль – «лёгкая вода» I	$\frac{-0,33}{0,74}$	$\frac{-1,37}{0,09}$	$\frac{-0,01}{1,00}$
Контроль – «лёгкая вода» II	$\frac{-0,97}{0,34}$	$\frac{0,01}{1,00}$	$\frac{-0,60}{0,73}$
Раствор D532 – дистиллят	$\frac{0,80}{0,43}$	$\frac{-1,37}{0,09}$	$\frac{0,35}{0,04}$
Раствор D532 – «лёгкая вода» I	$\frac{3,09}{0,01}$	$\frac{-1,37}{0,09}$	$\frac{2,29}{0,04}$
Раствор D532 – «лёгкая вода» II	$\frac{2,13}{0,04}$	$\frac{-0,01}{1,00}$	$\frac{0,49}{0,02}$
Дистиллят – «лёгкая вода» I	$\frac{1,90}{0,32}$	$\frac{-1,37}{0,09}$	$\frac{-0,01}{1,00}$
Дистиллят – «лёгкая вода» II	$\frac{1,11}{0,07}$	$\frac{-0,00}{1,00}$	$\frac{-1,00}{1,00}$
«Лёгкая вода» I – «лёгкая вода» II	$\frac{-0,81}{0,43}$	$\frac{-1,37}{0,09}$	$\frac{-0,59}{0,73}$

Различия в выходе эмбрионов определялись величиной оплодотворяемости икры. При этом достоверные различия сохранились в двух случаях: раствор D532 – «лёгкая вода» и раствор D532 – вода из инкубатора.

Таким образом, ни «лёгкая вода», ни дистиллированная не показали высокой эффективности в сравнении с общепринятыми оплодотворяющими средами (в данном случае – раствор D532) при использовании их в качестве оплодотворяющей среды при воспроизводстве радужной форели.

На основании проведённого исследования можно сделать вывод о том, что вода с модифицированным изотопным составом в использованных вариантах не может быть рекомендована в качестве среды для оплодотворения икры радужной форели.

6.2 Сравнительная оценка различных сред для активации сперматозоидов

В 2010 г. нами были проведены эксперименты по изучению эффективности действия различных оплодотворяющих растворов на активность спермы самцов радужной форели. Параллельно исследовали влияние температуры на активность сперматозоидов. Апробацию провели на самцах форели камлоопс, адлер, Дональдсона и стальноголового лосося. При проверке использовали такие же оплодотворяющие растворы, как и в опытах с самками (раздел 6.1): растворы №1, №2 и №3. Контролем служила вода, поступающая в инкубационные аппараты.

Данные по влиянию различных оплодотворяющих растворов на подвижность и активность сперматозоидов при одинаковой температуре приведены в таблице 37.

Сравнивая при одинаковых условиях активность сперматозоидов, проявляющуюся в различных средах, мы отметили, что длительность поступательного движения сперматозоидов, активированных оплодотворяющим раствором №3, была достоверно выше, чем при использовании других сред (таблица 38).

Таблица 37 – Оценка самцов по подвижности сперматозоидов в разных средах, используемых для оплодотворения

Порода, возраст	Характеристика спермы	Значение показателя в разных средах			
		вода (контроль)	раствор № 1	раствор № 2	раствор № 3
Камлоопс, 2 года, n=21	активность, сек.	$\frac{20 \pm 0,4}{17-24}$	–	$\frac{24 \pm 0,8}{18-30}$	$\frac{34 \pm 2,2}{20-55}$
	доля подвижных спермиев, %	$\frac{76 \pm 8,1}{0-100}$	–	$\frac{78 \pm 8,0}{0-100}$	$\frac{91 \pm 5,0}{25-100}$
Дональдсона, 2 года, n=20	активность, сек.	$\frac{17 \pm 1,3}{0-22}$	$\frac{18 \pm 1,4}{0-25}$	$\frac{18 \pm 1,5}{0-24}$	$\frac{27 \pm 1,2}{25-37}$
	доля подвижных спермиев, %	$\frac{18 \pm 6,3}{0-90}$	$\frac{22 \pm 6,4}{0-90}$	$\frac{21 \pm 6,3}{0-90}$	$\frac{30 \pm 6,5}{10-100}$
Стальноголовый лосось, 3 года, n=20	активность, сек.	$\frac{18 \pm 0,7}{15-23}$	$\frac{19 \pm 0,6}{16-23}$	$\frac{20 \pm 0,9}{15-27}$	$\frac{32 \pm 2,2}{22-50}$
	доля подвижных спермиев, %	$\frac{82 \pm 8,5}{0-100}$	$\frac{81 \pm 8,1}{0-100}$	$\frac{83 \pm 8,5}{0-100}$	$\frac{87 \pm 7,2}{2-100}$

Таблица 38 – Результаты попарного сравнения активности сперматозоидов в различных средах, при помощи t-критерия Стьюдента для зависимых переменных

Пара сравнение	t-критерий p-level		
	камлоопс	Дональдсона	стальноголовый лосось
Вода – раствор №1	–	$\frac{-0,52}{0,60}$	$\frac{-1,08}{0,28}$
Вода – раствор №2	$\frac{-4,47}{0,01}$	$\frac{-0,50}{0,62}$	$\frac{-1,75}{0,09}$
Вода – раствор №3	$\frac{-6,26}{0,01}$	$\frac{-5,65}{0,01}$	$\frac{-6,06}{0,01}$
Раствор №1 – раствор № 2	–	$\frac{-0,00}{1,00}$	$\frac{-0,92}{0,36}$
Раствор №1 – раствор № 3	–	$\frac{-4,88}{0,01}$	$\frac{-5,70}{0,01}$
Раствор №2 – раствор № 3	$\frac{-4,27}{0,01}$	$\frac{-4,68}{0,01}$	$\frac{-5,05}{0,01}$

Растворы №1 и №2 при проверке показали себя на одном уровне с контрольной средой. Кроме того, при использовании раствора №3 подвижные сперматозоиды появлялись в пробах спермы, неактивной в других средах.

Следует отметить, что почти во всех рассматриваемых вариантах опытов присутствовали самцы, сперма которых в контрольной среде (вода) не двигалась. При использовании оплодотворяющих растворов №1 и №2 сперматозоиды этих самцов были также неподвижны, в то время как применение раствора №3 вызывало их активацию.

Активирующие свойства раствора №3 в сравнении с контролем (вода) проявлялись при разных температурах (таблица 39).

Таблица 39 – Результаты сравнения качества сперматозоидов форели адлер в растворе №3 и воде при разных температурах (n – 20 экз.)

Температура воды, °С	Условия оплодотворения	
	вода (контроль)	раствор № 3
активность, сек		
7–8	$\frac{17 \pm 0,6}{14-22}$	$\frac{25 \pm 0,9}{20-31}$
12	$\frac{17 \pm 0,6}{14-23}$	$\frac{24 \pm 0,7}{20-29}$
15–17	$\frac{16 \pm 0,5}{13-20}$	$\frac{23 \pm 0,9}{18-30}$
подвижность, %		
7–8	$\frac{90 \pm 5,8}{10-100}$	$\frac{95 \pm 2,7}{60-100}$
12	$\frac{86 \pm 6,5}{10-100}$	$\frac{91 \pm 4,0}{50-100}$
15–17	$\frac{90 \pm 5,9}{10-100}$	$\frac{94 \pm 3,2}{50-100}$

Таким образом, мы наблюдали достоверно лучшие активизирующие показатели буферного раствора D532 (раствор №3) по сравнению с остальными оплодотворяющими средами. Если при оплодотворении с использованием избытка спермы это преимущество несущественно, то для промышленного воспроизводства, где количество самцов ограничено, оплодотворяющий раствор №3 (D532) имеет явные преимущества. Поэтому мы рекомендуем использовать в воспроизводстве радужной форели на племенных заводах буферный оплодотворяющий раствор D532.

Также при проведении опытов во всех породах мы регистрировали самцов, отличающихся высоким качеством половых продуктов при активации их в водной среде. Это создаёт предпосылки для отбора рыб по качеству спермы, который необходимо проводить одновременно с селекцией самок по качеству яйцеклеток.

6.3 Влияние кислорода на качество спермы в процессе её хранения

В отечественной литературе в инструкции по отбору и хранению спермы радужной форели [Казаков, Образцов, 1990], указывается, что она способна сохранять свои рыбоводные качества до трёх суток при температуре 4 °С. При этом хранить её необходимо в пробирках, плотно закрытых корковыми пробками.

В процессе воспроизводства при необходимости сохранения спермы около суток в холодильнике (при 5–6 °С) мы не раз отмечали ухудшение её качественных характеристик в закрытой таре по сравнению с открытой. Поэтому нашей целью было подобрать условия, обеспечивающие минимальные потери качества спермы в процессе хранения.

Для этого в 2010 г. на двухгодовалых самцах форели адлер (22 экз.) мы провели эксперимент по изучению влияния кислорода на качество спермы в процессе её хранения. Для чего свежееотобранную сперму от каждого самца разделили на две части: одну часть поместили в пробирку и закрыли ватным тампоном, другую – поместили в пакеты и закачали медицинский кислород.

Качество свежесобранной спермы, оцененное по доле подвижных сперматозоидов, у разных самцов отличалось. По этому показателю самцы образовали три условные группы: 100 % сперматозоидов подвижны (группа – I), подвижны от 50 до 100 % сперматозоидов (группа II), подвижны менее 50 % сперматозоидов (группа – III). При этом самцы указанных групп отличались не только по доле подвижных сперматозоидов, но и по их активности (таблица 40).

Таблица 40 – Результаты попарного сравнения активности и подвижности сперматозоидов самцов, отнесённых к разным группам при помощи t-критерия Стьюдента

Сравниваемые группы самцов	t-критерий p-level	
	активность, сек	подвижность, %
I–II	<u>6,06</u> 0,01	<u>4,88</u> 0,01
I–III	<u>6,97</u> 0,01	<u>350,38</u> 0,01
II–III	<u>5,83</u> 0,01	<u>5,01</u> 0,01

Установлено, что хранение проб спермы с добавлением кислорода улучшило её качественные характеристики во всех категориях (таблица 41). Так, в группах самцов I и II сперматозоиды достоверно увеличили свою активность на 11 и 36 % соответственно.

Доля подвижных сперматозоидов в I группе самцов изначально была максимальной. За период хранения она не изменила своих характеристик, в то время как во II группе самцов подвижными стали все сперматозоиды (показатель возрос в среднем на 17 %).

Важно отметить III группу самцов, где практически неподвижные сперматозоиды в начале опыта после хранения в кислородной среде увеличили свою подвижность до 100 % (таблица 41).

Таблица 41 – Качество спермы в зависимости от условий хранения

Группа самцов	Объём выборки, экз.	Показатель, $\frac{\bar{x} \pm m_x}{\min-\max}$					
		активность, сек.			доля подвижных сперматозоидов, %		
		исходная	через 24 часа		исходная	через 24 часа	
			контроль	опыт		контроль	опыт
I	n=14	$\frac{18 \pm 0,3}{17-20}$	$\frac{15 \pm 0,5}{10-18}$	$\frac{20 \pm 0,3}{19-23}$	$\frac{100 \pm 0,0}{100}$	$\frac{4 \pm 1,3}{0-9}$	$\frac{100 \pm 0,0}{100}$
II	n=7	$\frac{14 \pm 0,5}{13-15}$	$\frac{10 \pm 0,6}{5-15}$	$\frac{19 \pm 0,4}{18-20}$	$\frac{83 \pm 7,5}{60-90}$	$\frac{1 \pm 0,3}{0-2}$	$\frac{100 \pm 0,0}{100}$
III	n=1	$\frac{15 \pm 0,0}{-}$	$\frac{0 \pm 0,0}{-}$	$\frac{17 \pm 0,0}{-}$	$\frac{3 \pm 0,0}{-}$	$\frac{0 \pm 0,0}{-}$	$\frac{100 \pm 0,0}{-}$

Наши данные согласуются с результатами зарубежных исследователей, где прямо указывается на необходимость снабжения кислородом спермы радужной форели во время её хранения [Barnett, 1951; Short-term storage of salmonid ..., 2000]. Более того, в работе Дж. Стосса [Stoss, 1983] показано, что оплодотворяющая способность спермы может быть продлена до 15 и даже до 30 дней при добавлении в неё при хранении кислорода и антибиотиков.

Таким образом, дополнительная оксигенация спермы может не просто сохранить, но и улучшить качество спермы радужной форели.

При воспроизводстве селекционных достижений радужной форели закладка семей на инкубацию производится в один день. Перед подбором пар для скрещивания необходимо оценить производителей по экстерьеру и презиготическому качеству половых продуктов, что в условиях племзаводов очень трудоёмко. Поэтому заблаговременная оценка самцов и спермы с возможностью сохранения качества половых продуктов в течение суток даёт возможность селекционерам рационально распределить трудозатраты. Также, при большом количестве самок, дополнительное улучшение качества отобранной

спермы путём оксигенации медицинским кислородом может увеличить оплодотворяемость икры и тем самым повысить эффективность инкубации, что особенно важно при дефиците спермы или её низком качестве.

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, содержащихся на постоянном низкожирном рационе. При этом продолжительность нереста становится на месяц короче, а за счёт 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 $(\text{HOCH}_2)_3\text{CNH}_2$, 2,25 г $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ на 1 л дистиллированной воды с доведением pH 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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алешин, С.А. Функциональные корреляции процессов формирования фонда половых клеток радужной форели с условиями питания в раннем онтогенезе / С.А. Алешин, Д.А. Чмилевский // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – 1987. – Вып. 263. – С.35–43.
2. Алабастер, Д. Критерии качества воды для пресноводных рыб / Д. Алабастер, Р. Ллойд. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1984. – 344 с.
3. Анализ микросателлитной ДНК у камчатской микижи (*Parasalmo (Oncorhynchus) mykiss*). Подбор локусов и оптимизация методики / А.В. Семёнова [и др.] // Генетика. – 2010. – Т. 46, № 6. – С. 1–4.
4. Аннотированный каталог круглоротых и рыб континентальных вод России / отв. ред. Ю.С. Решетников. – М.: Наука, 1998. – 220 с.
5. Апробация экспресс-методов оценки качества икры у радужной форели / Н.И. Шиндавина [и др.] // Рыбное хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 62–64.
6. Бабий, В.А. Опыт работы форелеводческого племзавода «Адлер» / В.А. Бабий // Рыбоводство и рыболовство. – 1997. – № 2. – С. 18–19.
7. Бабий, В.А. Использование биологических и технологических особенностей коллекции пород радужной форели племзавода «Адлер» для комплектования маточных стад рыбхозов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.01 / Бабий Виктор Александрович. – Краснодар, 1998. – 25 с.
8. Богерук, А.К. Концептуальные подходы к организации и управлению племенным делом в рыбоводстве России / А.К. Богерук // Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре: тез. докл. Междунар. симпоз. – Краснодар, 1996. – С. 74–76.
9. Богерук, А.К. Биологические и организационно-методические основы селекционно-племенного дела в рыбоводстве: автореф. дис. ... доктора биол. наук: 03.00.10 / Богерук Андрей Кузьмич. – М., 2000. – 77 с.
10. Богерук, А.К. Аквакультура России: история и современность / А.К. Богерук // Рыбное хозяйство. – 2008. – № 4. – С. 16.

11. Богуцкая, Н.Г. Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями / Н.Г. Богуцкая, А.М. Насека – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 389 с.

12. Боровик, Е.А. Радужная форель / Е.А. Боровик. – Минск: Наука и техника, 1969. – 156 с.

13. Боровиков, В.П. СТАТИСТИКА. Статистический анализ и обработка данных в среде *Windows* / В.П. Боровиков, И.П. Боровиков – М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 1998. – 608 с.

14. Брайнбалле, Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы / Я. Брайнбалле. – Копенгаген: ФАО, 2010. – 71 с.

15. Буферные системы // XUMUK.RU. URL [Удалённый ресурс]. – Режим доступа: <http://www.xumuk.ru/bse/431.html> (дата обращения 16.11.2014).

16. Влияние воды с пониженным содержанием дейтерия на культивирование высших растений: *Arabidopsis thaliana* и *Brassica rapa* / Ю.Е. Синяк [и др.] // Организм и окружающая среда: жизнеобеспечение и защита человека в экстремальных условиях: матер. Всерос. конф. – В 2-х т. – М., 2000. – Т. 2. – С. 90.

17. Влияние воды с пониженным содержанием дейтерия на показатели прооксидантно-антиоксидантной системы у лабораторных животных / Е.В. Барышева [и др.] // Актуальные проблемы биологии, нанотехнологий и медицины: матер. IV Междунар. науч.-практич. конф. – Ростов н/Д., 2011. – С. 136.

18. Воробьева, Э.И. Влияние внешних факторов на микроструктуру оболочек икры рыб: атлас микрофотографий, полученных при помощи электронного сканирующего микроскопа / Э.И. Воробьева, В.В. Рубцов, К.П. Марков. – М.: Наука, 1986. – 108 с.

19. Выращивание радужной форели. Режим кормления и эффективность / Н.И. Шиндавина [и др.] // Наше племенное дело. – 2000. – № 3–4. – С. 26–27.

20. Галкина, З.И. Качество самок радужной форели и их потомства / З.И. Галкина // Обмен веществ и биохимия рыб. – М.: Наука, 1967. – С. 75–79.
21. Глубоковский, М.К. Эволюционная биология лососевых рыб / М.К. Глубоковский. – М.: Наука, 1995. – 343 с.
22. Голованов, В. К. Экспериментальная оценка верхней температурной границы жизнеобитания у молоди пресноводных видов рыб / В.К. Голованов // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича. – 2013.– № 11.– С.125–132.
23. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: в 2-х т. – Т.2 Породы животных. – М.: Министерство сельского хозяйства, 2015. – 164 с.
24. Грачева, М.Н. Метод выращивания товарной радужной форели в два года / М.Н. Грачева // Тр. ВНИОРХ. – 1954. – С. 5.
25. Дислер, Н.Н Особенности развития рыб в различных естественных и экспериментальных условиях / Н.Н. Дислер. – М.: Наука, 1975. – 147 с.
26. Долгосрочные и краткосрочные изменения структуры популяций камчатской микижи *Parasalmo mykiss* из рек Западной Камчатки / К.А. Савваитова [и др.] // Вопросы ихтиологии. – 2003. – Т. 43, № 6. – С. 789–800.
27. Дорофеева, Е.А. *Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792) – микижа // Атлас пресноводных рыб России: в 2 т. – Т. 1 / Е.А. Дорофеева; под ред. Ю.С. Решетникова. – М.: Наука, 2003. – С. 92–95.
28. Дорофеева, Е.А. Современные представления о классификации тихоокеанских форелей (род *Parasalmo*) и лососей (род *Oncorhynchus*) / Е.А. Дорофеева // Систематика, биология и биотехника разведения лососевых рыб. – 1994. – С. 55–58.
29. Дорофеева, Е.А. Osteологические особенности атлантических и тихоокеанских лососей родов *Salmo* и *Parasalmo* / Е.А. Дорофеева С.А. Горшков, Н.С. Романов // Тр. ГосНИОРХ. – 1992. – Вып. 304. – С. 194–205.

30. Есавкин, Ю.И. Интенсивная технология пресноводного форелеводства: автореф. дис. ... доктора с.-х. наук: 06.04.01 / Есавкин Юрий Иванович. – Москва, 2012. – 41 с.

31. Залепухин, В.В. Оптимизация оценки качества производителей карповых рыб в аквакультуре: автореф. дис. ... доктора биол. наук: 03.00.10 / Залепухин Валерий Владимирович. – Астрахань, 2009. – 48 с.

32. Зданович, В.В. Особенности роста и энергетики молоди радужной форели *Parasalmo (Oncorhynchus) mykiss* при постоянной температуре и её кратковременных периодических отклонениях в верхнюю субоптимальную зону / В.В. Зданович, В.Я. Пушкарь, М.З. Келехсаев // Вопросы ихтиологии. – 2011. – № 4. – С. 494–501.

33. Зданович, В.В. Рост и продукционные показатели молоди радужной форели *Oncorhynchus mykiss* Walbaum при постоянных температурах и в условиях температурного градиента / В.В. Зданович, В.П. Панов, М.З. Келехсаев // Изв. Тимирязевской с.-х. академии. – 2013. – № 1. – С. 97–103.

34. Зотин, А.И. Механизм образования перивителлинового пространства у яиц лососевых рыб / А.И. Зотин // Доклады академии наук. – 1954. – Т. ХСVI, № 2. – С. 421–424.

35. Зотин, А.И. Фермент затвердевания оболочек у яиц лососевых рыб / А.И. Зотин // Доклады академии наук. – 1958. – Т. 121, № 6. – С. 1105–1108.

36. Игнатьева, Г.М. Радужная форель *Salmo gairdneri* Richardson, 1936 / Г.М. Игнатьева // Объекты биологии развития. – М.: Наука, 1975. – С. 278–308.

37. Исследование взаимосвязи рыбоводно-биологических характеристик производителей и качества их потомства с воздействием внешних факторов, возрастом, кратностью созревания и временем нереста в сезоне у форели камлоопс-ранний и стальноголового лосося. Оценка самок и самцов стальноголового лосося по комплексу морфологических, репродуктивных признаков и качеству потомства в зависимости от условий выращивания и особенностей созревания: отчёт о НИР (промежуточ.): 01/09 – 33/02 /

Федеральный селекционно-генетический центр рыбоводства; рук. Никандров В.Я. – Ропша, 2009 а. – 38 с. – Исполн.: Никандров В.Я., Шиндавина Н.И.

38. Исследование взаимосвязи рыбоводно-биологических характеристик производителей и качества их потомства с воздействием внешних факторов, возрастом, кратностью созревания и временем нереста в сезоне у форели камлоопс-ранний и стальноголового лосося. Оценка самок и самцов форели камлоопс-ранний по комплексу морфологических, репродуктивных признаков и качеству потомства в зависимости от условий выращивания и особенностей созревания: отчет о НИР (заключ.): 01/09 – 33/02 / Федеральный селекционно-генетический центр рыбоводства; рук. Никандров В.Я. – Ропша, 2009 б. – 32 с. – Исполн.: Никандров В.Я., Шиндавина Н.И.

39. Казаков, Р.В. Методы оценки качества половых клеток рыб: рыбоводная оценка спермы / Р.В. Казаков, А.Н. Образцов // Рыбное хозяйство. Сер. Марикультура: Обзорная информация. – М.: ВНИЭРХ, 1990. – Вып. 4. – 53 с.

40. Казаков, Р.В. Зависимость размерно-весовых характеристик зародышей и личинок атлантического лосося (*Salmo salar* L.) от величины икринки / Р.В. Казаков, М.Н. Мельникова // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – Л: ГосНИОРХ, 1980. – Вып. 153. – С. 58–70.

41. Калюжная, Т.И. Холодноводные объекты аквакультуры – резерв ресурсосбережения / Т.И. Калюжная // Рыбоводство и рыболовство. – 1997. – № 1. – С. 22–23.

42. Камчатские благородные лососи (систематика, экология, перспективы использования как объекта форелеводства и акклиматизации) / К.А. Савваитова [и др.]. – Воронеж: Воронежский гос. ун-т, 1973. – 120 с.

43. Канидьеv, А.Н. Руководство по разведению радужной форели в пресной и соленой воде / А.Н. Канидьеv, Н.П. Новоженин, Е.Ф. Титарев. – М.: ВНИИПРХ, 1974. – 60 с.

44. Каталог пород, кроссов и одомашненных форм рыб России и СНГ / под ред. А.К. Богерук – М.: М-во сельского хозяйства, 2001. – 115 с.

45. Катасонов, В.Я. Селекция и племенное дело в рыбоводстве / В.Я. Катасонов, Н.Б. Черфас. – М.: Агропромиздат, 1986. – 182 с.
46. Кляшторин, Л. Б. Водное дыхание и кислородные потребности рыб / Л.Б. Кляшторин. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1982. – 168 с.
47. Кудерский, Л.А. Пресноводная аквакультура и возможности её развития в рыночных условиях /Л.А. Кудерский // Состояние и перспективы науч.-практ. разработок в области марикультуры России. – М.: ВНИРО, 1996. – С. 153–159.
48. Кузицин, К. В. Формирование и адаптивное значение внутривидового экологического разнообразия лососевых рыб (семейство *Salmonidae*): дис. в форме науч. доклада ... доктора биол. наук: 03.02.06 / К.В. Кузицин. – М., 2010. – 49 с.
49. Кошелев, Б.В. Экология размножения рыб / Б.В. Кошелев. – М.: Наука, 1984. – 309 с.
50. Лакин, Г.Ф. Биометрия: учебное пособие для ВУЗов / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
51. Лебедева, О.А. Изменение сроков закладки органов и продолжительности эмбриогенеза у радужной форели (*Salmo irideus* Gibb.) в зависимости от температуры / О.А. Лебедева, М.М. Мешков // Изв. ГосНИОРХ. – 1969. – Т. 68. – С. 136–15.
52. Леманова, Н.А. Динамика вариабельности размерных показателей радужной форели в течение первого года жизни / Н.А. Леманова // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – Л.: ГосНИОРХ, 1981. – Вып. 166. – С. 10–14.
53. Леманова, Н.А. Сроки массового отбора радужной форели / Н.А. Леманова, Е.С. Слуцкий // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – Л.: ГосНИОРХ, 1982. – Вып. 183.– С. 141–147.
54. Леманова, Н.А. Методические указания по проведению раннего массового отбора при формировании ремонтно-маточных стад радужной форели / Н.А. Леманова, Е.С. Слуцкий. – Л.: ГосНИОРХ, 1984. – 13 с.
55. Лобышев, В.Н. Изотопные эффекты D2O в биологических системах / В.Н. Лобышев, Л.П. Калиниченко. – М.: Наука, 1978. – 215 с.

56. Макеева, А.П. Атлас молоди пресноводных рыб России / А.П. Макеева, Д.С. Павлов, Д.А. Павлов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 383 с.

57. Мальцев, А.Ю. Структура популяций камчатской микижи *Parasalmo mykiss* (Walbaum) в экосистемах лососевых рек разного типа: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / Мальцев Александр Юрьевич. – М., 2007. – 25 с.

58. Мантельман, И.И. Оценка производителей пеляди по жизнеспособности потомства / И.И. Мантельман // Генетика промысловых рыб и объектов аквакультуры. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. – С. 93–98.

59. Мартышев, Г.Ф. Прудовое рыбоводство / Г.Ф. Мартышев. – М.: Высшая школа, 1973. – 370 с.

60. Медников, Б.М. Проблема родового статуса тихоокеанских лососей и форелей (геносистематический анализ по данным таксопринта ДНК) // Тихоокеанские благородные лососи и форели Азии / Б.М. Медников. – М.: Научный мир, 2001. – С. 86–92.

61. Международный кодекс зоологической номенклатуры. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 223 с.

62. Мелехова, О.П. Асинхронность развития ооцитов у стерляди в индустриальных условиях / О.П. Мелехова, Е.А. Чертихина // Вестн. Московского ун-та. Сер. Биология. – 2009. – № 4. – Сер. 16. – С. 29–32.

63. Мельникова, М.Н. Применение SCAR-маркеров ДНК для дифференциации камчатской микижи (*Parasalmo (Oncorhynchus) mykiss*) / М.Н. Мельникова, Д.С. Павлов, М.В. Шитова // Доклады академии наук. – 2014. – Т. 455, № 6. – С. 727–730.

64. Методика разработки перспективных селекционно-генетических и племенных программ в рыбоводстве / НИИ ветеринарной генетики и селекции, каф. зоологии и рыбоводства Новосибирского гос. аграрного ун-та. – Новосибирск: НовГУ, 1999. – 28 с.

65. Микодина, Е.В. Оценка эффективности применения оплодотворяющих растворов при воспроизводстве радужной форели / Е.В. Микодина, Г.Т. Панченков, К.А. Яблоков // Рыбное хозяйство. – 1990. – № 8. – С. 38–40.

66. Микулин, А.Е. Функциональное значение пигментов и пигментации в онтогенезе рыб / А.Е. Микулин. – М.: ВНИРО, 2000. – 232 с.

67. Микулина, Ю.А. Исследование аномальных ооцитов у кеты и горбуши в связи с их искусственным воспроизводством: автореф. дис... канд. биол. наук: 03.00.32 // Микулина Юлия Александровна. – М., 2007. – 25 с.

68. МикроБаланс (MicroBalance) – концепция снижения зависимости от рыбных кормов // ТЕНКОМ.RU: Сервер компании Техкорм. 2006 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://tehkorm.ru/publikatsii/rybovodstvo/microbalance.html> (дата обращения 07.11.2014).

69. Моисеева, Е.В. Связь между активной реакцией среды овариальной жидкости и качеством икры радужной форели / Е.В. Моисеева // Pontus Euxinus–2011: Тезисы VII Международной научно-практической конференции молодых учёных по проблемам водных экосистем, посвящённой 140-летию Института биологии южных морей НАНУ. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – С.176–178.

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

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

72. Моисеева, Е.В. Предварительные результаты использования воды с модифицированным изотопным составом в качестве среды для оплодотворения икры радужной форели / Е.В. Моисеева, Н.И. Шиндавина, А.Н. Пашков //

Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных регионов России и сопредельных территорий: матер. XXV межреспубл. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Краснодар: Изд-во ФГБОУ ВПО КубГУ, 2012. – С. 44–46.

73. Моисеева, Е.В. Влияние высоких температур воды на репродуктивные характеристики самок радужной форели / Е.В. Моисеева, Н.И. Шиндавина, А.Н. Пашков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 10 (104). – IDA [article ID]: 1041410072. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/10/pdf/72.pdf>.

74. Мурза, И.Г. Определение степени зрелости гонад и прогнозирование возраста достижения половой зрелости у атлантического лосося и кумжи: методические указания / И.Г. Мурза, О.Л. Христофоров. – Л.: ГосНИОРХ, 1991. – 102 с.

75. Никандров, В.Я. Выбор и оценка элитных самцов радужной форели по качеству потомства. Сообщение 1 / В.Я. Никандров // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – Л.: ГосНИОРХ, 1982. – Вып. 188. – С. 27–38.

76. Никандров, В.Я. Предпосылки линейной селекции в форелеводстве / В.Я. Никандров // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – Л.: ГосНИОРХ, 1983. – Вып. 203. – С. 79–83.

77. Никандров, В.Я. Биологические основы линейного разведения радужной форели: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / Никандров Владимир Яковлевич. – Л., 1985. – 21 с.

78. Никандров, В.Я. Методические указания к отбору самцов радужной форели по размерам тела, показателям сперматокрита и относительной плодовитости при рыбоводной и селекционно-племенной работе / В.Я. Никандров, Е.С. Слуцкий, А.Н. Образцов. – Л.: ГосНИОРХ, 1985. – 5 с.

79. Никандров, В.Я. Основные направления племенной работы в форелеводстве / В.Я. Никандров // Проблемы товарного выращивания лососевых рыб России: Сб. докл. Всерос. совещания. – Мурманск: Из-во ПИНРО, 1995. – С. 19–21.

80. Никандров, В.Я. Крупномасштабная селекция в форелеводстве / В.Я. Никандров // Современные средства воспроизводства и использование водных биоресурсов: тез. докл. – СПб: [б.и.], 2000. – Т. 4. – С. 192–194.

81. Никандров, В.Я. Перспективные направления селекции радужной форели / В.Я. Никандров // Рыбное хозяйство. Сер. Актуальные науч.-технические проблемы отрасли: Сб. статей. Опыт селекционно-племенной работы форелеводческого племзавода «Адлер». – М.: ВНИЭРХ, 2002. – Вып. 2. – С. 1–10.

82. Никандров, В.Я. Обоснование и реализация программы крупномасштабной селекции в форелеводстве / В.Я. Никандров, Н.И. Шиндавина // Генетика, селекция и племенное дело в аквакультуре России. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 428 с.

83. Никандров, В.Я. Создание, совершенствование и поддержание селекционных достижений в племенных хозяйствах / В.Я. Никандров, Н.И. Шиндавина / под ред. А.К. Богерука // Сер.: Породы и одомашненные формы рыб. Сб. Породы радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* W.). – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – С. 110–315.

84. Новоженин, Н.П. Методические указания по разведению и выращиванию осеннерестующей форели Камлоопс в форелевых хозяйствах / Н.П. Новоженин. – М.: ВНИИПРХ, 1985. – 14 с.

85. Новоженин, Н.П. Радужная форель как объект поликультуры в прудовом рыбоводстве / Н.П. Новоженин // Рыбохозяйственное использование водоемов комплексного назначения. Часть 2. – М.: ВНИИР, 2001. – С. 173–179.

86. Новоженин, Н.П. Инструкция по технологии оплодотворения икры форели с использованием оплодотворяющих растворов / Н.П. Новоженин, А.В. Линник, Г.А. Сычев. – М.: [б.и.], 1983. – 10 с.

87. Новоженин, Н.П. Технология формирования и эксплуатации маточного стада радужной форели в прудовых хозяйствах / Н.П. Новоженин, А.В. Линник. – М.: [б.и.], 1986. – 22 с.

88. Об утверждении Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года. / Приказ Федерального агентства

по рыболовству от 30 марта 2009 г. N 246 // GARANT.RU [Удалённый ресурс].
Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2068101/#ixzz3550Xn2zd> (дата обращения: 19.06.2014 г.).

89. Особенности фенотипа золотисто-желтой окраски у радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) / Н.И. Шиндавина [и др.] // Опыт селекционно-племенной работы форелеводческого племзавода «Адлер»: Рыбное хозяйство. Сер. Актуальные науч.-технические проблемы отрасли: Сб. статей. Опыт селекционно-племенной работы форелеводческого племзавода «Адлер» – 2002. – Вып. 2. – С. 11–33.

90. Остроумова, И.Н. Рост и развитие радужной форели при разном содержании кислорода / И.Н. Остроумова // IV совещание эмбриологов: тез. докл. – 1963. – С. 138–139.

91. Остроумова, И.Н. Рост и развитие эмбрионов радужной форели при разной концентрации кислорода в воде / И.Н. Остроумова // Изв. ГосНИОРХ. – 1969. – Т. 68. – С. 202–216.

92. Остроумова, И.Н. Биологические основы кормления рыб / И.Н. Остроумова. – СПб.: ФГБНУ «ГосНИОРХ», 2012. – 564 с.

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

94. Павлов, Д.С. К проблеме формирования эпигенетических вариаций жизненной стратегии у вида Красной книги – камчатской микижи *Parasalmo mykiss* (*Salmonidae*, *Salmoniformes*) / Д.С. Павлов, К.А. Савваитова, К.В. Кузицин // Доклады РАН. – 1999. – Т. 367, № 5. – С. 709–713.

95. Пашков А.Н., Джимаков С.С., Барышев М.Г. Оценка влияния воды с пониженным содержанием дейтерия на стрессоустойчивость сегиеток севрюги (*Acipenser stellatus*) // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: матер. II Междунар. научн.-технич. конф.: в 2 ч. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. – Ч. 1. – С. 246–248.

96. Племзавод «Адлер» / Н.А. Рулев, В.А. Янковская, Е.В. Моисеева, В.Я. Никандров, Н.И. Шиндавина // Рыбоводство. – 2011. – № 2. – С. 20–24.
97. Попова, Э.К. Эффекты лазерного воздействия на рыб в раннем онтогенезе / Э.К. Попова. – Петрозаводск: Кивач, 2004. – 126 с.
98. Привезенцев, Ю.А. Интенсивное прудовое рыбоводство / Ю.А. Привезенцев. – М.: АО Агропромиздат, 1991. – 368 с.
99. Привольнев, Т.И. Эколого-физиологические и рыбохозяйственные особенности радужной форели (*S. irideus* Gibb.) // Изв. ГосНИОРХ. – 1969. – Т. 68. – С. 3–21.
100. Привольнев, Т.И. Увеличение навески товарной радужной форели / Т.И. Привольнев // Биологические основы форелеводства. – 1976. – С.14–18.
101. Проблема родового статуса тихоокеанских лососей и форелей. Геносистематический анализ / Б.М. Медников [и др.] // Вопросы ихтиологии. – 1999. – Вып. 39. – С. 14–21.
102. Промысловые рыбы СССР / Ред. Л.С. Берг [и др.]. М.: Пищепромиздат, 1949. – 787 с.
103. Проскуренко, И.В. Замкнутые рыбоводные установки / И.В. Проскуренко. – М.: ВНИРО, 2003. – 152 с.
104. Разнообразие жизненных стратегий и структура популяций камчатской микижи *Parasalmo mykiss* в экосистемах малых лососёвых рек разного типа / Д.С. Павлов [и др.] // Вопросы ихтиологии. – 2008. – Т. 48, № 1. – С. 42–49.
105. Рекомендации по формированию ремонтно-маточных стад и бонитировке племенных рыб различных пород / Сб. законодательных актов, инструкций и нормативно-методических документов по племенному рыбоводству: Вып. 2. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – С. 177–223.
106. Ростовцев, А.А. Зависимость качества икры от питания производителей / А.А. Ростовцев // Рыбоводство и рыболовство. – 1977. – № 2. – С. 9.
107. Ростовцев, А. А. Совершенствование технологии инкубации икры радужной форели на Алтае / А. А. Ростовцев // Птицеводство и рыбоводство в Сибири. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1979. – С. 48–53.

108. Рубцов, В.В. Зависимость некоторых морфофизиологических показателей икринок сазана *Cyprinus carpio* L. от изменения микроструктуры яйцевых оболочек / В.В. Рубцов // Вопросы ихтиологии. – 1981. – Т. 21, Вып. 5. – С. 844–852.

109. Рыбоводно-биологическая характеристика производителей радужной форели, и их оценка по качеству потомства / А.Г. Яблоков [и др.] // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – Л.: ГосНИОРХ, 1982. – Вып. 188. – С. 3–17.

110. Савваитова, К.А. О систематическом положении камчатской семги (*Salmo penshinensis* Pallas) и микижи (*Salmo mykiss* (Walbaum)) и их взаимоотношения с американскими представителями рода *Salmo* / К.А. Савваитова, В.Д. Лебедев // Вопросы ихтиологии. – 1966. – Т. 6., Вып. 4(41). – С. 593–608.

111. Савваитова, К.А. К систематике камчатской микижи *Salmo mykiss* Walbaum / К.А. Савваитова, В.А. Максимов // Вестник МГУ. Сер. Биол. – 1967. – № 4. – С. 14–24.

112. Савостьянова, Г.Г. Массовый отбор в форелеводстве / Г.Г. Савостьянова // Генетика. – 1969. – Т. 5, № 7. – С. 29–36.

113. Савостьянова, Г.Г. Сравнение нескольких племенных групп радужной форели по их рыбохозяйственной ценности / Г.Г. Савостьянова // Изв. ГосНИОРХ. – Л.: ГосНИОРХ, 1971. – Т. 74. – С. 87–103.

114. Савостьянова, Г.Г. Методические указания по проведению селекционно-племенной работы в форелеводстве / Г.Г. Савостьянова. – Л.: ГосНИОРХ, 1974. – 16 с.

115. Савостьянова, Г.Г. Зависимость плотности икры и ее способности к оплодотворению от возраста самок радужной форели / Г.Г. Савостьянова, В.Я. Никандров // Биология промысловых рыб и беспозвоночных на ранних стадиях развития: Тез. докл. Междунар. конф. – Мурманск, 1974. – С. 20–22.

116. Савостьянова, Г.Г. Зависимость некоторых биометрических показателей икры от возраста самок радужной форели / Г.Г. Савостьянова, В.Я. Никандров // Изв. ГосНИОРХ. – 1976. – Т. 13. – С. 3–7.

117. Савостьянова, Г.Г. О разноразмерности икринок радужной форели / Г.Г. Савостьянова, Е.С. Слуцкий // Изв. ГосНИОРХ. – 1974. – Т. 97. – С. 159–168.

118. Сакур, О.Ф. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб / О.Ф. Сакур, Н.А. Буцкая. – Мурманск: Главрыбвод, 1968. – 47 с.

119. Сборник нормативно-технологической документации по товарному рыбководству: в 2-х т. – М.: Агропромиздат, 1986. – Т. 2. – 317 с.

120. Селекционно-племенная работа с радужной форелью: методическое пособие / В.М. Голод и [др.]. – СПб: ГосНИОРХ, 1995. – 28 с.

121. Сижажев, В.В. Современное состояние, аспекты биотехнологии и перспективы развития форелеводства в Кабардино-Балкарии: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04 / В.В. Сижажев. – Краснодар, 2002. – 24 с.

122. Складов, В.Я. Справочник по кормлению рыб / В.Я. Складов, Е.А. Гамыгин, Л.П. Рыжков. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 120 с.

123. Слуцкий, Е.С. Изменчивость размера овулировавших икринок рыб / Е.С. Слуцкий // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – 1980. – Вып. 149. – С. 66–90.

124. Слуцкий, Е.С. Ранний массовый отбор в селекции форели / Е.С. Слуцкий, Н.А. Леманова // Всесоюзн. семинар по интенсификации форелеводства: Тез. докл. – М., 1987. – С. 55–56.

125. Смирнов, А.И. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей / А.И. Смирнов. – М.: МГУ, 1975. – 336 с.

126. Совершенствование методов разведения форели в форелеводческом племсовхозе «Адлер»: отчёт о НИР / Гос. науч.-исслед. ин-т озёрного и речного рыбного хозяйства; рук. Никандров В.Я. – СПб, 1990. – 29 с. – Исполн.: Никандров В.Я., Шиндавина Н.И.

127. Соколов, С.Г. Обзор паразитов микижи *Parasalmo mykiss* (*Osteichthyes: Salmonidae*) полуострова Камчатка / С.Г. Соколов // Зоология беспозвоночных. – 2005. – Т. 2, №1. – С. 35–60.

128. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. – Рим: ФАО, 2012. – 247 с.

129. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. – Рим: ФАО, 2014. – 253 с.

130. Способ формирования маточных стад форели: пат.1138083 СССР: А 01 К 61/00 / Леманова Н.А., Слуцкий Е.С.; заявитель и патентообладатель ГосНИОРХ. – Заявл. 09.11.82; опубл. 07.02.85, Бюл. №5. – 6 с.

131. Способ формирования стада самцов-производителей при разведении форели: пат.1110427 СССР: А 01 К 61/00 / Никандров В.Я., Слуцкий Е.С., Образцов А.Н.; заявитель и патентообладатель ГосНИОРХ. – Заявл. 11.01.83; опубл. 30.08.84, Бюл. №32. – 12 с.

132. Сравнительная оценка влияния рецептур разных кормов на качество половых продуктов самок и самцов радужной форели. Практические рекомендации по их применению. Оценить влияние различных кормов и биотехники осеменения на уровень оплодотворения икры стальноголового лосося: отчёт о НИР (промежуточ.) 01/101 – 16/03. / Федеральный селекционно-генетический центр рыбоводства; рук. Никандров В.Я. – Ропша, 2010 а. – 40 с. – Исполн.: Никандров В.Я., Шиндавина Н.И.

133. Сравнительная оценка влияния рецептур разных кормов на качество половых продуктов самок и самцов радужной форели. Практические рекомендации по их применению». Изучить влияние различных кормов на качество половых продуктов пород радужной форели, созревающих при повышенной температуре воды (камлоопс и адлер): отчет о НИР (заключ.) 01/101 – 16/03. / Федеральный селекционно-генетический центр рыбоводства; рук. Никандров В.Я. – Ропша, 2010 б. – 40 с. – Исполн.: Никандров В.Я., Шиндавина Н.И.

134. Сравнительная оценка производителей разных пород форели по качеству потомства в зависимости от выращивания в неблагоприятных экологических условиях и на кормах разной рецептуры. Оценка самок и самцов разных пород форели по комплексу морфологических, репродуктивных признаков и качеству потомства в зависимости от влияния неблагоприятных экологических условий: отчёт о НИР (промежуточ.) 01/11 / Федеральный

селекционно-генетический центр рыбоводства; рук. Никандров В.Я. – Ропша, 2011 а. – 44 с. – Исполн.: Никандров В.Я., Шиндавина Н.И.

135. Сравнительная оценка производителей разных пород форели по качеству потомства в зависимости от выращивания в неблагоприятных экологических условиях и на кормах разной рецептуры. Оценка производителей разных пород форели по качеству потомства при выращивании с применением кормов разной рецептуры и условий выращивания: отчёт о НИР (заключ.) 01/11 / Федеральный селекционно-генетический центр рыбоводства; рук. Никандров В.Я. – Ропша, 2011 б. – 47 с. – Исполн.: Никандров В.Я., Шиндавина Н.И.

136. Стасюнайте, П.А. Динамика массы тела радужной форели на первом году жизни и ее связь с некоторыми признаками самок / П.А. Стасюнайте // Интенсификация прудового рыбоводства Литвы. – Вильнюс: [б.и.], 1983. – С. 42–48.

137. Стратегия развития аквакультуры в Российской Федерации на период до 2020 года. Утв. 10 сентября 2007 г. // МСХ.RU [Удалённый ресурс]. Режим доступа: <http://www.mcx.ru/documents/document/show/12208.77.htm> (дата обращения: 23.12.14).

138. Сычёв, Г.А. Влияние проточности и скорости течения на созревание и качество потомства производителей радужной форели / Г.А. Сычев, Н.П. Новоженин, Л.С. Сергеева / Ред. В. Д. Романенко [и др.] // Освоение теплых вод энергетических объектов для интенсивного рыбоводства: Матер. II респ. науч. конф. – Киев: Наукова думка, 1981. – С. 200–206.

139. Титарев, Е.Ф. Форелеводство / Е.Ф. Титарев. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 168 с.

140. Титарев, Е.Ф. Типовая технология разведения и выращивания разных форм радужной форели / Е.Ф. Титарев, А.В. Линник, Л.С. Сергеева. – М.: ВНИИПРХ, 1991. – 86 с.

141. Тихоокеанские благородные лососи и форели Азии / Д. С. Павлов [и др.]. – М.: Научный мир, 2001. – 200 с.

142. Турдаков, А.Ф. Действие веществ икры и овариальной жидкости на сперматозоиды рыб / А.Ф. Турдаков // Вопросы ихтиологии. – 1965. – Т. 5, Вып. 2 (35). – С. 302–314.

143. Турдаков, А.Ф. Воспроизводительная система самцов рыб. Развитие, строение, функционирование, свойства спермиев / А.Ф. Турдаков. – Фрунзе: Илим, 1972. – 280 с.

144. Фадеев, Н. С. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. / Н.С. Фадеев. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2005. – 366 с.

145. Характеристика породы радужной форели Адлер и перспективы ее использования / В. Я. Никандров [и др.] // Рыбное хозяйство. Сер. Актуальные науч.-технические проблемы отрасли: Сб. статей. Опыт селекционно-племенной работы форелеводческого племзавода «Адлер». – М.: ВНИЭРХ, 2002. – Вып. 2. – С. 33–58.

146. Черешнев, И.А. Круглоротые и рыбы / И.А. Черешнев // Позвоночные животные Северо-Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 1996. – С. 21–61.

147. Черешнев, И.А. Определитель пресноводных рыб Северо-Востока России / И.А. Черешнев, А.В. Шестаков, М.Б. Скопец. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 197 с.

148. Шатуновский, М.И. Перевозка и выращивания стальноголового лосося в СССР / М.И. Шатуновский, М.А. Агрба, Н.И. Котова // Тр. ВНИРО. – 1970. – Т. 76. – С. 75–126.

149. Шиндавина, Н.И. Ранний прогноз выживаемости эмбрионов радужной форели / Н.И. Шиндавина // Рыбное хозяйство. 1983. – № 5. – С. 30–31.

150. Шиндавина, Н.И. Влияние производителей радужной форели на выживаемость потомства в раннем онтогенезе / Н.И. Шиндавина // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – Л.: ГосНИОРХ, 1986. – Вып. 247. – С. 64–67.

151. Шиндавина, Н.И. Биологические основы оценки производителей радужной форели: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / Шиндавина Нина Ивановна. – Л., 1987. – 22 с.

152. Шиндавина, Н.И. Методы формирования маточных стад в племенных форелевых хозяйствах / Н.И. Шиндавина // Проблемы товарного выращивания лососевых рыб России: Сб. докл. Всерос. совещания. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1995. – С. 31–36.

153. Шиндавина, Н.И. Влияние различных факторов на средний вес икринок у радужной форели / Н.И. Шиндавина // Проблемы и перспективы развития аквакультуры в России: Тез. докл. междунар. конф. – Краснодар, 2001. – С. 127–128.

154. Шиндавина, Н.И. Оценка производителей радужной форели по показателю племенной ценности / Н.И. Шиндавина, В.Я. Никандров // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – Л.: ГосНИОРХ, 1987. – Вып. 259. – С. 11–16.

155. Шиндавина, Н.И. Влияние переменного режима кормления на рыбоводные показатели при выращивании радужной форели / Н.И. Шиндавина, В.А. Янковская // 1 Конгресс ихтиологов России: тез. докл. – Астрахань, 1997. – С. 340.

156. Щербина, М.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин. – М.: ВНИРО, 2006. – 360 с.

157. Янковская В.А. Оценка отечественной породы форели адлер / В.А. Янковская // Рыбоводство и рыболовство. – 1998. – С. 25–26.

158. Янковская, В.А. Рыбоводно-биологическая оценка отечественной породы радужной форели адлер и направление ее использования: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.01 / Янковская Виктория Алексеевна. – Краснодар, 1999. – 23 с.

159. Янковская, В.А. Об эффективности использования лазерных технологий в профилактике сапролегниоза икры лососевых рыб / В.А. Янковская, Е.В. Моисеева, Я.В. Кондратенко // Садковое рыбоводство. Технология выращивания. Кормление рыб и сохранение их здоровья: матер. науч. конф. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2008. – С. 88–91.

160. A lack of consistent relationship between distribution of lipid droplets and egg quality in hatchery-raised rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* / A. Ciereszko [et al.] // Aquaculture. – 2009. – Vol. 289. – P. 150–153.

161. Assessment of water turbidity for evaluation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) egg quality / V. Wojtczak [et al.] // Aquaculture. – 2004. – Vol. 242. – P. 617–624.

162. Barrett, B.I. Fertility of salmonid eggs and sperm after storage / B.I. Barrett // Journal of the Fisheries Research Board of Canada. – 1951. – Vol. 8. – P. 1125–1133.

163. Beacham, T.D. Effect of egg size on incubation time and alevin and fry size in chum salmon (*Oncorhynchus keta*) and coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) / T.D. Beacham, F.C. Withler, R.B. Morley // Canadian Journal of Zoology. – 1985. – Vol. 63. – № 4. – P. 847–850.

164. Behnke, R.J. Relationships of the Far Eastern Trout, *Salmo mykiss* Walbaum / R. J. Behnke // Copeia. – 1966. – Vol.2 – P. 346–348.

165. Behnke, R.J. Native trout of western North America / R.J. Behnke // American Fisheries Society Monography. – 1992. – № 6. – 275 p.

166. Berg, W.J. Restriction endonuclease analysis of salmonid mitochondrial DNA. / W.J. Berg, S.D. Ferris // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 1984. – Vol. 41. – P. 1041–1047.

167. Broken eggs decrease pH of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) ovarian fluid / G.J. Dietrich [et al.] // Aquaculture. – 2007. – Vol. 273. – P. 748–751.

168. Broken eggs influence on fertilization capacity and viability of eggs, turbidity and pH of ovarian fluid and fertilization water in the endangered Caspian brown trout, *Salmo trutta caspius* / E.L. Tabrizi [et al.] // International Journal of Biology. – 2011. – Vol. 3, № 1. – P. 180–187.

169. Broodstock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / N.R. Bromage [et al.] // Aquaculture. – 1992. – Vol.100, №.1. – P. 141–166.

170. Billard, R. A new technique of artificial insemination for salmonids using a sperm diluent / R. Billard // Fisheries. – 1977. – Vol. 1. – P. 24–25.

171. Billard, R. Reproduction in rainbow trout: sex differentiation, dynamics of gametogenesis, biology and preservation of gametes / R. Billard // *Aquaculture*. – 1992. – Vol. 100, №. 2. – P. 263–298.

172. Breton, B. Effects of light and temperature on the plasma gonadotropin and spermatogenesis in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) / B. Breton, R. Billard // *Annals of Biology, Animals Biochemistry and Biophysics*. – 1977. – Vol.17. – P. 331–340.

173. Bromage, N.R. Egg production in the rainbow trout / N.R. Bromage, P.R.C. Cumaranatunga // *Recent advances in Aquaculture*. – London, 1988. – Vol. 3. – P. 63–138.

174. Carl, G.C. Beware of the broken egg: A possible cause of heavy losses of salmon eggs / G.C. Carl // *Progress in Fisheries and Culture* – 1941. – Vol. 53. – P. 30–31.

175. Cumaranatunga, R. Atresia in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) / R. Cumaranatunga, N.R. Bromage, J.R.C. Springate // *Proc. 7th Int. Conf. of the European Society for Fisiology and Biochemistry*. – Barselona, 1985. – P. 20–21.

176. Daily and seasonal patterns in the feeding behavior of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a sea cage / Smith [et al.] // *Aquaculture*. – 1993. – Vol. 117. – P. 910–924.

177. Donaldson, L.R. Development of rainbow trout broodstock by selective breeding / L.R. Donaldson, P.R. Olson // *Transactions of The American Fisheries Society*. – 1955. – V. 85. – P. 93–101.

178. Effect of deuterium-depleted water on reproduction of rainbow trout / F. Pricope [et al.] // *Environmental chemistry letters*. – 2003. – Vol. 1, № 2. – P. 149–151.

179. Effect of dietary astaxanthin supplementation on reproductive characteristics of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / Ahmadi [et al.] // *Journal of Applied Ichthyology*. – 2006. – Vol. 22. – P. 388–394.

180. Effect of feeding rates on spawning performance of 2-year-old rainbow trout broodstock / W. Orr [et al.] // *Developments in fish culture: Bozeman information*

leaflet. – Bozeman: United States Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Fish Cultural Development Center, 1982. – № 24. – 6 p.

181. Effect of holding temperature on ovulation, egg fertility, plasma levels of reproductive hormones and in vitro ovarian steroidogenesis in the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* / N.W. Pankhurst [et al.] // *Aquaculture*. – 1996. – Vol. 146. – P. 277–290.

182. Effect of low protein–high calorie diets and deletion of trace elements from a fish meal diet on reproduction of rainbow trout / T. Takeuchi [et al.] // *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography*. – 1981. – Vol. 47. – P. 645–654.

183. Einum, S. Highly fecund mothers sacrifice offspring survival to maximize fitness / S. Einum, L.A. Fleming // *Nature*. – 2000. – V. 405. – P. 565–567.

184. Escaffre, A.M. Change in fertilizability of rainbow trout eggs left in the abdominal cavity during the post ovulatory period / A.M. Escaffre, R. Billard // *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*. – 1979. – № 272. – P. 56–70.

185. From, J. Growth of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) related to egg size and temperature / J. From, G. Rasmussen // *Dana*. 1991. – Vol. 9. – P. 31–38.

186. Gall, G.A.E. A genetic analysis of the performance of three rainbow trout broodstocks / G.A.E. Gall, S.J. Gross // *Aquaculture*. – 1978. – Vol. 15. – P. 113–127.

187. Gall, G.A.E. The rainbow trout / G.A.E. Gall, P.A. Crandell // *Aquaculture*. – 1992. – Vol. 100. – P. 1–10.

188. Garside, E. T. Preferred temperature of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson) and its unusual relationship to acclimation temperature / E. T. Garside, J. S. Tait // *Canadian Journal of Zoology*. – 1958. – Vol. 36. – P. 563–567.

189. Gillet, C. Egg production in an Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) broodstock: effect of temperature on the timing of spawning and the quality of eggs / C. Gillet // *Aquatic Living Resources*. – 1991. – Vol. 4. – P. 109–116.

190. Gjedrem, B. Effect of inbreeding on survival and growth in rainbow trout / B. Gjedrem, K. Gunnes, T. Gjedrem // *Aquaculture*. – 1983. – Vol. 34, №. 3–4. – P. 327–332.

191. Glebe, B.D. Variation in Atlantic salmon (*Salmo salar*) reproductive traits and their implications for breeding programs / B.D. Glebe, T.D. Appy, R.L. Saunders. – I.C.E.C.M. – 1979. – 11 p.
192. Graham, C.T. Implications of climate change for the fishes of the British Isles / C.T. Graham, C. Harrod // *Journal of Fish Biology*. – 2009. – Vol. 74 (6). – P. 1143–1205.
193. Grobler, E. Improved fertilization success of rainbow trout by means of a sperm diluent / E. Grobler, G.J. Stein, J.H.J. Van Vuren // *Aquaculture*. – 1992. – Vol. 100. – P. 325.
194. Gyllesten, U. Mitochondrial DNA of salmonids / U. Gyllesten, A.C. Wilson // *Population Genetics and Fishery Management*. Seattle: University of Washington Press, 1987. – P. 301–318.
195. Habitat suitability information: Rainbow trout / R. F. Raleigh [et al] // US Fish and Wildlife Service. – 1984. – 64 p.
196. Hardy, R. Salmonid broodstock nutrition / R. Hardy // *Salmonid Reproduction*. – Seattle: University of Washington, 1983. – P. 98–108.
197. Hugunin, H.A. The influence of coelomic fluid on in vitro fertilization success in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / H.A. Hugunin, J.E. Parsons, J.J. Nagler // *Aquaculture*. – 2008. – Vol. 281. – P. 155–157.
198. Izquierdo, M.S. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish / M.S. Izquierdo, H. Fernandez-Palacios, A.G.J. Tacon // *Aquaculture*. – 2001. – Vol. 197. – P. 25–42.
199. Jahn, L. A. Food Habits of Rainbow Trout Stocked in Argyle Lake, Illinois / L.A. Jahn, D.J. Lendman // *Transactions of the Illinois State Academy of Science*. – 1993. – Vol. 86. – P. 71–77.
200. Jones, J. The influence of ration size on the reproductive performance of female rainbow trout / J. Jones, N. Bromage // *Reproductive Physiology of Fish*. Marine Science Lab., St Johnes. – Newfoundland, 1987. – P. 202.

201. Kato, T. Criteria for evaluations of fish egg quality as exemplified for *Salmo gairdneri* / T. Kato, E. Kamler // Bulletin of the National Research Institute of Aquaculture. – 1983. – Vol. 4. – P. 61–78.

202. Kendall, R.L. Taxonomic changes in North American trout names / R.L. Kendall // Transactions of the American Fisheries Society. – 1988. – Vol. 117. – P. 321.

203. Kincaid, H. L. Trout strain registry / H. L. Kincaid // National Fisheries Center. – Kearneysville, 1981. – 235 p.

204. Kincaid, H.L. Development of strain registry for trout species used in the management of United States fisheries // H.L. Kincaid // Proceeding World Symposium On selection, Hybridization, and Genetic Engineering in Aquaculture, Bordeaux, 27–30 May, 1986. Vol. 2. – 1987. – P. 417–430.

205. King, H.R. Ovulation of Tasmanian Atlantic salmon maintained at elevated temperatures: Implications of climate change for sustainable industry development / H.R. King, N.W. Pankhurst // 6 International Symposium on the Reproductive Physiology of Fish. – Bergen, 2000. – P. 396–398.

206. King, H.R. Reproductive sensitivity to elevated water temperatures in female Atlantic salmon is heightened at certain stages of vitellogenesis / H.R. King, N.W. Pankhurst, M Watts // Journal of Fish Biology. – 2007. – Vol. 70. – P. 190–205.

207. Krishna, D. Effect of changing pH on developing trout eggs and larvae / D. Krishna // Nature. – 1953. – Vol. 171. – P. 434.

208. Lahnsteiner, F. Composition of the ovarian fluid in 4 salmonid species: *Oncorhynchus mykiss*, *Salmo trutta* .f. *lacustris*, *Salvelinus alpinus* and *Hucho hucho* / F. Lahnsteiner, T. Weismann, R.A. Patzner // Reproduction Nutrition Development. – 1995. – Vol. 35. – P. 465–474.

209. Lahnsteiner, F. Rainbow trout egg quality determination by the relative weight increase during hardening: a practical standardization / F. Lahnsteiner, R.A. Patzner // Journal of Applied Ichthyology. – 2002. – Vol. 18. – P. 24–26.

210. Lahnsteiner, F. Physiological and biochemical parameters for egg quality determination in lake trout, *Salmo trutta lacustris* / F. Lahnsteiner, T. Weismann, R.A. Patzner // Fish Physiology and Biochemistry. – 1999. – Vol. 20. – P. 375–388.

211. Larsson, S. Thermal preference of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, and brown trout, *Salmo trutta*: implications for their niche segregation / S. Larsson // Environmental Biology of Fishes. – 2005. – Vol. 73. – P. 89–96.

212. Lee, R.M. Critical thermal maxima of five trout species in the Southwestern United States. / R. M. Lee, J. N. Rinne // Transactions of The American Fisheries Society. – 1980. – Vol. 109, № 6. – P. 632–635.

213. MacCrimmon, H.R. World distribution of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). / H.R. MacCrimmon // Journal of the Fisheries Research Board of Canada. – 1971. – Vol. 28. – P. 663–704.

214. Mansour, N. Distribution of lipid droplets is an indicator for egg quality in brown trout, *Salmo trutta fario* / N. Mansour, F. Lahnsteiner, R.A. Patzner // Aquaculture. – 2007. – Vol. 273. – P. 744–747.

215. Mantelman, I.I. Temperature criteria for freshwater fish: and procedures / I.I. Mantelman // U.S. Environment Protection Agency. – Minnesota, 1958. – 130 p.

216. McAfee, W. B. Rainbow trout / W.B. McAfee // Inland fisheries management California Dept. Fish Game. – 1966. – P. 192–215.

217. McKay, L.R. Genetic parameters of growth in rainbow trout, *Salmo gairdneri*, prior to maturation / L.R. McKay, P.E. Ihssen, G.W. Friars // Canadian Journal of Genetics and Cytology. – 1986. – Vol. 28. – P. 306–312.

218. Miller, R.R. Notes on the cutthroat and rainbow trouts with the description of a new species from the Gila River, New Mexico / R.R. Miller // University of Michigan Museum of Zoology Occasional Papers. – 1950. – Vol. 529. – P. 1–42.

219. Molony, B. Environmental requirements and tolerances of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Brown trout (*Salmo trutta*) with special reference to Western Australia: A review / B. Molony // Department of Fisheries, Government of Western Australia. – 2001. – № 130. – 27 p.

220. Morphological characterization of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, eggs subjected to rapid postovulatory aging at 7°C / N. Mansour [et al.] // Aquaculture. – 2008. – Vol. 279. – P. 204–208.

221. Nagler, J.J. Single pair mating indicates maternal effects on embryo survival in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* / J.J. Nagler, J.E. Persons, J.G. Cloud // Aquaculture. – 2000. – Vol. 184. – P. 177–183.

222. Needham, P.R. The origin of hatchery rainbow trout / P.R. Needham, R.J. Behnke // Progressive Fish-Culturist. – 1962. – Vol. 24. – P. 156–158.

223. Needham, P.R. Rainbow trout in Mexico and California with notes on the cutthroat series / P.R. Needham, R. Gard // University of California Publications in Zoology. – 1959. – Vol. 67 (1). – P. 1–124.

224. Noel, O. Does cyclicity of growth rate in rainbow trout exist? / O. Noel, Le Bail // Journal of Fish Biology. – 1997. – Vol. 51, № 3. – P. 634–642.

225. Nomura, M. Studies on reproduction of rainbow trout *Salmo gairdneri* with special reference to egg taking. VI. The activities of spermatozoa in different diluents and preservation of semen / M. Nomura // Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography. – 1964. – Vol. 30. – P. 723–733.

226. Nomura, M. The overripening of rainbow trout. I. Temporal morphological changes of eggs retained in the body cavity after ovulation / M. Nomura, K. Sakai, F. Takashima // Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography. – 1974. – Vol. 40. – P. 977–984.

227. Ovarian fluid pH enhances motility parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) spermatozoa / M. Wojtczak [et al.] // Aquaculture. – 2007. – Vol. 270. – P. 259–264.

228. Pankhurst, N.W. Maintenance at elevated temperature delays the steroidogenic and ovulatory responsiveness of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* to luteinizing hormone releasing hormone analogue / N.W. Pankhurst, P.M. Thomas // Aquaculture. – 1998. – Vol. 166. – P. 163–177.

229. Pankhurst, N.W. Temperature and salmon reproduction: implications for aquaculture / N.W. Pankhurst, H.R. King // Journal of Fish Biology. – 2010. – Vol. 76. – P. 69–85.

230. Pitman, R.W. Effects of female age and size on growth and mortality in rainbow trout / R.W.Pitman // Progr. Fish-Cult. – 1979. – Vol. 41. – P. 202–204.

231. Remmerswaal, R.A.M. Recirculating aquaculture systems / R.A.M. Remmerswaal. – Kuala Lumpur: INFOFISH, 1993. – № 6. – 27 p.

232. Roley, D. The effect of diet protein level, feeding level and rearing water temperature on growth and reproductive performance of rainbow trout broodstock / D. Roley // Ph. D. Thesis Univ. Washington. Diss. Abst. Int. – 1983. – Vol. 44/04-B. – P. 961.

233. Scott, W.B. Freshwater Fishes of Canada / W.B. Scott, E.J. Crossman // Fisheries Research Board of Canada. – 1979. – № 184. – 966 p.

234. Small, T. Trout eggs-look for size and service / T. Small // Proc.11-th The Lakes Fish Symposium. – 1979. – P. 127–132.

235. Smith, C.C. The optimal balance between size and number of offspring / C.C. Smith, S.D. Fretwell // American Naturalist. – 1974. – Vol. 108. – P. 499–506.

236. Smith, G. R. The Classification and Scientific Names of Rainbow and Cutthroat Trout / G. R. Smith, R. F. Stearley // Fisheries. – 1989. – Vol. 14 (1). – P. 4–10.

237. Short-term storage of salmonid sperm in air versus oxygen / D.C. Bencic [et al.] // North American Journal of Aquaculture. – 2000. – Vol. 62, № 1. – P. 19–25.

238. Springate, J.R.C. The effects of different ration on fecundity and egg quality in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) / J.R.C. Springate, N.R. Bromage, P.R.T Cumaranatunga / Eds.: Cowey, C.B., Mackie, A.M., Bell, J.G. // Nutrilon and feeding in Fish.– London: Academic press, 1985. – P. 371–391.

239. Springate, J.R.S. Effect of egg size on early growth and survival in rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) / J.R.S. Springate, N.R. Bromage // Aquaculture. – 1985. – Vol. 47. – P. 163–172.

240. Staley, K. Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) / K. Staley, J. Mueller // USDA Natural Resources Conservation Service. Fish and Wildlife Habitat Management Leaflet. – 2000. – Vol. 13 [Удалённый ресурс]. – Режим доступа: <ftp-fc.sc.egov.usda.gov/WHMI/WEB/pdf/RAINBOW1.pdf> [дата обращения – 15.04.2015 г.].

241. Stoss, J. Fish gamete preservation and spermatozoan physiology / J. Stoss / Eds.: W.S. Hoar, D.J. Randall, E.M. Donaldson // Fish Physiology IX. – New York: Academic Press, 1983. – P. 305–350.

242. The effect of broodstock ration size on the composition of rainbow trout eggs / D. Knox [et al.] // Aquaculture. – 1988. – Vol. 69. – P. 93–104.

243. The timing of ovulation and stripping and their effects on the rates of fertilization and survival to eying, hatch and swim-up in the rainbow trout *Salmo gairdneri* R. / J.R.C. Springate [et al.] // Aquaculture. – 1984. – Vol. 43. – P. 313–322.

244. Thermal limits on the ocean distribution of steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) / D.W. Welch [et al.] // North Pacific Anadromous Fish Committee Bulletin. – 1998. – Vol. 1. – P. 396–404.

245. Thermal requirements for maturation, spawning and embryo survival of the brook trout *Salvelinus fontinalis* / K.E.F. Hokanson [et al.] // Journal of the Fisheries Research Board of Canada. – 1973. – Vol. 30. – P. 975–984.

246. Thermal tolerance of a rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* strain selected by high-temperature breeding / T. Ineno [et al.] // Fisheries science. – 2005. – Vol. 71. – P. 767–775.

247. Thorpe, J. Development rate, fecundity and egg size in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) / J. Thorpe, M. Miles, D. Keay // Aquaculture. – 1984. – Vol. 43. – P. 289–306.

248. Tveiten, H. Influence of maturity status on the annual cycles of feeding and growth in Arctic charr reared at constant temperature / H. Tveiten, H. Johnsen, M. Jobling // Journal of Fish Biology. – 1996. – Vol. 48. – P. 910–924.

249. Urbach, D. Effect of ovarian fluid on sperm velocity in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) / D. Urbach, I. Folstad, G. Rudolfsen // Behavioral Ecology and Sociobiology – 2005. – Vol. 57. – P. 438–444.

250. Van Heerden E. Development and evaluation of sperm diluents for the artificial insemination of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* / E. Van Heerden, J.H.J. Van Vuren, G.J. Steyn // Aquatic Living Resources. – 1993. – Vol. 6, №. 1. – P. 57–62.

251. Vladykov, V.D. Comments on the nomenclature of some subgenera of *Salmonidae* / V.D. Vladykov, C.G. Gruchy // Journal of the Fisheries Research Board of Canada. – 1972. – Vol. 29, №11. – P. 1631–1632.

252. Wales, J.H. Introduction of kamloops rainbow trout into California / J.H. Wales // California Fish and Game. – 1950. – V. 36. – № 4. – P. 437.

253. Watanabe, F.T. Importance of the study of broodstock nutrition for further development of aquaculture / F.T. Watanabe // Nutrition and feeding of fish. – London: Academic Press, 1985. – P. 395–414.

254. Wilcox, K.W. Broken eggs as a cause of infertility of coho salmon gametes / K.W. Wilcox, J. Stoss, E.M. Donaldson // Aquaculture. – 1984. – Vol. 40. – P. 77–87.

255. Welch, D.W. Thermal limits and ocean migrations of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*): long-term consequences of global warming / D.W. Welch, Y. Ishida, K. Nagasawa // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 1998. – Vol. 55. – P. 937–948.

СПИСОК ИЛЛЮСТРИРОВАННОГО МАТЕРИАЛА

Рисунки:

- Рисунок 1 – Категории распределения жировых капель в икре радужной форели [по: A lack of consistent ..., 2009], с. 28.
- Рисунок 2 – Карта-схема расположения племзавода «Адлер», с. 42.
- Рисунок 3 – Общий вид племзавода «Адлер», с. 43.
- Рисунок 4 – Годовой профиль расхода водопотребления на племзаводе «Адлер», с. 44.
- Рисунок 5 – Инкубационные аппараты Аткинса, с. 47.
- Рисунок 6 – Модернизированные аппараты Вейса, с. 48.
- Рисунок 7 – Питомники для выращивания личинок и мальков, с. 48.
- Рисунок 8 – Общий вид нагульных (слева) и выростных (справа) бассейнов, с. 49.
- Рисунок 9 – Схема очередности и продолжительности нереста коллекции пород радужной форели на племзаводе «Адлер», с. 51.
- Рисунок 10 – Инкубационные ячейки при индивидуальной оценке самок, с. 63.
- Рисунок 11 – Икра радужной форели на стадии пигментации глаз с эмбрионами, развивающимися в норме и с патологиями, с. 64.
- Рисунок 12 – Характер расположения жировых капель на поверхности желтка овулировавших икринок у самок, относящихся к разным группам, с. 96.
- Рисунок 13 – Наличие икринок разных групп в порции икры от одной самки, с. 99.
- Рисунок 14 – Шкала степени помутнения смеси воды с полостной жидкостью или икрой, с. 104.
- Рисунок 15 – Динамика температуры воды в бассейнах с самками радужной форели, с. 114.
- Рисунок 16 – Температурный режим в бассейнах и динамика нереста трёхгодовалых самок форели августин, с. 115.
- Рисунок 17 – Перезревание икры радужной форели августин в ястыках, с. 116.

Рисунок 18 – Температурный режим в бассейнах и динамика нереста трёхгодовалых самок форели камлоопс, с. 119.

Рисунок 19 – Температурный режим в бассейнах и динамика нереста трёхгодовалых самок форели адлер, с. 121.

Рисунок 20 – Температурный режим в бассейнах и динамика нереста трёхгодовалых самок форели Дональдсона, с. 123.

Рисунок 21 – Температурный режим в бассейнах и динамика нереста трёхгодовалых самок стальноголового лосося, с. 124.

Рисунок 22 – Динамика нереста четырёхгодовалых самок стальноголового лосося, содержащихся при разных рационах кормления, с. 133.

Таблицы:

Таблица 1 – Многолетняя динамика температуры воды в нагульных бассейнах и инкубаторе, с. 46.

Таблица 2 – Основные характеристики пород радужной форели, содержащихся на племзаводе «Адлер», с. 53.

Таблица 3 – Схема последовательного отбора форели при формировании ремонтно-маточного стада (на племзаводе «Адлер»), с. 57.

Таблица 4 – Объём исследованного материала, с. 60.

Таблица 5 – Схема проведения опыта по введению в посленерестовый рацион самок корма с повышенным содержанием липидов, с. 71.

Таблица 6 – Характеристика кормов фирмы «Biomar», применимых при проведении опыта, с. 71.

Таблица 7 – Химический состав оплодотворяющих растворов, с. 73.

Таблица 8 – Характеристики средней массы икринки, качества икры и потомства различных пород радужной форели, с. 77.

Таблица 9 – Изменчивость массы икринки, качество икры и потомства разных пород радужной форели (с учётом возраста самок и года исследований), с. 86.

- Таблица 10 – Показатели степени набухания икры и качество икры и потомства у разновозрастных самок нескольких пород радужной форели в разные годы исследований, с. 89.
- Таблица 11 – Результаты однофакторных дисперсионных анализов по оценке влияния года исследования на набухаемость икры у отдельных пород радужной форели, с. 90.
- Таблица 12 – Коэффициенты корреляции между степенью набухания икры и показателями качества потомства, с. 91.
- Таблица 13 – Показатели оплодотворяемости икры и выхода эмбрионов двухгодовалых самок радужной форели в зависимости от характера распределения жировых капель на поверхности икринок, с. 97.
- Таблица 14 – Парное сравнение результатов инкубации икринок разных групп самок, выделенных по распределению жировых капель на их поверхности, с помощью t-критерия Стьюдента, с. 98.
- Таблица 15 – Результаты теста на «мутность» при использовании смеси воды с икрой и полостной жидкостью, с. 102.
- Таблица 16 – Оценка самок радужной форели разных пород по характеристикам полостной жидкости и оплодотворяемости икры, с. 103.
- Таблица 17 – Результаты корреляционного анализа между степенью мутности смеси полостная жидкость–вода и величиной её рН, с. 104.
- Таблица 18 – Результаты однофакторных дисперсионных анализов по оценке влияния характеристик полостной жидкости радужной форели на оплодотворяемость икры в разных средах, с. 105.
- Таблица 19 – Результаты однофакторных дисперсионных анализов по оценке влияния породной принадлежности и возраста на оценку смеси полостная жидкость–вода по «мутности» и рН полостной жидкости, с. 106
- Таблица 20 – Оплодотворяемость икры в воде в зависимости от рН полостной жидкости у разновозрастных групп радужной форели, с. 106.

- Таблица 21 – Оплодотворяемость икры в воде в зависимости от оценки полостной жидкости по «мутности» у разновозрастных групп радужной форели, с. 107.
- Таблица 22 – Оплодотворяемость икры в зависимости от использования разных кормов, с. 111.
- Таблица 23 – Выход эмбрионов форели августин в производстве в нерестовый сезон 2010–2011 гг., с. 117.
- Таблица 24 – Выход эмбрионов разных пород радужной форели при производственной инкубации в нерестовые сезоны 2009–2010 и 2010–2011 гг., с. 118.
- Таблица 25 – Результаты производственной инкубации икры трёхгодовалых самок форели камлоопс в нерестовый сезон 2010–2011 гг., с. 120.
- Таблица 26 – Результаты производственной инкубации икры трёхгодовалых самок форели адлер в нерестовый сезон 2010–2011 гг., с. 122.
- Таблица 27 – Индивидуальная оценка по качеству икры и потомства разнопородных трёхгодовалых самок радужной форели в нерестовые сезоны 2009–2010 и 2010–2011 гг., с. 126.
- Таблица 28 – Результаты опарного сравнения трёхгодовалых самок различных пород радужной форели по качеству икры и потомства в нерестовые сезоны 2009–2010 и 2010–2011 гг. с помощью t-критерия Стьюдента, с. 127.
- Таблица 29 – Гибель самок стальноголового лосося, содержащихся на разных рационах кормления за межнерестовый интервал, с. 132.
- Таблица 30 – Оценка самок, содержащихся на разных рационах кормления, по племенным характеристикам, с. 134.
- Таблица 31 – Результаты сравнения характеристик полостной жидкости самок радужной форели, содержащихся на разных рационах, с использованием t-критерия Стьюдента, с. 135.

- Таблица 32 – Расчёт экономической эффективности от введения в посленерестовый рацион самок корма с повышенным содержанием липидов (в ценах 2013 г), с. 136.
- Таблица 33 – Сравнительная оценка эффективности оплодотворяющих растворов по показателям качества икры и потомства, с. 140.
- Таблица 34 – Попарное сравнение результатов инкубации разных пород радужной форели с использованием различных оплодотворяющих растворов и воды при помощи t-критерия Стьюдента для зависимых переменных, с. 142.
- Таблица 35 – Сравнительная оценка эффективности применения «лёгкой воды» и других сред для оплодотворения икры радужной форели (n – 17 экз.), с. 146.
- Таблица 36 – Результаты попарного сравнения результатов инкубации икры в различных средах при помощи t-критерия Стьюдента для зависимых переменных, с. 146.
- Таблица 37 – Оценка самцов по подвижности сперматозоидов в разных средах, используемых для оплодотворения, с. 148.
- Таблица 38 – Результаты попарного сравнения активности сперматозоидов в различных средах при помощи t-критерия Стьюдента для зависимых переменных, с. 148.
- Таблица 39 – Результаты сравнения качества сперматозоидов форели адлер в растворе № 3 и воде при разных температурах, с. 149.
- Таблица 40 – Результаты попарного сравнения активности и подвижности сперматозоидов самцов, отнесённых к разным группам при помощи t-критерия Стьюдента, с. 151.
- Таблица 40 – Качество спермы в зависимости от условий хранения, с. 152.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Результаты однофакторных дисперсионных анализов по оценке влияния возраста самок радужной форели и года исследования на среднюю массу икринки, коэффициент её вариации и качество потомства (с учётом породной принадлежности)

Таблица А.1 – Результаты однофакторных дисперсионных анализов по оценке влияния возраста самок на среднюю массу икринки и качество потомства

Порода	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
влияние на среднюю массу икринки						
Августин	1	4622	171	53.5	86,33	0,01
Камлоопс	1	22412	210	51.3	437,27	0,01
Адлер	2	18822	252	84.9	221,57	0,01
Стальноголовый лосось	2	35827	323	115	312,83	0,01
влияние на оплодотворяемость икры						
Августин	1	802	171	705	1,14	0,29
Камлоопс	1	281	210	430	0,65	0,42
Адлер	2	82	252	44	1,86	0,16
Стальноголовый лосось	2	49	323	75	0,66	0,52
влияние на выживаемость эмбрионов						
Августин	1	696	163	538,7	1,29	0,26
Камлоопс	1	115	205	471	0,25	0,62
Адлер	2	2	252	42	0,05	0,95
Стальноголовый лосось	2	152	323	170	2,16	0,12
влияние на выход эмбрионов						
Августин	1	95	171	865,3	0,11	0,74
Камлоопс	1	74	210	706	0,11	0,75
Адлер	2	61	252	91,5	0,66	0,52
Стальноголовый лосось	2	43	323	136	0,32	0,73

Продолжение таблицы А.1

Порода	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
Примечания – Здесь, и в аналогичных таблицах по результатам однофакторных дисперсионных анализов 1 – <i>df Effect</i> – факториальное число степеней свободы 2 – <i>MS Effect</i> – факториальная дисперсия 3 – <i>df Error</i> – остаточное число степеней свободы 4 – <i>MS Error</i> – остаточная дисперсия 5 – <i>F</i> – фактическое значение критерия Фишера 6 – <i>p-level</i> – уровень вероятности, влияние достоверно, если $p \leq 0,05$,						

Таблица А.2 – Результаты однофакторных дисперсионных анализов по оценке влияния года исследования на среднюю массу икринки и качество потомства

Порода	Возраст, годы	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
влияние на среднюю массу икринки							
Августин	2	2	212	51	54,3	3,91	0,03
	3	3	115	115	48,8	2,36	0,08
Камлоопс	2	3	302	60	25,9	11,67	0,01
	3	4	517	143	43,6	11,85	0,01
Адлер	2	1	701	34	18,7	37,61	0,01
	3	2	3533	193	52,0	66,94	0,01
Дональдсона	3	4	1197	196	43,3	27,66	0,01
Стальноголовый лосось	2	1	21	33	30,4	0,68	0,42
	3	3	1272	200	93,0	13,75	0,01
	4	2	271	84	156,0	1,74	0,18
влияние на оплодотворяемость икры							
Августин	2	2	188	51	351,3	0,54	0,59

Продолжение таблицы А.2

Порода	Возраст, годы	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
Августин	3	3	3856	115	788,9	4,89	0,01
Камлоопс	2	3	1624	60	463,7	3,50	0,02
	3	4	2531	143	332,0	7,62	0,01
Адлер	2	1	1	34	74,6	0,02	0,89
	3	2	12	193	40,0	0,27	0,76
Дональдсона	3	4	111	196	25,0	4,42	0,01
Стальноголовый лосось	2	1	190	33	87,3	2,17	0,15
	3	3	3020	200	45,0	66,99	0,01
	4	2	276	84	29,7	9,29	0,01
влияние на выживаемость эмбрионов							
Августин	2	2	730	50	579,3	1,26	0,29
	3	3	2089	108	473,3	4,41	0,01
Камлоопс	2	3	2950	57	373,7	7,90	0,01
	3	4	6222	141	294,0	21,17	0,01
Адлер	2	1	88	34	52,4	1,69	0,20
	3	2	98	193	35,0	2,26	0,11
Дональдсона	3	4	105	196	49,0	2,17	0,07
Стальноголовый лосось	2	1	42	33	56,8	0,74	0,40
	3	3	205	200	28,0	7,34	0,01
	4	2	1649	84	134,0	12,30	0,01
влияние на выход эмбрионов							
Августин	2	2	280	51	741,8	0,38	0,69
	3	3	6150	115	792,4	7,76	0,01
Камлоопс	2	3	3286	60	683,0	4,81	0,01
	3	4	9169	143	424,1	21,62	0,01

Продолжение таблицы А.2

Порода	Возраст, годы	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
Адлер	2	1	77	34	160,9	0,48	0,49
	3	2	76	193	75,0	0,85	0,43
Дональдсона	3	4	74	196	69,0	1,08	0,37
Стальноголовый лосось	2	1	58	33	145,0	0,40	0,53
	3	3	2218	200	73,0	30,56	0,01
	4	2	2532	84	153,4	16,50	0,01

Таблица А.3 – Результаты однофакторных дисперсионных анализов по оценке влияния возраста самок и года исследования на коэффициент вариации массы икринки у разных пород радужной форели

Фактор	df Effect	MS Effect	df Error	MS Error	F	p-level
камлоопс						
Возраст самок	1	6,6	58	5,90	1,13	0,29
Год исследования	1	18,5	43	6,92	2,67	0,11
адлер						
Возраст самок	1	0,0	182	2,89	0,02	0,90
Год исследования	1	24,2	77	2,06	11,76	0,01
стальноголовый лосось						
Возраст самок	1	0,3	84	2,76	0,10	0,75
Год исследования	1	1,96	30	2,26	0,87	0,26

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Результаты корреляционных анализов связи между изменениями средней массы икринок, коэффициентов вариации массы икринок и показателей качества потомства у разновозрастных самок нескольких пород радужной форели в отдельные годы наблюдений

Таблица Б.1 – Результаты корреляционного анализа связи между изменениями средней массы икринки и показателей качества потомства у разновозрастных самок форели августин в отдельные годы наблюдений

Возраст рыб	Год исследования	Объём выборки, экз.	$\frac{r}{p\text{-level}}$		
			оплодотворяемость	выживаемость	выход
2 года	2008	19	$\frac{0,45}{0,85}$	$\frac{0,39}{0,10}$	$\frac{0,28}{0,24}$
	2009	18	$\frac{0,50}{0,84}$	$\frac{0,24}{0,34}$	$\frac{0,22}{0,39}$
	2010	16	$\frac{0,02}{0,94}$	$\frac{-0,01}{0,97}$	$\frac{0,03}{0,91}$
3 года	2008	32	$\frac{0,26}{0,15}$	$\frac{-0,01}{0,97}$	$\frac{0,12}{0,51}$
	2009	29	$\frac{-0,16}{0,41}$	$\frac{-0,15}{0,43}$	$\frac{-0,16}{0,39}$
	2010	25	$\frac{0,10}{0,65}$	$\frac{0,11}{0,60}$	$\frac{0,11}{0,59}$
	2011	26	$\frac{-0,11}{0,58}$	$\frac{0,15}{0,47}$	$\frac{-0,52}{0,80}$

Примечание – здесь и в аналогичных таблицах по корреляционному анализу числитель – значение корреляции, знаменатель – значение p – уровня значимости, влияние достоверно, если $p \leq 0,05$

Таблица Б.2 – Результаты корреляционного анализа связи между изменениями средней массы икринки и показателей качества потомства у разновозрастных самок форели адлер в отдельные годы исследований

Возраст рыб	Год исследования	Объём выборки, экз.	$\frac{r}{p\text{-level}}$		
			оплодотворяемость	выживаемость	выход
2 года	2009	18	$\frac{-0,39}{0,11}$	$\frac{-0,05}{0,85}$	$\frac{-0,29}{0,25}$

Продолжение таблицы Б 2

Возраст рыб	Год исследования	Объём выборки, экз.	r p-level		
			оплодотво- ряемость	выживаемость	выход
2 года	2010	18	$\frac{0,63}{0,01}$	$\frac{0,59}{0,01}$	$\frac{0,64}{0,01}$
3 года	2008	45	$\frac{-0,33}{0,03}$	$\frac{-0,07}{0,65}$	$\frac{-0,34}{0,02}$
	2009	39	$\frac{-0,14}{0,39}$	$\frac{0,11}{0,52}$	$\frac{-0,02}{0,88}$
	2010	69	$\frac{0,04}{0,72}$	$\frac{0,05}{0,68}$	$\frac{0,06}{0,61}$
	2011	44	$\frac{-0,27}{0,08}$	$\frac{-0,19}{0,23}$	$\frac{-0,32}{0,04}$
4 года	2007	22	$\frac{-0,02}{0,92}$	$\frac{-0,30}{0,18}$	$\frac{-0,19}{0,39}$

Таблица Б.3 – Результаты корреляционного анализа связи между изменениями средней массы икринки и показателей качества потомства у разновозрастных самок форели камлоопс в отдельные годы исследований

Возраст рыб	Год исследования	Объём выборки, экз.	Показатели качества потомства		
			оплодотво- ряемость	выживаемость	выход
2 года	2008	16	$\frac{0,25}{0,34}$	$\frac{0,46}{0,07}$	$\frac{0,11}{0,67}$
	2009	15	$\frac{-0,00}{0,98}$	$\frac{0,02}{0,94}$	$\frac{0,04}{0,88}$
	2010	15	$\frac{-0,03}{0,93}$	$\frac{0,02}{0,94}$	$\frac{-0,01}{0,98}$
	2011	15	$\frac{0,06}{0,84}$	$\frac{0,12}{0,67}$	$\frac{0,10}{0,73}$
3 года	2008	26	$\frac{-0,04}{0,82}$	$\frac{-0,30}{0,08}$	$\frac{-0,29}{0,09}$
	2009	34	$\frac{-0,20}{0,26}$	$\frac{-0,23}{0,18}$	$\frac{-0,25}{0,16}$
	2010	28	$\frac{-0,08}{0,68}$	$\frac{-0,12}{0,56}$	$\frac{-0,06}{0,78}$
	2011	15	$\frac{0,29}{0,30}$	$\frac{0,55}{0,04}$	$\frac{0,39}{0,15}$
	2013	33	$\frac{-0,04}{0,83}$	$\frac{0,27}{0,13}$	$\frac{0,04}{0,83}$

Таблица Б.4 – Результаты корреляционного анализа связи между изменениями средней массы икринки и показателей качества потомства у самок форели Дональдсона в отдельные годы исследований

Возраст рыб	Год исследования	Объём выборки, экз.	r p-level		
			оплодотворяемость	выживаемость	выход
3 года	2008	45	<u>0,08</u> 0,62	<u>-0,28</u> 0,06	<u>-0,01</u> 0,94
	2009	40	<u>-0,51</u> 0,01	<u>0,11</u> 0,41	<u>-0,41</u> 0,01
	2010	38	<u>-0,31</u> 0,06	<u>0,14</u> 0,39	<u>-0,12</u> 0,49
	2011	38	<u>-0,10</u> 0,55	<u>0,25</u> 0,14	<u>0,20</u> 0,24
	2012	40	<u>-0,17</u> 0,29	<u>-0,19</u> 0,24	<u>-0,23</u> 0,15

Таблица Б.5 – Результаты корреляционного анализа связи между изменениями средней массы икринки и показателей качества потомства у разновозрастных самок стальноголового лосося в отдельные годы исследований

Возраст рыб	Год исследования	Объём выборки, экз.	r p-level		
			оплодотворяемость	выживаемость	выход
2 года	2010	17	<u>-0,42</u> 0,09	<u>0,13</u> 0,62	<u>-0,40</u> 0,11
	2011	18	<u>0,15</u> 0,54	<u>-0,20</u> 0,43	<u>-0,13</u> 0,61
3 года	2009	39	<u>-0,03</u> 0,84	<u>0,12</u> 0,47	<u>0,00</u> 1,00
	2010	77	<u>-0,20</u> 0,08	<u>0,28</u> 0,01	<u>0,13</u> 0,25
	2011	42	<u>-0,29</u> 0,06	<u>0,13</u> 0,42	<u>-0,09</u> 0,56
	2012	46	<u>-0,06</u> 0,67	<u>-0,02</u> 0,91	<u>-0,05</u> 0,76
4 года	2008	42	<u>-0,10</u> 0,55	<u>0,16</u> 0,32	<u>-0,00</u> 0,98
	2010	27	<u>-0,32</u> 0,10	<u>-0,20</u> 0,32	<u>-0,22</u> 0,28
	2011	18	<u>0,06</u> 0,83	<u>-0,09</u> 0,73	<u>-0,01</u> 0,96

Таблица Б.6 – Результаты корреляционного анализа связи между изменениями средней массы икры и показателей качества потомства у разновозрастных самок радужной форели разных пород в отдельные годы наблюдений

Возраст рыб	Год исследования	Объём выборки, экз.	r p-level		
			оплодотворяемость	выживаемость	выход
камлоопс					
2 года	2011	15	$\frac{-0,25}{0,36}$	$\frac{-0,48}{0,07}$	$\frac{-0,42}{0,12}$
3 года	2011	15	$\frac{-0,60}{0,02}$	$\frac{-0,55}{0,03}$	$\frac{-0,62}{0,01}$
В среднем		30	$\frac{-0,24}{0,20}$	$\frac{-0,26}{0,05}$	$\frac{-0,33}{0,08}$
адлер					
2 года	2010	18	$\frac{0,15}{0,55}$	$\frac{-0,47}{0,05}$	$\frac{-0,42}{0,09}$
	2011	61	$\frac{0,12}{0,36}$	$\frac{-0,27}{0,04}$	$\frac{-0,06}{0,66}$
3 года	2010	87	$\frac{0,03}{0,77}$	$\frac{-0,32}{0,01}$	$\frac{-0,27}{0,01}$
В среднем		166	$\frac{-0,01}{0,87}$	$\frac{-0,30}{0,01}$	$\frac{-0,24}{0,00}$
стальноголовый лосось					
3 года	2011	54	$\frac{-0,13}{0,33}$	$\frac{-0,76}{0,01}$	$\frac{-0,75}{0,01}$
4 года	2011	15	$\frac{0,03}{0,93}$	$\frac{-0,09}{0,75}$	$\frac{-0,04}{0,88}$
	2012	17	$\frac{0,17}{0,51}$	$\frac{-0,03}{0,92}$	$\frac{0,13}{0,61}$
В среднем		78	$\frac{-0,05}{0,67}$	$\frac{-0,61}{0,01}$	$\frac{-0,57}{0,01}$

Приложение В

Результаты корреляционных анализов масса-репродуктивных показателей самок радужной форели, содержащейся на разных рационах кормления

Таблица В.1 – Контроль

Показатель	\bar{r} p-level			
	масса рыбы	масса икринки	рабочая плодовитость	относительная плодовитость
Масса рыбы	<u>1,00</u> –			
Масса икринки	<u>0,22</u> 0,12	<u>1,00</u> –		
Рабочая плодовитость	<u>0,36</u> 0,01	<u>–0,61</u> 0,01	<u>1,00</u> –	
Относительная плодовитость	<u>–0,23</u> 0,17	<u>–0,74</u> 0,01	<u>0,82</u> 0,01	<u>1,00</u> –

Таблица В.2 – Опыт

Показатель	\bar{r} p-level			
	масса рыбы	масса икринки	рабочая плодовитость	относительная плодовитость
Масса рыбы	<u>1,00</u> –			
Масса икринки	<u>0,28</u> 0,05	<u>1,00</u> –		
Рабочая плодовитость	<u>0,37</u> 0,10	<u>–0,57</u> 0,01	<u>1,00</u> –	
Относительная плодовитость	<u>–0,30</u> 0,04	<u>–0,76</u> 0,01	<u>0,77</u> 0,01	<u>1,00</u> –

Приложение Г

Акты внедрения

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГУП «Племзавод «Адлер»



В.А. Янковская

« 13 » июля 2013 г.

**АКТ ВНЕДРЕНИЯ
РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ
МОИСЕЕВОЙ ЕЛЕНЫ ВЛАДИМИРОВНЫ
В ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**

В результате исследований, проведённых в 2007–2013 гг. рыбоводом-селекционером, учетчиком по племенному делу ФГУП «Племзавод «Адлер», аспирантки кафедры водных биоресурсов и аквакультуры ФГБОУ ВПО КубГУ Моисеевой Елены Владимировны, были изучены методы ранней оценки качества самок радужной форели по характеристикам икры; влияние условий выращивания на племенные качества производителей и качество их половых продуктов; разработаны способы совершенствования оплодотворения икры при воспроизводстве радужной форели.

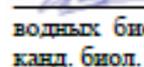
На основании проведённых исследований были даны рекомендации по оптимизации условий содержания, посленеростового рациона кормления самок радужной форели, внедрена методика ранней оценки самок по качеству полостной жидкости, оптимизированы методы и способы совершенствования биотехники оплодотворения икры радужной форели.

Результаты диссертационной работы используются при формировании разнопородных ремонтно-маточных стад радужной форели, а также при воспроизводстве и товарном выращивании радужной форели в ФГУП «Племенной форелеводческий завод «Адлер» с 2008 г.

Представители:
Директор
ФГУП «Племзавод «Адлер»

 В.А. Янковская

Представители:
ФГБОУ ВПО «Кубанский
государственный университет»

 соискатель Е.В. Моисеева
 заведующий кафедрой
водных биоресурсов и аквакультуры,
канд. биол. наук А.Н. Пашков

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и инновациям
ФБГОУ ВПО «Кубанский государственный
университет» д.б.н., профессор

М.Г. Барышев

« 11 »

2015 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ МОИСЕЕВОЙ ЕЛЕНЫ ВЛАДИМИРОВНЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В результате исследований, проведённых в 2007–2015 гг. по диссертационной работе Моисеевой Елены Владимировны «Биологические основы повышения эффективности разведения радужной форели *Parasalmo* (= *Oncorhynchus*) *mykiss* в условиях племенных заводов», были изучены методы ранней оценки качества икры радужной форели; влияние условий выращивания на племенные характеристики самок и качество их половых продуктов; разработаны способы совершенствования осеменения икры при искусственном воспроизводстве.

На основании проведённых исследований были разработаны рекомендации по оптимизации режима и рациона кормления самок радужной форели; ранней оценке самок по характеристикам их полостной жидкости; улучшению характеристик спермы при хранении.

Результаты диссертационной работы Моисеевой Е.В. используются в Кубанском государственном университете при преподавании студентам биологического факультета дисциплин «Искусственное воспроизводство рыб», «Товарное рыбоводство», «Практикум по искусственному воспроизводству рыб», «Практикум по товарному рыбоводству», «Индустриальное рыбоводство», «Генетика и селекция рыб».

Представители:
декан биологического факультета
ФБГОУ ВПО «КубГУ»

М.В. Нагалецкий

Представители:

соискатель Е.В. Моисеева

заведующий кафедрой
водных биоресурсов
и аквакультуры
А.Н. Пашков