

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Е. В. Таразевич

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ
РЕМОНТНО-МАТОЧНЫХ СТАД ФОРЕЛИ,
АДАптиРОВАННЫХ К УСЛОВИЯМ БЕЛАРУСИ**

Минск
БГАТУ
2022

УДК 639.37(476)

Таразевич, Е. В. Технологические аспекты формирования ремонтно-маточных стад форели, адаптированных к условиям Беларуси / Е. В. Таразевич. – Минск : БГАТУ, 2022. – 192 с.: ил. – ISBN 978-985-25-0161-3.

В монографии обобщены данные научной литературы по направлениям и рыбоводным методам, используемым при выведении новых пород форели. Представлены результаты многолетних исследований автора по рыбохозяйственным, биохимико-генетическим, физиолого-биохимическим показателям групп форели, разводимых в Беларуси, а также схема ведения селекционно-племенной работы по созданию многолинейных маточных стад форели с использованием высокопродуктивных пород форели зарубежной селекции.

Издание предназначено для научных работников, специалистов рыбного хозяйства, преподавателей, аспирантов, студентов учебных заведений биологического и аграрного профиля.

Табл. 38. Ил. 22. Библиогр.: 176 назв.

Рекомендовано к изданию научно-техническим советом
учреждения образования «Белорусский государственный
аграрный технический университет»
(протокол № 1 от 11 января 2022 г.)

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой
технологии и механизации животноводства

УО «Белорусский государственный
аграрный технический университет» *Д. Ф. Кольга;*

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
лаборатории селекции и племенной работы РУП «НПЦ НАН Беларуси
по животноводству» РДУП «Институт рыбного хозяйства» *М. В. Книга*

ISBN 978-985-25-0161-3

© БГАТУ, 2022

ВВЕДЕНИЕ

Рыба является пищевым продуктом, предназначенным для питания основных групп населения, выращенным и переработанным по традиционным технологиям. Рыбная продукция богата легкоусвояемыми белками, витаминами, незаменимыми жирными кислотами (линолевая, линоленовая, арахидоновая) и насыщает организм фосфором («элементом бодрости», благотворно влияющим на работу нервной системы), калием, натрием, железом, магнием, серой, фтором, медью, цинком, марганцем, кобальтом, молибденом, йодом и бромом. И при этом является низкокалорийным диетическим продуктом [34]. Добыча морепродуктов в мировом океане уже не увеличивается, а значительно уменьшается. Приближается предел их добычи и потребления: около 20 % промысловых видов – треска, тунец, камбала, сельдь – исчерпаны как ресурс. Поэтому основным источником рыбы и морепродуктов для населения становятся морская и пресноводная аквакультура.

По темпам роста аквакультура обогнала все прочие системы производства продовольствия. Она является динамично развивающимся направлением, и в настоящее время ежегодный рост аквакультуры составляет около 6 % (около 106 млн т), что в денежном выражении равно 163 млрд дол. США [124].

Доля аквакультуры по континентам неравномерна. Максимальный объем производства – около 65,6 млн т, отмечается в странах Азии, куда входят мировые лидеры аквакультуры. В течение последних двух десятилетий аквакультура Азии давала примерно 89 % мирового производства рыбы для употребления в пищу. Наиболее быстрыми темпами роста аквакультуры характеризуются страны Африки. Тенденция к росту объема продукции аквакультуры в развивающихся странах сохранится и в ближайшие десятилетия, но и в развитых странах достигнутый высокий уровень производства аквакультурной продукции будет поддерживаться [166].

По данным ФАО, в странах, где проживает 45 % мирового населения, было выращено рыбы больше, чем выловлено в дикой среде. К этим странам относятся мировые лидеры по производству продукции аквакультуры: Китай, Бангладеш, Вьетнам, Египет и Индия [144].

Китай является мировым лидером, но в последнее время его доля в мировом производстве аквакультуры сократилась с 65 % до 62 % и менее.

В Африке производится 2,32 % от общемирового объема аквакультуры, лидером среди африканских стран является Нигерия – 1,54 % (1,137 млн т).

В Европе – 3,97 % от общемирового производства (2,93 млн т). Среди Европейских стран ведущие место занимают Испания, Франция и Норвегия.

На долю Северной, Центральной и Южной Америки приходится 4,54 % мировой продукции аквакультуры, лидирующие позиции занимают страны Латинской Америки.

Основными объектами мирового производства аквакультуры являются карповые виды рыб: карп (*Cyprinus carpio*), белый амур (*Stenopharyngodon idella*), пестрый (*Aristichthys nobilis*) и белый (*Hypophthalmichthys molitrix*) толстолобики и др. Их производство достигает 20,593 млн т. Следующее место по объемам производства за карповыми рыбами занимают тилапия и лососевые (*Salmonidae*). Среди лососевых видов рыб ведущее место занимает атлантический лосось, или семга (*Salmo salar*), объем его производства составляет 2,33 млн т, или 61 % от общего объема производства.

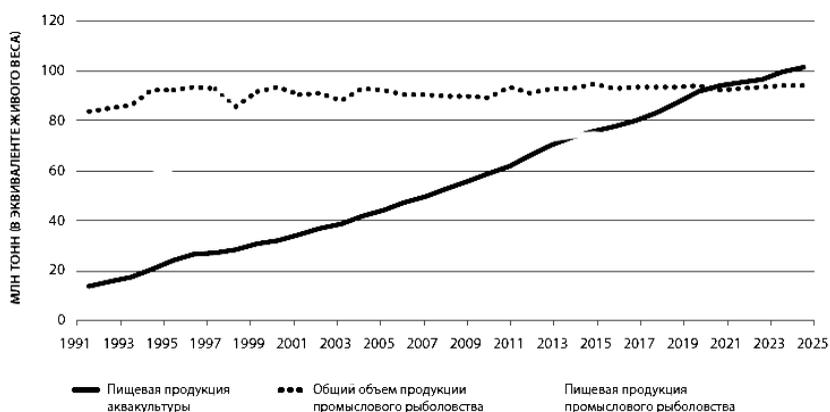
Норвегия является мировым лидером по наращиванию объемов производства атлантического лосося [8, 15]. Во Франции и Германии основным объектом аквакультуры является радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*). Италия также является одним из мировых лидеров по производству радужной форели, в последние годы отмечался рост производства ручьевого форели (*Salmo trutta morpha fario*).

В некоторых рыбоводных хозяйствах разводят нетрадиционных для страны объектов – африканского сома (*Clarias gariepinus*), тилапию (*Tilapia spp.*), а также сиговых видов рыб – нельмы, пеляди (*Coregonus peled*), сига (*Coregonus*). Видовое разнообразие выращиваемых видов расширяется как за счет аборигенной ихтиофауны (судак, карась, щука, сом обыкновенный, окунь, линь), так и за счет интродуцированных видов (веслонос, пиленгас, канальный сом, буффало). Осетроводство в Российской Федерации развивается по трем направлениям: икорное, мясное и восстановление природных популяций [11, 12]. Вклад России в общемировое икорное производство

составляет 12 т, в мясное – 6 тыс. т товарной продукции [68]. Лидером в производстве черной икры в мире являются США – свыше 50 т [58]. Последнее десятилетие интенсивно развивается осетроводство в Китае. Объемы выращивания осетровых там – более 20 тыс. т в год. По экспертным оценкам, количество черной икры, производимой в Китае, достигнет 250–300 т.

В перспективе ожидается, что объем производства аквакультуры будет расти, и в основном это увеличение будет происходить за счет развивающихся стран (рис. 1).

МИРОВОЙ ОБЪЕМ ПРОДУКЦИИ ПРОМЫСЛОВОГО РЫБОЛОВСТВА И АКВАКУЛЬТУРЫ ДО 2025 ГОДА



ИСТОЧНИК: ОЭСР и ФАО.

Рис. 1. Динамика и прогноз мирового объема продукции промышленного рыболовства и аквакультуры

Быстрорастущий спрос на рыбу и рыбопродукты будет, в основном, удовлетворяться за счет наращивания поставок продукции аквакультуры, темпы роста которой существенно снизятся, но сохранятся. Сохранится и тенденция глобализации отрасли, соответственно, потребители рыбы будут испытывать на себе ее воздействие: с удлинением производственно-сбытовых цепочек и по мере нарастания урбанизации будет расширяться ассортимент доступной продукции. Прогнозные показатели ФАО роста потребления рыбной продукции по странам представлены на рис. 2.

РОСТ ПОТРЕБЛЕНИЯ РЫБЫ В ПИЩУ В 2025 ГОДУ



ИСТОЧНИК: ОЭСР и ФАО.

Рис. 2. Прогноз ФАО по потреблению рыбы в пищу в мире

В Российской Федерации форелеводство – динамично развивающаяся отрасль рыбоводства [13, 14, 93]. За период селекционно-племенной работы с форелью (приблизительно около 50 лет) в России созданы 4 породы форели: Адлер (1997), Адлерская янтарная (2003), Рофор (1999) и Росталь (2002). Породы форели Адлер и Адлерская янтарная созданы и массово воспроизводятся в племенном форелеводческом хозяйстве «Адлер», породы Рофор и Росталь прошли селекцию в Федеральном селекционно-генетическом центре рыбоводства (ФСГЦР «Ропша»). Также в Госреестр Российской Федерации внесены импортированные породы форели: Камлоопс (1993), Стальноголовый лосось (1993) и форель Дональдсона (1993) [37, 86, 87, 89].

Породы радужной форели, созданные в России, характеризуются высокой приспособленностью к различным технологиям производства в различных климатических зонах [72–74].

1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЕДЕНИЯ РЫБОВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В Беларуси развитие рыбохозяйственной деятельности осуществляется по двум направлениям: вылов рыбы из естественных водоемов и выращивание рыбы в искусственных условиях – аквакультура [56]. В Беларуси насчитывается 10 780 озер общей площадью около 200 тыс. га. Озера площадью 150–1000 га и выше составляют всего 1,6 %. Построено 130 водохранилищ общей площадью 80 тыс. га. Средние водохранилища, площадью водного зеркала более 2,5 тыс. га, составляют всего 1,5 %; небольшие, площадью 0,3–2,5 тыс. га, – 22,5 %. Общая протяженность 20 800 рек составляет 90,6 тыс. км [79].

Ежегодный вылов рыбы из естественных водоемов за последние 15 лет составляет менее 1 тыс. т в год (при пересчете на 1 жителя – менее 100 г). Основные виды рыб, вылавливаемые из естественных водоемов Беларуси, следующие: вьюн (*Misgurnus fossilis*), густера (*Blicca bjoerkna*), ерш (*Gymnocephalus cernua*), жерех (*Aspius aspius*), карась золотой (*Carassius carassius*), серебряный карась (*Carassius auratus gibelio*), щука (*Esox lucius*); европейский сом (*Silurus glanis*); судак (*Lucioperca lucioperca*), линь (*Tinca tinca*), карп (*Cyprinus carpio*), красноперка – (*Scardinius erythrophthalmus*), лещ (*Abramis brama*), окунь (*Perca fluviatilis*), плотва (*Rutilus rutilus*), ряпушка европейская (*Coregonus albula*), сазан (*Cyprinus carpio*), сиг (*Coregonus*), синец (*Abramis ballerus*), сом европейский (*Silurus glanis*), судак (*Lucioperca lucioperca*), угорь европейский (*Anguilla Anguilla*), уклея (*Alburnus alburnus*), усач (*Barbus barbus*), форель ручьевая (*Salmo trutta morpha fario*), чехонь (*Pelekus cultratus*), язь (*Leuciscus idus*) [69].

После акклиматизации китайского комплекса растительноядных рыб на теплых сбросных водах Березовской ГРЭС в естественные водоемы (озера и водохранилища) практически ежегодно зарыбляют годовиков и двухгодовиков белого амура, пестрого и белого толстолобиков и их гибридные формы, что позволяет дополнительно получать рыбную продукцию [36, 84]. На основании статистических данных промыслового вылова рыб из естественных водоемов установлено, что около 75 % улова приходится на три

вида – плотву, леща и карася. В отдельных водоемах уловы мелкого частика (плотвы, густеры, окуня, ерша) не превышают 50 % от установленных квот на вылов рыбы; запасы хищных видов (щука, судак) нуждаются в восстановлении.

На территории Республики Беларусь, в реках и водоемах обитают еще два вида сомообразных: канальный сом (*Ictalurus punctatus*) и американский сомик-кошка (*Ameiurus nebulosus*) [127, 128].

Многие годы основным поставщиком рыбной продукции для населения Беларуси являлись естественные водоемы. Вылавливаемую из естественных водоемов продукцию можно характеризовать как экологически чистый продукт питания [71].

В настоящее время основными источниками поступления товарной рыбной продукции в Республике Беларусь являются:

1. Морское рыболовство, вылов морских и океанических рыб рыбодобывающими судами.

2. Озерно-речное рыболовство, вылов рыбы из естественных водоемов рыболовецкими бригадами с использованием различных орудий лова.

3. Прудовое рыбоводство: рыборазведение осуществляется в специальных искусственных водоемах – прудах. К ним относятся: полносистемные прудовые хозяйства, хозяйства-рыбопитомники, нагульно-товарные хозяйства, селекционно-племенные хозяйства.

4. К индустриальному рыборазведению относятся: выращивание рыбы в установках замкнутого водообеспечения (УЗВ) [75, 76, 85]; тепловодное выращивание рыбы проводится в садках и бассейнах открытого типа или в помещениях с использованием подогретых вод; холодноводное выращивание холодноводных объектов рыбоводства проводится в садках и бассейнах открытых водотоков [59, 121, 122, 126].

5. Пастбищное рыбоводство в естественных водоемах, предусматривает рыборазведение в естественных водоемах – реках, озерах, лиманах и приравненных к ним искусственных водохранилищах.

С переходом на производство рыб и других водных организмов в контролируемых и управляемых человеком условиях – к аквакультуре – качество производимой продукции значительно стало изменяться. Оно стало зависеть от количества и качества задаваемых кормов, среды содержания, объектов выращивания. Эффективность

производства продукции аквакультуры, в нашем случае – рыбы, обусловлена тем, что не требуется большого количества корма для их роста и развития. Будучи холоднокровными животными, они расходуют энергию корма в основном на увеличение массы тела, обновление тканей и жизнедеятельность. В настоящее время основное производство рыбы в Беларуси осуществляется в искусственных условиях: прудах, садках, бассейнах и УЗВ. При таком разнообразии производственных мощностей для выращивания рыбы в республике применяют и совершенствуют отдельные технологические этапы и целые технологии производства объектов рыбоводства. Объемы производства всех видов рыб в технологических условиях аквакультуры Беларуси изменяются: от 21,3 тыс. т – в 1989 г. до 4,5 тыс. т – в 2011 г. Основное производство рыбы в Беларуси осуществляется в прудах – около 94 %. Анализ видовой структуры выращиваемой рыбы показывает, что основным объектом прудового выращивания является карп, который в общем объеме производства занимает 76 %–80 %. На остальные 20 %–24 % приходится выращивание растительноядных рыб: белый амур, пестрый толстолобик, белый толстолобик и их гибридные формы, различные сочетания родительских форм; серебряный карась, ребе – золотой карась; промышленный гибрид – карпокарась (икра самок карпа оплодотворяется молоками серебряного или золотого карася); щука; европейский сом; судак, линь. В индустриальном рыбоводстве Беларуси основными видами разводимых рыб являются: форель, осетровые и сомовые [81].

Для повышения эффективности рыбоводства Беларуси разработаны приоритетные направления его развития:

1. Повышение генетического потенциала всех разводимых рыб методом ведения селекционно-племенной работы.
2. Совершенствование поликультурных видов рыб, выращиваемых в условиях прудовой технологии.
3. Применение высокоинтенсивных технологий выращивания ценных видов рыб в садках и бассейнах [59].
4. Повышение естественной продуктивности прудов и озерно-товарных хозяйств [65].
5. Реконструкция ихтиофауны водоемов-охладителей, то есть замещение малоценных аборигенных видов на более ценные: сазан (*Cyprinus carpio haematopterus*), судак, сом, лещ (*Abramis brama*), растительноядные виды и др.

6. Выращивание в промышленных установках деликатесных беспозвоночных: моллюсков, креветок, раков [77].

7. Применение интегрированных технологий производства рыбы и других сельскохозяйственных животных: уток, гусей [118].

8. Разработка новых рецептов комбикормов для существующих и новых объектов аквакультуры Беларуси.

Любая технология разведения и выращивания всех видов рыб предусматривает следующие этапы: создание благоприятного режима среды содержания, которой является вода; обеспечение качественными кормами; недопущение ее заболевания и поддержание удовлетворительного ихтиопатологического состояния. И, конечно, одним из самых важных этапов в технологиях повышения продуктивности разводимых рыб является создание высокопродуктивных многолинейных стад пород и кроссов [62]. Любой технологический процесс производства качественной товарной продукции аквакультуры предусматривает проведение полного цикла рыбоводных работ.

1. Воспроизводство – нерест рыб.
2. Выдерживание и подращивание личинок.
3. Выращивание посадочного материала стандартной среднестадной массой.
4. Проведение зимовки всех выращиваемых возрастных групп как товарной продукции, так и ремонтно-маточных стад.
5. Выращивание товарной продукции с требуемыми показателями качества (масса, упитанность, чешуйный покров, выход тушки).
6. Выращивание и формирование элитных ремонтно-маточных стад всех разводимых рыб.

Весь технологический процесс получения товарной продукции от стадии икры называется полным, или завершенным, циклом рыбоводных работ [91]. Хозяйства, имеющие в своем составе полный набор оборудования или все категории прудов для производства товарной продукции, называются полносистемными. В полносистемных хозяйствах имеются все категории прудов или рыбоводные емкости: для проведения нереста производителей, выдерживания и подращивания личинок, выращивания посадочного материала – сеголетков стандартной среднестадной массой, зимовки годовиков, выращивания товарной рыбы, отдельные племенные участки или бассейны для выращивания и формирования ремонтно-маточных стад как основных видов рыб, так и добавочных (щука,

европейский сом, линь и пр.). Категории рыбоводных прудов и их предназначение следующие:

1. *Головные пруды* – пруды-отстойники. Служат для накопления воды, ее согревания.

2. *Нерестовые*. Для нереста половозрелой рыбы аборигенных видов рыб.

3. *Мальковые*. Для подращивания личинок рыб, полученных от естественного нереста производителей или полученных заводским способом.

4. *Выростные*. В них выращивают молодь от стадии личинок или подрощенных мальков до стадии сеголетков, то есть момента пересадки на зимовку.

5. *Зимовальные* (зимовальные комплексы). Для зимовки сеголетков-годовиков, двухлетков, при трехлетнем цикле выращивания товарной продукции, племенного ремонтно-маточного поголовья.

6. *Нагульные*. Для выращивания товарной рыбы.

7. *Летне-ремонтные и летне-маточные*. Для выращивания разновозрастных групп ремонтного стада и содержания маточного поголовья.

8. *Санитарно-профилактические, карантинно-изоляционные*. Для карантинизации завезенных из других хозяйств различных видов рыб и проведения лечебно-профилактических мероприятий.

9. *Подсобные бассейны и пруды-садки*. Для временной передержки различных возрастов и видов рыб: до и после сортировки по видовой принадлежности, по размерно-весовым показателям.

Воспроизводство аборигенных видов рыб как основного вида прудового выращивания – карпа, так и составляющих основную поликультуру – щука, европейский сом, линь, карась (серебряный и золотой) – проводят различными способами: естественный нерест в нерестовых и приспособленных прудах и заводской способ воспроизводства. Практически все прудовые хозяйства имеют инкубационные цеха, где проводят нерест производителей эколого-физиологическим способом, в бассейнах, выстеленных «ершами», которые изготовлены по специальному образцу и имеют длину ворса 50 см, уложены круговым способом и имитируют естественное нерестилище.

Воспроизводство акклиматизированных видов растительноядных рыб: белого амура, белого толстолобика, пестрого толстолобика – и получение товарных гибридов растительноядных рыб и карпокарася проводят заводским способом. На теплых сбросных водах

Березовской ГРЭС, в сетчатых и земляных садках содержат ремонтно-маточные стада чистых линий растительноядных видов рыб, при наступлении нерестовых температур (май) получают потомство и в возрасте трехсуточных личинок реализуют хозяйствам для выращивания посадочного материала и товарной продукции. Получение потомства карпокарася осуществляют заводским способом в прудовых хозяйствах в период проведения нерестовой кампании карпа. Самцов карася, для получения половых продуктов, отбирают из популяций товарного карася, являющегося объектом добавочной прудовой поликультуры.

Ценные виды рыб, разводимые в хозяйствах Беларуси, воспроизводят только искусственным способом, так как для нереста этих видов рыб необходимо создание особых условий для созревания производителей и получения половых продуктов как у самок, так и у самцов.

Выдерживание вылупившихся личинок всех видов рыб, полученных заводским способом, проводят в цехах, в специально созданных благоприятных гидрохимических и температурных условиях (лотках, бассейнах). Подращивание личинок и выращивание сеголетков аборигенных видов рыб и растительноядных в основном проводят в прудовых условиях, при создании благоприятных условий среды содержания и формирования естественной кормовой базы для интенсивно растущей молодежи.

Значительно отличается по технологии подращивания личинок и выращивания стандартных сеголетков производство ценных видов рыб: осетровых, лососевых, сомовых. Все этапы технологии предусматривают только производство их в специально созданных искусственных садках, бассейнах, в отдельных случаях – в прудах, с применением высокоинтенсивных технологий выращивания, в основном, в УЗВ (особая технология подготовки высококачественной воды, необходимой для выращивания гидробионтов) [15].

При выращивании сеголетков и товарной продукции, независимо от видовой принадлежности и технологии производства, обязательными элементами являются оперативный контроль среды содержания и качества потребляемых кормов. Технология кормления предусматривает проведение многократной раздачи кормов в течение суток в строго установленном порядке. Но наиболее оптимальное кормление всех видов рыб при различных технологиях выращивания – это применение самокормушек. Рыба в этом случае

потребляет корма в соответствии с ее биоритмами в течение суток. Затраты корма, как правило, снижаются на 20 %–30 %, корректировка расхода кормов по росту темпа массонакопления за определенный период времени происходит автоматически, и в таких случаях не наблюдается ухудшение гидрохимического режима за счет гниения остатков корма в водоеме (бассейне).

В условиях рыночных отношений (цена–качество), в связи со становлением новых экономических отношений между производителями и потребителями сельскохозяйственной продукции, развитием частного производства и предпринимательства назрела насущная необходимость в разработке новых, биологически обоснованных, гибких производственных показателей. Оптимизированные технологические процессы выращивания различных видов рыб позволят получать высококачественную продукцию, пользующуюся спросом на рынке и дающую прибыль при реализации. С целью снижения себестоимости товарной продукции как прудовой, так и рыбы, выращенной в искусственных условиях, необходимо перейти на производство высококачественных гибридов и чистых линий, характеризующихся высокими темпом роста, выходом туши мяса, качественными показателями мяса и икры лососевых и осетровых. Все перечисленные признаки объектов рыбоводства можно получить только при совершенствовании технологии ведения селекционно-племенной работы с разными видами рыб.

В республике сформированы и массово воспроизводятся чистые, генетически маркированные породы карпа белорусской селекции: Лахвинский, Изобелинский, Тремлянский; породы зарубежной селекции: Югославский, Немецкий, Молдавский, Черепетский, Сарбомянский, а также амурский сазан ханкайской популяции и популяций, сформированных в прудовых хозяйствах России. Учеными РДУП «Институт рыбного хозяйства» НАН Беларуси разработана рациональная схема скрещивания чистых линий и пород карпа белорусской и зарубежной селекции, позволяющая получать промышленные товарные кроссы. Отдельные межпородные кроссы, полученные на основе скрещивания пород карпа белорусской селекции и импортных, характеризуются малочешуйным покровом, относительно высоким темпом массонакопления. Выход туши у трехлетков высокоценных кроссов достигает 67 %–70 %, общая масса рыбы составляет 1,5–2,0 кг. Такая рыбная

продукция пользуется повышенным спросом на рынке Беларуси не только в живом виде, но и в качестве вяленых и копченых балыков. Совершенствуются технологии ведения селекционно-племенной работы имеющихся ремонтно-маточных стад сомовых видов: европейского сома, клариевого сома, канального сома; улучшаются рыбоводные характеристики ремонтно-маточных стад линя. Новым дополнительным высокопродуктивным объектом прудовой поликультуры Беларуси является европейский сом. В настоящее время отработаны технологии получения потомства заводским и естественным способами, выращивание сеголетков в бассейнах и прудах, отработаны элементы его зимовки, выращивание товарной продукции в садках, прудах и бассейнах, отрабатываются элементы технологии селекционно-племенной работы. Сейчас во многих хозяйствах Беларуси имеются собственные разновозрастные ремонтные группы и производители европейского сома. Пополнение ремонтных групп проводится за счет молодняка, выращенного в прудовых условиях, что частично способствует его приспособленности выращивания в стесненных условиях прудовой технологии выращивания.

Но при выращивании европейского сома в прудах необходимо учитывать то обстоятельство, что он является прямым конкурентом в питании сеголетков карпа и растительноядных рыб, а при достижении массы 8–10 г – и активным хищником. Поэтому для получения достаточного количества посадочного материала сеголетков европейского сома и его товарной продукции наиболее приемлема технология выращивания его в садках и бассейнах. Так как европейский сом по своим биологическим особенностям является хищником, то при использовании интенсивных технологий содержания в садках и бассейнах для его кормления необходимо использовать высокобелковые корма, как для всех ценных видов рыб.

Совершенствуются технологические приемы по формированию ремонтно-маточных стад разных возрастных групп клариевого сома, отрабатываются элементы технологии подготовки производителей к нерестовой кампании и получению половых продуктов у самок и самцов. Совершенствуется технологическое оборудование по проведению инкубации икры и выдерживанию предличинок и личинок. Отрабатываются отдельные этапы технологии выращивания сеголетков сома с целью обеспечения индустриальных хозяйств стандартным рыбопосадочным материалом.

Имеют продолжение научные работы по совершенствованию технологии акклиматизации канального сома, являющегося новым объектом разведения в водоемах-охладителях. Оработаны технологические процессы естественного нереста в новых условиях обитания, отдельные элементы технологии выращивания посадочного материала и товарной продукции в искусственных условиях (бассейнах и садках на теплых сбросных водах ГРЭС), отдельные этапы технологии формирования ремонтно-маточных стад из популяций рыб, выращенных в садках и бассейнах, и выловленных из водоемов-охладителей [127].

Прудовые площади в Беларуси можно использовать еще более интенсивно за счет применения интегрированных технологий совместного выращивания прудовых видов рыб, уток и гусей. В период 1980–1990 гг. прошлого столетия рыбные хозяйства Беларуси «Ляхва», «Альба», в настоящее время страны западной Европы – Германия, Чехия, Венгрия – на нагульных прудах применяют такую интенсивную технологию.

Выгодность применения интегрированных технологий в рыбоводстве можно отнести за счет следующих положительных этапов:

1. Утки и гуси не являются конкурентами в питании прудовых рыб, так как поедают мягкую растительность на прудах и дамбах, головастиков, лягушек и ее икру, водных насекомых.

2. Птицы – хорошие мелиораторы рыбоводных прудов, так как поедают подводную мягкую растительность, плавающую ряску, способствуют уничтожению жесткой растительности.

3. Экскременты птиц, попадающие в воду, – ценные органические удобрения. Птицы разрыхляют грунты ложа прудов и этим способствуют быстрейшему окислению органики.

4. Выгул утят и гусят на пруды благоприятно отражается на их росте и воспроизводительных качествах, кроме того, они меньше потребляют кормов на 1 кг прироста массы. С 1 га нагульной площади можно дополнительно получить до 700 кг мяса птицы.

Технология пастбищного рыбоводства в естественных водоемах – одно из перспективных направлений. Использование пастбищной технологии способствует получению дешевой, экологически чистой товарной рыбы, так как ее выращивание базируется на использовании естественной кормовой базы и водных ресурсов. Технология подготовки естественных водоемов к ведению рыбоводства включает следующие мелиоративные приемы:

1. Изоляция от захода и выхода всех видов рыбы.
2. Техническая мелиорация.
3. Биологическая мелиорация: снижение численности аборигенных малоценных видов рыб. Существующие методы проведения биологической мелиорации следующие:
 - облов мелкочечными неводами и другими интенсивными орудиями лова;
 - тотальный облов;
 - секторный метод лова;
 - лов на нерестилищах и в местах скопления аборигенных видов рыб.
4. Химическая мелиорация – полное уничтожение аборигенных видов рыб химическими веществами.

В зависимости от степени интенсификации рыбоводства, морфологических характеристик водоемов и используемого комплекса вселяемых видов рыб выделяют три основных направления:

- 1) технология коренной реконструкции ихтиофауны;
- 2) технология сосуществования аборигенных мирных видов рыб и мирных вселенцев;
- 3) технология ведения рыбоводства только ценных хищных рыб.

Широкое распространение в республике получила технология товарного выращивания карпа, растительноядных рыб, осетровых, лососевых в садках на теплых сбросных водах электростанций.

Технологические этапы выращивания товарной рыбы в полносистемных садковых хозяйствах:

1. Выращивание и формирование ремонтно-маточных стад, выращиваемых на теплых водах видов рыб (нагульные садки).
2. Получение заводских личинок, их подращивание до жизнестойких стадий (воспроизводственные комплексы – инкубационные цеха).
3. Подготовка садков к зарыблению молодьёу рыб. Контроль за садками в период выращивания рыбы и ее передержки в зимовальный период.
4. Оперативный контроль за гидрохимическим и температурным режимом на садковой линии.
5. Кормление рыбы 4–6 раз в день высококачественными комбикормами.
6. Профилактика заболеваний выращиваемых объектов рыбоводства.

7. Облов товарной продукции, и ее реализация или размещение на передержку в другие садки. Учет по массе и обследование на ихтиопатологическое состояние.

8. Облов, учет и пересадка в зимовальные садки рыбопосадочного материала всех видов выращиваемых рыб.

9. Контроль состояния зимующей рыбы.

10. Весенний облов посадочного материала и пересадка его в нагульные садки или реализация другим нагульно-товарным хозяйствам.

Особенность технологии выращивания рыбы в садках состоит в том, что нет возможности регулировать температурный, гидрохимический и гидробиологический режимы. Повышенные температуры способствуют ускоренному развитию эктопаразитов, что требует постоянного выполнения всех запланированных профилактических мероприятий. Плавучие садки более выгодны в эксплуатации, так как в случаях повышения температуры сбрасываемых вод выше допустимых норм их можно отбуксировать в более отдаленные участки канала и тем самым сохранить выращиваемую рыбу от гибели.

Технология выращивания товарной форели в садках – холодно-водное выращивание.

При выборе водоемов для размещения форелевого садкового хозяйства учитываются требования, обеспечивающие благоприятный для форели гидрохимический, гидрологический, температурный, газовый режим и гидробиологическую обстановку.

Основные этапы технологии выращивания форели в садках:

1. Установка садков на более глубоких местах водоема с течением, что обеспечивает вынос продуктов обмена, улучшает гидрохимический режим садков, снижает заболеваемость рыб.

2. Зарыбление летних садков рыбопосадочным материалом форели, строго отсортированной по размерно-весовым показателям, с соблюдением оптимальных плотностей. Цель калибровки форели – исключение угнетения мелких особей более крупными рыбами. При достижении товарных кондиций проводят реализацию форели в товар, что обеспечивает более благоприятные разреженные плотности выращивания оставшихся в садках рыб.

3. Многократное кормление форели кормами, доступными по размеру гранул и сбалансированными по пищевому рациону.

4. Постоянная профилактика заболеваний форели.

5. Осенью, при понижении температуры воды водоема до +2 °С...+4 °С проводят полный облов форели из летних садков и реализуют в товар или пересаживают на зимовку в зимовальные садки (сетчатые, земляные).

Тенденции развития индустриального рыбоводства Беларуси

При глобальной тенденции обеднения биоресурсов океанов и внутренних водоемов находит повсеместное распространение выращивание рыб в контролируемых человеком условиях – в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ), в которых можно выращивать любой объект аквакультуры [31, 32]. Госпрограммы регламентируют увеличение объемов производства рыбной продукции в стране, однако оно возможно при освоении инновационных технологических направлений, одно из которых – аквакультура в УЗВ. Это относительно новое, прогрессивное, динамично развивающееся направление как в рыбоводстве Беларуси, так и в мировой практике [5, 6]. Но здесь следует принимать во внимание экономическую эффективность, например, себестоимость выращивания, карпа в пруду в 3–4 раза ниже, чем в УЗВ, так как в индустриальном производстве значительная часть себестоимости приходится не на корма, как в прудовом рыбоводстве, а на электроэнергию и амортизационные отчисления. Поэтому целесообразно выращивать в интенсивных условиях объекты с высокой добавочной стоимостью (деликатесные, ценные виды рыб) или устойчивых к большим плотностям посадки. Наиболее широко разводимые в УЗВ виды – радужная форель, угорь, осетровые и сомы.

В настоящее время имеющиеся в стране рыбоводно-индустриальные комплексы производят около 500 т товарной продукции в год, что не позволяет исключить импорт деликатесной рыбопродукции из ценных видов рыб.

Относительно ценных видов рыб, на 2016–2020 гг. и на период до 2030 г. Государственной программой развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь запланировано:

– развитие индустриального рыбоводства, применение экономически обоснованных инновационных технологий для разведения редких и ценных видов рыб;

– воспроизводство и реинтродукция редких и ценных видов рыб в целях получения рыбопосадочного материала редких и ценных видов рыб (сиг, судак, щука, лососевые, осетровые и другие) [3, 4].

Также Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2021–2025 гг., Раздел VI подпрограмма 5 «Развитие рыбохозяйственной деятельности», утвержденная Указом Президента Республики Беларусь 07.05.2020 № 156, определяет приоритетные направления в развитии рыбоводства страны:

– увеличение объемов производства прудовой, озерно-речной рыбы и ценных видов рыб;

– сокращение цикла товарного выращивания рыбы до 2 лет (и снижение ее себестоимости соответственно);

– повышение эффективности использования прудовых площадей при пастбищном рыбоводстве;

– повышение рыбопродуктивности прудов за счет увеличения поликультуры, снижение затрат на корма [25, 29].

К 2025 году планируется достичь объема производства рыбных ресурсов 18 158 т, в том числе прудовой рыбы – 15 771 т, ценных видов рыб – 1 200 т [25].

Реализация госпрограмм, совершенствование технологий аквакультуры, увеличение объемов производства невозможно без инновационного сопровождения [106, 116]. И здесь на первый план выходят научно-исследовательские разработки в области аквакультуры как залог развития и эффективности отрасли в будущем.

Перспективным направлением селекционной работы, на фоне тенденции роста объемов производства ценных видов рыб, является селекционная работа с форелью [20, 22, 23]. Все потребности индустриальных форелевых комплексов в посадочном материале удовлетворяются за счет рыбопитомника БГСХА (Горки), в который импортируется икра на «стадии глазка». Наличие в Беларуси собственного ремонтно-маточного стада форели, производящего качественные половые продукты, позволило бы снизить затраты и исключить импорт. Селекционные работы, направленные на мобилизацию генетических ресурсов рыб за счет чистоты линий и гетерозисного эффекта, позволили бы повысить эффективность производства форели без существенных материальных затрат; созданное ремонтно-маточное стадо послужило бы исходным селекционно-племенным материалом для формирования отечественных пород [101, 102, 104].

В зависимости от выращиваемого вида, целевого продукта производственного цикла (выращивание посадочного материала, товарной рыбы или содержание маточного стада для воспроизводства) хозяйства сталкиваются с необходимостью формирования стратегии ведения рыбохозяйственной деятельности, где требуется строгое соблюдение технологических циклов производства целевого продукта и дополнение их современными инновационными технологиями [106, 114]. За последние годы совместными усилиями ученых кафедры ихтиологии (первопроходцами по освоению и инновационному сопровождению УЗВ в Республике Беларусь), кафедры биотехнологии и ветеринарной медицины, кафедры крупного животноводства и переработки животноводческой продукции БГСХА, института физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, а также зарубежных партнеров проведен ряд фундаментальных и прикладных исследований:

- разработаны теоретические и практические основы, а также новые технологические решения развития рыбоводных промышленных комплексов на основе УЗВ для выращивания и воспроизводства объектов аквакультуры;
- разработана новая технология повышения эффективности выращивания жизнестойкого посадочного материала ценных видов рыб в рыбоводных промышленных комплексах;
- разработана новая технология формирования ремонтных стад ценных видов рыб в рыбоводных промышленных комплексах;
- разработана новая технология повышения воспроизводительной функции ценных видов рыб.

Одной из актуальных проблем развития рыбоводства страны является кормопроизводство [1, 2, 7]. Развитие промышленного рыбоводства в стране формирует большой спрос на искусственные качественные корма. Пока этот спрос удовлетворяется за счет импортных комбикормов, которые существенно влияют на себестоимость получаемой продукции. В отечественном кормопроизводстве делаются первые шаги по разработке сбалансированных рецептур для ценных видов рыб, соответствующих по уровню качества ведущим мировым производителям [18, 19]. Но существуют сложности с обеспечением сырьем, разработкой технологии и производством кормов.

2. РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЛЕКЦИОННЫХ СТАД СОЗДАНЫХ В РОССИИ ПОРОД ФОРЕЛИ И ДРУГИХ ВИДОВ ЛОСОСЕВЫХ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ТОВАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Форели, рыбы семейства лососевых (Salmonidae). Лососевые рыбы относятся к холодолюбивым объектам, но разводят их и выращивают на пяти континентах. Практически всех представителей семейства лососевых можно отнести к эвригалинным рыбам, в том числе эндемиков пресных вод. Лососеобразные – один из самых древних видов костистых рыб, сохранившихся с мелового периода мезозойской эры до наших дней. Современное систематическое положение лососевых рыб – объектов аквакультуры – представлено следующим образом:

1. Домен Эукариоты – Eukaryota.
2. Царство Животные – Animalia.
3. Подцарство Многоклеточные – Eumetazoa.
4. Раздел Двусторонне симметричные – Bilateria.
5. Тип Хордовые – Chordata.
6. Подтип Позвоночные – Vertebrata.
7. Надкласс Челюстноротые – Gnathostomata.
8. Группа (ряд) Рыбы – Pisces.
9. Класс Костные рыбы – Osteichthyes.
10. Подкласс Лучеперые – Actinopterygii.
11. Надотряд Клюпеоидные – Clupeomorpha.
12. Отряд Лососеобразные – Salmoniformes.
13. Семейство Лососевые – Salmonidae.
14. Род Тихоокеанские лососи – *Oncorhynchus*.
15. Род Благородные лососи – *Salmo*.
16. Род Гольцы, или Палии – *Salvelinus*.
17. Род Таймени – *Hucho*.
18. Род Ленки – *Brachymystax*.

Рыбоводно-биологическая характеристика радужной форели

Радужная форель является одним из распространенных объектов аквакультуры и относится к ценным видам рыб (рис. 3).

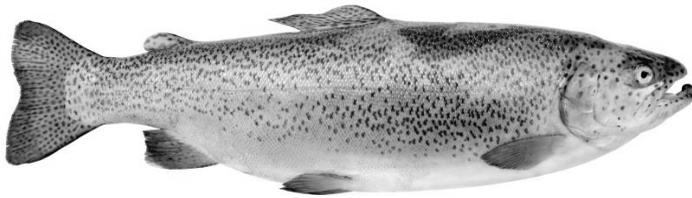


Рис. 3. Радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*)

Радужной она называется потому, что вдоль тела рыбы проходит яркая переливчатая полоса, похожая на радугу. Родина радужной форели – Тихоокеанское побережье Северной Америки, река Макклоуд, штат Калифорния.

Ввиду большой изменчивости и недостаточной изученности представителей положение семейства Лососевых, к которому относится радужная форель, в общей системе рыб строго не определено и является одной из задач систематиков-ихтиологов. Для 1 вида – Радужная форель – дано 15 наименований.

По последним данным [80] «исследования митохондриального генома показали, что радужная форель систематически относится не к атлантическим лососям рода *Salmo*, а к тихоокеанским лососям рода *Oncorhynchus*, и является таким же видом, как и камчатская форель кунджа (*Salvelinus leucomaenis* (Pallas)). Окончательное международное название радужной форели принято съездом ихтиологов в 1988 г. и звучит как *Oncorhynchus mykiss*. Ряд ученых отмечают, что отечественные ихтиологи относят радужную форель к роду *Parasalmo*.

Общепринятой является следующая систематика.

Систематическое положение: Радужная форель (лат. *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1972);

Отряд Лососеобразные – *Salmoniformes*;

Семейство Лососевые – *Salmonidae*;

Род Тихоокеанские лососи – *Oncorhynchus*;

Вид Радужная форель – *Oncorhynchus mykiss*.

Биология

Тело радужной форели лососевидное, слегка сжатое с боков, прогонистое, приспособлено для преодоления большого течения и порогов высотой 1,5–3,0 м. Тело и плавники покрыты черными

пятнами. Как и у всех рыб, имеется орган боковой линии. Ниже боковой линии пятен меньше и они не так ярко выражены. Черные пятна образованы пигментными клетками – меланофорами, красная полоса вдоль тела, ярко выраженная в нерестовый период, окрашена ксантофорами (эритрофорами). Серебристую «радужную» окраску придают лейкофоры, или гуанофоры (иридициты). Степень окраски определяется нейрогуморальной регуляцией [28].

Тело форели покрыто слизью, которая является бактерицидным барьером и уменьшает трение при плавании; чешуя циклоидная; гомоцеркальный хвостовой плавник. Имеется жировой плавник.

По Титареву [120] описание радужной форели таково: «Тело форели удлинненное, высота его в 4 раза меньше длины, рот большой, конечный, верхняя челюстная кость заходит за задний край глаза, рыло тупое, имеются мелкие конические и острые зубы, направленные внутрь». Жаберная крышка умеренной длины. На первой жаберной дуге находится 17–21 коротких тычинок. В плавниках варьирует число мягких лучей: в спинном – 10–12, в грудных – по 11–17, в брюшных – по 9–10, в анальном – 8–12. Позвоночник состоит из 60–66 позвонков. Формула боковой линии радужной форели белорусской популяции 136 18-27/22-29 144 [120].

В нерестовый период самцы и самки претерпевают морфологические изменения, становится хорошо выраженным половой диморфизм: у самцов становится ярче красная полоса вдоль тела, расцветаются жаберные крышки, тело темнеет, нижние челюсти изгибаются крючкообразно; окрас самки переливается радужно-фиолетовыми и лиловыми оттенками, увеличивается брюшко, при нажатии из полового отверстия выдвигается генитальная пора.

Половое созревание. Сроки созревания радужной форели зависят от генотипа, географии, температуры и кормления. Дифференцировка пола зависит от температуры воды в период инкубации и подращивания молоди. Пол можно определить в возрасте от 95 до 104 дней при температуре 13 °С –14 °С. Половой зрелости самцы форели достигают в 2-летнем возрасте, самки – 2-, 4-летнем; обычно икра впервые нерестующих самок отличается не очень высоким качеством и при рыбоводных работах дает большой отход.

Размножение. Радужная форель является полициклически икромечущей рыбой, по способу размножения – литофил. В природе нерестится весной при значении температуры воды 3 °С –8 °С в верховьях рек и ручьев. Самка создает углубление в гальке, выметывает

икру, самец выделяет молоки и после оплодотворения заваливает икру галькой. Образуется так называемый «нерестовый бугор», где несколько месяцев развиваются эмбрионы. Обязательное условие для благоприятного развития оплодотворенной икры – хорошая аэрация нерестового бугра. Кислород необходим для развития эмбрионов и выноса метаболитов.

Рост, размеры и возраст. Среда обитания и корм определяют внешний вид форели. Половозрелая радужная форель весит приблизительно 2–3 кг, но имеются особи максимальных размеров, зарегистрированных в литературных источниках: вес – 25,4 кг, общая длина – 120 см, возраст – 11 лет [131].

Жизненный цикл форели включает в себя следующие стадии роста и развития: оплодотворенная икра, икра на стадии глазка, предличинки, личинки, молодь, годовики, двухлетки, зрелые самцы или самки, готовые к воспроизводству. Продолжительность каждой стадии у форели зависит от температуры, генотипа и количества корма.

Продолжительность развития эмбриона от оплодотворения до плавания составляет приблизительно 37–83 дня при значениях температуры воды 6 °С–12 °С. До перехода на экзогенное питание рыба получает питательные вещества из желточного мешка. Большой объем желтка у лососевых исследователи объясняют как эволюционное приспособление к достаточно длительному процессу инкубации и недостатку кормовых объектов до перехода личинок к активному питанию. Предличинки после выклева определенное время малоактивны, лежат на галечном дне. Питание в это время осуществляется за счет питательных веществ желточного мешка (рис. 4).

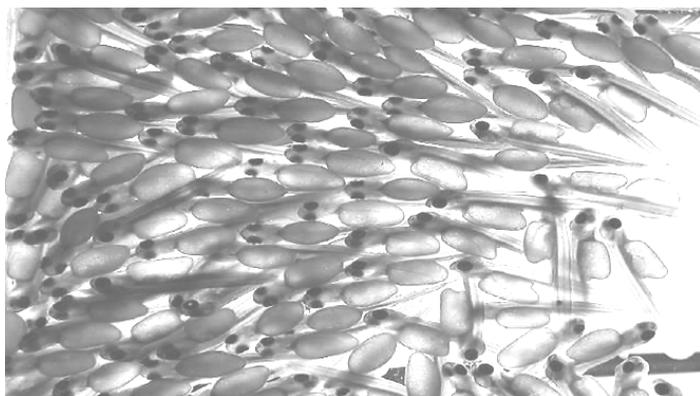


Рис. 4. Предличинки радужной форели после выклева (стадия «роения»)

После начала экзогенного питания фактическая продолжительность последующего развития зависит не только от температуры воды и уровня содержания кислорода в ней, но и от качества и количества потребляемой пищи. Форель – активный хищник. Спектр питания форели пищевыми организмами разнообразен: кольчатые черви, пиявки, насекомые и их личинки (жуки, мухи, муравьи, моли, бабочки), моллюски, мелкие ракообразные, личинки земноводных, амфибий и млекопитающих, различные рыбы [147, 154] – практически все, что попадает в воду. Как только форель приобретает способность переваривать захваченную пищу, начинается личиночный период. Личинки временно сохраняют провизорные органы – плавниковую кайму и остатки желточного мешка. У мальков уже исчезают провизорные органы, изменяется окрас и пропорции тела. Продолжительность последующих жизненных стадий зависит от комплекса воздействующих на объект биотических, абиотических факторов и особенностей биотехнологии выращивания.

У радужной форели существует много различных популяций, которые формировались в различных речных системах. Из них были селекционно созданы улучшенные для товарного рыбоводства породы. Селекция проводилась по таким признакам, как выносливость, быстрый рост, сопротивление болезням и устойчивое воспроизводство в условиях аквакультуры. Также для удобства воспроизводства отбираются формы с разными сроками нереста.

Выращивание. Искусственное разведение радужной форели началось, когда американец Грин привез оплодотворенную икру форели из реки Макклоуд в свое фермерское хозяйство. Сейчас это самая культивируемая в мире форель [160].

В Европу радужную форель первый раз завезли в 1879 г., второй – в 1880 г. и в 1895 г. [120]. Из Германии и Дании икру форели завезли в Россию. Первые попытки выращивать форель в России начались в 40-х гг. XVIII в. (в Ропше и Гостилицах). Из рек вылавливали местную ручьевую форель и выдерживали в прудах. Но в целом рыбоводная работа с форелью велась неупорядочено, без плана, отсутствовал этап подращивания личинок в прудах, молодь специально не кормили, не было зимовальных прудов, поэтому такое разведение форели было неэффективным.

С привозом из Европы в Россию радужной форели, которая по скорости роста значительно опережала ручьевую форель, один за

другим стали открываться форелевые хозяйства, в которых совершенствовалась биотехника выращивания. Рыбоводы отбирали по нужным им признакам выдающихся особей – началась длительная и кропотливая селекционная работа.

Важность и направленность селекционной работы в форелеводстве можно определить следующими словами: «... Чем разнообразнее конкретные условия выращивания, тем больше нужно разных пород. Для форели это особенно актуально, поскольку ее разводят и в пресной, и в соленой воде, выращивают в озерах с ключевой водой и на подогретых сбросных водах тепловых станций. Однако следует учитывать, что биотехника со временем меняется, поэтому стада рыб-производителей, улучшенных селекцией, не должны утрачивать в целом своего биологического разнообразия. Им необходимо быть готовым к новым изменениям среды, да и селекционерам будущего тоже нужен племенной материал для работы» [13].

Порода Форель радужная Адлер

Создана на основе стальноголового лосося и радужной форели Адлерского хозяйства. Исходное маточное стадо было сформировано в течение трех поколений методами воспроизводительного скрещивания. При формировании маточных стад форели проводили массовый отбор особей по массе и размерам тела. Дальнейший этап селекционных работ был направлен на консолидацию производителей по признаку раннего нереста, также строго учитывали основные рыбохозяйственные признаки: масса тела, рабочая плодовитость, средняя масса икринок, выживаемость потомства на всех стадиях онтогенеза. При формировании маточных стад использовали в основном метод массового отбора и семейной селекции.

В настоящее время порода Форель радужная Адлер характеризуется ранними сроками нереста. Основная масса самок созревает в ноябре-декабре. Самки характеризуются высокой плодовитостью. Рабочая плодовитость у повторно нерестующих самок составляет около 4,4 тыс. экз. Масса икринки – 72,8 мг, индекс репродуктивности составляет 144–170 г/кг массы самки. Средняя масса 4-годовалых самок составляет 2,3 кг, самцов – 2,2 кг. Индекс прогонистости тела у самок от 3,6 до 4,2, у самцов – 4,2–4,5. В число хозяйственно-полезных признаков, характеризующих данную породу

как высокопродуктивную, относят следующие показатели: масса тела, рабочая плодовитость, средняя масса икринок, количество икры, продуцируемое самкой. Лососевую икру можно реализовать как племенной материал для селекционных работ и как товарную продукцию. При выращивании породы Форель радужная Адлер в холодноводных хозяйствах со стабильным температурным режимом инкубация икры и выращивание личинок проходят при благоприятной температуре в осенние и зимние месяцы. Этот рыбохозяйственный признак – ранний нерест – позволяет в более короткие сроки получать товарную продукцию. Крупный посадочный материал породы Форель радужная Адлер можно использовать для зарыбления в апреле-мае рыбоводные емкости в форелевых хозяйствах с непостоянными температурными режимами, что является важным показателем широкого использования для ускоренного выращивания товарной продукции форели в хозяйствах этого типа. Выращивание товарной форели в форелевых хозяйствах на теплых водах имеет большое значение, так как позволяет в течение осенне-зимнего периода наиболее полно использовать благоприятные условия содержания и выращивания. Значения температуры воды в этот период колеблется в пределах 10 °С–15 °С, что является наиболее оптимальным температурным режимом для получения товарной форели массой 300–400 г и более в течение одного года.

Порода Форель радужная Адлер характеризуется высоким уровнем общей комбинационной способности и может быть использована как для получения межпородных товарных кроссов, так и в качестве одного из родительских компонентов скрещивания при создании новых и улучшении существующих пород форели.

Селекционные работы по выведению второй породы форели – Адлерской янтарной форели – были начаты в 1996 г. Исходным материалом послужили особи форели золотисто-желтой окраски, завезенные из Чегемского рыбоводного завода. Годовики исходной генерации отличались большим разнообразием окраски тела. Главным направлением селекционных работ являлось закрепление в наследстве рыб с золотистым цветом тела и исключением из потомства особей обычной окраски. Напряженность селекционного отбора по окраске на этапе формирования первой селекционной генерации среди годовиков составляла 20 %. Уже на стадии двух-годовалого возраста в племенном стаде наблюдалось созревание

81 % самок и 100%-е созревание самцов. Этот факт свидетельствует о том, что раннее возрастное созревание производителей золотистой форели характеризует ее как скороспелую форму. В целях ускорения селекционного процесса для воспроизводства использовали впервые созревших двухгодовалых производителей. В скрещиваниях использовали наиболее ярко окрашенных производителей обоего пола. На втором селекционном этапе провели серию скрещиваний самцов и самок разных цветовых гамм с целью выявления производителей, являющихся носителями доминирующего типа золотистой окраски. В последующих селекционных поколениях отбор производителей по стандартному эталону окраски рыб привел к тому, что в потомствах не наблюдалось расщепления по обычному фенотипу и золотистой. Потому созданная порода и является уникальной, что благодаря целенаправленной селекции создано маточное стадо с доминантным типом наследования мутантной золотисто-желтой окраски.

Важной и отличительной особенностью данной породы является способность более интенсивно аккумулировать каротиноиды в мышцах и других частях тела по сравнению с обычной радужной форелью. На ранних этапах развития всех цветовых морф, составляющих породу, наблюдается отсутствие пигментации глаз у эмбрионов и личинок. Мясо форели является не только деликатесным, но и диетическим продуктом питания благодаря оптимальному содержанию сырого протеина и ненасыщенных жирных кислот, хорошо усваиваемых организмом человека. Сочетание этих компонентов с высоким содержанием каротиноидов у янтарной форели существенно повышает ее диетическую и пищевую ценность. Благодаря яркой красивой золотистой окраске она пользуется большим спросом у потребителей, чем форель обычной окраски.

Установлено, что рыбы с золотисто-желтой окраской характеризуются низкой конкурентной способностью в питании при совместном выращивании с обычной форелью. При кормлении особи золотистой окраски проявляли сравнительно небольшую активность на поверхности или в толще воды, но охотно подбирали гранулы корма на дне. Учитывая тот факт, что обычные виды форели стараются захватить корм на лету или в верхних слоях воды, содержание этих двух форм форели в одном пруду (емкости) приводит к тому, что подавляющее количество корма достается рыбам,

более активным у поверхности воды. Но и потребление остатков корма со дна янтарной формой форели способствует улучшению гидрохимического режима водоема (бассейна) при их совместном выращивании. При ведении многолинейных маточных стад форели в промышленных условиях одной из перспективных и наиболее заметной всегда будет являться порода Адлерская янтарная. В производственных условиях промышленные гибриды золотой форели с местными линиями форелей, форелью Дональдсона, стальноголовым лососем отличаются высоким темпом массонакопления по сравнению с исходными родительскими формами.

Порода Форель радужная Рофор

Исходный материал будущей породы был завезен в 1948 г. из Германии на стадии икры радужной форели. К 1951 г. из личинок были выращены и сформированы производители численностью 2,5 тыс. экз. Это поголовье и послужило основой для развития форелеводства в СССР. Дальнейшие селекционные работы с форелью проводили с использованием икры форели, завезенной из Дании в 1964–1967 гг. Работы проводили на базе форелевого хозяйства ЦЭС ГосНИОРХ «Ропша». Были проведены воспроизводительные скрещивания немецкой и датской групп форелей. При дальнейших селекционных работах с полученным поместным стадом использовали метод массового отбора на всех возрастных группах ремонтно-маточного стада. Был использован отбор по фенотипу, главным образом, по массе и длине тела, со строгим учетом плодовитости самок. Масса тела служила основным селекционным признаком, поскольку является одним из главных показателей рыбохозяйственной ценности форели. Масса тела тесно коррелировала с такими важными селекционными показателями, как темп массонакопления, скорость полового созревания, плодовитость, выживаемость, размерность икринок и др. Средняя масса самок тела четырехгодовалых самок составляла 1,8 кг в условиях холодноводных хозяйств.

К 1990 г. завершился этап полного формирования породы. В десятом селекционном поколении была достигнута высокая стабильность рыб по основным рыбоводно-биологическим показателям. Средняя масса тела производителей второго нереста составляет около 2,0 кг, рабочая плодовитость – 4,3 тыс. икринок. Средняя масса икринки – 60,8 мг, диаметр – 4,5 мм.

Порода Форель радужная Рофор [21] предназначена для разведения в хозяйствах с различными условиями технологий производства: прудовых, бассейновых, садковых. Преимущества породы Форель радужная Рофор особенно проявляются при выращивании в хозяйствах с неблагоприятными абиотическими факторами (загрязненная вода, значительные колебания температуры воды и гидрохимические показатели). В таких условиях выращивания проявляется высокая жизнеспособность породы Форель радужная Рофор при сохранении высокой скорости роста и высоких репродуктивных показателей производителей. Особенно высокие показатели массонакопления проявляются у реципрокных гибридов первого поколения (F_1) форели Рофор и Дональдсона.

Порода Форель радужная Росталь

Создавалась на базе форелевого хозяйства ЦЭС ГосНИОРХ «Ропша». Исходными формами создаваемой породы являлись стальноголовый лосось, завезенный из Финляндии в 1973 г., и местная ропшинская форель. Использование селекционного метода массового отбора по массе тела не способствовало улучшению рыбоводно-биологических показателей.

В основу дальнейшей селекции был положен метод индивидуального отбора. Метод семейной селекции с применением близкородственных скрещиваний в ряде поколений позволил выявить *одну семью* производителей для дальнейших селекционных работ. Родительские формы данной семьи характеризовались стабильно высокими рыбохозяйственными показателями выживаемости и темпа роста. Порода Форель радужная Росталь характеризуется высокой плодовитостью, поэтому ее используют в хозяйствах, базирующихся на выращивании рыбопосадочного материала (в качестве материнской линии товарного кросса), а также для получения пищевой икры. Реципрокные кроссы пород форели Рофор и Росталь имеют преимущества перед родительскими формами по темпу массонакопления и жизнеспособности. Товарным форелеводческим хозяйствам поставляются помесный посадочный материал и икра на стадии пигментации глазка.

Порода Форель радужная Росталь характеризуется высокими рыбоводными показателями (темпом роста, выживаемостью) при разведении в холодноводных хозяйствах с подземным водоснабже-

нием. Оптимальный температурный режим для ее выращивания составляет 6 °С–15 °С. Порода требовательна к соблюдению биотехнологических параметров воспроизводства и выращивания посадочного материала, товарной продукции и формированию маточных стад. Репродуктивные показатели самок составляют 18 %–19 % от массы тела при благоприятных технологических условиях. При неблагоприятных абиотических факторах выращивания необходимо использовать товарные реципрокные кроссы между породами Росталь и Рофор, предположительно из-за эффекта гетерозиса.

В каталог пород форели России занесена форель Камлоопс (*Oncorhynchus mykiss Kamloops*). Форель Камлоопс обитает в реках и озерах (озеро Камлоопс) Канады. Путем селекции ее приспособили к выращиванию в водоемах США, сохраняя при этом ее исходные свойства: быстрый темп массонакопления, выживаемость, размер икры, сроки нереста и другие ценные рыбохозяйственные показатели. Из США форель Камлоопс экспортировали в разные страны Европы – Данию, Чехию, Словакию, Польшу, Германию. В 1982–1988 гг. икра форели Камлоопс на стадии пигментации глазка из Германии была завезена в Россию.

Основное направление селекционных работ – поддержание стандартов форели Камлоопс, отбор ранненерестующих самок, изучение комбинационной способности в скрещиваниях с другими породами и линиями форели, разводимой в форелевых хозяйствах России. Созревает форель Камлоопс за 3–4 года, большая часть самцов созревает на третьем году выращивания, доля созревших самок к этому периоду составляет 50 %. Лучшее качество половых продуктов отмечается у 2- и 3-летних самцов и 4-летних самок. Созревание икры (ооцитов) при значении температуры ниже 3 °С не происходит. Средняя масса трехлетних самок составляет 1,4 кг, самцов 1,1 кг. Рабочая плодовитость впервые нерестующих трехлетних самок – 3,9 тыс. экз. Количество икринок в 1 г – 19–20 экз., диаметр – 4,33 мм. Относительная рабочая плодовитость самок форели Камлоопс самая высокая среди форелей – до 2200–2500 икринок на 1 кг массы самки. Инкубация икры проходит при значениях температуры 6 °С–12 °С. Посадочный материал растет на 10 %–20 % от общего времени быстрее, чем местные формы форели. Выращивание форели Камлоопс необходимо проводить при значении температуры выше 6 °С, при более низких температурах наблюдается гибель эмбрионов и замедление роста мальков. Товарное выращивание возможно во всех зонах рыбоводства.

Форель Дональдсона занесена в каталог пород форели России. Селекционные работы проводились на базе рыбного хозяйства Вашингтонского университета. Исходной формой для селекционных работ послужили особи гибридного происхождения от скрещивания радужной форели и стальноголового лосося. Селекцию проводили по комплексу признаков, сочетающих такие рыбохозяйственные показатели, как выживаемость, рост, потребление искусственных кормов, раннее созревание и плодовитость самок. В 3-м селекционном поколении масса форели значительно увеличилась, плодовитость возросла вдвое, в 6-м и 7-м селекционных поколениях плодовитость самок относительно исходного стада увеличилась в 10 раз. Средняя длина 2-летних самок возросла с 35,5 до 61,0 см, при этом значительно увеличился морфометрический показатель высокоспинности. Коэффициент упитанности достиг 1,9–2,0. Установлено, что с увеличением длины тела на 2,5 см плодовитость увеличилась почти на 2 тыс. икринок. Мясо форели Дональдсона характеризуется высокими качественными показателями. Форель устойчива к высокой температуре воды и некоторым видам загрязнений. Самцы могут созревать в возрасте одного года, но большинство – в возрасте двух лет, продуцируя высококачественную сперму густой консистенции. Подвижность сперматозоидов составляет 25–35 с, объем эякулята – 35,5 мл. Оплодотворяющая способность спермы колеблется в пределах 70 %–95 %. Половозрелыми самки становятся в двухгодичном возрасте при достижении массы тела 2 кг. Соблюдение технологических режимов инкубации икры, выдерживание вылупившихся личинок обеспечивают высокую выживаемость личинок и сеголетков: 81,5 % и 71,8 % соответственно. Форель Дональдсона была завезена в Россию в 1982 и 1988 гг. Результаты выращивания в различных климатических зонах при различных технологиях производства показали, что во всех случаях темп роста форели Дональдсона значительно превышал рост местных форм радужной форели. Скорости темпа роста и сроки полового созревания в существенной степени зависели от абиотических факторов. В хозяйствах на сбросных теплых водах ГРЭС форель Дональдсона достигала половой зрелости в возрасте 20–25 месяцев при массе тела 0,7–2,1 кг. Созревание происходило в ноябре–декабре, в хозяйствах с обычной температурой воды – в марте–апреле. Результаты исследований показали, что при соблюдении высокого уровня технологии выращивания, создании условий оптимального температурного режима и соответствующего уровня кормления выход товарной икры от одной 2-летней самки может составлять 85 г, 3-летней – 400 г. При массе самки форели Дональдсона 10 кг в возрасте 5 лет можно получить около 20 тыс. икринок средним диаметром 5 мм.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕМОНТНО-МАТОЧНЫХ СТАД ФОРЕЛИ

Радужная форель является одним из самых распространенных объектов разведения во многих странах мира. Такую популярность в качестве объекта рыбоводства радужная форель заслужила благодаря хорошей приспособляемости к искусственным условиям содержания, лучшей способности усваивать искусственные корма, высоким темпам роста при значительной плотности посадки и т. п. Особенно ярко рыбохозяйственные свойства радужной форели проявляются в первые три года ее жизни.

В рыбоводстве важнейшей задачей является сохранение генетических особенностей, уровня продуктивности пород и других селекционных достижений, сохраняющихся в коллекционных чистопородных маточных стадах. В процессе эксплуатации коллекционный материал подвергается систематической оценке по основным рыбоводно-биологическим признакам. Параллельно проводится работа по сохранению генетического резерва для поддержания и улучшения структуры маточных стад объектов рыбоводства. Все это позволяет обеспечивать товарные хозяйства качественным посадочным материалом и служит основой для выведения новых местных пород, породных линий, типов и гибридов.

В племенном хозяйстве на базе коллекционных стад можно вести оценку генетической ценности породы или породной линии, генетического дрейфа, инбредной депрессии, миграции генов, влияния естественного отбора, заболеваний и гибели рыб. Генофонд каждой популяции, являясь составной частью генетического потенциала вида, является основой селекционного процесса создания новых и совершенствования существующих пород рыб.

Сформированные стада (популяции) должны быть генетически устойчивыми. Утеря генов чаще всего происходит в малочисленных популяциях, поэтому при формировании стад нужно знать и учитывать породное разнообразие и критическую численность рыб различных видов.

Развитие селекционно-племенной работы предполагает опережающее производство высококачественного посадочного материала, выступающего основой роста потенции товарного производства форели.

В целях обеспечения конкурентоспособности и развития экспортного потенциала форелеводства необходимо с самого начала внедрять и неукоснительно придерживаться международных стандартов высокого качества как в отношении окружающей среды, так и качества продукции. Для этого данное направление должно постоянно технологически совершенствоваться.

В настоящее время наиболее подходящими источниками снабжения радужной форели для разведения в Республике Беларусь являются Дания, Норвегия, Франция и США как страны с наиболее высокоорганизованной и развитой селекционно-генетической работой с данным видом, способные поставлять качественный племенной материал.

Также поставку оплодотворенной икры или племенного молодняка можно осуществлять из Польши, как страны со «сходными» условиями обитания, которая на базе импортных и своих «диких» пород создала несколько одомашненных породных линий.

Но наиболее реальным поставщиком племенного материала для Республики Беларусь является Россия, где созданы 4 высокопродуктивные породы форели, имеются в отдельных племенных хозяйствах практически все породы и породные группы, наиболее перспективные для разведения в климатических и технологических условиях Беларуси.

Главным критерием при выборе страны-поставщика и конкретного производителя должны служить такие факторы, как продуктивные показатели радужной форели и фактические сроки прохождения ее нереста с позиции соответствия наиболее оптимальным значениям для местных (белорусских) технологических условий на первом этапе формирования ремонтно-маточных стад. Но обязательным условием завоза посадочного материала форели является соблюдение ихтиопатологического благополучия хозяйств-поставщиков, а также соблюдение норм проведения карантинизации в хозяйствах, завозящих посадочный материал. Для упрощения селективной схемы и удешевления затрат на начальном этапе племенной работы можно сформировать 2 нерестящиеся в разные сроки породные линии, обеспечивая бесперебойность их работы упомянутыми ранее технологическими приемами. Вместе с тем это потребует значительного увеличения численности ремонтно-маточных стад с целью обеспечения необходимой величины выборки созревших производителей и поддержания на должном уровне эффективности применения обозначенных приемов.

Кроме того, очевидно, что для успешного достижения в отдаленной перспективе конечной цели – создания местных «одомашненных» пород, типов или породных линий форели – использование 4 породных линий вместо 2 позволит достигнуть ее за меньшее время с более высоким генетическим потенциалом. Преимущество в данном селекционном процессе может дать задействование существующего местного генофонда аборигенных лососевых рыб (ручьевая форель, балтийский лосось, кумжа).

Производство форели основано на технологии интенсивного выращивания, ключевым элементом которой является получение молоди, характеризующейся быстрым темпом роста. Как показывает практика, наилучший способ достигнуть быстрого роста рыб – выращивание стада, в котором все особи одного пола. Особи в таком стаде растут не менее быстрыми темпами, а количество агрессивного поведения в таких условиях снижается. Неудивительно, что на протяжении последних лет наблюдается все возрастающий интерес к методам получения таких стад среди производителей.

Выбор пола рыб, предназначенных для разведения, зависит от многих факторов. Обычно он основывается на наблюдениях за темпами роста рыб, временем полового развития и качеством мяса самок и самцов. В случае с форелью наиболее выгодно для производителя разведение мальков женского пола, так как самки созревают позднее самцов, следовательно, период их роста больше.

Разведение самок является экономически более эффективным, потому что компоненты кормов используются в основном для роста мышечной массы, а не для роста и развития репродуктивной системы (гонад и половых клеток). Кроме того, мясо самок характеризуется более высокими пищевыми свойствами, что делает его для покупателей более привлекательным. Поэтому все большую популярность набирает получение и товарное выращивание триплоидов форели.

Другим направлением повышения качества товарного форелеводства является применение при выращивании высокопродуктивных гибридов (кроссов). Их получение возможно путем проведения при воспроизводстве межвидового и межпородного скрещивания.

Опыт изучения пород и форм форели при содержании в различных условиях показал, что наилучшими рыбоводными показателями для скрещивания с радужной форелью обладают такие породы, как форель Дональдсона, Камлопс, форель племзавода «Адлер»

и стальноголовой лосось. Данные породы характеризуются наилучшими показателями скорости роста и рабочей плодовитости, отличаются скороспелостью.

В связи с этим, в случае необходимости получения для товарного форелеводства промышленных гибридов, следует предусмотреть возможность формирования и пополнения рабочих стад каких-либо из указанных пород в зависимости от конкретных производственных задач.

Следует отметить, что все большее значение в селекции рыб в мире приобретают биотехнология и семенное скрещивание с определенной генетической сочетаемостью пар производителей.

Необходимым условием для дальнейшего развития белорусского форелеводства является обеспеченность товарных хозяйств посадочным материалом высоких кондиций как с точки зрения генетического потенциала, так и физиологического состояния.

В настоящее время выращивание рыбопосадочного материала форели в республике осуществляется из импортируемой икры. В стране имеются несколько отдельных небольших смешанных ремонтно-маточных стад форели. Однако целенаправленная селекционная работа с ними не проводилась. В процессе их эксплуатации проводили лишь случайный племенной отбор и хаотическое скрещивание рыб, в результате допущено скрещивание между различными стадами, породными линиями и формами форели.

В основу единой концептуальной рыбоводно-селекционной программы дальнейшего развития форелеводства республики необходимо заложить формирование маточных стад различных пород и линий с высоким темпом массонакопления, так как крупные особи форели в качестве товара наиболее пригодны для дальнейшей переработки. Кроме того, созревшие самки крупных размеров продуцируют большую массу икры, и, как правило, более крупную. Крупную икру можно получать не только для племенных целей, но и как высокоценную (в стоимостном выражении) пищевую икру – сбалансированный диетический и деликатесный продукт, стоимость которого значительно превышает стоимость мяса рыбы.

Рыбоводно-технологические приемы выращивания форели должны способствовать наиболее полной реализации генетического потенциала рыб по ускоренному темпу массонакопления и повышению плодовитости.

Селекционно-племенная работа обеспечит поддержание высокого уровня племенных качеств производителей, а также высокое

генетическое разнообразие особей каждой породной группы, линии, породы. Систематическая оценка племенных качеств самок и самцов маточного стада позволит выявить лучшие особи популяции, которые послужат основой для выведения новых высокопродуктивных, конкурентоспособных пород и породных групп, перспективных для развития отечественного форелеводства.

Длительная история развития форелеводства показала, что начало формирования племенных стад форели целесообразно начинать со стадии сеголетков, у которых форма тела достигает определенной конституционной завершенности и становится доступной для проведения морфометрических, морфологических исследований [38, 41, 42]. При отборе сеголетков племенного материала необходимо соблюдать следующий принцип: около 80 % отбираемых рыб соответствуют средним весовым показателям популяции и только 20 % рыб наиболее крупные по массе. Проводимый отбор более крупных особей форели может привести к тому, что в сформированном маточном стаде будут преобладать самцы, так как на ранних стадиях развития они характеризуются более высоким темпом массонакопления. Зимнее содержание племенных сеголетков желательнее проводить в бассейнах, прудах, садках при значениях температуры воды выше 3 °С, так в зимнее время форель питается. Ее кормят, но сокращают частоту и норму раздачи корма. Суточные рационы устанавливают в зависимости от температуры воды. К моменту пересадки годовиков на нагул их масса увеличивается до 100 %. Отбор в ремонтное стадо проводят 1 раз в год, весной. Отбраковывают в товар рыб с отклонениями в экстерьере, отстающих в росте, слабых, травмированных. Показатели выживаемости и норм отбора племенного материала в ремонтно-маточное стадо радужной форели представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели выживаемости и норм отбора племенного материала в ремонтно-маточное стадо радужной форели

Возраст	Выживаемость, %	Нормы отбора, %
0 +	–	50, но целесообразнее оставить без отбора
1	85	75

Возраст	Выживаемость, %	Нормы отбора, %
1+	90	–
2	95	90
2+	95	–
3	95*	95
3+	95	–
4	97*	95
4+	99	–
5	97*	–
5+	99	–

Примечание. * – с учетом возможных потерь производителей в период отбора икры в нерестовую кампанию.

При формировании ремонтно-маточных стад быстрорастущих форм форели в условиях оптимального температурного, газового режимов и строгом соблюдении режима кормления двух- и трехгодовалые особи могут достигать половой зрелости, и полученное от них потомство можно использовать и для товарного выращивания, и для племенных целей. Но чаще потомство от впервые нерестующих производителей используют для товарного выращивания. Важным обстоятельством является тот фактор, что для формирования младших возрастных групп племенного ремонта желательно отбирать средних по массе особей. Поэтому выращивание сеголетков следует проводить в условиях, соответствующих тем, которые приняты при выращивании посадочного материала. В том случае, если созревание форели происходит в возрасте 2–3 лет, то целесообразным становится разрежение посадки с возраста годовиков.

При формировании ремонтно-маточного стада форели в прудах и бассейнах при частоте водообмена 1–2 раза в час целесообразно, при установлении плотности посадки, учитывать нагрузку биомассы рыб на объем воды. Рекомендуемые плотности посадки ремонтного стада радужной форели в пруды и бассейны представлены в табл. 2.

При содержании племенного поголовья до достижения возраста полового созревания оптимальные значения температуры воды в течение вегетационного сезона от 5 °С до 18 °С при сумме градусо-дней 2500–3000. Отклонения от этого диапазона в ту или иную сторону ведут либо к увеличению возраста полового созревания, либо к его сокращению.

Таблица 2

Рекомендуемые плотности посадки ремонтного стада радужной форели
в пруды и бассейны

Масса рыбы, г	Уровень воды, м	Водообмен, раз/ч	Плотность посадки, кг/м ³
30–50	0,5	1–2	10–20
50–100	0,6	1–2	15–20
100–200	0,8	1–2	20
200–300	0,8	1–2	20–25
300–500	1,0	1–2	30
500–800	1,0	1–2	35
800–1000	1,0	1–2	40

Возможное повышение значений температуры воды свыше 20 °С–22 °С должно быть не более 15–20 сут. Кроме того, установлено, что термоустойчивости форели способствуют насыщение воды кислородом (не менее 90 %–100 %) и особый режим кормления. Если значение температуры воды повышается до 20 °С–22 °С, то суточную дозу корма уменьшают вдвое, при значении температуры свыше 22 °С кормление полностью прекращают. Таким образом, при формировании ремонтного стада форели с выведением старшевозрастных групп на весенние сроки нереста после завершения к ноябрю вегетационного сезона следует период преднерестового содержания. Далее, при повышении значения температуры воды до 5 °С, проводят разделение половозрелых рыб на группы по срокам созревания.

В старшей возрастной группе ремонта (к моменту первого созревания) отбраковке подлежат особи со слабо выраженными половыми признаками, прогонистой формой тела, серебристой окраской. Коэффициент упитанности по Фультону у всех форм форели при различных технологиях выращивания должен быть не менее 1,3–1,5, при садковом содержании – 1,8–2,0.

Пополнение маточного стада проводят из старшей возрастной группы ремонта. Особей из ремонтного стада переводят в разряд производителей на смену отбракованным старшим возрастным производителям в ходе нерестовой кампании предыдущего года. Формирование маточного стада начинают с возраста двухгодовиков у самцов и трехгодовиков у самок. Отбирают самцов с массой

тела не менее 500–700 г и с хорошо выраженными экстерьерными признаками: пропорциональная форма тела, головы и яркая окраска, с учетом продуктивных признаков. Учитывают объем эякулята, время подвижности сперматозоидов. Впервые нерестующих самцов в нересте не используют, но сцеживание молок проводят обязательно [95, 97, 98].

Самок отбирают в состав маточного стада в нерестовый период по экстерьерным показателям и по качеству половых продуктов. Средняя масса самок должна быть не менее 1,0–1,5 кг, рабочая плодовитость – 2–4 тыс. икринок, масса одной икринки – 50–60 мг и более. Полученную икру от впервые созревающих самок используют, в основном, на выращивание посадочного материала, идущего на производство товарной форели.

Производители в маточном стаде должны характеризоваться хорошими показателями экстерьерных признаков: высоким темпом роста в межнерестовый период, иметь четко выраженные половые признаки в преднерестовый и нерестовый периоды. Ежегодное пополнение маточного стада форели – не менее 25 %–30 % с учетом отбраковки старших возрастных производителей после нерестового отхода. Резерв самок в маточном стаде должен составлять 50 %, самцов – 10 % [104, 105]. В промышленных форелевых хозяйствах резерв производителей обоего пола должен составлять 50 %–100 % [40].

В зависимости от породной принадлежности и происхождения в работах по формированию ремонтно-маточных стад форели разработаны конкретные технологические схемы, включающие следующие этапы рыбоводных работ:

1. Заготовка производителей и их преднерестовое содержание.
2. Сбор половых продуктов, оплодотворение, набухание икры и ее транспортировка.
3. Доинкубация икры.
4. Выдерживание предличинок, подращивание личинок и мальков.
5. Выращивание молоди.
6. Формирование ремонтно-маточного стада.

4. СХЕМА И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВЕДЕНИЯ СЕЛЕКЦИОННО-ПЛЕМЕННОЙ РАБОТЫ С ФОРЕЛЬЮ В БЕЛАРУСИ С УЧЕТОМ ИМЕЮЩЕГОСЯ ГЕНОФОНДА

С целью непрерывного обеспечения товарных хозяйств рыбопосадочным материалом высокого качества в настоящее время в форелевый рыбопитомник БГСХА постоянно завозится посадочный материал в виде оплодотворенной икры из России, Польши, Франции. Триплоидную икру, завезенную из Франции на стадии глазка, доинкубируют в цеху воспроизводства, а затем продолжают выращивание сеголетков в производственных цехах. Товарные триплоиды форели не продуцируют икру, то есть они стерильны. Завоз икры осуществляют из дальнего зарубежья, в связи с отсутствием в достаточном количестве собственных маточных стад форели. Имеющийся небольшой местный генофонд форели, в количествах 300–400 самок и 200–250 самцов, может обеспечить получение не более 500–750 тыс. икринок.

Поэтому необходимо создание в республике, как минимум, двух селекционно-племенных центров. Эти два хозяйства будут служить центрами селекционно-племенной работы и основными источниками снабжения товарных и выростных хозяйств разновозрастным посадочным материалом высокого качества. При этом значительно упрощается многоступенчатая структура селекционно-племенных хозяйств. На предприятиях необходимо научное обеспечение комплекса рыбоводных и селекционных работ. В этом случае планирование селекционных мероприятий будет следовать принципу «спроса-предложения», то есть создавать и совершенствовать такие отводки, линии или породы, которые соответствуют технологической специфике конкретного товарного хозяйства. Такая задача будет решена за счет большого разнообразия ресурсов селекции. В каждом хозяйстве необходимо сформировать по 4 чистопородные линии форели. В одном селекционно-племенном хозяйстве необходимо проводить работы по созданию чистопородных линий форели с использованием уже имеющегося местного генофонда форели. Этот генофонд в процессе выращивания и воспроизводства в условиях Беларуси в течение 3–4 поколений частично адаптировался к гидрохимическим и температурным условиям рыбоводных

хозяйств «Новолукомльский» и «Богушевский», «Птичь» (янтарная Адлерская порода и Радужная форель польского происхождения – датская породная линия).

В основу единой концептуальной рыбоводно-селекционной задачи должен быть положен принцип преимущественного выращивания за максимально короткие сроки крупной, достигшей половой зрелости форели массой не менее 1,5–2,0 кг, так как рыба такого размера наиболее пригодна для дальнейшей переработки. Кроме того, от созревших самок можно получать не только племенную, но и пищевую икру – сбалансированный диетический и деликатесный продукт, стоимость которого значительно превышает стоимость мяса рыбы. Следовательно, важнейшим направлением селекционных работ с форелью необходимо принять сопряженный отбор по массе тела и рабочей плодовитости. Ускорение полового созревания самок в целях сокращения сроков получения товарной продукции можно признать как сопутствующее направление селекции. Рыбоводно-технологические приемы выращивания форели должны способствовать наиболее полной реализации генетического потенциала рыб по ускоренному темпу массонакопления и повышению плодовитости.

Форель является быстрорастущим холодноводным объектом аквакультуры, инкубацию икры и выращивание рыбопосадочного материала можно проводить круглогодично. Другим ведущим направлением селекционных работ необходимо признать отбор производителей по срокам созревания. Необходимо разведение пород с чередующимся друг за другом нерестовыми циклами для планомерного обеспечения товарных хозяйств племенной икрой, личинками и молодь. Это обеспечивает наиболее полную загрузку рыбоводного оборудования и организацию непрерывного производства товарной форели. Для решения представленной концепции ведения селекционно-племенной работы необходимо решить следующие задачи:

- каждая селекционируемая порода форели должна быть оценена по основным экстерьерным и репродуктивным показателям, а также по качеству потомства;
- проведена генетическая паспортизация всех разводимых пород Беларуси;
- изучена комбинационная способность производителей и разработана схема скрещиваний самок и самцов разных пород с целью получения промышленных кроссов, превышающих нормативные

рыбохозяйственные показатели [103, 107]. Разработана и внедрена схема формирования маточных стад применительно к условиям конкретного хозяйства [112]. Она включает оценку производителей по комплексу важнейших рыбохозяйственных показателей, отбор самок и самцов согласно разработанным породным стандартам, формирование семей и их оценку по качеству потомства с дальнейшим отбором лучших из них для воспроизводства [108–110, 115].

Предложенная схема обеспечивает поддержание высокого уровня племенных качеств производителей, а также высокое генетическое разнообразие особей каждой породной группы, линии, породы. Систематическая оценка самок и самцов маточного стада позволит выявить лучшие особи популяции, которые послужат основой для выведения новых высокопродуктивных, конкурентоспособных пород и породных групп, перспективных для развития отечественного форелеводства.

Схему ведения селекционно-племенной работы с форелью в Республике Беларусь можно представить в следующем виде (рис. 5). Так как основное ремонтно-маточное стадо местного генофонда форели, прошедшее 2–3 поколения селекции акклиматизации к местным условиям содержания, находится в ЗАО «Птичь», рыбопитомник «Богусhevский», поэтому потомство этого материала необходимо использовать для формирования исходных одной или двух линий.

Схема ведения племенной работы по форели



Рис. 5. Схема ведения племенной работы по форели

Формирование исходных маточных стад форели необходимо начинать с завоза оплодотворенной икры как из хозяйств республики, так и из-за рубежа, что обеспечит ихтиопатологическую чистоту завозимого материала. Количество завозимой оплодотворенной икры и формирование из нее ремонтно-маточного стада необходимо проводить согласно прилагаемому рыбоводному расчету.

4.1. Рыбоводные нормативы и рыбоводный расчет потребности различных групп племенного ремонта для формирования четырехлинейного маточного стада форели

Различные породы форели в одних и тех же производственных условиях выращивания имеют существенные различия по скорости роста, времени наступления половой зрелости, качеству половых продуктов и ряду других хозяйственно ценных признаков. Поэтому на первых этапах селекции необходимо проведение всесторонней рыбохозяйственной оценки этих групп и отбора для дальнейшей селекции наиболее перспективных из них. Следовательно, в хозяйство должны быть завезены икра или личинки, сеголетки или годовики радужной форели из различных форелевых хозяйств.

1. Выход личинок от заложенной на инкубацию икры – 80 %.
2. Выживаемость сеголетков от посаженных на выращивание личинок – 70 %.
3. Выход годовиков из зимовки – 90 %.
4. Отбор на племя годовиков – 50 %.
5. Выживаемость двухлетков от посаженных на выращивание годовиков – 95 %.
6. Отбор на племя двухлетков – 10 %.
7. Выход двухгодовиков из зимовки – 95 %.
8. Отбор на племя двухгодовиков – 95 %.
9. Выживаемость трехлетков от посаженных на выращивание двухгодовиков – 95 %.
10. Отбор на племя трехлетков – 95 %.
11. Выход трехгодовиков из зимовки – 95 %.
12. Трехгодовиков производителей, участвующих в нересте, составляют на племя – 95 %.

13. Выживаемость четырехлетков от посаженных на нагул трехгодовиков – 95 %.

14. Выход четырехгодовиков из зимовки (передержки перед нерестом) – 95 %.

15. Отбор четырехгодовиков-производителей – 95 %.

Для формирования четырех линейного гетерогенного ремонтно-маточного стада форели минимальная потребность составит по 100 гнезд каждой линии. При соотношении по полу 1:1 необходимо вырастить 400 самок и 400 самцов. Запас самок в стаде составляет 50 %, самцов – 30 %. Таким образом, общая численность производителей в маточном стаде составляет 1120 экз., в том числе: самок – 600 экз., самцов – 560 экз.

4.2. Потребность различных возрастных групп племенного ремонта для формирования маточного стада форели

Отбор производителей для получения икры проводится на основе предварительно проведенной бонитировки.

1. Заложить на инкубацию икры – 78 000 экз.

2. Посадить личинок на выращивание – 62 400 экз.

3. Вырастить и посадить на зимовку сеголетков – 43 600 экз., средней массой 20 г.

4. Выход годовиков из зимовки – 39 200 экз., средней массой 30 г.

5. Отобрать и посадить на нагул племенных годовиков – 19 600 экз., средней массой 30 г.

6. Выход двухлетков из нагула – 18 600 экз., средней массой 250 г.

7. Отобрать и посадить на зимовку двухлетков – 18 600 экз., средней массой 250 г.

8. Выход двухгодовиков из зимовки – 1770 экз., средней массой 300 г.

9. Отобрать и посадить на нагул двухгодовиков – 1680 экз., средней массой 300 г.

10. Выход трехлетков из нагула – 1600 экз., средней массой 750 г.

11. Отобрать и посадить на зимовку трехлетков – 1520 экз., средней массой 750 г.

12. Выход трехгодовиков из зимовки – 1440 экз., средней массой 800 г.

13. Отбор трехгодовиков в период нерестовой кампании и посадка на нагул – 1370 экз., средней массой 800 г.

14. Выход четырехлетков из нагула – 1300 экз., средней массой 1200 г.

15. Отбор четырехлетков на племя и посадка на зимовку – 1240, экз. средней массой 1200 г.

16. Выход четырехгодовиков из зимовки – 1180 экз., средней массой 1300 г.

17. Отбор и перевод в стадо производителей четырехгодовиков – 1120 экз., средней массой 1300 г.

4.3. Потребность летних и зимовальных садков для формирования ремонтно-маточного стада форели

Сбор икры, ее инкубация, выдерживание свободных эмбрионов, подращивание личинок, выращивание мальков до массы 1 г проводятся в инкубационном цеху. Выращивание сеголетков, старших групп ремонта и производителей проводится в земляных или бетонированных садках. Расчет плотности посадки различных возрастных групп ремонта и производителей произведен с учетом кормления концентрированными кормами.

1. Плотность выращивания ремонтных групп – 25 кг/м³.
2. Плотность выращивания производителей – 10 кг/м³.
3. Плотность посадки мальков массой не менее 1 г, с учетом получения 25 кг/м³ сеголетков и их выживаемости 70 %, составит 1785 экз./м³.

4. Плотность посадки 2-хлетков – 100 экз./м³.
5. Плотность посадки трехлетков – 33 экз./м³.
6. Плотность посадки производителей – 20 экз./м³.
7. Для выращивания сеголетков четырех линий необходимо 35 м³.
8. Для выращивания двухлетков четырех линий необходимо 196 м³.
9. Для выращивания трехлетков четырех линий необходимо 56 м³.
10. Для выращивания четырехлетков четырех линий необходимо 68 м³.

11. Для содержания маточного поголовья четырех линий необходимо 56 м³.

Для содержания ремонта и производителей в зимний период необходимо производственных площадей:

1. Посадки сеголетков, при плотности 300 экз./м³ – 146 м³.
2. Посадки двухлетков, при плотности 20 экз./м³ – 146 м³.
3. Посадки трехлетков, при плотности 20 экз./м³ – 76 м³.
4. Посадки четырехлетков, при плотности 20 экз./м³ – 62 м³.
5. Посадки производителей, при плотности 15 экз./м³ – 77 м³.

При рабочей плодовитости самок форели 2,0 тыс. икринок ежегодно будет получено 1200 тыс. экз., из них для племенных целей – 78 тыс., остальные 1182 тыс. можно реализовать для других хозяйств. В случае необходимости, из оставшейся икры можно вырастить 662 тыс. сеголетков и при дальнейшем выращивании получить около 220 т товарной форели (566 тыс. экз. × 400 г).

Для ежегодного пополнения и замены старых производителей (25 %) необходимо выращивать:

- 1) сеголетков – 21,3 тыс. экз., необходима площадь 17 м³.
- 2) двухлетков – 9,3 тыс. экз., необходима площадь 93 м³.
- 3) трехлетков – 0,8 тыс. экз., необходима площадь 24 м³.

5. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ РЕМОНТНО-МАТОЧНЫХ СТАД ФОРЕЛИ В БЕЛАРУСИ

Радужная форель является важным объектом пресноводной аквакультуры. Она отличается экологической пластичностью, требовательна к температуре и содержанию кислорода, отличается высоким темпом роста при высоких плотностях посадки. Выращивание радужной форели с целью получения мяса и красной икры возможно как для импортозамещения, так и в качестве объекта, обладающего экспортным потенциалом.

В Республике Беларусь на долю производства ценных видов рыб, в том числе радужной форели, приходится около 5 % от общего объема производства [4]. Форелеводство имеет широкую перспективу развития, в особенности с точки зрения импортозамещения и продовольственной безопасности.

Государственная программа развития рыбной отрасли на 2011–2015 гг. и ее дальнейшее развитие на период до 2020 г. предусматривала производство ценных видов рыб – форели и осетровых – в объеме 1,2 тыс. т. Для выполнения поставленной задачи были проведены капитальные реконструкции существующих промышленных комплексов отд. «Белоозерский» ОАО «Рыбхоз “Селец”», рыбопитомник «Новолукомльский» Чашникской ПМК, форелевый участок «Богушевский» Лиозненской ПМК. Построены 4 новые УЗВ по выращиванию рыбопосадочного материала и товарной продукции форели и осетровых видов рыб. Рыбопитомник на базе Белорусской государственной сельскохозяйственной академии по выращиванию 150 т посадочного материала форели – крупнейший в Восточной Европе. Рыбоводный промышленный комплекс по интенсивному выращиванию молоди лососевых видов рыб с использованием системы замкнутого водоснабжения работает с 2012 г. в Горках (Могилевская область). Товарные форелевые хозяйства «Вабич», «Несвиж», «Лохва» выращивают товарную форель, используя стандартный посадочный материал из рыбопитомника БГСХА.

Современное форелеводство является высокоинтенсивной формой промышленного хозяйства, основанной на выращивании рыбы при уплотненных посадках, с использованием высокобелковых гранулированных кормов и благоприятных условий среды.

Уровень интенсификации производственных процессов определяется: кратностью водообмена в рыбоводных емкостях, качеством применяемых кормов, способом кормления, степенью механизации.

В настоящее время радужную форель выращивают в десяти индустриальных и одном прудовом полносистемном хозяйстве Беларуси. Основным сдерживающим фактором ускоренного развития форелеводства в Беларуси является дефицит стандартного посадочного материала, который обусловлен отсутствием собственных высокопродуктивных, адаптированных к условиям Беларуси многолинейных маточных стад.

В связи с этим одной из главных задач в работе с форелью является изучение основных рыбоводно-биологических и генетических показателей уже сформированных в Беларуси из завозного материала маточных стад, которые частично уже адаптировались к условиям среды обитания. Это послужит фундаментом для дальнейшего ведения в стране селекционно-племенной работы с форелью, формирования собственных высокопродуктивных маточных стад и в перспективе – создания отечественных многолинейных пород.

Процессы индустриализации активно проводятся в рыбоводстве Республики Беларусь. Актуальным является внедрение индустриального рыбоводства с применением передовых интенсивных технологий, позволяющих осуществлять выращивание ценных видов рыб, в частности радужной форели, вне зависимости от климатических условий при одновременном достижении максимальных показателей роста и продуктивности на фоне сбережения ресурсов и обеспечения экологической чистоты производственного процесса. В Республике Беларусь относительно низкий уровень потребления населением ценных видов рыб – лососевых, осетровых. В 2017 г. потребление этих видов рыб населением Беларуси составляло 24,3 %, в 2018 г. этот показатель существенно снизился и составил 15,8 %. Это связано с относительно высокой ценой на ценные виды рыб. Поэтому для удешевления продукции необходимо получение новых разработок, направленных на снижение затрат в процессе выращивания этих видов рыб в условиях УЗВ. Интенсификация производственных процессов в рыбоводстве невозможна без применения прогрессивных методик и технологий, поэтому поиск инновационных приемов на данном этапе развития форелеводства в стране крайне необходим.

При введении такого ценного вида рыбы, как радужная форель, в аквакультуру Беларуси необходимо проводить селекционно-племенную работу, создавать высокопродуктивные породы, адаптированные к местным условиям, и постоянно совершенствовать технологию товарного выращивания, то есть исключить импорт посадочного материала как на стадиях оплодотворенной икры, развивающихся эмбрионов, так и других возрастных групп.

В природных условиях Республики Беларусь встречается один вид форели. Форель ручьевая – редкий вид, занесен в Красную книгу Беларуси. Является пресноводной формой лосося-тайменя (Hucho). Редко встречается в верховьях некоторых притоков Немана, Вилии, Березины. Держится на глубоких участках рек с быстрым течением, чистой холодноватой водой, чаще – недалеко от ключей. Длина тела форели ручьевой составляет 25–55 см, масса тела от 0,2 до 2,0 кг и более. Спинка темная, буро-зеленая, брюшко беловатое. По всему телу красные, черные и белые пятна. Созревает ручьевая форель в условиях Беларуси в трех-, четырехгодовалом возрасте. Нерестовый сезон наступает в ноябре-декабре. Самки выметывают икру на мелководных участках рек с крупнозернистым песчаным или галечным дном и быстрым течением. Плодовитость самок сильно колеблется: от 200 экз. икринок у впервые нерестующих самок до 5 тыс. экз. у старших производителей. В Беларуси никогда не применяли технологию «одомашивания» ручьевой форели в искусственных условиях, используя для этих целей пруды, садки, бассейны, посадочный материал получали от естественного нереста отловленных производителей или выловленной в водоемах молодежи, как это наблюдалось в России на первых этапах становления рыбоводства.

Начало становления форелеводства в Беларуси началось в 1956 г., когда в прудовое форелевое хозяйство «Птичь» Логойского района впервые была завезена радужная форель из России.

Хозяйство было специально построено на берегу ручья Безымянного (бассейн р. Гайны, Логойский район). Этот водоисточник характеризуется идеальными показателями качества воды, что способствовало расширению полезных прудовых площадей для выращивания форели. Первоначальная площадь хозяйства составляла около 0,7 га, на его территории были созданы 16 прудов площадью от 230 до 500 м². К 1958 г. в хозяйстве было сформировано собст-

венное маточное стадо производителей и началось выращивание товарной продукции. В настоящее время в хозяйстве имеются около 4,5 га прудовых площадей для выращивания сеголетков, товарной форели, содержания разновозрастного ремонтно-маточного стада, система зимовальных прудов. Для получения потомства для товарного выращивания и ведения племенной работы в хозяйстве имеются инкубационный цех, цех по выдерживанию и подращиванию личинок. Общее количество произведенной товарной форели составляет около 10 т в год.

В хозяйство «Птичь» молодь завозили из форелевых хозяйств России с целью формирования собственных многолинейных маточных стад. Еще в 1960–1970 гг. успешно работали и поставляли племенной и посадочный материал для товарного выращивания племенные рыбзаводы России «Адлерский», «Кабардино-Балкарский», «Биссеровский», «Сходня». На этих предприятиях важнейшее место отводили и продолжают отводить селекционно-племенной работе, так как от ее успеха зависит эффективность работы всех форелевых товарных хозяйств России. При планировании и проведении селекционных работ строго придерживаются принципа «спрос–предложение», то есть создают и совершенствуют те линии, отводки, породы, которые соответствуют технологической специфике конкретных товарных хозяйств или спросу на рынке потребления. Эта задача решается за счет имеющегося разнообразия генофонда форели. Поэтому прудовое форелевое хозяйство «Птичь» постоянно, один раз в 3 года, завозит посадочный материал (в основном годовиков) из племенных рыбзаводов «Биссеровский», «Сходня», «Кабардино-Балкарский». Из завезенного материала формировали ремонтно-маточные стада радужной форели и молодь предавали и передают в настоящее время другим прудовым, садковым рыбным хозяйствам Беларуси. Эти работы направлены на перспективу акклиматизации радужной форели в естественных водоемах, так как гидрохимический и температурный режим вполне соответствует ее биологическим особенностям. Длина тела радужной форели несколько больше ручьевой и составляет 50–90 см, масса достигает 2 кг, у отдельных особей – до 6 кг. От ручьевой форели отличается более длинным телом, выемчатым хвостовым плавником, широкой радужной полосой вдоль боковой линии, отсутствием красных пятен на теле. Радужная форель менее

требовательна к среде обитания (значение температуры воды ± 20 °С), имеет более высокие показатели темпа роста. Половозрелой становится в возрасте 3–4 года. В природных условиях нерест происходит в марте-апреле – весенненерестующий вид форели. Плодовитость самок форели относительно высокая, а у повторно нерестующих самок она составляет около 2 тыс. икринок на 1 кг массы тела. Все виды форели в естественных условиях обитания питаются водными беспозвоночными, насекомыми, мелкой рыбой.

Интенсивное разведение радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* L.) – основа мирового форелеводства.

В настоящее время производство форели в Беларуси находится на первоначальной стадии интенсивного развития. В республику из России и Польши, начиная с 2009 г., стали завозить оплодотворенную икру (на стадии пигментации глазка) и посадочный материал, в возрасте годовика для товарного выращивания. С вводом в эксплуатацию форелевого рыбопитомника на базе рыбохозяйственного факультета БГСХА начали осуществлять ежегодный завоз триплоидной икры из дальнего зарубежья: Франции, Польши, США. Сдерживающим фактором развития форелеводства в Беларуси является дефицит посадочного материала, который обусловлен отсутствием собственных высокопродуктивных, адаптированных к условиям содержания маточных стад. Поэтому из части завезенного материала были сформированы небольшие ремонтно-маточные стада, которые использовались для воспроизводства, то есть получения половых продуктов. Генофонд форели, имеющийся в то время, был весьма гетерогенен и формировался стихийно, без учета какой-либо породной принадлежности завезенного материала и его адаптационной способности к условиям среды обитания. Сформированные из завозного материала, небольшие по численности маточные стада характеризовались рыболовными показателями ниже нормативных, особенно низкой выживаемостью на ранних стадиях развития. Это обстоятельство значительно осложняло проведение работ по формированию ремонтно-маточных стад с целью их использования как для выращивания товарной продукции, так и для племенных целей. Однако выращенный материал, достигший половой зрелости, представлял определенный интерес, поскольку он прошел этап естественного отбора и частично был адаптирован к условиям отечественных

рыбоводных хозяйств. Поэтому для оценки и дальнейшего отбора ценных в селекционном отношении генотипов необходимо было разработать методику определения племенной ценности имеющихся в Беларуси пород и линий форели по рыбохозяйственным, фенотипическим, биохимико-генетическим, гематологическим признакам. Дальнейшее использование разработанной методики позволяло выявить наиболее ценных производителей и группы ремонта форели, которые будут использованы в селекционном процессе по созданию пород и кроссов, адаптированных к условиям Беларуси, а также устойчивых к наиболее распространенным заболеваниям, таким как вибриоз, ихтиофтириоз, костиоз, вертеж, миксоспориоз и др. [70].

Поэтому важнейшими задачами в области развития форелеводства в Беларуси являются: разработка генеральной схемы, создание селекционно-племенных хозяйств, хозяйств-оригинаторов пород, выведение пород, линий, кроссов форели для различных технологий выращивания, в том числе и ресурсосберегающих. Первоочередными задачами следует признать поиск и апробацию пород и форм форели уже имеющегося в республике генофонда, завоз новых импортных линий, и в дальнейшем на основе уже имеющихся рыбохозяйственных характеристик этого материала проводить формирование на базовых хозяйствах собственных ресурсов селекции как теоретически обоснованных, так и практически подтвержденных. С производственной точки зрения преимущественное значение необходимо отдать быстрорастущим формам, с различными сроками нереста и высокой плодовитостью самок. К сопутствующему направлению селекции можно отнести ускоренное созревание самок в целях сокращения сроков получения товарной продукции. Технология выращивания форели должна обеспечивать наиболее полную реализацию генетического потенциала селекционируемых рыб по основным рыбохозяйственным признакам. С целью наиболее эффективного использования наследственного потенциала высокопродуктивных пород и промышленных кроссов для реализации республиканской программы по выращиванию ценных видов успешно применяется метод «крупномасштабной селекции» [15, 16]. Высокая численность маточных стад позволит круглогодично обеспечить все товарные форелевые хозяйства высококачественным посадочным материалом с заданными рыбохозяйственными признаками.

6. ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНОГО ГЕНОФОНДА ФОРЕЛИ, ЧАСТИЧНО АДАПТИРОВАННОГО К УСЛОВИЯМ СОДЕРЖАНИЯ В БЕЛАРУСИ ПО РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫМ, ФЕНОТИПИЧЕСКИМ, БИОХИМИКО-ГЕНЕТИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ

Материалом для исследований служили сеголетки радужной форели из установки замкнутого водообеспечения форелевого рыбопитомника рыбохозяйственного факультета Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, завезенные на стадии оплодотворенной икры из Франции и доинкубированные в инкубационном цеху; сеголетки и двухлетки товарной форели из рыбопитомника «Богушевский» Лиозненской ПМК, производители и разновозрастные группы ремонта форели из участка «Новолукомльский» Чашникской ПМК, выращенные из посадочного материала, завезенного в 2010 г. из Польши, и рыбного хозяйства «Птичь» Логойского района Минской области.

При сборе и обработке материалов по основному рыбохозяйственному показателю – темпу роста форели – использовали стандартные методики ихтиологических исследований.

Оценку морфометрических признаков проводили по схеме проведения измерений И.Ф. Правдина [78]. В связи с тем, что в сформированных стадах имелось небольшое количество форели, для оценки морфометрических признаков двухлетков ремонтной группы было исследовано 20 экз., из них 10 самок и 10 самцов (выборка репрезентативная).

6.1. Характеристика фенотипических признаков двухлетков форели породной линии Адлерская янтарная

Проведение исследований фенотипических признаков двухлетков товарной форели породной линии Адлерская золотистая из популяции, выращенной в рыбопитомнике «Богушевский», которая была завезена в Беларусь прудовое форелевое хозяйство «Птичь» из России (Кисловодск, «Кабардино-Балкарское» ФСГЦР). Исходный материал данной породной линии прошел четыре поколения

отбора по темпу роста, плодовитости, срокам созревания и адаптации к условиям среды обитания в Беларуси. Имеющийся в республике генофонд сравнивали по фенотипическим признакам с описанной в литературе формой золотистой форели сходной навески. Изучение фенотипических признаков проводили по системе измерений лососевых рыб по Смиуту. Данные о фенотипических признаках представлены в табл. 3. Средняя масса самок составила 1333 г, самцов – 1416 г. Изменчивость самок по данному показателю оказалась ниже, чем у самцов (C_v составил 7,3 % и 17,0 % соответственно). Достоверных различий по массе тела между самками и самцами не установлено. Также не установлено статистически достоверных различий по массе тела между форелью опытной группы и представленной в каталоге пород, кроссов и одомашненных форм рыб России и СНГ.

Кроме массы тела, произведен расчет средних значений абсолютных показателей по длине всей рыбы и длине по Смиуту (от рыла до выемки хвостового плавника). Средняя длина самок составила 44,13 см, самцов – 43,97 см, различия между ними не достоверны. Длина самцов и самок, по Правдину, около 43 см, и различия между ними по этому показателю не достоверны с уровнем значимости (P) более 0,1. Согласно литературным данным [78], длина этого показателя несколько больше, чем в белорусской популяции (45,5 см самки и 46,4 см самцы). Достоверность различий самок с литературными данными не установлена, для самцов различия статистически достоверны ($P < 0,01$). Эти показатели относятся к слабо варьирующим признакам – коэффициент вариации менее 10 %.

Из относительных показателей наиболее важен коэффициент упитанности. Коэффициент упитанности изученных самок и самцов близок по значению (около 1,6), и его величина в белорусской популяции значительно выше литературного прототипа (1,44 для самок и 1,31 для самцов), преимущества белорусской популяции статистически достоверны.

Остальные фенотипические признаки представляют собой относительные показатели, рассчитанные к длине тела по Смиуту, выраженные в процентах. Среди этих показателей достоверные различия по длине рыла установлены у самок и самцов, относительная длина которого у самцов выше, чем у самок (8,27 % против 5,22 %), различия статистически достоверны.

Таблица 3

Сравнительная характеристика экстерьерных признаков породы форели Адлерская золотистая

Показатели	Самки, $n = 10$			Самцы, $n = 10$			Достоверность различий					
	Завезенный материал (1)		Литературные данные (2)	Завезенный материал (3)		Литературные данные (4)	1 – 3		1 – 2		3 – 4	
	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv, %		$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv, %		T	P	t	P	t	P
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Масса, г	1333± 29,6	7,3	1345± 37,0	1416± 76,1	17,0	1310± 29	1,02	>0,1	0,25	>0,1	1,30	>0,1
Длина всей рыбы – <i>ав</i> , см	44,13± 1,21	8,7	–	43,97± 0,81	5,8	–	0,11	>0,1	–	–	–	–
Длина по Смиту – <i>ас</i> , см	43,43± 1,05	7,6	45,5± 0,5	43,87± 0,65	4,7	46,4± 0,4	0,36	>0,1	1,78	≈0,1	3,42	<0,01
Коэффициент упитанности – <i>Ку</i>	1,63± 0,04	8,4	1,44± 0,05	1,68± 0,05	9,5	1,31± 0,02	0,83	>0,1	2,97	≈0,01	16,85	<0,001
Относительные показатели (% от длины по Смиту)												
Длина без <i>C – ad</i>	93,88± 1,37	4,6	–	95,7± 2,27	7,5	–	0,26	>0,1	–	–	–	–
Длина туловища – <i>od</i>	72,83± 2,90	12,6	–	77,17± 2,78	11,4	–	1,08	>0,1	–	–	–	–

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
Длина рыла – ап	5,22± 0,13	7,9	6,6±0,1	8,27± 0,21	8,2	9,3±0,2	12,2	<0,001	8,4	<0,001	0,24	>0,1
Диаметр глаза – <i>np</i>	3,77± 0,14	11,7	4,0±0,0	3,41± 0,08	7,4	4,0±0,0	2,25	<0,05	11,73	<0,001	0,59	>0,1
Длина средней части головы – <i>aa₅</i>	14,23± 0,32	7,2	–	18,38± 0,17	2,9	–	11,53	<0,001	–	–	–	–
Длина головы – <i>AO</i>	17,58± 0,61	10,9	21,1± 0,2	21,95± 0,19	2,8	25,1± 0,2	6,83	<0,001	5,48	<0,001	11,37	<0,001
Заглазничный отдел головы – <i>po</i>	10,82± 0,27	7,9	–	11,4± 0,16	4,4	–	1,45	>0,1	–	–	–	–
Длина верхнечелюстной кости – <i>ad₆</i>	9,90± 0,19	6,1	–	13,98± 0,11	2,3	–	18,54	< 0,001	–	–	–	–
Длина нижней челюсти – <i>kl_l</i>	6,99± 0,15	6,6	–	10,98± 0,28	8,1	–	12,47	< 0,001	–	–	–	–
Высота головы у затылка – <i>lm</i>	15,46± 0,39	8,0	14,3± 0,1	18,12± 0,42	7,3	15,4± 0,2	4,67	<0,01	2,88	≈0,01	6,02	<0,001
Наибольшая высота тела – <i>qh</i>	27,12± 0,38	4,4	23,9± 0,3	26,80± 0,46	5,4	24,1± 0,3	0,53	>0,1	6,65	<0,001	4,92	<0,001
Наименьшая высота тела – <i>ik</i>	9,44± 0,05	1,7	9,4±0,1	9,79± 0,12	4,0	9,8±0,1	2,69	<0,05	0,36	>0,1	0,06	>0,1
Антедорсальное расстояние – <i>aq</i>	44,82± 0,75	5,3	–	43,09± 0,64	4,7	–	1,75	≈0,1	–	–	–	–

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
Постдорсальное расстояние – <i>rd</i>	37,23± 0,44	3,7	–	36,37± 0,42	3,7	–	1,41	>0,1	–	–	–	–
Антевентральное расстояние – <i>az</i>	48,43± 0,52	3,4	–	52,32± 0,98	5,9	–	3,50	< 0,01	–	–	–	–
Антеанальное расстояние – <i>ay</i>	66,64± 0,69	3,3	–	72,10± 0,28	1,2	–	7,38	< 0,001	–	–	–	–
Длина хвостового стебля – <i>fd</i>	16,37± 0,73	8,3	16,7± 0,2	16,05± 0,18	3,7	16,7± 0,1	0,69	>0,1	0,7	>0,1	0,97	>0,1
Расстояние между Р и V – <i>vz</i>	31,22± 0,40	4,1	–	31,32± 0,25	2,5	–	0,21	>0,1	–	–	–	–
Расстояние между V и A – <i>zy</i>	20,72± 0,14	2,2	–	22,49± 0,28	3,9	–	5,71	< 0,001	–	–	–	–
Длина основания D – <i>qs</i>	12,98± 0,33	8,1	–	11,14± 0,31	8,7	–	4,09	< 0,01	–	–	–	–
Наибольшая высота D – <i>tu</i>	10,71± 0,39	11,4	–	10,20± 0,51	15,7	–	0,80	>0,1	–	–	–	–
Длина основания A – <i>yu₁</i>	10,05± 0,04	1,3	–	9,34±0 ,16	5,4	–	4,44	< 0,001	–	–	–	–
Наибольшая высота A – <i>ej</i>	11,35± 0,10	2,9	–	11,08± 0,25	7,1	–	1,00	>0,1	–	–	–	–
Длина P – <i>vx</i>	12,28± 0,11	2,8	–	11,77± 0,12	3,3	–	3,19	< 0,01	–	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Длина V – zz ₁	8,99± 0,13	4,7	–	9,80± 0,16	5,1	–	3,86	< 0,001	–	–	–	–
Расстояние между V и A – zy	20,72± 0,14	2,2	–	22,49 ±0,28	3,9	–	5,71	< 0,001	–	–	–	–
Наибольший обхват тела	59,41± 1,08	5,7	58,2± 0,8	57,9± 1,10	6,0	57,0± 1,21	0,97	>0,1	0,89	>0,1	0,72	>0,1
Наименьший обхват тела	22,90± 0,25	3,4	23,2± 0,4	23,10 ±0,27	3,7	23,7± 0,3	0,54	>0,1	0,64	>0,1	1,48	>0,1
Толщина тела – Br	10,40± 0,14	4,3	10,7± 0,1	10,90 ±0,18	5,2	10,7± 0,1	1,04	>0,1	0,30	>0,1	0,70	>0,1
Толщина головы	10,8± 0,12	3,5	10,9± 0,1	11,11 ±0,15	4,3	11,0± 0,1	13,33	< 0,001	0,25	>0,1	0,55	>0,1
Толщина хвостового стебля	4,6± 0,15	10,3	4,4±0 ,1	4,5±0 ,19	13,3	4,5±0,1	0,42	>0,1	1,11	>0,1	0,00	>0,1
Ширина лба	7,30± 0,07	3,0	7,4±0,1	8,11± 0,08	3,1	8,3±0,1	7,27	< 0,001	0,82	>0,1	1,56	>0,1

Примечания: С – длина хвостового плавника; D – спинной плавник; A – анальный плавник; P – грудной плавник; V – брюшной плавник.

Относительные длины верхней и нижней челюстей у самцов значительно выше, чем у самок, также относительная длина средней части головы и, соответственно, относительная длина всей головы у самцов выше, чем у самок с высокой степенью достоверности ($P < 0,001$). Такое же соотношение у самок и самцов по показателю относительной высоты головы у затылка. Сравнение с литературными данными показывает [24], что величина головы у золотистой форели из белорусской популяции статистически достоверно ниже ($P < 0,001$). Среди показателей, характеризующих относительную высоту головы и тела, значительные статистические различия между самками и самцами установлены по относительной высоте тела у затылка и наименьшей высоте тела. По относительному показателю наибольшей высоты тела самки обладают небольшим преимуществом по сравнению с самцами, но различия статистически недостоверны. Литературные данные показателя относительной высоты головы и наибольшей высоты тела ниже, чем в белорусской популяции, значения показателя, характеризующего наименьшую высоту тела, практически совпадают.

Установлено, что у самцов антевентральное и антедорсальное расстояние по сравнению с самками больше. Различия статистически достоверны. Среди параметров, характеризующих размеры плавников, установлено, что длина брюшного плавника (V) у самцов несколько выше, чем у самок. У самок статистически большая длина спинного (D) и анального (A) плавников. У самцов отмечено: большая ширина лба и толщина хвостового стебля по сравнению с самками. По относительным величинам толщины тела, наибольшего и наименьшего обхвата тела различий между полами не установлено. Статистически достоверных различий по указанным признакам толщины и обхвата тела белорусской популяции золотистой форели от данных, указанных в литературе [43], не установлено.

Согласно классификации, предложенной Е.Ф. Слуцким [41], уровень изменчивости в зависимости от коэффициента вариации оценивается как низкий (5 %) и средний (до 20 %).

Таким образом, завезенная в Беларусь и выращенная в условиях прудовых хозяйств республики популяция радужной форели породной линии Адлерская янтарная (золотистая) характеризуется повышенным темпом роста, ускоренным половым созреванием

(пол идентифицируется в двухлетнем возрасте), большей относительной высотой тела и меньшим размером головы по сравнению с аналогом, указанным в литературных источниках [24]. По отдельным фенотипическим признакам установлен половой диморфизм. Самцы характеризуются большим размером головы по сравнению с самками. У них статистически достоверно более высокие показатели по относительным размерам длины средней части головы, верхней и нижней челюстей, длине рыла, ширине лба и толщине головы, следовательно, размеру всей головы. Самцы отличаются и более толстым хвостовым стеблем. Изменчивость большинства фенотипических признаков невысока.

Белорусская популяция золотистой форели, несмотря на то, что завезенный материал был предназначен для товарного выращивания, представляет собой ценный генофонд для дальнейшей племенной работы. По большинству рассмотренных фенотипических признаков имеющаяся популяция янтарной форели не уступает показателям, приведенным в каталоге пород, кроссов и одомашненных форм рыб России и СНГ [37].

Следовательно, целесообразно отобрать из имеющейся популяции и сохранить по 100–150 экз. самок и самцов с целью формирования собственного маточного стада.

6.2. Рыбоводно-биологическая характеристика стад форели, адаптированных к условиям среды содержания в хозяйствах Республики Беларусь

Исследуемые сеголетки радужной форели, выращенные в форелевом рыбопитомнике Белорусской государственной сельскохозяйственной академии в УЗВ, были завезены (и завозятся в настоящее время) из Франции через представительство ФГУП «Федеральный селекционно-генетический центр рыбоводства» России на стадии оплодотворенной икры. Завоз икры осуществляли на рамках «сухим способом». Стадия развития икры была на уровне пигментации глазка. Доинкубацию икры проводили в инкубационном цеху.

Подготовка воды проводится для всей замкнутой системы комплекса, в которой проводится инкубация икры, подращивание личинок и выращивание сеголетков до стандартной массы 10–50 г.

Выход личинок от заложенной на инкубацию икры составил около 75 %. Выращивание сеголетков проводится в круглых бассейнах объемом 1,5 м³. Водообмен в бассейнах составляет около 3 раз/ч. За период выращивания с первой декады августа по первую декаду декабря сеголетки форели достигли средней массы 4,5 г (табл. 4). За весь период выращивания рыбопосадочного материала форели ни разу не проводили его сортировку по массе и длине тела. Рост рыб – увеличение размеров и массы рыбы в процессе жизнедеятельности – является видовым приспособлением к условиям обитания и, кроме видовой, имеет возрастную специфику. При прочих равных условиях молодь имеет больший темп линейного роста, тогда как особи старшего возраста интенсивней наращивают массу. Контроль за темпом роста сеголетков и его ихтиопатологическим состоянием проводится еженедельно. На основании проведенных трех контрольных обловов сеголетков (7.11; 13.11; 29.11), прирост средней массы сеголетков составил 1 г (I партия), 1,7 г (II партия). Таким образом, темп массонакопления на стадии выращивания от массы 1,0 г до 4,5 г составил 4,7 %–8,0 %. В связи с низкой среднештучной массой сеголетков не представляется возможным проведение его бонитировки по морфометрическим, биохимико-генетическим и физиолого-биохимическим показателям. Документов, подтверждающих породную принадлежность или происхождение кросса выращиваемой форели, не имеется.

Кормление сеголетков проводили импортными кормами Aller Future, которые завозятся из-за рубежа (из Польши, Норвегии, Финляндии через Россию). По состоянию на III декаду ноября сеголетков, как правило, кормили кормами, размер крупки которых соответствует № 3. Отходов сеголетков за период исследований не наблюдалось.

Сеголетки радужной форели, выращиваемые в рыбопитомнике «Богушевский», были завезены из рыбопитомника «Новолукомльский». Этот сеголеток польского происхождения, исходным материалом для его получения были производители, выращенные из посадочного материала, завезенного в 2009 г. Нерестовую кампанию по получению потомства и подращиванию мальков форели проводили в рыбопитомнике «Новолукомльский». При достижении сеголетками массы 4 г, сеголеток начал давать массовые отходы. Гибель молоди была вызвана неблагоприятными условиями среды содержания, что и потребовало срочной реализации его в рыбопитомник «Богушевский».

Таблица 4

Рыбохозяйственные показатели выращивания сеголетков, двухлетков
и разных возрастных групп ремонта форели различного происхождения
в хозяйствах Беларуси

Название хозяйства	Происхождение	Возраст	Посажено		Выловлено		Выживаемость, %	Затраты корма кг/кг прироста
			тыс. экз.	средняя масса, г	тыс. экз.	средняя масса, г		
БГСХА, Горки	Икра завезена из Франции	Сеголетки	38,2	1,8	36,4	4,5	95	1,1
Богушевский	Завезена из Польши (датская линия)	Сеголетки	146,0	4,0	95,0	130	65	1,2
Богушевский	Завезена из Польши (датская линия), р/х «Птичь» (трехпород. помеси, золотист.)	Двухлетки (товарные)	44,0	209	38,0	1400	86	1,3
Новолукомльский	Датская линия	Двухлетки (ремонтное стадо)	208	300	208	2830	100	–
Новолукомльский	Датская линия	Четырех-, пятилетки	104	1100	104	3400	100	–
Новолукомльский	Трехпородные помеси	Пятилетки	130	3100	130	3600	100	–

Дальнейшее выращивание сеголетков радужной форели проводили в бетонных садках, площадью 28 м² каждый. Плотность выращивания сеголетков составляла от 296 до 567 экз./м². На основании собранного материала, по проведенным трем контрольным обловам в течение месяца (от 47,4 до 76,5 г и от 61,0 до 97,6 г), среднесуточный прирост составил 1,00 и 1,22 г. Таким образом, темп массонакопления составил 10,8 %, что по сравнению с сеголетками, выращиваемыми в замкнутой установке БГСХА, выше в 1,4–2,3 раза. По состоянию на 4 декабря сеголетки форели достигли средней массы 130–150 г и размещены на зимовку в земляные зимовальные пруды.

Кроме сеголетков радужной форели польского происхождения, в рыбопитомнике «Богушевский» проводили выращивание товарных двухлетков. Рыбопосадочным материалом для товарного выращивания форели послужили годовики, завезенные из рыбхоза «Птичь» Логойского района и, частично, материал из России. На основании проведенных исследований установлено, что товарная продукция представлена двумя линиями: Адлерская золотистая и товарными помесями. Ремонтно-маточные стада золотистой форели сформированы в племенных форелевых хозяйства «Адлер», «Форелевое» (Кисловодск), «Кабардино-Балкарское» ФСГЦР. Выращиваемая в Республике Беларусь породная линия золотистой форели имеет чистопородное происхождение, на что указывает однородность морфометрических признаков (см. табл. 1) и окрас тела товарной форели. Дальнейшие исследования золотистой линии по биохимико-генетическим и физиолого-биохимическим показателям подтвердили полученные результаты.

В рыбопитомнике «Новолукомльский» имелось 442 экз. производителей и различных возрастных групп ремонта общей массой 1410 кг. При бонитировке ремонтно-маточного стада радужной форели на оз. Слидце (5 и 6 декабря) сформировано ремонтное стадо младших групп ремонта польского происхождения (датская породная линия) в количестве 208 экз. средней массой 1460 г, общая масса – 304 кг, и сформировано стадо производителей в количестве 104 экз. этой же породной линии. В стаде имеется 75 самок и 55 самцов, выращенных из ремонтного стада радужной форели, завезенного из рыбхоза «Птичь» Логойского района. Эти производители помесного происхождения, так как в это время в хозяйстве не проводилась селекционно-племенная работа по формированию чистых породных линий радужной форели. Весь рыбопосадочный

материал получали на основе скрещиваний различных производителей форели, имеющих в хозяйстве. Это стадо форели было сформировано еще в 1980 г. XX в. и состояло из чистопородных линий: датская породная линия, стальноголовый лосось и финская форель.

Племенной материал на стадии оплодотворенной икры неоднократно завозили из Польши, Дании и России. Но так как это стадо форели помесного происхождения содержится в условиях Беларуси более 20 лет и успешно используется в нересте, сеголетки и двухлетки характеризуются высоким темпом роста (более 10 %) и достигают средней массы: на первом году выращивания – 130–150 г, на втором – 1200–1410 г, то необходимо продолжить его дальнейшую оценку по рыбохозяйственным, генотипическим и физиолого-биохимическим признакам. При дальнейшем проведении селекционных работ этот материал, несущий в себе наследственность трех породных групп (датской, стальноголового лосося и финской форели) можно будет использовать как одну из селекционных линий форели, адаптированную к прудовым условиям содержания в Беларуси. Таким образом, в рыбоводных хозяйствах Беларуси имеются три линии разновозрастной форели, которые по отдельным рыбоводным показателям можно использовать в работах по получению и формированию собственных маточных стад форели. Очевидно, что лучшие рыбоводные показатели получены при выращивании сеголетков и двухлетков форели в рыбопитомнике «Богушевский». Эти результаты обусловлены не только благоприятными условиями среды содержания, но и соблюдением всех рыбохозяйственных приемов по выращиванию форели в бассейнах: качество кормов, кратность кормления, плотность выращивания, проведение всех необходимых ветеринарно-санитарных мероприятий [30, 32]. При товарном выращивании двухлетков форели в бетонных бассейнах в рыбопитомнике «Богушевский» различий по темпу массонакопления и выживаемости разных породных линий и помесей не установлено.

6.3. Биохимико-генетические исследования различных возрастных и породных групп форели, выращиваемых в Беларуси

Материалом для биохимико-генетических исследований послужили производители и ремонтные группы форели в количестве 450 экз. Икра, полученная от более плодovitых производителей, вылупившиеся

из нее личинки и выращенные сеголетки перевезены из рыбопитомника «Новолукомльский» Чашникской ПМК в ЗАО «Птичь». Кроме того, использовали годовиков и товарных двухлетков янтарной породной группы из рыбопитомника «Богушевский». Для исследований использовали по 30 экз. каждой возрастной группы ремонта. Отбор проб крови для биохимико-генетических исследований проводили прижизненно из хвостовой вены у производителей и групп ремонта, у товарных двухлетков и сеголетков – из сердца. Отбор мышечной ткани для определения состава тела проводили у товарных двухлетков, годовиков, используемых для морфологических исследований. Биохимико-генетические исследования проводили методом электрофореза в полиакриламидном геле, в камере Helicon VE-20 вертикальной модификации. ПААГ готовили по методу Б. Девиса, окрашивание гелевых блоков – по модификации А. Таммерта [64, 88, 123, 137]. Белки трансферрина выявляли методом окрашивания в спиртово-уксусном растворе сложного красителя Кумасси и просветляли в том же растворе без красителя. Закрепление окраски и временное хранение фореграмм проводили в спиртово-уксусном растворе.

Первые исследования в области биохимической генетики популяций относятся к 1949 г. Проведенные исследования представили прямые доказательства влияния генных мутаций на первичную структуру белка и заложили основу использования электрофоретических методов для выявления биохимической наследственной изменчивости [96]. С момента возникновения популяционной генетики и до настоящего времени важнейшей проблемой в этой области является измерение гетерогенности популяций в постоянно меняющихся условиях среды. В целом уровень генетической гетерогенности у рыб оказался высоким, как и у других позвоночных животных. Детальный анализ данных, характеризующих изменчивость в разных семействах рыб, свидетельствует о значительных различиях между ними. Как показали популяционные исследования периода 1970–1975 гг., специфический уровень изменчивости, который отличает крупные таксоны, во многом связан с особенностями внутривидовой структуры у рыб из разных таксонов.

Характерной чертой исследований биохимического полиморфизма стало изучение внутривидовых форм у рыб из разных семейств, причем не только природных, но и из искусственно разводимых популяций. Результаты этих исследований дали возможность перейти к количественной оценке вклада каждой иерархической единицы в общую изменчивость вида.

Одну из самых изученных в популяционно-генетическом плане рыб представляют лососевые. У лососевых рыб различия по внутривидовой организации оказались очень большими, при этом различаются не только разные роды, но и виды. Род *Salmo* существенно отличается от рода *Salvelinus* и *Oncorhynchus*. У лососевых, как у многих других видов рыб, была открыта и описана изменчивость большого количества разнообразных белков, установлен ее наследственный характер, и в ряде случаев исследована возможность сцепления соответствующих локусов.

Согласно современным научным публикациям [122, 123], с каждым годом возрастает количество сообщений о снижении уровня биохимического полиморфизма при разведении различных видов рыб. Потеря наследственной изменчивости в процессе разведения вызывает опасения у рыбоводов и селекционеров – средние значения гетерозиготности по ферментативным локусам рассматриваются как индикаторы генетических потенциалов популяции, определяющих продуктивные качества рыб. О такой связи свидетельствует снижение жизнеспособности форели в стаде, отличающемся пониженным уровнем гетерозиготности.

Для сохранения генофонда при разведении рыб предлагается ряд мероприятий: периодически производить интродукцию материала из природных популяций, использовать при создании маточных стад максимальное количество производителей, избегать узкой направленности селекции, сохранять эволюционно сложившееся разнообразие при воспроизводстве [83].

В биохимико-генетических исследованиях радужной форели, особенно на родине – в Северной Америке, описано много полиморфных систем, но частоты аллелей обычно низкие. Исследования, проведенные в России, показали, что число полиморфных белков и потенциальных генетических маркеров оказалось невысоким. К ним можно отнести супероксиддисмутазу (СОД) малатдегидрогеназу (МДГ), фосфоглюкомутазу (ФГМ), глицерофосфатдегидрогеназу (АГФДГ) и одну печеночную эстеразу. Фенотипы большинства этих ферментов не могут быть определены прижизненно, то есть у форели нет маркеров, подобных легко определяемой при исследовании крови или плавников полиаллельной системе трансферрина карпа.

По плавникам у форели можно определить лишь СОД. Различия между карпом и форелью заключаются в числе удобных генетических маркеров. Лососевые рыбы, разводимые в искусственных условиях, отличаются пониженным уровнем генетической

изменчивости белков. Второе принципиальное отличие генетических особенностей карпа и радужной форели состоит в разной степени их внутривидовой дифференциации. У форели на родине (в Северной Америке) наблюдается довольно существенная дифференциация. Однако эти различия выражены слабее, чем у карпа. Различия между выделяемыми подвидами форели также не достигают такого уровня, как у карпа, а у прудовой радужной форели закономерные различия между породами почти исчезают. Причинами этого могут быть смешанное происхождение стад и так называемый «эффект основателя». Единственной группой, со своим специфическим прародителем, является интродуцированная из США форель Дональдсона. Эта порода во всех странах характеризуется сходной, очень обедненной генетической структурой. При искусственном воспроизводстве форели обычно смешивают половые продукты от многих производителей. Это приводит к более полному перемешиванию стада. В результате генетическая структура и уровень изменчивости в стадах форели должны быть постоянными. Обеднение генофонда наблюдается лишь в случаях особенно интенсивной селекции, например, у форели Дональдсона. Были получены доказательства превосходства гетерозигот по биохимическим локусам, по гомеостазу развития молоди радужной форели. Эти данные свидетельствуют о важной роли балансирующего отбора в сохранении уровня изменчивости и устойчивой структуры популяции рыб.

Благодаря отсутствию значительных генетических различий между стадами и отводками радужной форели скрещивание форели из разных стад (отводок) не приводит к повышению уровня изменчивости и обогащению генофонда, а также к сильному эффекту гетерозиса. У карпа, подвиды и породы которого больше различаются по частотам аллелей полиморфных белков, в результате гибридизации наблюдаются повышение уровня гетерозиготности (например у ропшинского карпа) и заметный гетерозис у гибридов, то есть внутривидовая генетическая дифференциация у карпа выражена сильнее, чем у форели.

В каталоге пород, кроссов и одомашненных форм рыб России и СНГ представлена генетическая характеристика форели завезенных пород и пород российской селекции [37]. Согласно этим данным, форель Дональдсона характеризуется слабым полиморфизмом по локусу трансферрина с частотой аллеля А 0,267 и В 0,730 и гетерозиготностью (АВ) 26,7 %. У породы радужной форели Камлопс генетический полиморфизм по локусу трансферрина значительно

ниже. Фенотипы представлены гомозиготой ВВ (92,5 %) и гетерозиготой АВ (7,5 %), с преобладанием аллеля В (0,963). У стальноголового лосося отсутствует изменчивость по локусу трансферрина, у него присутствует лишь аллель В. По остальным породам данные генетического полиморфизма отсутствуют.

В Беларусь из России завозится материал без учета его породной принадлежности для промышленного выращивания в рыбноводных прудах и системах замкнутого цикла. Для получения товарной форели используют также небольшое маточное стадо, сформированное из завезенного материала, прошедшего адаптационный период в условиях Беларуси. Поскольку генетический материал форели был завезен из России в разное время из различных хозяйств, было высказано предположение, что сформированные в Беларуси популяции будут характеризоваться некоторой ограниченной изменчивостью полиморфизма по локусу трансферрина. Для исследования генетического разнообразия были отобраны пробы крови форели из бассейнового хозяйства «Богушевский» (годовик), рыбопитомника БГСХА (сеголетки), рыбопитомника «Новолукомльский» (двухлетки) (табл. 5).

Таблица 5

Результат биохимико-генетической экспертизы по локусу трансферрина разных возрастных групп радужной форели из форелевых хозяйств Беларуси

Породная принадлежность	Хозяйство	Возраст	Объем выборки	Генотип Tf
Промышленная линия, завезенная из России	Рыбопитомник БГСХА (Горки)	0+	30	ВВ
Промышленная линия датского происхождения				
Датское происхождение из белорусской популяции	Рыбопитомник «Богушевский»	1.	30	
Ремонт радужной форели из белорусской популяции	Рыбопитомник «Новолукомльский»	1+	15	

В результате исследований не установлен генетический полиморфизм по локусу трансферрина (Tf) у генофонда радужной форели, имеющегося и завозимого в Беларусь из сопредельных стран. То есть при формировании собственного генофонда ремонтно-маточных стад радужной форели необходимо, кроме адаптированных в условиях Беларуси популяций, использовать и завезенный материал. При планировании завоза необходимо целенаправленно увеличивать генетическое разнообразие маточных стад. Поскольку, как указывалось ранее, изменчивость форели по локусу трансферрина не велика, необходимо расширять спектр генетических исследований этого ценного объекта рыбоводства, вероятно, за счет локуса супероксиддисмутазы (СОД), который у форели характеризуется повышенным полиморфизмом. На основании проведенных исследований рекомендуется осуществлять завоз породы радужной форели Камлоопс и Дональдсона.

6.4. Оценка темпа массонакопления и линейного роста младшего ремонта форели в условиях инкубационного цеха ЗАО «Птичь»

Подращивание мальков форели проводили до I декады июня в инкубационном цеху. Племенной материал чистых линий для дальнейшего выращивания был размещен в лотках инкубационного цеха № 1 форелевого хозяйства «Птичь», поскольку данное хозяйство не располагает достаточным количеством рыбоводных прудов для подращивания молоди. Молодь форели размещали в садки по размерно-весовым группам, предварительно проводя сортировку всех выращенных мальков. Скученность племенного материала и низкая температура воды, поступающей в бассейны, отрицательно повлияли на темп роста сеголетков (табл. 6).

На первое сентября средняя масса тела сеголетков радужной форели датской линии составила 5,5 г, Адлерской янтарной – 3,8 г, средняя длина тела – 7,18 и 6,55 см соответственно. На разных этапах исследований коэффициент вариации колебался в широких пределах. Высокая вариабельность изученных признаков дала основание для проведения массового отбора по темпу роста племенного материала в каждой из имеющихся линий радужной форели [82].

Таблица 6

Темп роста сеголетков форели разной породной принадлежности
в летний период в цеху № 1 ЗАО «Птичь»

Дата отбора проб	Породная принадлежность	Признаки			
		масса, мг		длина, см	
		$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv
3.04	радужная датская	85,50 ± 1,80	8,1	2,02 ± 0,04	7,8
	Адлерская янтарная	70,75 ± 1,37	7,5	2,04 ± 0,03	6,1
10.04	радужная датская	127,11 ± 8,50	25,9	2,46 ± 0,02	3,9
	Адлерская янтарная	90,26 ± 6,22	26,7	2,75 ± 0,04	5,4
24.04	радужная датская	178,45 ± 5,78	12,5	2,91 ± 0,05	7,2
	Адлерская янтарная	119,34 ± 8,85	28,7	3,01 ± 0,05	6,5
16.05	радужная датская	268,04 ± 14,90	21,6	3,40 ± 0,11	12,5
	Адлерская янтарная	153,25 ± 8,85	22,4	3,27 ± 0,08	10,1
30.05	радужная датская	291,05 ± 18,30	24,3	3,78 ± 0,10	10,4
	Адлерская янтарная	217,32 ± 14,85	26,5	3,31 ± 0,08	9,8
11.06	радужная датская	364,01 ± 16,51	17,6	4,11 ± 0,11	10,2
	Адлерская янтарная	269,00 ± 16,81	24,2	3,47 ± 0,08	9,3
2.07	радужная датская	485,23 ± 22,22	17,7	4,54 ± 0,15	12,7
	Адлерская янтарная	380,71 ± 14,06	14,3	3,74 ± 0,13	13,5

Дата отбора проб	Породная принадлежность	Признаки			
		масса, мг		длина, см	
		$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv
30.07	радужная датская	1030,00 ± 36,17	13,6	4,08 ± 0,05	4,8
	Адлерская янтарная	1030,01 ± 49,78	18,7	3,99 ± 0,05	5,0
12.08	радужная датская	2498,00 ± 125,77	19,5	4,20 ± 0,07	6,9
	Адлерская янтарная	2570,00 ± 133,38	20,1	4,25 ± 0,08	7,7
1.09	радужная датская	5510,00 ± 335,75	23,6	7,18 ± 0,27	14,8
	Адлерская янтарная	3840,00 ± 281,58	28,4	6,55 ± 0,23	15,9

Поступательный рост темпа массонакопления племенной форели Адлерской янтарной и датской породной принадлежности в течение вегетационного сезона отражен на графиках (рис. 6, 7).

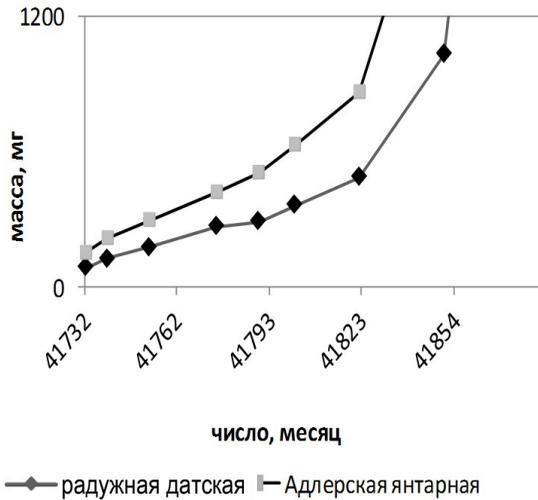


Рис. 6. График темпа массонакопления племенного материала форели

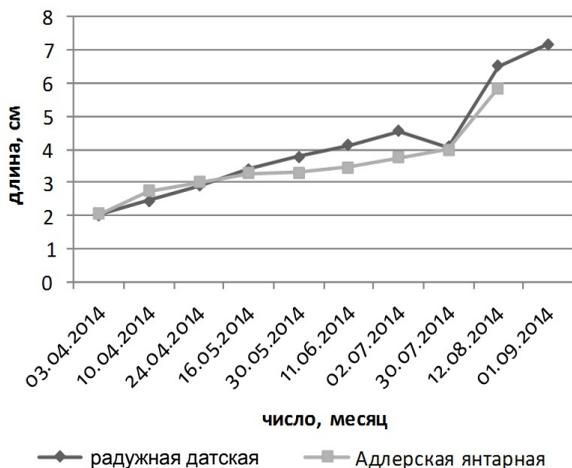


Рис. 7. График поступательного увеличения длины тела сеголетков форели в течение вегетационного периода

6.5. Морфометрические признаки ремонтных групп форели, выращиваемых в условиях Беларуси

6.5.1. Морфометрические показатели сеголетков форели разного происхождения

Исследования морфологических признаков всех групп форели, выращиваемых в Беларуси, проводили по методу Правдина [77]. Репрезентативная выборка сеголетков форели двух популяций, завезенных в республику, составила по 30 экз. (табл. 7).

Таблица 7

Характеристика абсолютных морфометрических признаков сеголетков популяций форели, завезенных из России и Франции

Признаки	Россия		Франция		Достоверность различий	
	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	t	P
Абсолютные показатели						
Масса тела, г	33,86 ± 2,32	37,5	46,7 ± 1,22	14,3	4,90	< 0,001

Признаки	Россия		Франция		Достоверность различий	
	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	t	P
Длина всей рыбы, см	13,88 ± 0,32	12,7	16,16 ± 0,24	8,2	5,70	< 0,001
Длина тела по Смиту, см	13,30 ± 0,33	13,6	15,55 ± 0,23	8,2	5,59	< 0,001
Длина туловища, см	9,30 ± 0,25	14,6	10,9 ± 0,19	9,8	5,09	< 0,001
Длина головы, см	3,07 ± 0,05	9,8	3,55 ± 0,06	8,8	6,15	< 0,001
Высота головы, см	2,25 ± 0,06	12,6	2,52 ± 0,04	8,9	3,34	< 0,001
Длина рыла, см	1,51 ± 0,03	12,5	1,81 ± 0,04	12,1	6,00	< 0,001
Диаметр глаза, см	0,79 ± 0,02	11,8	0,9 ± 0,02	12,7	3,89	< 0,001
Ширина лба, см	1,09 ± 0,03	16,6	1,19 ± 0,02	9,9	2,77	< 0,01
Наибольшая высота тела, см	2,99 ± 0,09	16,0	3,20 ± 0,08	14,6	1,69	< 0,1
Наименьшая высота тела, см	1,17 ± 0,03	14,7	1,25 ± 0,03	13,4	1,89	< 0,1
Длина хвостового стебля, см	2,18 ± 0,05	13,0	2,60 ± 0,07	14,5	4,88	< 0,001
Толщина головы, см	1,49 ± 0,04	14,7	1,47 ± 0,02	8,4	0,45	> 0,1
Толщина тела, см	1,47 ± 0,04	15,6	1,70 ± 0,04	14,6	4,07	< 0,001
Толщина хвостового стебля, см	0,65 ± 0,02	13,2	0,69 ± 0,02	13,8	1,41	> 0,1

Примечания: t – нормированное отклонение, P – уровень значимости.

По средней массе тела исследуемые группы значительно отличались между собой. Разница между ними составила 12,84 г. Соответственно и остальные морфометрические показатели, характеризующие длину, ширину и высоту различных частей тела, увеличены в группе с большей средней массой. Различия двух популяций по рассмотренным признакам в основном статистически достоверны с уровнем значимости P менее 0,001. Различия по морфологическим признакам между двумя популяциями сеголетков представлены на рис. 8.

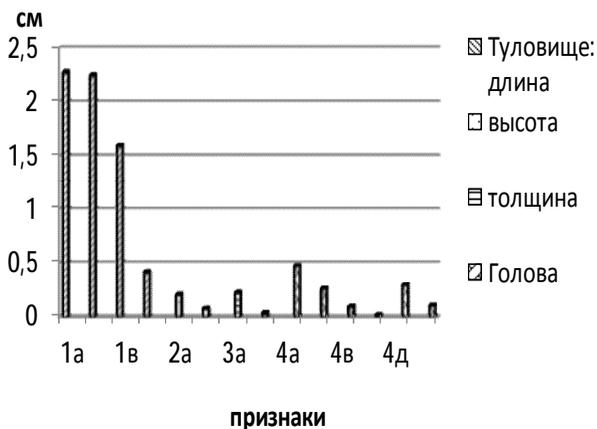


Рис. 8. Диаграмма показателей абсолютных морфометрических признаков сеголетков радужной форели российского и французского происхождения: 2а – длина всей рыбы; 2б – длина рыбы по Смиуту; 2в – длина туловища; 2г – длина хвостового стебля; 3а – наибольшая высота тела; 3б – наименьшая высота тела; 4а – толщина тела; 4б – толщина хвостового стебля; 5а – длина головы; 5б – высота головы; 5в – ширина лба; 5г – толщина головы; 4д – длина рыла; 4ж – диаметр глаза

Если изученные признаки сформировать по группам, то наиболее существенные различия установлены для признаков, характеризующих длину тела (длина всей рыбы, длина тела по Смиуту, длина туловища). Существенные различия отмечены и по длине хвостового стебля, длине головы, длине рыла.

По величине наибольшей и наименьшей высоты тела, толщине головы и толщине хвостового стебля обе популяции оказались близкими. Различия их по указанным признакам статистически не достоверно ($P > 0,1$).

Относительные морфометрические показатели, рассчитанные к длине тела по Смуту, выражены в процентах (табл. 8). Коэффициент упитанности – относительный показатель, зависящий как от массы, так и от длины тела, в популяции российского происхождения оказался значительно выше, чем у второй популяции (1,21 против 1,07). Разница статистически достоверна. Относительные величины показателей телосложения меньше зависят от массы тела рыбы, поэтому разница между исследуемыми популяциями менее значительна. Судя по рассмотренным относительным показателям, популяции обладают некоторыми отличительными особенностями. У сеголетков российского происхождения по сравнению с материалом, завезенным из Франции, по большинству признаков, характеризующих относительный размер головы (высота головы, диаметр глаза, ширина лба, толщина головы), наблюдается некоторое превосходство. Установлено, что у них наблюдаются увеличенные по сравнению со второй популяцией относительные величины наибольшей и наименьшей высоты тела и толщины хвостового стебля. Отмеченные различия статистически достоверны ($P < 0,001$).

Таблица 8

Характеристика относительных морфометрических признаков сеголетков двух популяций форели разного происхождения

Признаки	Россия		Франция		Достоверность различий	
	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	t	P
Коэффициент упитанности, ед.	1,21± 0,02	10,7	1,07± 0,02	11,45	4,95	<0,001
Относительные показатели, выраженные в % от длины тела						
Длина туловища	69,92± 1,34	10,5	70,10± 1,14	8,9	0,10	>0,1
Длина головы	23,08± 0,22	5,2	28,81± 0,20	4,8	0,91	>0,1
Высота головы	16,92± 0,31	9,9	16,21± 0,22	7,3	2,10	<0,05
Длина рыла	11,35± 0,18	8,9	11,64± 0,22	10,2	0,68	>0,1
Диаметр глаза	5,94± 0,20	8,3	5,78± 0,10	9,5	0,71	>0,1

Признаки	Россия		Франция		Достоверность различий	
	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	t	P
Ширина лба	8,19± 0,15	10,1	7,65± 0,11	7,9	2,90	<0,01
Наибольшая высота тела	22,48± 0,49	12,0	20,58± 0,36	9,5	3,12	<0,01
Наименьшая высота тела	8,80± 0,15	9,5	8,04± 0,14	9,7	5,10	<0,001
Длина хвостового стебля	16,39± 0,32	10,6	16,72± 0,32	10,5	0,76	>0,1
Толщина головы	11,20± 0,20	9,8	9,45± 0,11	6,7	7,67	<0,001
Толщина тела	11,05± 0,16	8,0	10,93± 0,17	8,3	0,51	>0,1
Толщина хвостового Стебля	4,89± 0,09	9,7	4,43± 0,09	10,8	3,61	<0,001

Разница между популяциями по всем рассмотренным относительным признакам представлена на графике (рис. 9).

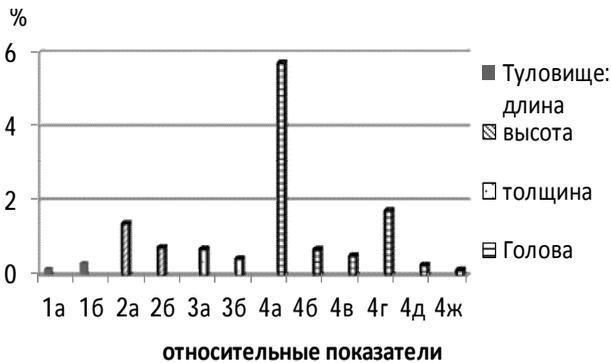


Рис. 9. Диаграмма отклонения относительных показателей морфометрических признаков сеголетков радужной форели российского и французского происхождения:

1а – длина туловища, 1б – длина хвостового стебля; 2а – наибольшая высота тела; 2б – наименьшая высота тела; 3а – толщина тела; 3б – толщина хвостового стебля; 4а – длина головы; 4б – высота головы; 4в – ширина лба; 4г – толщина головы; 4д – длина рыла; 4ж – диаметр глаза

Очевидно, группы признаков, характеризующих относительные показатели высоты, толщины и размера головы, у сеголетков российского происхождения выше, чем у сеголетков французского происхождения.

6.5.2. Характеристика фенотипических и морфологических признаков годовиков радужной форели, выращенных в условиях Беларуси

В настоящее время биохимико-генетическими исследованиями установлено, что имеющиеся группы радужной форели, имеют сложное метисное происхождение и характеризуются высоким уровнем гетерогенности. Это обстоятельство предполагает возможность проведения работ по селекции радужной форели на основе имеющегося аутбредного исходного материала, адаптированного к условиям выращивания в Беларуси.

Поэтому для оценки и дальнейшего отбора ценных в селекционном отношении генотипов, необходимо изучить племенную ценность имеющихся в Беларуси стихийно сформированных популяций форели по рыбохозяйственным, фенотипическим, биохимико-генетическим, гематологическим признакам.

6.5.3. Фенотипические признаки годовиков радужной форели

Среди годовиков радужной форели, отобранных для оценки фенотипических признаков (репрезентативная выборка), масса тела колебалась от 114,8 до 292,5 г и составила в среднем 206,7 г (табл. 9). Из всех изученных абсолютных и относительных фенотипических показателей, характеризующих особенности телосложения, масса тела является самым изменчивым признаком с коэффициентом вариации более 25 %. Длина тела годовиков по Смиту (l) составляет 23,1 см, коэффициент упитанности по Фультону – 1,64.

Таблица 9

Характеристика фенотипических признаков годовиков радужной форели
рыбопитомника «Богушевский»

Фенотипические признаки	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv, %
Масса тела, г	206,7±10,33	25,0
Длина по Смиту (l), см	23,1±0,47	10,2
Коэффициент упитанности	1,64±0,03	10,1

Фенотипические признаки	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv, %
Относительные показатели, % от l:		
длина головы	21,1±0,24	5,7
длина рыла	5,51±0,09	7,9
диаметр глаза	4,38±0,05	5,8
высота головы	16,4±0,17	5,2
ширина лба	7,78±0,11	7,3
наибольшая высота тела	26,4±0,32	6,1
наименьшая высота тела	9,60±0,08	4,0
длина хвостового стебля	9,55±0,08	4,0
наибольший обхват тела	67,9±0,53	3,9
наименьший обхват тела	28,2±0,27	4,7
толщина головы	10,9±0,20	9,4
толщина тела	12,0±0,18	7,5
толщина хвостового стебля	4,58±0,04	4,0

Относительные показатели представляют собой отношение определенного признака (длина головы, диаметр глаза и т. д.) к длине тела (l), выраженное в процентах. Из относительных показателей, характеризующих длину отдельных частей тела, большей величиной отличается длина головы (21,1 %). Относительная длина хвостового стебля составляет 9,55 %. Годовики радужной форели характеризуются длинным рылом – 5,51 % от длины тела и большим размером глаз (относительный диаметр глаза 4,38 %). Из признаков, характеризующих относительную высоту различных частей тела, большей величиной отличается показатель наибольшей высоты тела – 26,4 %. Наименьшая высота тела составляет 9,6 %, относительная высота головы – 16,4 %. Среди показателей, характеризующих относительную толщину, большее значение имеет максимальная толщина тела – 16,4 %. Относительная толщина головы составляет 10,5 %, хвостового стебля – 4,58 %. Наибольший относительный обхват тела у годовиков равен 67,9 %, наименьший – 28,2 %. То есть, радужная форель (годовики) характеризуется прогонистой (удлиненной) формой тела, с относительно небольшой головой и удлиненным хвостовым стеблем.

Изменчивость относительных показателей не высока, величины коэффициента изменчивости колеблются в пределах 3,9 %–9,4 %.

Согласно классификации Слуцкого, уровень изменчивости относительных экстерьерных признаков оценивается как низкий (до 10 %). Такие показатели, как длина и коэффициент упитанности, характеризуются также невысокими значениями коэффициента вариации 10,2 % и 10,1 %, то есть согласно классификации уровень их изменчивости средний (10 %–20 %). Только масса тела годовиков радужной форели является более варибельным признаком с сильным уровнем изменчивости (более 25 %). Таким образом, популяция годовиков радужной форели из р/х «Богушевский» по фенотипическим признакам однородна, несмотря на то, что материал был сформирован из трех хозяйств республики. Это свидетельствует об их общем происхождении.

6.5.4. Характеристика интерьерных признаков годовиков радужной форели

Форель, имеющая среднюю массу 200 г и более, является порционным товарным продуктом, поэтому представляется важным оценить ее морфологические признаки с точки зрения пищевой ценности (табл. 10).

Таблица 10

Морфологическая характеристика годовиков радужной форели

Признаки	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv, %
Относительная масса (% от массы тела):		
плавники	1,05±0,2	10,5
жабры	1,40±0,03	12,4
голова	7,00±0,11	8,2
тушка	76,51±1,01	6,6
Внутренние органы, в том числе:	14,21±0,42	14,8
печень	1,54±0,05	14,9
желчный пузырь	0,81±0,01	6,2
сердце	0,70±0,01	11,4
селезенка	0,85±0,02	15,8
желудок и кишечник	7,65±0,15	9,9
жир полостной	2,21±0,07	17,4
гонады	0,45±0,06	66,1
жидкий остаток	1,6±0,02	6,25

Основной съедобной частью тела любой рыбы является тушка, и если у карпа эта величина достигает 65 % у самых продуктивных пород, то у исследованных годовиков радужной форели эта величина составляет 76,5 % [16, 44, 51, 52].

По сравнению с карпом у форели значительно меньший процент от массы тела составляет масса головы: 7 % против 20 % и более у карпа. Из внутренних органов большей относительной массой характеризуются кишечник – 7,65 % и полостной жир – 2,21 %. В целом относительная масса внутренних органов составляет 14,21 %, что несколько выше, чем у карпа (около 10 %). Различия по полу у годовиков радужной форели выявлены у 47 % изученных особей. Различия массы гонад составило от 0,18 до 1,6 г, или от 0,08 % до 0,83 % от массы рыбы, и в среднем составляет 0,45 %. При проведении массового отбора годовиков форели необходимо учитывать, что на первом году жизни самцы растут быстрее самок, поэтому при отборе на племя только крупных годовиков в отобранную группу могут попасть в основном самцы, что нежелательно. Соотношение полов в маточном стаде должно составлять 1:1.

В целом распределение относительных масс частей тела представлено на графике (рис. 10).



Рис. 10. Диаграмма показателей относительных масс (%) разных частей тела годовиков радужной форели:

1 – съедобная часть тела; 2 – голова и жабры; 3 – внутренние органы

Очевидно, относительная масса головы с жабрами и сумма относительных масс внутренних органов значительно ниже, чем тушки.

Кроме тушки, у форели, как и у других рыб, можно использовать в пищу голову. Некоторые из внутренних органов также являются вполне съедобными: печень, гонады, селезенка, сердце. У годовиков радужной форели относительная масса несъедобной части тела составляет около 12,5 %, что характеризует форель как весьма привлекательный с точки зрения потребителя одомашненный вид рыб.

Поскольку товарные качества любой рыбы определяются, прежде всего, массой ее тела и выходом съедобной части (тушки), представляется важным оценить корреляционные связи между основными признаками, характеризующими массонакопление и часто используемыми фенотипическими и морфологическими показателями (табл. 11).

Таблица 11

Коэффициент корреляции по Спирмэну (R_s) между фенотипическими и морфологическими признаками у годовиков радужной форели

Признаки	R_s
Масса тела – масса тушки	0,92
Масса тела – масса внутренних органов	0,93
Масса тела – масса головы	0,97
Масса тела – масса гонад	0,88
Масса тела – масса печени	0,96
Масса тушки – длина тела (l)	0,87
Масса тушки – наибольшая высота тела	0,76
Масса тушки – наименьшая высота тела	0,82
Масса тушки – наибольший обхват тела	0,78
Масса тушки – наименьший обхват тела	0,88
Масса тушки – толщина тела	0,86
Масса тушки – толщина хвостового стебля	0,86
Масса тушки – длина головы	0,73

Такие относительные морфологические показатели, как масса тушки, головы, внутренних органов, характеризуются высоким коэффициентом ранговой корреляции по Спирмэну (R_s) с массой тела. Из внутренних органов самый высокий коэффициент ранговой корреляции отмечен между массой рыбы и относительной массой печени. Относительная масса гонад также характеризуется высоким

коэффициентом ранговой корреляции по Спирмэну с массой тела, хотя ее значение несколько ниже, чем в предыдущих сравнениях. Установлено, что относительная масса тушки положительно коррелирует с экстерьерными показателями, характеризующими телосложение рыбы. Высокие коэффициенты корреляции отмечены между относительной массой тушки и толщиной тела, хвостового стебля (0,86), наименьшим обхватом тела (0,88), наименьшей высотой тела (0,82). Величина коэффициента корреляции между относительной массой тушки и наибольшей высотой тела (% к длине), наибольшим обхватом тела и относительной длиной головы несколько ниже – 0,76; 0,78; 0,73 соответственно. Хотя эти величины коэффициента ранговой корреляции по Спирмэну и ниже, чем в предыдущих сравнениях, однако они указывают на несомненную взаимосвязь этих признаков с относительной массой тушки.

Следовательно, проведение отбора среди годовиков форели по экстерьерным показателям: высоте, обхвату и толщине тела, – будет соответственно увеличивать пищевую ценность, то есть относительную массу тушки.

6.5.5. Характеристика фенотипических и морфометрических признаков ремонтных групп форели, сформированных в условиях Беларуси

В двухлетнем возрасте средняя масса самок Адлерской янтарной форели составила 1333 г, самцов – 1416 г, форель датского происхождения несколько мельче – самки 910 г, самцы – 793 г. (табл. 12). Сравнение самок и самцов популяций форели проводили как по абсолютным признакам (масса рыбы, длине всей рыбы и длине по Смиту от рыла до выемки хвостового плавника), так и по комплексу относительных показателей.

Таблица 12

Характеристика морфометрических признаков ремонта двух популяций форели из генофонда, сформированного в Республике Беларусь

Признаки	Белорусские популяции форели				Литературные данные	
	янтарная		датская			
	самки	самцы	самки	самцы	самки	самцы
Масса, г	1333±2 9,6	1416± 76,1	910±53,7	793±4 3,56	1345± 37,0	1310± 29,0

Продолжение таблицы 12

Признаки	Белорусские популяции форели				Литературные данные	
	янтарная		датская		самки	самцы
	самки	самцы	самки	самцы		
Длина всей рыбы, см	44,13± 1,21	43,97 ±0,81	40,15± 1,08	37,92± 0,60	–	–
Длина по Смиту, см	43,43± 1,05	43,87 ±0,65	39,16± 0,82	37,1± 0,73	45,5± 0,50	46,4± 0,40
Коэффициент упитанности	1,63± 0,04	1,68± 0,05	1,40± 0,05	1,44± 0,03	1,44± 0,05	1,31± 0,02
Относительные показатели (% от длины по Смиту)						
Длина туловища	72,83± 2,90	77,17 ±2,78	76,81± 2,80	73,21± 1,45	–	–
Длина рыла	5,22± 0,13	8,27± 0,21	11,52± 0,07	12,78± 0,30	6,6±0,1	9,3±0,2
Диаметр глаза	3,77± 0,14	3,41± 0,08	3,98± 0,002	4,26± 0,14	4,0± 0,01	4,0± 0,01
Длина головы	17,58± 0,61	21,95 ±0,19	20,76± 0,08	21,56± 0,43	21,1± 0,2	25,1± 0,2
Длина хвостового стебля	16,37± 0,73	16,05 ±0,18	17,34± 0,03	17,03± 0,30	16,7±0,2	16,7±0,1
Высота головы у затылка	15,46± 0,39	18,12 ±0,42	16,59± 0,06	17,30± 0,50	14,3±0,1	15,4±0,2
Наибольшая высота тела	27,12± 0,38	26,80 ±0,46	27,22± 0,14	27,76± 0,66	23,9±0,3	24,1±0,3
Наименьшая высота тела	9,44±0, 05	9,79± 0,12	9,21± 0,01	9,46± 0,21	9,4±0,1	9,8±0,1
Наибольший обхват тела	59,41± 1,08	57,9± 1,10	62,31± 0,52	62,21± 1,38	58,2±0,8	57,0± 1,21

Признаки	Белорусские популяции форели				Литературные данные	
	янтарная		датская			
	самки	самцы	самки	самцы	самки	самцы
Наименьший обхват тела	22,90± 0,25	23,10 ±0,27	20,56± 0,05	21,35± 0,40	23,2±0,4	23,7±0,3
Толщина тела	10,40± 0,14	10,90 ±0,18	12,05± 0,12	11,70± 0,40	10,7±0,1	10,7±0,1
Толщина головы	10,80± 0,12	11,11 ±0,15	10,26± 0,02	9,38± 0,38	10,9±0,1	11,0±0,1
Толщина хвостового стебля	4,60± 0,15	4,50± 0,19	4,98± 0,004	4,96± 0,18	4,4±0,1	4,5±0,1
Ширина лба	7,30± 0,07	8,11± 0,08	8,01± 0,03	8,68± 0,26	7,4±0,1	8,3±0,1

Изменчивость самок янтарной форели по данному показателю оказалась ниже, чем у самцов (C_v составил 7,3 % и 17,0 % соответственно), а у форели датского происхождения наоборот самки были более вариабельны по массе тела (C_v составил 19,6 % и 17,4 % соответственно) (табл. 13). Достоверных различий по массе тела между самками и самцами не установлено (табл. 13, 14).

Таблица 13

Коэффициент вариации морфометрических признаков ремонта форели

Признаки	Белорусские популяции форели			
	янтарная		датская	
	самки	самцы	самки	самцы
Масса, г	7,3	17,0	19,6	17,4
Длина всей рыбы	8,7	5,8	8,9	5,0
Длина по Смигу	7,6	4,7	6,9	6,2
Коэффициент упитанности	8,4	9,5	11,6	5,9
Длина туловища	12,6	11,4	11,5	6,3
Длина рыла	7,9	8,2	19,5	7,4
Диаметр глаза	11,7	7,4	7,7	10,4
Длина головы	10,9	2,8	11,6	6,4

Признаки	Белорусские популяции форели			
	янтарная		датская	
	самки	самцы	самки	самцы
Длина хвостового стебля	8,3	3,7	8,8	5,6
Высота головы у затылка	8,0	7,3	13,0	9,2
Наибольшая высота тела	4,4	5,4	11,8	7,5
Наименьшая высота тела	1,7	4,0	10,9	7,1
Наибольший обхват тела	5,7	6,0	9,8	7,0
Наименьший обхват тела	3,4	3,7	9,2	5,9
Толщина тела	4,3	5,2	23,7	10,9
Толщина головы	3,5	4,3	12,6	12,8
Толщина хвостового стебля	10,3	13,3	9,5	11,3
Ширина лба	3,0	3,1	17,1	9,4

Таблица 14

Критерий значимости различий морфометрических признаков форели разного происхождения

Признаки	Группы сравнения							
	янтарная– датская		янтарная– датская		литературные данные (янтарная)		литературные данные (датская)	
	самки	самцы	самки	самцы	самки	самцы	самки	самцы
Масса, г	1,02	1,70	6,90	7,10	0,25	1,30	6,67	7,64
Коэффициент упитанности	0,83	0,67	3,59	4,14	2,97	16,85	0,12	3,61
Длина всей рыбы	0,11	1,81	4,46	6,00	–	–	–	–
Длина по Смиуту	0,36	1,88	3,21	6,91	1,78	3,42	16,86	11,18
Длина туловища	1,08	1,63	0,99	1,26	–	–	–	–
Длина рыла	12,2	3,12	42,57	7,80	8,4	0,24	40,29	9,67
Диаметр глаза	2,25	1,99	1,50	6,07	11,73	0,59	1,96	1,86
Длина головы	6,83	0,13	5,21	0,83	5,48	11,37	4,15	8,22

Признаки	Группы сравнения							
	янтарная– датская		янтарная– датская		литературные данные (янтарная)		литературные данные (датская)	
	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы
Длина хвостового стебля	0,69	0,88	1,33	2,80	0,7	0,97	17,78	1,04
Высота головы у затылка	4,67	1,27	3,02	1,26	2,88	6,02	19,57	3,53
Наибольшая высота тела	0,53	2,15	0,25	1,16	6,65	4,92	10,03	5,05
Наименьшая высота тела	2,69	1,15	4,51	1,24	0,36	0,06	1,22	1,46
Наибольший обхват тела	0,97	0,06	2,42	2,42	0,89	0,72	4,31	2,82
Наименьший обхват тела	0,54	0,28	9,18	3,62	0,64	1,48	19,41	4,70
Толщина тела	1,04	0,67	11,41	1,82	0,30	0,70	8,65	2,42
Толщина головы	13,33	2,15	4,43	4,23	0,25	0,55	6,27	4,12
Толщина хвостового стебля	0,42	0,06	2,53	1,75	1,11	0,00	5,80	3,25
Ширина лба	7,27	2,16	0,93	2,09	0,82	1,56	5,86	2,69

Также не установлено статистически достоверных различий по массе тела между янтарной форелью из опытной группы с данными, представленными в каталоге пород, кроссов и одомашненных форм рыб России и СНГ. Отличия датской форели от литературных данных статистически достоверны [74].

Средняя длина самок янтарной форели составила 44,13 см, самцов – 43,97 см, различия между ними не достоверны, у датской форели наблюдается та же тенденция некоторого преимущества самок

по длине тела, но различия не достоверны. Длина самцов и самок янтарной форели по Смиту около 43 см, и различия между ними по этому показателю не достоверны ($P > 0,1$). Величина этого показателя у самок датской форели несколько больше, чем у самцов (39,16 см против 37,1 см), но различия также не достоверны. По литературным данным, величина этого показателя несколько больше, чем в белорусских популяциях (45,5 см – самки и 46,4 см – самцы). Достоверность различий самок янтарной форели с литературными данными не установлена, для самцов различия статистически достоверны ($P < 0,01$). Двухлетки датской форели по указанным признакам уступают литературным данным с высокой степенью достоверности. По рассмотренным абсолютным показателям датская форель уступает янтарной, различия статистически достоверны ($P < 0,001$). Эти показатели относятся к слабо варьирующим признакам – коэффициент вариации менее 10,0 % (табл. 15).

Таблица 15

Достоверность различий морфометрических признаков форели разного происхождения

Признаки	Группы сравнения							
	янтарная– датская		янтарная– датская		литературные данные (янтарная)		литературные данные (датская)	
	самки	самцы	самки	самцы	самки	самцы	самки	самцы
Масса, г	>0,1	>0,1	<0,001	<0,001	>0,1	>0,1	<0,001	<0,001
Длина всей рыбы	>0,1	<0,05	≈0,02	<0,001	–	–	–	–
Длина по Смиту	>0,1	<0,05	<0,01	<0,001	≈0,1	<0,01	<0,001	<0,001
Коэффициент упитанности	>0,1	>0,1	<0,01	<0,001	≈0,01	<0,001	>0,1	<0,01
Длина туловища	>0,1	>0,1	>0,1	>0,1	–	–	–	–
Длина рыла	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	>0,1	<0,001	<0,001
Диаметр глаза	<0,05	<0,05	>0,1	<0,001	<0,001	>0,1	<0,05	<0,05

Признаки	Группы сравнения							
	янтарная– датская		янтарная– датская		литератур- ные данные (янтарная)		литератур- ные данные (датская)	
	самки	самцы	самки	самцы	самки	самцы	самки	самцы
Длина головой	<0,001	>0,1	<0,001	>0,1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Длина хвостового стебля	>0,1	>0,1	>0,1	≈0,01	>0,1	>0,1	<0,001	>0,1
Высота головой у затылка	<0,01	>0,1	<0,001	>0,1	≈0,01	<0,001	<0,001	<0,01
Наиболь- шая высота тела	>0,1	<0,05	>0,1	>0,1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Наимень- шая высота тела	<0,05	>0,1	<0,001	>0,1	>0,1	>0,1	>0,1	>0,1
Наиболь- ший обхват тела	>0,1	>0,1	≈0,02	<0,05	>0,1	>0,1	<0,001	≈0,01
Наимень- ший обхват тела	>0,1	>0,1	<0,001	<0,01	>0,1	>0,1	<0,001	<0,001
Толщина тела	>0,1	>0,1	<0,001	<0,05	>0,1	>0,1	<0,001	<0,05
Толщина головой	<0,001	<0,05	<0,001	<0,001	>0,1	>0,1	<0,001	<0,001
Толщина хвостового стебля	>0,1	>0,1	<0,02	≈0,1	>0,1	>0,1	<0,001	<0,01
Ширина лба	<0,001	<0,05	>0,1	≈0,05	>0,1	>0,1	<0,001	<0,02

Из относительных показателей наиболее важен коэффициент упитанности. У изученных самок и самцов янтарной форели коэффициент упитанности близок по значению (около 1,6), и его величина в белорусской популяции значительно выше литературного

прототипа (1,44 для самок и 1,31 для самцов), преимущества белорусской популяции янтарной форели статистически достоверны. Величина коэффициента упитанности у радужной форели датского происхождения значительно ниже, чем у янтарной, его среднее значение составляет около 1,4. Отличия между популяциями статистически достоверны ($P < 0,001$ и $P < 0,01$), различия между самками и самцами статистически не достоверны. Остальные фенотипические признаки представляют собой относительные показатели, рассчитанные к длине тела по Смиуту, выраженные в процентах.

При сравнении морфометрических признаков между полами янтарной Адлерской форели установлено, что по признакам длина туловища, длина рыла, длина головы, высота головы у затылка, ширина лба самки уступали самцам (рис. 11).

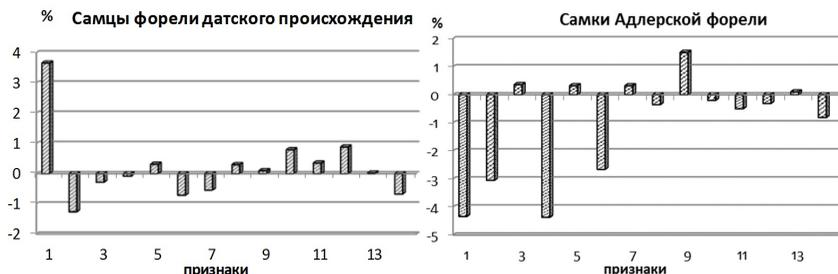


Рис. 11. Диаграммы различия относительных морфометрических показателей у самок и самцов белорусских популяций форели:

- 1 – длина туловища; 2 – длина рыла; 3 – диаметр глаза; 4 – длина головы; 5 – длина хвостового стебля; 6 – высота головы у затылка; 6 – наибольшая высота тела; 7 – наименьшая высота тела; 8 – наибольший обхват тела; 9 – наименьший обхват тела; 10 – толщина тела; 11 – толщина головы; 12 – толщина головы; 13 – толщина хвостового стебля; 14 – ширина лба

Показатели: диаметр глаза, длина хвостового стебля, наибольшая высота тела, наименьший обхват тела у самок несколько выше, чем у самцов. У самок форели датского происхождения показатели длины рыла, высоты головы у затылка, наибольшей высоты тела, наименьшего обхвата и ширины лба ниже, чем у самцов. Некоторое преимущество самок наблюдается по показателям длины тела, длины хвостового стебля, наименьшей высоты тела, толщины головы.

Среди показателей, характеризующих относительную длину частей тела рыбы, достоверные различия по длине самок и самцов установлены по длине рыла, относительная длина которого у самцов выше, чем у самок янтарной (8,27 % против 5,22 %), у датской

различия несколько ниже (12,78 % против 11,50 %). Установленные различия статистически достоверны. Относительная длина средней части головы и, соответственно, относительная длина всей головы у самцов выше, чем у самок с высокой степенью достоверности ($P < 0,001$). Такое же соотношение у самок и самцов по показателю относительной высоты головы у затылка.

Сравнение с литературными данными показывает, что величина головы у янтарной форели из белорусской популяции статистически достоверно ниже ($P < 0,001$). Среди показателей, характеризующих относительную высоту головы и тела, значительные статистические различия между самками и самцами установлены для янтарной форели. По относительной высоте тела у затылка и наименьшей высоте тела для датской форели наблюдается некоторое преимущество, но различия не достоверны. По относительному показателю наибольшей высоты тела самки янтарной форели обладают небольшим преимуществом по сравнению с самцами, хотя различия статистически недостоверны.

Литературные данные по величине показателя относительной высоты головы и наибольшей высоты тела ниже, чем в белорусской популяции янтарной форели, а значения показателя, характеризующего наименьшую высоту тела, практически совпадают. Форель датского происхождения из племенного стада в основном характеризуется более низкими показателями по сравнению с литературными данными.

У самцов обеих популяций отмечена большая ширина лба по сравнению с самками (различия статистически достоверны). Толщина хвостового стебля у самок и самцов близка по величине. По относительным величинам толщины тела, наибольшего и наименьшего обхвата тела различий между полами не установлено. Статистически достоверных различий по указанным признакам толщины и обхвата тела белорусской популяции янтарной форели от данных, приведенных в литературе, не установлено, показатели форели датского происхождения ниже.

Сравнение морфометрических показателей, популяций янтарной Адлерской форели и форели датского происхождения, сформированных в республике, указывает на некоторые их различия (рис. 12).

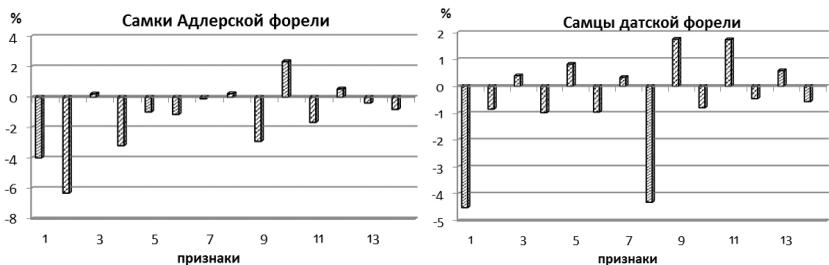


Рис. 12. Диаграммы показателей морфометрических признаков белорусских популяций форели и литературные данные:

- 1 – длина туловища; 2 – длина рыла; 3 – диаметр глаза; 4 – длина головы; 5 – длина хвостового стебля; 6 – высота головы у затылка; 6 – наибольшая высота тела; 7 – наименьшая высота тела; 8 – наибольший обхват тела; 9 – наименьший обхват тела; 10 – толщина тела; 11 – толщина головы; 13 – толщина хвостового стебля; 14 – ширина лба

Самки янтарной форели только по признакам (наибольшая высота тела, наименьший обхват тела, толщина головы) превосходят форель датского происхождения, остальные относительные показатели у нее несколько ниже. Различия по большинству признаков статистически достоверны, за исключением относительной длины туловища, диаметру глаза, наибольшей ширине тела, и ширине лба. У самцов янтарной форели относительная длина туловища, длина рыла, длина головы, высота у затылка, наименьшая высота, наибольший обхват, толщина головы, ширина лба несколько ниже, чем у форели датского происхождения. Среди этих признаков установлены статистически значимые различия между самцами двух популяций по длине рыла, наименьшему обхвату тела, толщине головы, ширине лба. Самцы янтарной форели по сравнению с датской отличаются относительно большей величиной диаметра глаза, длиной и толщиной хвостового стебля, наибольшим обхватом тела (различия статистически достоверны).

6.5.6. Сравнительная характеристика интерьерных признаков ремонтных групп белорусских популяций форели

При морфологическом исследовании использовали по 10 экз. самок и самцов двухлеток форели разного происхождения (табл. 16). Средняя масса подобранного для исследования материала янтарной

форели составила 1333 г самки и 1416 г самцы, форели датского происхождения – 910 г самки и 793 г самцы. Достоверных различий по массе тела между самками и самцами не установлено (табл. 17). Между опытным материалом разного происхождения отмечены отличия: двухлетки янтарной форели имели большую среднюю массу, чем у форели датского происхождения.

Таблица 16

Интерьерные признаки самцов и самок янтарной форели

Признаки	Относительная масса, %							
	Янтарная Адлерская форель				Форель датского происхождения			
	Самки		Самцы		Самки		Самцы	
	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\frac{\bar{X} \pm S \bar{X}}{S \bar{X}}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv
Масса, г	1333± 29,6	7,3	1416± 76,1	17,0	910± 53,7	19,6	793± 43,56	17,4
Тушка	72,50± 0,57	2,5	70,55± 0,65	2,9	75,43± 1,02	3,3	73,05± 1,76	7,9
Плавники	0,90± 0,02	7,0	1,06± 0,02	7,2	1,05± 0,03	9,0	1,57± 0,04	8,8
Жабры	1,92± 0,04	7,5	2,32± 0,06	7,7	2,18± 0,07	8,2	2,79± 0,08	9,0
Голова	5,18± 0,14	8,4	7,84± 0,16	6,4	6,33± 0,41	6,5	8,06± 0,20	7,7
Печень	2,32± 0,15	20,0	1,26± 0,02	5,0	2,70± 0,13	15,2	1,03± 0,03	8,1
Желчный пузырь	0,08± 0,005	21,1	0,08± 0,004	20,3	0,09± 0,003	10,5	0,06± 0,004	19,2
Сердце	0,10± 0,01	23,1	0,15± 0,02	26,7	0,11± 0,01	28,7	0,13± 0,01	20,8
Селезенка	0,12± 0,01	24,6	0,12± 0,01	26,3	0,14± 0,01	26,3	0,10± 0,008	21,3
Кишечник	5,06± 0,07	4,4	5,23± 0,11	6,9	5,80± 0,08	4,4	4,28± 0,14	10,6
Жир (полостной)	2,13± 0,14	20,8	1,73± 0,13	25,1	2,48± 0,12	15,3	1,42± 0,10	22,9

Признаки	Относительная масса, %							
	Янтарная Адлерская форель				Форель датского происхождения			
	Самки		Самцы		Самки		Самцы	
	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv
Скелет	2,23± 0,05	7,0	2,28± 0,05	6,6	2,59± 0,05	6,1	1,87± 0,04	7,7
Гонады	4,46± 0,84	90,7	4,88± 0,30	19,8	0,09± 0,001	3,5	5,57± 0,58	32,7

Таблица 17

Достоверность различий интерьерных признаков форели разного происхождения

Признаки	Группы сравнения							
	янтарная–датская				янтарная–датская			
	самки		самцы		самки		самцы	
	t	P	T	P	t	P	t	P
Тушка	2,55	<0,05	1,06	<0,05	2,50	≈0,02	1,33	>0,1
Плавники	14,14	<0,001	10,40	<0,001	4,17	<0,001	11,40	<0,001
Жабры	5,55	<0,001	5,74	<0,001	3,23	<0,01	4,30	<0,001
Голова	7,63	<0,001	3,79	<0,01	2,69	<0,02	3,79	<0,01
Печень	7,00	<0,001	12,52	<0,001	1,91	<0,1	1,32	>0,1
Желчный пузырь	–	–	0,29	>0,1	0,54	>0,1	3,53	<0,01
Сердце	3,57	<0,01	1,41	>0,1	7,09	<0,001	0,89	>0,1
Селезенка	–	–	3,12	<0,01	14,14	<0,001	1,56	>0,1
Кишечник	1,30	>0,1	9,43	<0,001	6,96	<0,001	5,34	<0,001
Жир (полостной)	2,02	≈0,05	6,79	<0,001	1,90	<0,1	1,89	>0,1
Скелет	0,71	>0,1	11,24	<0,001	5,62	<0,001	6,40	<0,001
Гонады	0,47	>0,1	9,45	<0,001	5,20	<0,001	0,84	>0,1

Всего изучено 12 интерьерных признаков, характеризующих относительную массу различных частей тела. Установлено, что относительная масса тушки, плавников, жабр, головы, кишечника и скелета характеризуется низкой изменчивостью, с коэффициентом вариации (C_v) менее 10 % (от 2,5 % до 9,0 %). Показатели относительной массы некоторых внутренних органов – желчного пузыря, сердца, селезенки, полостного жира и гонад – отличаются высокой изменчивостью с коэффициентом вариации 20 % и более. Большая разница между самками и самцами установлена по показателям относительной массы головы, тушки и печени. Высокой изменчивостью характеризуется относительная масса гонад у самок янтарной форели – 90,7 %. Это обусловлено тем, что среди изученных двухлетков относительная масса гонад самок этого происхождения колебалась в широких пределах от 7,5 % до 0,05 %. У двухлетков самок форели датского происхождения гонады развиты значительно слабее, их относительная масса составляет всего 0,09 % от массы тела. Низкий коэффициент вариации свидетельствует том, что самки этой группы в целом отстают от самок янтарной форели по темпу полового созревания.

Большинство самцов из обеих изученных популяций половозрелы, относительная масса их гонад составляет 4,88 % у янтарной и 5,57 % у датской. Коэффициент вариации достаточно высокий, особенно для популяций датской форели (19,8 и 32,7 соответственно). Это свидетельствует о высокой вариабельности данного признака у двухлетков форели, выращенных в условиях Беларуси, то есть часть двухлетних самцов созрела и может быть использована в нересте, а часть еще не готова к нересту. Наличие изменчивости по темпу созревания дает возможность проведения отбора быстро созревающих особей и формирования племенного ремонтно-маточного стада с ускоренным темпом полового созревания.

Представляется важным исследование полового диморфизма интерьерных признаков имеющихся в Беларуси популяциях форели. Разница относительной массы частей тела между самками и самцами янтарной форели и форели датского происхождения представлены диаграммой (рис. 13).

Относительная масса тушки у самок на 1,95 %, у датской на 2,38 % выше, чем у самцов, и поскольку изменчивость по данному показателю невысокая, различия достоверны ($P < 0,05$) (см. табл. 13). Относительная масса плавников, жабр, головы и сердца у самок ниже, чем у самцов. Установленные различия статистически достоверны ($P < 0,001$).

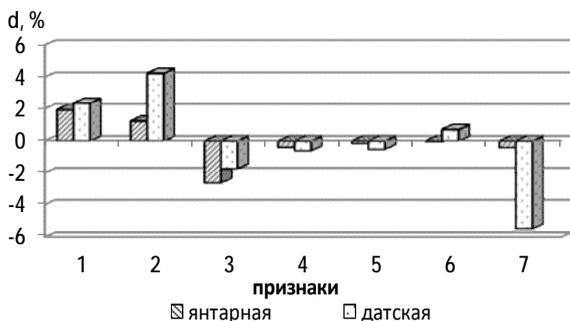


Рис. 13. Диаграмма показателей относительных интерьерных признаков самок и самцов в возрасте двухлетков белорусских популяций янтарной Адлерской и датской форели:

1 – тушка; 2 – внутренние органы; 3 – голова; 4 – жабры; 5 – плавники; 6 – скелет; 7 – гонады

Относительная масса печени и полостного жира у самок несколько выше, чем у самцов (различия статистически достоверны). Между самками и самцами не установлено статистических различий по относительной массе желчного пузыря, селезенки кишечника (у самок больше, чем у самцов). В целом разница между суммарной величиной относительной массы внутренних органов составляет 1,24 % для янтарной форели и 4,26 % для датской. Относительная масса головы, жабр и плавников у самцов выше, чем у самок, причем различия статистически достоверны для обеих популяций.

При сравнении самок и самцов разного происхождения из белорусских популяций янтарной Адлерской форели и форели датского происхождения установлено, что относительная масса тушки у янтарной форели ниже, чем у датской (рис. 14). Однако фактически достоверные различия по этому признаку наблюдаются лишь между самками (см. табл. 8). Относительная масса головы у самок янтарной форели ниже, чем у самок датской, а у самцов, наоборот, выше, причем разница статистически достоверна. Суммарная относительная масса внутренних органов у самок двухлетков янтарной форели меньше, чем датской. Такое же соотношение этого показателя характерно и для самцов, но разница значительно ниже. Величины относительной средней массы жабр и плавников у янтарной форели ниже, хотя различия и незначительны. Гонады самок янтарной форели более развиты по сравнению с датской, у самцов, наоборот, янтарная уступает датской.

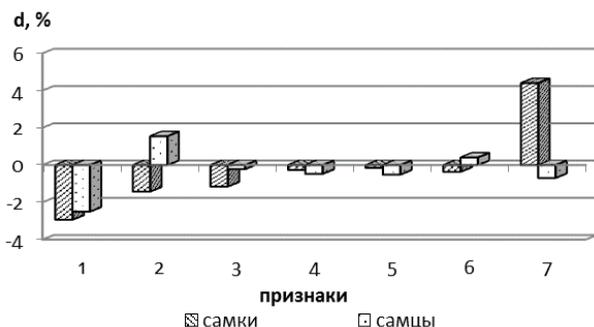


Рис. 14. Диаграмма показателей относительных интерьерных признаков двухлетков самок и самцов белорусских популяций янтарной Адлерской и форели датского происхождения:

1 – тушка; 2 – внутренние органы; 3 – голова; 4 – жабры; 5 – плавники; 6 – скелет; 7 – гонады

Одним из основных показателей пищевой ценности рыб является соотношение масс частей тела рыбы, которое определяется, прежде всего, выходом мяса (относительная масса минус относительная масса скелета). В результате проведенных исследований установлено, что несколько меньшей пищевой ценностью характеризуются двухлетки (самки и самцы) из популяции датского происхождения по сравнению с янтарной Адлерской. В обеих популяциях проявляется общепризнанная тенденция увеличения пищевой ценности самок по сравнению с самцами.

Некоторые части тела, например, голова рыбы (не только форели) также используются в пищу. У форели датского происхождения относительная масса головы несколько выше, чем у янтарной, у самцов выше, чем у самок. По итогам сравнения пищевой ценности преимуществами обладают самки и самцы из популяции форели датского происхождения.

6.5.7. Биохимические показатели состава тела ремонтных групп радужной форели из различных популяций

6.5.7.1. Биохимические показатели состава тела сеголетков радужной форели

Содержание сухого вещества в теле форели отражает содержание жира и белка и меняется по мере роста рыбы [35]. При истощении

вместе с падением жирности уменьшается также содержание белка в теле, количество воды и золы увеличивается. Поэтому для оценки физиологического состояния рыбы необходимо установить отклонение от нормального содержания сухого вещества в теле рыбы. Показатель сухого вещества определяли путем высушивания пробы до постоянной массы в сушильном шкафу и взвешивания на аналитических весах.

Содержание жира в теле рыбы определяли методом, основанным на экстракции ацетоном и отгонке ацетона. Известно, что по мере роста рыба становится жирнее, и норма жирности для нее меняется. Жирность рыбы влияет на содержание сухого вещества в ее теле. Однако зависимость между содержанием сухого вещества и жира в теле неодинакова для различных размерных групп рыб.

По данным И. Я. Клейменова [125], мясо лососей имеет следующий химический состав: влага – 67,1%–68,8 %, сырой протеин – 18,2%–18,3 %, жир – 8,7%–10,6 %, зола – 0,6%–1,7 %. Автор отмечает, что эти цифры дают представление о колебаниях содержания влаги, протеина, жира и минеральных веществ. Однако не вполне и не всегда могут совпадать с действительным содержанием этих веществ в рыбе разного физиологического состояния.

Содержание белка в теле определялось титриметрическим методом определения азота по Кьельдалю с последующим пересчетом результатов на сырой протеин. Содержание белка в теле рыбы может меняться в зависимости от целого ряда причин. При истощении рыбы количество белка в теле уменьшается, прежде всего, из-за обводнения ткани. Но содержание белка может несколько уменьшаться и благодаря повышению жирности [33].

Содержание золы в теле рыбы определялось весовым способом. Высушенная и взвешенная навеска сжигалась в муфельной печи, затем взвешивалась на аналитических весах. Содержание золы в теле рыбы имеет возрастную динамику, которая заключается в повышении зольности по мере роста. При истощении содержание золы в теле увеличивается.

Следует иметь в виду, что норма всех биологических показателей меняется с возрастом, зависит от породы, сезона, особенностей технологического процесса.

В форелеводческий рыбопитомник БГСХА (Горки) осуществлялся завоз оплодотворенной икры для дальнейшего выращивания посадочного материала из различных источников. Одновременно в выростном комплексе выращивали сеголетков французского

и российского происхождения, у которых исследовали биохимический состав тела. Сеголетки разного происхождения значительно отличались по массе тела (табл. 18). Несмотря на то, что сеголетки из популяции французского происхождения были значительно крупнее, чем из российской, их коэффициент упитанности по Фультону оказался ниже 1,66 против 1,70. Сеголетки из российской популяции отличались и несколько большим количеством сухого вещества в теле рыбы. Содержание сухого вещества в теле форели отражает содержание жира и белка и меняется по мере роста рыбы. То есть в конце сезона сеголетки форели из французской популяции, достигшие большей массы тела, оказались в не благоприятных условиях и их физиологическое состояние несколько ухудшилось. Об этом свидетельствует и увеличение содержания влаги в теле рыбы.

Известно, что по мере роста рыба, как правило, становится жирнее, и норма жирности для нее меняется. Жирность рыбы влияет на содержание сухого вещества в ее теле. У сеголетков содержание жира в сыром веществе составило 21,57 % (французская популяция) и 24,45 % (российская популяция), в сухом 4,97 % и 5,95 % соответственно (табл. 18). Причем в данном случае более мелкие сеголетки из популяции российского происхождения характеризуется повышенным содержанием жира по сравнению с более крупными сеголетками французского происхождения. В сырой пробе также наблюдалось преимущество форели российского происхождения, составляющее 0,98 %.

Таблица 18

Показатели химического состава тела сеголетков форели разного происхождения

Наименование образца	Средняя масса, г	КФ	Сухое вещество, %	Влага, %	Протеин, %		Жир, %		Зола, %	
					I	II	I	II	I	II
Сеголеток форели (французского происхождения)	45,67 ±2,17	1,66 ±0,01	23,04 ±0,04	76,96 ±0,04	76,79 ±0,17	17,69 ±0,03	21,57 ±0,06	4,97 ±0,21	5,52 ±0,19	1,27 ±0,05
Сеголеток форели (российского происхождения)	29,43 ±17,08	1,70 ±0,01	24,34 ±0,01	75,66 ±0,01	74,11 ±0,10	18,04 ±0,03	24,45 ±0,16	5,95 ±0,20	5,47 ±0,08	1,33 ±0,07
Оценка достоверности разницы между популяциями										
D	16,24	0,04	1,30	1,30	2,68	0,35	2,88	0,98	0,05	0,06

Наименование образца	Средняя масса, г	КФ	Сухое вещество, %	Влага, %	Протеин, %		Жир, %		Зола, %	
					I	II	I	II	I	II
T	6,04	2,83	31,59	31,55	13,59	8,45	16,85	3,79	0,23	0,69
P	<0,001	≈0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	>0,1	>0,1

Примечания: I – содержание в сухом веществе; II – содержание во влажной пробе; КФ – здесь и далее, показатель коэффициент питательности по Фультону.

У сеголетков радужной форели французского происхождения содержание протеина в сухом веществе на 2,68 % больше, чем у сеголетков из популяции российского происхождения (см. табл. 18). Установленная разница статистически достоверна. В последней группе содержание сухого вещества выше. При пересчете на сырую пробу его оказалось на 0,35 % больше у сеголетков российского происхождения (разница статистически достоверна). Отличие по содержанию минеральных веществ (зола) между двумя популяциями не велико и статистически не достоверно.

Из рассмотренных биохимических показателей сеголетков радужной форели более вариабельными оказались показатели содержания минеральных веществ с коэффициентом вариации 4,62 %–16,64 % (табл. 19).

Таблица 19

Коэффициент вариации (Cv, %) химического состава мышц сеголетков форели

Наименование образца	Средняя масса	КФ	Сухое вещество	Влага	Протеин		Жир		Зола	
					I	II	I	II	I	II
Сеголеток форели (французского происхождения)	15,02	1,90	1,92	0,16	0,700	0,540	0,881	13,36	10,88	12,45
Сеголеток форели (российского происхождения)	17,08	1,86	0,13	0,04	0,430	0,530	0,210	10,60	4,62	16,64

По остальным биохимическим показателям состава тела сеголетков радужной форели коэффициенты вариации не высоки и соответствуют низкому уровню изменчивости [20]. Это определило наличие статистически значимых различий между двумя популяциями.

В целом отличия по содержанию в сухой пробе протеина и минеральных веществ у сеголетков популяции французского происхождения выше, по содержанию жира ниже, чем у сеголетков российского происхождения (рис. 15).

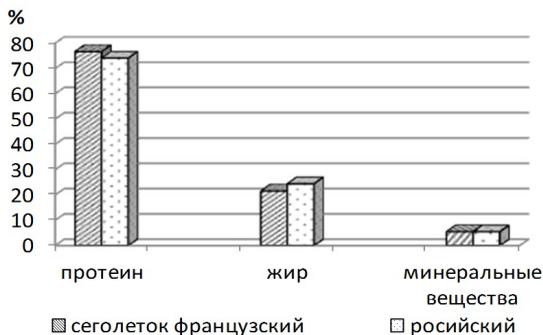


Рис. 15. Диаграмма показателей состава сухого вещества у сеголетков форели французского и российского происхождения

При сопоставлении состава тела (влажная проба) наблюдается тенденция к увеличению протеина, жира и минеральных веществ у сеголетков российского происхождения, несмотря на значительное отставание последних по массе тела (рис. 16).

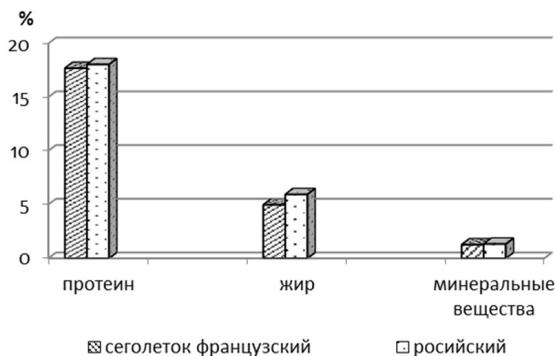


Рис. 16. Диаграмма биохимического состава сеголетков форели французского и российского происхождения (влажная проба)

Таким образом, при сравнении состава тела сеголетков радужной форели из двух популяций французского и российского происхождения установлено некоторое преимущество сеголетков форели из популяции российского происхождения по следующим показателям: коэффициент упитанности Фультона, содержание сухого вещества в теле рыбы, а также содержания в сырой пробе протеина, жира, минеральных веществ. Это свидетельствует о несколько лучшем физиологическом состоянии сеголетков форели из российской популяции, несмотря на то, что они уступали по массе тела сеголеткам из популяции французского происхождения.

6.5.7.2. Биохимический состав мышц двухлетков радужной форели

Для исследования биохимического состава мышц тела взята репрезентативная выборка двухлетков форели в количестве 16 экз., масса тела которых в среднем составила 873 г, с колебаниями от 585 до 1095 г (табл. 20).

Таблица 20

Показатели биохимического состава мышц двухлетков форели

№ образ-ца	Мас-са, г	КФ	Сухое веще-ство, %	Влага, %	Протеин, %		Жир, %		Минеральные вещества, %	
					I	II	I	II	I	II
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1095	1,83	34,75 ±0,20	65,25 ±0,20	55,78 ±0,17	19,38 ±0,13	38,22 ±0,06	13,28 ±0,05	3,21 ±0,01	1,12 ±0,08
2	1009	1,78	33,10 ±0,04	66,90 ±0,04	57,03 ±0,14	18,88 ±0,03	33,20 ±0,06	10,99 ±0,16	3,36 ±0,02	1,11 ±0,01
3	1046	1,82	34,12 ±0,04	65,88 ±0,04	63,97 ±0,03	21,83 ±0,01	35,58 ±0,03	12,14 ±0,02	3,85 ±0,03	1,31 ±0,01
4	1083	1,76	33,61 ±0,05	66,39 ±0,05	61,84 ±0,25	20,78 ±0,03	27,04 ±0,14	9,09 ±0,15	3,80 ±0,15	1,27 ±0,07
5	904	1,73	33,53 ±0,08	66,47 ±0,08	57,85 ±0,39	19,40 ±0,12	39,44 ±0,06	13,62 ±0,12	3,37 ±0,21	1,16 ±0,08
6	971	1,84	33,07 ±0,10	66,93 ±0,10	59,69 ±0,11	19,74 ±0,51	29,58 ±0,17	10,99 ±0,08	4,73 ±0,17	1,56 ±0,04

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	871	1,72	33,73 ±0,04	66,27 ±0,04	63,69 ±0,17	21,48 ±0,03	31,13 ±0,25	10,50 ±0,21	3,84 ±0,19	1,29 ±0,01
8	1070	1,9	33,68 ±0,05	66,32 ±0,05	57,45 ±0,08	19,35 ±0,02	39,40 ±0,12	13,27 ±0,06	4,54 ±0,08	1,51 ±0,02
9	967	1,92	34,98 ±0,03	65,02 ±0,03	55,75 ±0,15	19,50 ±0,05	31,04 ±0,02	10,86 ±0,2	3,38 ±0,05	1,19 ±0,01
10	745	1,72	33,39 ±0,06	66,61 ±0,06	58,96 ±0,18	19,69 ±0,06	32,82 ±0,15	10,96 ±0,30	3,60 ±0,15	1,20 ±0,07
11	708	1,93	34,88 ±0,08	65,12 ±0,08	64,08 ±0,17	22,35 ±0,03	31,88 ±0,05	11,12 ±0,14	3,96 ±0,06	1,38 ±0,10
12	642	1,80	33,53 ±0,15	66,47 ±0,15	66,56 ±0,30	22,31 ±0,41	30,78 ±0,05	10,25 ±0,17	4,00 ±0,01	1,33 ±0,02
13	639	1,75	32,92 ±0,50	67,08 ±0,50	64,84 ±0,02	21,34 ±0,03	29,31 ±0,06	9,65 ±0,05	4,27 ±0,08	1,41 ±0,04
14	808	1,76	32,46 ±0,41	67,54 ±0,41	66,07 ±0,14	21,45 ±0,32	30,12 ±0,18	9,78 ±0,24	4,82 ±0,15	1,56 ±0,05
15	585	1,57	31,72 ±0,09	68,28 ±0,09	67,26 ±0,27	21,33 ±0,42	24,62 ±0,03	7,81 ±0,02	5,05 ±0,01	1,60 ±0,15
16	832	1,80	33,43 ±0,05	66,57 ±0,05	64,99 ±0,34	21,73 ±0,17	28,59 ±0,53	9,56 ±0,11	3,55 ±0,08	1,29 ±0,10
$\bar{x} \pm S$	873±	1,79±	33,56±	66,59±	63,98±	20,99±	32,19±	10,95±	3,79±	1,39±
\bar{x}	42,85	0,02	0,03	0,04	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,001
Нор-матив		1,9 ±0,21		63,4- 74,4		18,2- 23,3		8,7- 14,0		0,6- 1,7

Примечания: I – содержание в сухом веществе; II – содержание во влажной пробе.

Коэффициент вариации по этому признаку достаточно высок (19,6 %), что характеризует исследуемую популяцию двухлетков как высоко вариабельную по массе тела (табл. 21). Коэффициент упитанности по Фультону (КФ) значительно менее вариабельный признак с минимальным значением 1,57 и максимальным 1,93. В среднем его величина составляет 1,79 с коэффициентом вариации 5,0 %, что значительно ниже, чем по массе тела. Очевидно, этот расчетный показатель является менее изменчивым, чем масса тела [67].

Таблица 21

Коэффициент вариации C_v показателей химического состава мышц
двухлетков форели, %

№ об- разца	C_v							
	Сухое вещество	Влага	Протеин		Жир		Зола	
			I	II	I	II	I	II
1	1,00	0,53	0,53	1,16	0,27	0,65	0,54	2,97
2	0,21	0,10	0,65	0,27	0,31	2,52	1,03	1,56
3	0,26	0,10	0,08	0,08	0,15	0,28	1,35	1,32
4	0,25	0,13	0,70	0,25	0,90	2,86	6,84	9,55
5	0,41	0,21	1,17	1,07	0,26	1,53	7,90	8,45
6	0,52	0,26	0,32	4,47	0,99	1,26	6,22	4,44
7	0,20	0,10	0,46	0,24	1,39	3,46	8,57	1,34
8	0,26	0,13	0,24	0,18	0,53	0,78	3,05	2,29
9	1,50	0,08	0,47	0,44	0,11	3,19	2,57	2,91
10	0,31	0,16	0,53	0,53	0,79	0,47	7,22	7,10
11	0,40	0,21	0,46	0,23	0,27	2,18	2,62	9,75
12	0,77	0,32	0,78	3,18	0,28	2,87	0,43	2,46
13	2,63	1,29	0,05	1,00	0,35	0,90	3,24	4,91
14	2,73	1,05	0,37	2,58	1,03	0,42	5,39	5,55
15	0,49	2,28	0,69	3,41	0,21	0,44	0,34	6,24
16	0,26	0,13	0,91	1,35	3,21	1,99	3,90	3,53
\bar{x}	0,72	0,45	0,53	1,28	0,69	1,61	3,83	4,61

Каждая проба, отобранная для исследования состава мышц, обрабатывалась в трехкратной повторности. Это дало возможность определить коэффициент вариации (C_v , %) по основным показателям биохимического состава мышц товарной форели.

В основном низкие коэффициенты вариации свидетельствуют о высокой точности определения содержания сухого вещества, влаги, протеина и жира. При определении количества минеральных веществ у отдельных рыб установлено повышение коэффициента вариации.

Содержание жира в сухом веществе двухлетков колебалось в пределах от 24,62 % до 39,44 %, в сырой пробе – от 7,81 % до 13,62 %, составляя в среднем 32,19 % и 10,95 % соответственно. Минимальное содержание жира у одного из 16 экз. составило 7,81 %, что ниже 8,7 %, допустимых по нормативу. Отдельные особи по

содержанию жира приближаются к максимальному значению, указанному в литературе [49, 50]. Средний же уровень соответствует нормативным требованиям (рис. 17).

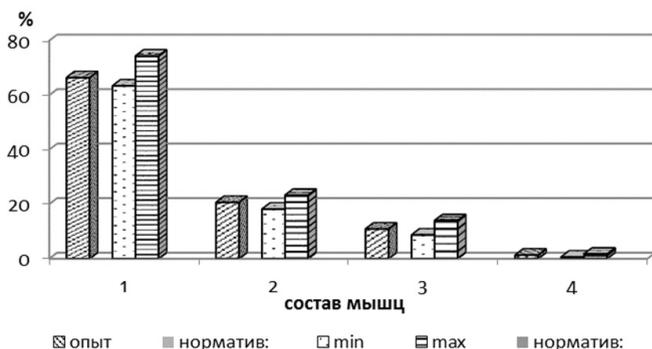


Рис. 17. Диаграмма биохимических показателей мышц двухлетков форели (в сравнении с нормативными требованиями):
1 – влага; 2 – протеин; 3 – жир; 4 – минеральные вещества

Минимальное содержание протеина в сухом веществе составляет 55,78 %, максимальное – 67,29 %, в сыром мясе – 18,88 % и 22,35 % соответственно, то есть содержание протеина соответствует нормативным требованиям. Среднее количество протеина в мышцах двухлетков радужной форели (16 экз. – 48 определений) составляет 20,66 %, что выше минимально допустимых значений.

Содержание минеральных веществ в сухой пробе по отдельным рыбам составляет от 3,21 % до 3,74 %, в сыром веществе на долю минеральных веществ приходится от 1,11 % до 1,60 % (в среднем – 1,33 %). Эти показатели соответствуют нормативным данным (0,6 %–1,7 %), рассчитанным для товарной форели. То есть полученные данные биохимического состава тела двухлетков форели имеют средние величины между минимально допустимыми и максимальными требованиями (см. рис. 17).

Полученные результаты исследования массы тела, коэффициента упитанности и биохимического состава мышц позволяют провести предварительную оценку взаимосвязи изученных показателей с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмэна (R_s) (табл. 22) [100, 109].

Коэффициент ранговой корреляции Спирмэна между показателями химического состава тела, коэффициентом упитанности и массой тела

Сравниваемые признаки	R_s	Сравниваемые признаки	R_s
1–2	0,41	3–5	–0,34
1–3	0,50	3–7	0,53
1–4	–0,26	3–9	–0,33
1–5	–0,72	3–6	0,13
1–6	–0,48	3–8	0,53
1–7	0,45	3–10	–0,33
1–8	0,52	4–5	–0,04
1–9	–0,52	4–7	–0,40
1–10	–0,47	4–9	0,55
2–3	0,63	4–6	0,03
2–4	–0,11	4–8	–0,37
2–5	–0,09	4–10	0,50
2–6	0,14	5–7	–0,51
2–7	0,37	5–9	0,66
2–8	0,42	6–8	–0,38
2–9	0,08	6–10	0,45
2–10	0,14	7–9	–0,49
3–4	–0,36	8–10	–0,35

Примечания: 1–10 номера признака: 1 – масса тела, 2 – коэффициент упитанности, 3 – сухое вещество, 4 – влага, 5 – протеин в сухом веществе, 6 – протеин в сырой пробе, 7 – жир в сухом веществе, 8 – жир в сырой пробе, 9 – минеральные вещества в сухом веществе, 10 – минеральные вещества в сырой пробе.

Между массой самого тела и коэффициентом упитанности, содержанием сухого вещества, жира в сухой и влажной пробе установлена положительная корреляционная зависимость с коэффициентом ранговой корреляции 0,41–0,52.

Между массой тела, содержанием протеина и минеральных веществ в сухой и влажной пробе установлена отрицательная взаимосвязь (R_s составляет от –0,47 до – 0,72). Между массой тела и содержанием влаги коэффициент корреляции низкий (–0,26), хотя и он указывает на отрицательную связь. Между коэффициентом

упитанности и содержанием сухого вещества, а также жира в сырой пробе установлена положительная взаимосвязь с достаточно высоким коэффициентом ранговой корреляции – 0,63 и 0,42 соответственно. Остальные показатели состава тела слабо коррелируют с коэффициентом упитанности по Фультону. Установлена некоторая отрицательная зависимость между содержанием сухого вещества и влаги ($R_s = -0,36$). Примерно на таком же уровне установлена корреляция между содержанием сухого вещества и протеина в сухом веществе, а также содержанием минеральных веществ в сухой и влажной пробах. Положительная корреляционная зависимость установлена между содержанием сухого вещества и жира в сырой пробе. Отрицательная взаимосвязь на уровне $R_s = -0,40$ и $-0,37$ выявлена между количеством влаги и жира. Достаточно высокая корреляция установлена между содержанием влаги и минеральных веществ (0,55 и 0,50). Содержание протеина и жира находятся в отрицательной взаимосвязи $R_s = -0,51$, протеин и минеральные вещества в положительной: $R_s = 0,66$. Подобная взаимосвязь сохраняется между этими показателями во влажной пробе, хотя коэффициент ранговой корреляции и несколько ниже: $R_s = -0,38$ и $-0,45$. Содержание жира и минеральных веществ находятся в отрицательной зависимости.

Таким образом, двухлетки радужной форели с большей массой тела имеют более высокие показатели коэффициента упитанности по Фультону и повышенное содержание сухого вещества и жира, но содержание протеина и минеральных веществ у них снижено. Высокая корреляционная зависимость установлена между коэффициентом упитанности и количеством сухого вещества, некоторая взаимосвязь выявлена и с количеством жира в сырой пробе.

6.5.7.3. Морфометрическая характеристика производителей форели, отобранных для проведения нереста

В первой декаде января на садковой линии в рыбопитомнике «Новолукомльский» Чашникской ПМК бонитировке было подвергнуто все имеющееся маточное стадо форели в количестве 440 экз. На основании результатов бонитировки для нереста было отобрано 155 самок и 137 самцов. Масса самок в общем стаде колебалась от 1,2 до 3,0 кг. Для нереста были отобраны средневозрастные самки – четырех- и шестигодовики, средней массой 1,2–1,8 кг. Масса самцов

в общем стаде колебалась от 0,9 до 2,2 кг. Производители для преднерестового содержания были разделены на три класса по степени их готовности к нересту (выделение икры и молок при легком надавливании на брюшко) и с учетом фенотипических особенностей самок и самцов. Бонитировку форели по массе и экстерьерным признакам проводили согласно общепринятым методикам при проведении племенной работы с форелью [62]. На основании проведенных исследований, по отдельным морфометрическим показателям установлены различия между самками и самцами (табл. 23). После бонитировки все производители были размещены на садковой линии.

Таблица 23

Морфометрические показатели производителей форели, отобранных для нереста

Признаки	Янтарная				Датская			
	Самки		Самцы		Самки		Самцы	
	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	C_v	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv
Масса, г	1950,0± 49,8	8,1	2110,0± 68,7	10,5	2097,3± 104,1	15, 7	2252,0± 47,7	6,7
Размеры тела, см								
Длина всей рыбы	50,1± 1,07	6,8	53,8± 0,80	4,7	51,3±0,66	4,1	54,4±0,36	2,1
Длина по Смиту	49,8± 0,85	5,4	52,6± 0,85	5,1	50,3±0,62	3,9	53,6±0,44	2,6
Длина туловища	35,9± 0,67	5,9	35,0± 6,20	6,0	36,7±0,31	2,7	35,7±0,48	4,3
Длина головы	9,9±0,14	4,5	11,5± 0,20	5,5	10,5±0,33	10,1	13,2±0,25	6,0
Высота головы	8,1±0,16	6,3	9,5±0,64	4,8	8,5±0,16	6,1	9,7±0,14	4,7

Признаки	Янтарная				Датская			
	Самки		Самцы		Самки		Самцы	
	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv
Длина рыла	5,5±0,13	7,7	8,1±0,21	8,1	5,7±0,17	9,7	8,8±0,10	3,7
Диаметр глаза	1,5±0,03	6,1	1,75±0,04	7,2	1,4±0,03	5,6	1,9±0,06	9,8
Ширина лба	3,7±0,09	7,5	4,7±0,10	6,5	3,8±0,10	8,6	4,9±0,08	4,9
Наибольшая высота	14,9±0,32	6,8	14,3±0,35	7,8	14,6±0,15	3,3	14,1±0,47	10,5
Наименьшая высота	4,7±0,08	5,4	4,8±0,09	6,1	4,7±0,08	5,5	5,1±0,77	4,3
Длина хвостового стебля	7,8±0,20	8,2	7,8±0,19	7,9	8,1±0,25	9,7	7,9±0,11	4,5
Толщина головы	5,5±0,12	7,0	6,3±0,13	6,4	5,8±0,13	7,4	6,4±0,06	2,8
Толщина тела	6,2±0,15	7,9	6,1±0,15	7,8	6,3±0,16	8,0	6,7±0,18	8,6
Толщина хвостового стебля	2,5±0,07	8,9	2,5±0,06	8,0	2,5±0,10	12,1	2,8±0,09	10,9
Наибольший обхват	32,4±0,78	7,6	32,6±0,84	8,2	33,9±0,91	8,5	34,7±0,38	3,5
Наименьший обхват	12,1±0,31	8,1	12,1±0,05	7,7	12,6±0,25	6,2	12,5±0,30	7,6

Самцы из популяций янтарной Адлерской и форели датского происхождения имеют большую голову по сравнению с самками, несмотря на меньшую массу их тела. У самок янтарной форели длина головы составляет 9,9 см, у самцов – 11,5 см, у датской – 10,47 и 13,2 см соответственно. Такое же соотношение отмечено по другим признаками, характеризующими размер головы: высота головы самок – 8,1 и 8,5, самцов – 9,5 и 9,7 (янтарная и датская соответственно); длина рыла у самок – 5,5 и 5,7, самцов – 8,1 и 8,8 см; ширина лба самок – 3,7 и 3,8, самцов – 4,7 и 4,9 см.

Некоторые отличия между полами установлены и по признаку «наибольшая высота тела»: у самок величина этого показателя несколько выше – 14,9 (янтарная) и 14,6 см (датская), у самцов ниже – 14,3 и 14,1 см соответственно.

Значительных отличий морфометрических признаков между популяциями янтарной Адлерской форели и форели датского происхождения не выявлено.

Относительные морфометрические показатели, определенные у отобранных для нереста производителей форели, указывают на половой диморфизм относительного размера головы: С/Л составляют у самок 19,8 %, у самцов – 21,9 % (янтарная); 20,3 % и 24,2 % (датская) (табл. 24). Некоторые различия наблюдаются и по показателю высокоспинности (I/H), который у самок составляет 3,8, у самцов 3,7 см (янтарная); 3,7 и 3,6 см (датская). Отмечается также некоторая тенденция к увеличению коэффициента упитанности у самок по сравнению с самцами: 1,53 и 1,55 против 1,45 и 1,40.

Таблица 24

Относительные морфометрические показатели производителей форели

Признаки	Янтарная				Датская			
	Самки		Самцы		Самки		Самцы	
	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	Cv
Коэффициент упитанности	1,53±0,12	4,1	1,45±0,03	7,5	1,55±0,06	12,1	1,40±0,02	4,2
Коэффициент высокоспинности, I/H	3,70±0,04	3,6	3,89±0,05	4,1	3,66±0,10	8,7	3,73±0,04	2,3
Толщина хвостового стебля, h/l	0,32±0,01	9,9	0,32±0,01	6,4	0,31±0,01	9,9	0,35±0,01	5,1
Относительный размер, %								
Голова, С/Л	19,76±0,17	2,7	21,86±0,26	3,8	20,32±0,40	6,3	24,2±0,40	5,3
Толщина тела, Вг/l	12,35±0,12	3,1	11,6±0,21	5,7	12,19±0,20	5,2	12,40±0,33	8,4
Обхват тела, О/l	65,10±0,95	4,6	63,90±1,21	6,0	66,40±1,57	7,2	64,74±0,67	3,3

По остальным изученным относительным морфометрическим показателям существенных различий между самками и самцами не установлено.

Таким образом, в результате сравнительной оценки абсолютных и относительных морфометрических показателей установлен половой диморфизм по признакам, характеризующим размер головы (у самцов больше, чем у самок). По относительной высоте тела и коэффициенту упитанности наблюдается также некоторое преимущество самок по сравнению с самцами.

6.5.7.4. Рыбохозяйственные показатели производителей, икры, личинок и сеголетков форели разного происхождения

Характеристика воспроизводительных признаков самок популяций Адлерской янтарной форели и датского происхождения

Разделение стада на три группы обеспечивало их равномерное использование в нерестовой кампании без повторного осмотра на предмет готовности к нересту, то есть отдачи икры. Этот рыбоводный прием полностью исключал травматизацию производителей и дополнительный стресс самок и самцов в преднерестовый период.

В I партию для нереста были взяты 99 самок и 88 самцов, во II – 56 самок и 49 самцов, в III – молодые трехгодовалые производители, более готовые к нересту, – 3 самки и 5 самцов.

Объем эякулята у самцов I и II партий был высоким и составлял 10–14 мл, что полностью обеспечивало оплодотворение всей полученной икры [10, 60].

Из отобранных для нереста в I партию самок 81,8 % особей отдали икру полностью, но у 12,0 % самок икра была низкого качества, имела бледный желтый цвет, и ее не использовали для получения потомства. На инкубацию в аппараты Аткенса заложили икру только от 69 самок, в объеме 8 л, или около 121 тыс. экз. Во II партии из 56 самок отдали икру 73,2 %, на инкубацию от них заложили 5 л икры, что составило 75 тыс. экз. Три трехгодовалые самки дали 450 г икры, что составило 7,5 тыс. экз. Для племенных целей была отобрана и заложена в отдельные аппараты Аткенса более крупная по размеру икра золотистого цвета, полученная от более крупных самок. Невысокие репродуктивные признаки самок форели связаны с неудовлетворительными условиями нагула,

обусловленными дефицитом высокобелковых сбалансированных комбикормов. Репродуктивные признаки самок радужной форели, выращенных в рыбопитомнике «Новолукомльский» Чашникской ПМК, представлены в табл. 25.

Таблица 25

Репродуктивные признаки самок радужной форели,
выращенных в рыбопитомнике «Новолукомльский», Чашникская ПМК

№ п/п	Возраст, годовики	Масса самки, г	Рабочая плодовитость 1 самки		Количество икринок в 1 г, экз.	Масса 1 икринки, мг	Отношение массы икры к массе самки, %
			масса икры, г	тыс. экз.			
1	3	1800	160	2,56	16	62,5	11,1
2	3	3000	240	3,36	14	62,5	10,9
3	3	2700	200	2,80	14	58,8	9,3
4	3	2100	240	3,60	15	58,8	9,5
5	3	1600	180	2,88	16	62,5	8,4
6	3	1600	210	2,88	16	58,8	8,7
7	3	2200	160	3,36	16	58,8	8,0
8	4	1800	200	2,72	17	62,5	8,6
9	4	2100	130	2,80	14	66,7	8,8
10	4	1600	220	3,52	17	62,5	9,2
11	4	2100	260	3,90	16	62,5	9,7
12	4	3000	220	3,30	15	62,5	10,5
13	4	2700	260	3,90	15	62,5	9,8
14	4	2600	240	3,36	15	71,4	8,8
15	4	2700	160	3,36	14	66,7	8,7
16	4	2100	140	3,36	15	62,5	9,4
17	4	1800	180	2,10	15	62,5	10,2
18	5	2100	160	2,52	14	66,7	8,1
19	5	1700	210	2,72	17	71,4	8,8
20	5	2700	240	3,36	14	66,7	6,9
21	5	3100	180	3,36	14	71,4	8,8
22	6	2600	200	2,70	15	71,4	7,7
23	6	2600	260	3,00	15	71,4	8,7
24	6	2100	140	2,24	16	71,4	8,1

№ п/п	Возраст, годовики	Масса самки, г	Рабочая плодовитость 1 самки		Количество икринок в 1 г, экз.	Масса 1 икринки, мг	Отношение массы икры к массе самки, %
			масса икры, г	тыс. экз.			
25	6	1800	160	2,72	17	71,4	8,1
N=25, $\bar{X} \pm S \bar{X}$		2254± 96,11	197,1± 7,71	2,81± 0,21	15,44± 0,21	65,07 ±1,76	8,77± 0,29
Cv		21,4	19,8	6,5	13,7	13,7	6,8

Для оценки качественных показателей и получения чистопородного и помесного потомства было отобрано по 10 экз. самок из популяций Адлерской янтарной и радужной форели. Для получения потомства чистых линий и реципрокных кроссов отбирали производителей с массой тела не ниже 1,5 кг. Средняя масса самок янтарной форели была несколько ниже, чем у датской, разница составила 147,3 г (табл. 26, 27).

Таблица 26

Характеристика воспроизводительных качеств самок форели разной породной принадлежности

Признаки	Янтарная		Датская	
	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv
Масса самок, г	1950,0±49,85	8,1	2097,3±104,13	15,7
Масса гонад, г	318,0±18,00	17,9	324,5±21,34	20,8
Количество неоплодотворенных икринок в 1 г, экз.	16,0±0,39	7,8	17,1±0,38	7,1
Абсолютная плодовитость, экз.	5088,0±183,42	11,4	5548,9±189,51	10,8
Масса икры, полученной прижизненно от 1 самки, экз.	214,0±15,63	23,1	198,0±15,97	25,5
Количество оплодотворенных икринок в 1 г, экз.	17,8±0,42	7,5	18,4±0,33	5,7

Признаки	Янтарная		Датская	
	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv
Рабочая плодовитость, тыс. экз. от 1 самки	3,99±0,23	18,4	3,24±0,18	17,9

Таблица 27

Различия между самками двух популяций форели

Признаки	Янтарная – Датская		
	d	T	P
Масса самок, г	147,3	0,96	>0,1
Масса гонад, г	6,5	0,24	>0,1
Количество неоплодотворенных икринок в 1 г, экз.	1,1	2,02	≈0,05
Абсолютная плодовитость, экз.	460,9	1,75	≈0,1
Масса икры полученной прижизненно от 1 самки, экз.	16,0	0,73	>0,1
Количество оплодотворенных икринок в 1 г, экз.	0,6	1,12	>0,1
Рабочая плодовитость, тыс. экз. от 1 самки	0,20	0,67	>0,1

Как следствие, самки форели датского происхождения имели несколько большую массу гонад (324,5 против 318,0 г) и абсолютную плодовитость (5548,9 против 5088,0 экз. икринок). Однако нормированные отклонения этих признаков соответствуют уровню значимости более 0,1, то есть разница между самками использованных в нересте популяций статистически не достоверна. Масса икры, полученной прижизненно (рабочая плодовитость) от самок янтарной Адлерской форели, больше, чем от датской (214,0 против 198,0 г), соответственно, ее рабочая плодовитость также несколько выше: 93,8 против 3,6 тыс. экз. икринок на 1 самку. Количество неоплодотворенной и оплодотворенной икры в 1 г у форели датского происхождения больше. Однако указанные различия статистически не достоверны.

Следовательно, самки из обеих популяций форели, использованные для получения реципрокных кроссов и собственного воспроизводства,

имели близкие по величине показатели абсолютной и относительной плодовитости. По остальным признакам, характеризующим воспроизводительные качества самок, также не установлено статистически достоверных отличий. Хотя можно указать на тенденцию к увеличению абсолютной плодовитости форели датского происхождения и относительной плодовитости Адлерской янтарной форели.

Размерно-весовые показатели икры форели

В период нерестовой кампании икру от каждой самки сцеживали в отдельную емкость, на лабораторных весах ее взвешивали, затем отбирали пробу икры (1 г). В каждой пробе просчитывали количество икринок и умножали на всю массу икры, полученную от самки. Количество спермы, полученное от каждого самца, определяли объемным методом в мерных пробирках при ее сцеживании в период нереста [60, 61, 83, 86, 98]. Статистические показатели для выборки из 25 экз. определяли общепринятыми методами [97]. В процессе нереста от каждой самки были взяты пробы неоплодотворенной икры (по 30 экз. икринок в каждой пробе). В результате исследований размерно-весовых показателей икринок установлена значительная разница между средней массой икры форели датской линии и янтарной Адлерской (табл. 28). Их средняя масса составила 50,9 и 39,1 мг, соответственно, разница – 23,2 % (рис. 18).

Таблица 28

Размерно-весовые показатели икры форели разного происхождения

Породная принадлежность	Признаки			
	Масса, мг		Диаметр, мм	
	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv
Неоплодотворенная икра				
Родительские формы: радужная датская (Д)	6,9±1,05	10,1	2,00±0,03	8,1
Адлерская янтарная (Я)	39,1±0,77	10,8	1,95±0,03	7,9
Кроссы: датская × янтарная	55,7±0,99	14,3	1,98±0,03	9,4
янтарная х датская	39,2±0,99	13,9	1,89±0,03	8,9
Оплодотворенная икра (1 час)				
Родительские формы: радужная датская (Д)	51,1±1,74	18,7	2,01±0,03	9,5
Адлерская янтарная (Я)	44,4±1,17	14,5	1,95±0,03	7,9

Породная принадлежность	Признаки			
	Масса, мг		Диаметр, мм	
	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv
Кроссы: датская × янтарная	55,4±1,21	12,0	2,03±0,03	9,7
янтарная × датская	47,7±1,31	15,1	2,00±0,3	8,1
Органогенез (24-е сутки)				
Родительские формы:				
радужная датская (Д)	54,3±2,23	13,0	3,80±0,04	5,8
Адлерская янтарная (Я)	45,9±1,08	12,9	4,10±0,04	5,4
Кроссы: датская × янтарная	56,3±1,70	14,7	3,91±0,06	9,1
янтарная × датская	49,0±1,33	14,9	4,05±0,07	8,9

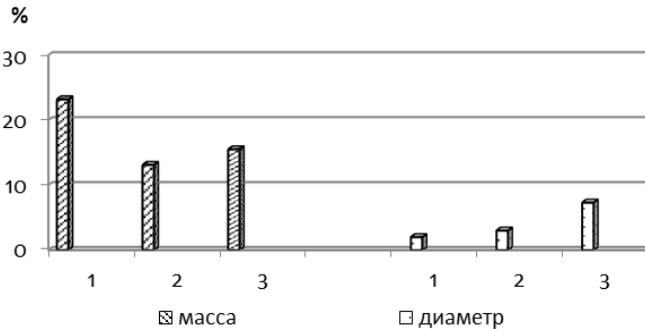


Рис. 18. Диаграмма различия по массе и диаметру икры популяций янтарной и датской форели:

1 – неоплодотворенная икра; 2 – оплодотворенная икра; 3 – органогенез

Такое соотношение массы икринок сохраняется и на последующих этапах развития. Через 1 час после оплодотворения средняя масса икринки датской линии составила 51,1 мг, янтарной – 44,4 мг (разница 13,1 %). В период органогенеза проводили отбор проб развивающейся икры. Разница по средней массе икринок между двумя популяциями сохраняется и составляет 8,4 мг (15,5 %). В результате исследований размера (диаметра) икринок существенных различий между двумя популяциями форели не установлено. Средний диаметр неоплодотворенной икры форели датского происхождения составил 2,00 мм, янтарной – 1,95 мм (разница 2 %).

После оплодотворения сохраняется незначительное преимущество датской форели, диаметр ее икры примерно на 3 % выше, чем янтарной. В последующем, наоборот, икра Адлерской янтарной форели оказалась на 7,3 % крупнее [60, 61].

При оплодотворении икры было проведено воспроизводство чистых родительских форм радужной датской и янтарной Адлерской популяций, а также получены между ними реципрокные кроссы. Средняя масса икринок кросса датская × янтарная оказалась выше, чем всех остальных групп (55,4 мг). Отличие этого сочетания от родительских форм по средней массе икринки составило 7,8 % (датской породной принадлежности) и 13,9 % (Адлерской янтарной) (рис. 19). В последующем сохраняется такое же преимущество кросса датская × янтарная по массе икринки.

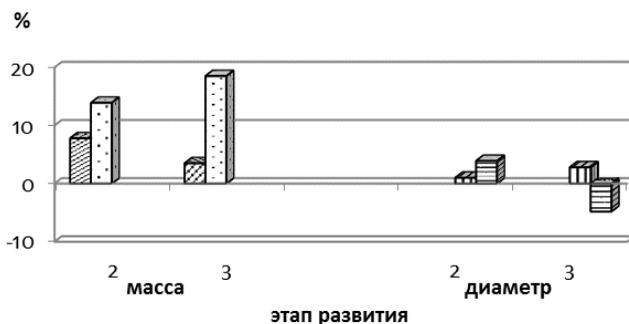


Рис. 19. Диаграмма отклонения размерно-весовых показателей кросса датская × янтарная от родительских форм:

1 – неоплодотворенная икра; 2 – оплодотворенная икра; 3 – органогенез

На стадии органогенеза средняя масса икринки кросса датская × янтарная оказалась на 2,6 % выше, чем у форели датского происхождения, и на 10,4 % выше, чем у янтарной. Отличия этой комбинации от родительских форм по диаметру икринок незначительны.

Реципрокный кросс янтарной Адлерской с радужной датского происхождения янтарная × датская по массе икринки оказался промежуточным между родительскими формами. Средняя масса его икринок после оплодотворения на 7,1 % была ниже, чем у форели датского происхождения и на 6,9 % выше, чем у янтарной (рис. 20). Такое же соотношение между кроссом и его родительскими формами сохраняется и в дальнейшем. Средняя масса икринок кросса ниже, чем у датской линии на 10,8 %, и на 6,3 % выше, чем у янтарной.

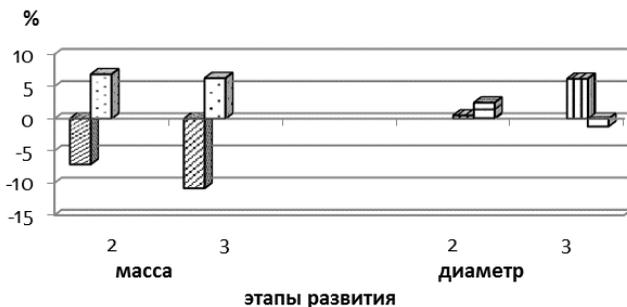


Рис. 20. Диаграмма размерно-весовых показателей кросса форели янтарная × датская в сравнении с родительскими формами:
 1 – неоплодотворенная икра; 2 – оплодотворенная икра; 3 – органогенез

Диаметр икры кросса янтарная × датская после оплодотворения оказался чуть выше, чем у форели из датской популяции (0,5 %), и на 2,5 % ниже, чем у янтарной. Средний диаметр икринки у этого сочетания выше, чем у отцовской формы (датская), на 6,2 % и на 1,2 % ниже, чем у материнской (Адлерская янтарная).

Таким образом, исследования размерно-весовых показателей икры форели разного происхождения на различных стадиях развития указывают на существенные отклонения между имеющимися популяциями, а так же кроссами и их родительскими формами. Установлено, что икра из популяции радужная датская крупнее, чем из популяции янтарная Адлерская. Различия, установленные на неоплодотворенной икре, сохраняются на последующих этапах развития. У кросса, полученного от скрещивания самок из датской популяции с самцами янтарной Адлерской, наблюдается преимущество размерно-весовых показателей икры по сравнению с родительскими формами, реципрокный кросс занимает промежуточное положение между материнским и отцовским компонентами скрещивания.

По показателю средней массы икринки установлен средний уровень изменчивости (10,0 %–20,0 %), по диаметру икры – низкий (5 %–10 %).

Установлен темп роста сеголетков форели разного происхождения в форелевом хозяйстве «Птичь».

В связи с недостатком выростных прудов в форелевом хозяйстве «Птичь» (Логойский район) выращивание сеголетков форели различного происхождения проводили в выростном цеху № 1, в бассейнах,

общий объем которых составляет 4,2 м³. Плотность содержания молоди форели в бассейнах составляет 1,2 тыс. экз. на 1 м³, что превышает нормативные требования на 20 % (норматив – 0,8–1,0 тыс. экз. на 1 м³). С целью обеспечения благоприятных условий выращивания каждые 10–12 дней проводили чистку бассейнов от продуктов жизнедеятельности и остатков корма, сортировку и пересадку молоди в другие чистые бассейны. Различия размерно-весовых показателей сеголетков внутри каждой чистой линии и реципрокных кроссов форели на первых этапах выращивания незначительны (табл. 29). До августа размерно-весовые показатели сеголетков чистой линии радужной форели датского происхождения и янтарной практически идентичны, оба реципрокных кросса незначительно уступают чистым линиям и практически сходны по величине [99, 101].

Таблица 29

Показатели темпа роста сеголетков форели разного происхождения в летний период в форелевом хозяйстве «Птичь»

Дата отбора проб	Породная принадлежность	Признаки			
		масса, г		длина, см	
		$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv
20.04.	Радужная датская	0,058 ± 0,003	21,0	2,09 ± 0,06	11,7
	Адлерская янтарная	0,050 ± 0,002	19,6	1,74 ± 0,06	12,9
	Кросс: датская × янтарная	0,060 ± 0,003	17,8	2,20 ± 0,06	10,1
	Кросс: янтарная × датская	0,054 ± 0,002	18,1	1,90 ± 0,05	9,5
6.05	Радужная датская	0,160 ± 0,008	19,3	2,51 ± 0,13	10,8
	Адлерская янтарная	0,155 ± 0,009	22,3	2,35 ± 0,12	11,1
	Кросс: датская × янтарная	0,180 ± 0,007	15,9	2,00 ± 0,11	8,6
	Кросс: янтарная × датская	0,160 ± 0,005	13,4	2,50 ± 0,09	7,9

Дата отбора проб	Породная принадлежность	Признаки			
		масса, г		длина, см	
		$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv
1.06	Радужная датская	1,080 ± 0,006	21,7	3,05 ± 0,10	12,9
	Адлерская янтарная	0,980 ± 0,007	29,9	3,07 ± 0,12	15,6
	Кросс: датская × янтарная	1,180 ± 0,006	19,0	3,10 ± 0,06	7,3
	Кросс: янтарная × датская	1,050 ± 0,004	15,4	3,09 ± 0,07	8,4
14.07	Радужная датская	1,130 ± 0,004	13,4	3,51 ± 0,04	4,4
	Адлерская янтарная	1,083 ± 0,004	14,6	3,42 ± 0,04	4,9
	Кросс: датская × янтарная	1,180 ± 0,002	5,7	3,80 ± 0,04	3,8
	Кросс: янтарная × датская	1,100 ± 0,002	7,7	3,65 ± 0,04	4,3
31.07	Радужная датская	1,430 ± 0,005	13,6	4,40 ± 0,05	4,8
	Адлерская янтарная	1,230 ± 0,005	15,9	4,00 ± 0,06	5,6
	Кросс: датская × янтарная	1,380 ± 0,002	5,7	4,20 ± 0,05	4,3
	Кросс: янтарная × датская	1,280 ± 0,003	7,9	4,20 ± 0,05	4,9
12.08	Радужная датская	2,400 ± 0,005	7,7	5,50 ± 0,11	8,7
	Адлерская янтарная	3,000 ± 0,018	22,9	5,60 ± 0,11	7,5
	Кросс: датская × янтарная	3,560 ± 0,062	6,7	5,80 ± 0,10	7,0
	Кросс: янтарная × датская	3,870 ± 0,083	8,3	5,90 ± 0,10	6,9

Дата отбора проб	Породная принадлежность	Признаки			
		Масса, г		Длина, см	
		$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv	$\bar{X} \pm S \bar{X}$	Cv
1.09	Радужная датская	5,510 ± 0,033	23,6	7,18 ± 0,27	14,8
	Адлерская янтарная	4,690 ± 0,025	20,9	6,55 ± 0,22	12,9
	Кросс: датская × янтарная	5,330 ± 0,029	20,9	6,50 ± 0,21	12,5
	Кросс: янтарная × датская	6,500 ± 0,033	19,9	7,71 ± 0,16	8,2

В августе установлено некоторое различие по темпу массонакопления и росту длины тела между гибридами и чистыми линиями (рис. 21, 21). Масса тела гибрида радужная датская × янтарная Адлерская оказалась на 1160 мг выше, чем радужной датской, и на 560 мг выше, чем янтарной Адлерской. Реципрокный кросс еще в большей степени отличался от родительских форм (на 1470 и 870 мг соответственно). Гибриды имели также и большую длину тела по сравнению с родительскими формами. В конце вегетационного периода (1.09) установлено преимущество по массе и длине тела гибрида Адлерская янтарная × радужная датская по сравнению с реципрокным кроссом и родительскими формами.



Рис. 21. График темпа массонакопления сеголетков радужной форели датской линии, Адлерской янтарной и их реципрокных гибридов

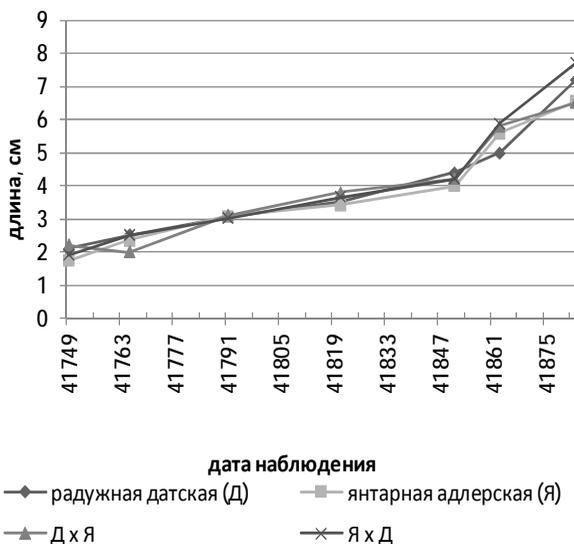


Рис. 22. График линейного роста сеголетков радужной форели датской линии, Адлерской янтарной и их реципрокных гибридов

Таким образом, в результате исследования темпа роста сеголетков форели радужной датской и янтарной Адлерской линий, а также реципрокных кроссов, полученных от их скрещивания, установлено, что различия по массе и длине тела проявляются к концу вегетационного сезона, что наблюдалось при выращивании кроссов карпа. В конце августа повышенным темпом роста характеризуется кросс янтарная Адлерская \times радужная датская. Эффект гетерозиса составляет 27,4 % по массе тела и 12,3 % по длине тела [43, 45, 48, 54, 55, 57].

Рыбохозяйственная характеристика сеголетков форели разного происхождения

В соответствии с программой научных исследований были выращены сеголетки из популяций янтарной форели российского происхождения и радужной датского происхождения и реципрокные кроссы, полученные от их скрещивания. Рыбохозяйственная характеристика опытных групп представлена в табл. 30.

Таблица 30

Рыбохозяйственная характеристика сеголетков форели разного происхождения

Происхождение	Посажено		Выловлено		Выживаемость, %	Затраты корма на кг прироста
	тыс. экз.	средняя масса, г	тыс. экз.	средняя масса, г		
Радужная датская (Д)	250	0,058	113	12,9	45,2	1,2
Адлерская янтарная (Я)	250	0,050	118	11,1	47,2	
Кросс: датская × янтарная	300	0,060	157	13,6	52,3	
Кросс: янтарная × датская	300	0,054	164	14,8	54,7	

Средняя масса сеголетков кроссов составила 14,2 г, что несколько выше, чем родительских форм (12,0 г). Средняя выживаемость, соответственно, 53,5 % и 46,2 %. Средняя масса кросса датская × янтарная несколько ниже, чем реципрокного сочетания, но выше, чем у обеих родительских форм. Индекс гетерозиса, рассчитанный по отношению к материнской форме, составил 5,4 %, к отцовской форме – 22,5 %, по отношению к средней величине массы тела родительских форм – 13,3 % (табл. 31).

Таблица 31

Сравнительная характеристика рыбохозяйственных показателей реципрокных кроссов и их родительских форм

Сравниваемые группы		Индекс гетерозиса, %	
кросс	родительские формы	по массе	выживаемости
датская × янтарная	Д	5,4	15,7
—«—	Я	22,5	10,8
—«—	\bar{X}	13,3	13,2
янтарная × датская	Я	33,3	15,9
—«—	Д	14,7	21,0
—«—	\bar{X}	23,3	18,4

Кросс датская × янтарная обладает некоторыми преимуществами по выживаемости сеголетков, которые составили 15,7 % по сравнению с материнским компонентом скрещивания и 10,8 % по сравнению с отцовским. Преимущество по сравнению со средней выживаемостью родительских форм составило 13,2 %.

Кросс янтарная × датская характеризуется более выраженным эффектом гетерозиса. Средняя масса его сеголетков выше, чем у материнской формы, на 33,3 %, отцовской – на 14,7 %, по сравнению со средним значением родителей – на 23,3 %. Индекс гетерозиса по выживаемости составил 15,9 % по отношению к материнской форме и 21,0 % по отношению к отцовской, в среднем – 18,4 %, то есть рецiproкные кроссы обладают некоторыми преимуществами при сравнении их с родительскими формами. Эффект гетерозиса более выражен у сочетания янтарная × датская.

Характеристика морфометрических признаков сеголетков двух популяций форели и их рецiproкных кроссов

Морфометрические признаки сеголетков из белорусских популяций (янтарной и датского происхождения), а также их рецiproкные кроссы представлены в табл. 32, 33. Для исследования морфометрических признаков отобраны сеголетки разного происхождения, отличающиеся средней массой тела, поэтому сравнительный анализ экстерьерных признаков опытных групп проводили по их относительным показателям.

Таблица 32

Абсолютные морфометрические признаки сеголетков двух популяций форели разного происхождения и их рецiproкных кроссов

Признаки	Породная принадлежность			
	Адлерская янтарная	Радужная датская	Кросс янтарная × радужная	Кросс радужная × янтарная
Масса тела, г	25,10	14,20	15,40	17,0
Длина всей рыбы, см	15,20	10,76	12,14	12,02
Длина тела по Смиту, см	13,74	10,02	8,40	11,26
Длина головы, см	3,22	2,60	2,70	2,58
Высота головы, см	2,14	1,86	1,92	1,80
Длина рыла, см	1,44	1,04	1,24	1,16

Признаки	Породная принадлежность			
	Адлерская янтарная	Радужная датская	Кросс янтарная × радужная	Кросс радужная × янтарная
Диаметр глаза, см	0,80	0,67	0,72	0,68
Ширина лба, см	1,98	0,62	0,85	0,84
Наибольшая высота тела, см	2,46	2,04	2,32	2,24
Наименьшая высота тела, см	1,10	0,76	1,50	1,14
Длина хвостового стебля, см	2,02	1,72	2,00	2,14
Толщина головы, см	1,40	1,12	1,2	1,12
Толщина тела, см	1,22	1,06	1,18	1,10
Толщина хвостового стебля, см	0,62	0,54	0,52	0,46
Обхват тела, см	7,16	6,02	6,8	7,32

Коэффициент упитанности у кросса янтарная × радужная оказался ниже, чем у обеих родительских форм, радужная × янтарная – выше. Это же сочетание характеризуется большей относительной длиной туловища и относительной величиной обхвата тела, меньшей относительной длиной головы по сравнению с родительскими формами и реципрокным кроссом. У кроссов отмечается несколько большая относительная длина хвостового стебля. Остальные исследования морфометрических показателей у сеголетков помесного происхождения имеют промежуточное значение между родительскими формами.

Таблица 33

Относительные морфометрические признаки сеголетков двух популяций форели разного происхождения и их реципрокных кроссов

Признаки	Породная принадлежность			
	Адлерская янтарная	Радужная датская	Кросс янтарная × радужная	Кросс радужная × янтарная
Коэффициент упитанности	1,06	1,18	0,97	1,46
Относительные показатели, выраженные в % от длины тела				
Длина туловища	69,8	71,5	69,8	72,2

Признаки	Породная принадлежность			
	Адлерская янтарная	Радужная датская	Кросс янтарная × радужная	Кросс радужная × янтарная
Длина головы	23,4	26,6	24,2	22,6
Высота головы	15,2	18,8	18,2	15,8
Длина рыла	12,0	10,2	10,6	10,1
Диаметр глаза	5,8	6,6	6,4	6,8
Ширина лба	8,0	6,0	7,5	7,2
Наибольшая высота тела	18,0	21,0	20,2	20,2
Наименьшая высота тела	10,6	17,2	12,8	10,8
Длина хвостового стебля	14,6	14,0	17,8	19,2
Толщина головы	9,2	11,6	10,5	10,6
Толщина тела	8,6	11,0	10,4	10,5
Толщина хвостового стебля	3,6	5,4	4,6	4,2
Обхват тела	51,6	61,6	59,6	65,4

Таким образом, установлена тенденция к улучшению отдельных экстерьерных показателей у сеголетков кроссов радужная × янтарная по сравнению с реципрокным кроссом и родительскими формами форели.

7. ОЦЕНКА РЕПРОДУКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ САМОК РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ ДАТСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ II ПОКОЛЕНИЯ И ОЦЕНКА ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ИКРЫ И МЯСА

Для исследования репродуктивных признаков в форелевом хозяйстве ЗАО «Птичь» Логойского района в период нерестовой кампании (январь 2019 г.) было отобрано 22 экз. разновозрастных самок радужной форели датского происхождения II поколения. Это стадо было выращено и сформировано из ремонтных групп, завезенных в возрасте годовиков из Польши в рыбопитомник «Новолукомльский» в 2009 г. Выращенные ремонтные группы от завозного материала были переданы в форелевое хозяйство «Птичь», где и было сформировано ремонтно-маточное стадо II поколения. Отбор икры и ее качественные показатели определяли отдельно для каждой особи. Выход этого ценного продукта у самок чистых линий составляет в среднем 8 %–9 % от массы самки (табл. 34). Как правило, у молодых самок выход икры по отношению к массе тела несколько выше, у отдельных самок он достигает 9 % и более. Как показывают морфологические исследования, отдельные самки форели (около 9 %) созревают в условиях Беларуси в трехгодовалом возрасте. Масса самок небольшая и колеблется от 1320 до 1410 г, соответственно, и масса икринок у таких особей небольшая и составляет 58,8–62,5 мг [113, 115]. Необходимо отметить, что ремонтно-маточное стадо форели в форелеводном хозяйстве «Птичь» постоянно кормят высокобелковыми форелевыми кормами импортного производства, что положительно сказывается на рыбохозяйственных показателях.

Таблица 34

Рыбохозяйственные признаки самок радужной форели датского происхождения II поколения, выращенных в прудовом форелевом хозяйстве ЗАО «Птичь», Логойский район

№ п/п	Возраст, годовики	Масса самки, г	Рабочая плодовитость 1 самки		Количество икринок в 1 г, экз.	Масса 1 икринки, мг	Отношение массы икры к массе самки, %
			масса икры, г	тыс. экз.			
1	3	1340	123	2,09	17	58,8	9,2

№ п/п	Возраст, годовики	Масса самки, г	Рабочая плодовитость 1 самки		Количество икринок в 1 г, экз.	Масса 1 икринки, мг	Отношение массы икры к массе самки, %
			масса икры, г	тыс. экз.			
2	3	1410	133	2,13	16	62,5	9,4
3	3	1320	122	2,07	17	59,0	9,3
4	3	1400	123	2,09	17	58,8	8,8
5	4	1600	134	2,28	17	62,5	8,4
6	4	1520	117	1,87	16	58,8	7,7
7	4	1480	138	2,34	17	58,8	9,3
8	4	1750	154	2,62	17	61,6	8,8
9	4	1560	141	2,29	16	66,6	9,1
10	4	1800	147	2,21	16	58,8	8,2
11	4	2000	164	2,79	17	58,8	8,2
12	4	1780	160	2,72	17	58,8	9,0
13	4	1860	156	2,50	16	62,5	8,4
14	4	1860	164	2,62	16	62,5	8,8
15	4	2000	176	2,83	16	62,5	8,8
16	4	2100	176	2,82	16	62,5	8,4
17	4	1900	160	2,40	15	66,6	8,4
18	5	2100	183	2,75	15	66,6	8,7
19	5	2420	194	2,91	15	66,6	8,0
20	5	2050	168	2,35	14	71,4	8,2
21	5	2210	157	2,36	15	66,6	7,1
22	5	2300	184	2,58	14	71,4	8,0
N=22, $\bar{x} \pm$ S \bar{x}		2254± 88,10	153,1 ±6,61	2,11± 0,24	16,00± 0,17	62,9± 1,68	8,85±0, 33
Cv		20,6	19,7	6,6	12,8	14,1	7,1

Более мелкую икру лососевых (самок первого срока нереста) лучше использовать как продукт питания, так как при ее инкубации выход мальков составляет не более 5 %–7 %. Высокими продуктивными показателями характеризуются самки форели в четырехгодовалом возрасте. Масса самок составляет 1480–2100 г,

соответственно, и масса икринок выше и составляет 58,8–66,6 мг. Пятигодовалых самок в стаде, как правило, остается значительно меньше, так как при отборе икры у самок в период нерестовой кампании идет их большая выбраковка из-за травматизации. В данной популяции стада шестигодовальные самки форели отсутствуют, так как к этому периоду были сформированы только стада пятигодовалого возраста. Самки пятигодовалого возраста характеризуются высокой массой тела (2100–2300 г) и продуцируют более крупную по массе икру (66,6–71,4 мг). Как правило, для получения посадочного материала используют икру средневозрастных самок – четырех- и пятигодовалых, что обусловлено более высокими результатами выживаемости потомства на ранних стадиях онтогенеза (вылупление личинок из икры, их выживаемость). Остальную, более крупную икру можно также использовать как ценный продукт питания.

Для получения высококачественных репродуктивных показателей самок форели их необходимо постоянно кормить высокобелковыми сбалансированными комбикормами.

Так, при плановом производстве 1200 т товарной форели выход икры должен составлять около 9–10 т (8 %–9 % – выход икры от массы самок форели). Такое количество икры отечественного производства значительно сократит ее импорт из России и дальнего зарубежья.

Икра лососевых видов рыб содержит большое количество желтка, что можно объяснить как эволюционный процесс приспособления к длительному процессу инкубации и недостатку кормовых объектов до перехода личинок форели к активному питанию [28, 44].

Наиболее ценными и энергоемкими веществами являются белки и липиды. Для их определения были применены следующие методы испытания: массовая доля белка – ГОСТ 26889–86, массовая доля жира – ГОСТ 7636–85, холестерин – МВИ. МН1364–2000. Исследования проведены РУП «Научно-практический центр гигиены». Для биохимических исследований неоплодотворенная икра радужной форели была отобрана у самок, выращенных в прудовых условиях форелевого хозяйства ЗАО «Птичь» Логойского района в период нерестовой кампании. Исследованиями установлено: содержание белка составляет 27,8 %–28,6 %, жира – 4,3 %–6,6 %, холестерина – 0,176–0,224 г/100 г (табл. 35) [117].

Биохимические показатели неоплодотворенной икры самок радужной форели, выращенных в форелевом хозяйстве ЗАО «Птичь», Логойский район

Наименование показателя, ед. изм.	Результаты испытания образцов							
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
Массовая доля белка, %	27,8	27,8	25,1	26,6	26,4	27,7	28,8	28,7
Массовая доля жира, %	4,3	5,1	6,6	4,3	4,9	4,7	5,1	4,8
Холестерин, г/100 г	0,2146	0,2146	0,3227	0,1762	0,1872	0,2002	0,1956	0,1889

Как показывают результаты биохимических исследований жирно-кислотного состава общих липидов проб икры радужной форели, значительную часть в них составляют полиненасыщенные жирные кислоты – 34,76 % от суммы всех жирных кислот. Основными из них являются: линолевая – 10,38 %, догозагексаеновая – 10,4 %, полиненасыщенная жирная арахидоновая – 3,71 %.

Содержание насыщенных жирных кислот составляет 17,05 % от всего количества жирных кислот, оставшиеся 31,9 % занимают мононенасыщенные жирные кислоты.

На основе концепции рационального питания [71], потребление полиненасыщенных жирных кислот, как эссенциального фактора питания, должно соответствовать 6 %–8 % энергетической ценности суточного рациона. Оптимальное суточное поступление линолевой кислоты должно составлять 8–10 г в сутки, линоленовой – 0,9–1,2 г и эйкозапентаеновой – 0,3–0,4 г.

На основании исследования биохимического состава мяса (белок) двухлетков форели, массой 585–1095 г установлено высокое содержание жира в сухом веществе – 24,62 %–39,44 %, в сырой пробе от 7,81 % до 13,62 %, что в среднем составляет 32,19 % и 10,95 % соответственно (табл. 36).

Таблица 36

Показатели химического состава мяса товарных двухлеток форели, выращенных в бассейнах рыбопитомника «Богушевский», Лиозненский район

№ образца	Масса рыбы, г	Сухое вещество, %	Влага, %	Протеин, %		Жир, %		Минеральные вещества, %	
				1	2	1	2	1	2
1	1950	34,75± 0,20	65,25 ±0,20	55,78 ±0,17	19,38 ±0,13	38,22 ±0,06	13,28 ±0,05	3,21± 0,01	1,12± 0,08
2	1009	33,10± 0,04	66,90 ±0,04	55,03 ±0,14	18,88 ±0,03	38,22 ±0,06	10,99 ±0,16	3,21± 0,02	1,11± 0,01
3	1046	34,12± 0,04	65,88 ±0,04	57,78 ±0,17	21,83 ±0,01	38,22 ±0,03	12,14 ±0,02	3,21± 0,03	1,32± 0,01
4	1083	33,61± 0,05	66,39 ±0,05	63,97 ±0,03	20,78 ±0,03	38,22 ±0,14	9,09± 0,15	3,21± 0,15	1,27± 0,07
5	904	33,53± 0,08	66,47 ±0,08	61,84 ±0,25	19,38 ±0,12	38,22 ±0,06	13,62 ±0,12	3,21± 0,21	1,16± 0,08
6	971	34,07± 0,10	66,93 ±0,10	59,69 ±0,11	19,70 ±0,51	29,58 ±0,17	10,99 ±0,08	4,73± 0,17	1,56± 0,04
7	871	33,73± 0,04	66,27 ±0,04	63,69 ±0,17	21,48 ±0,03	31,13 ±0,25	10,50 ±0,21	3,84± 0,19	1,29± 0,01
8	1070	33,68± 0,05	66,32 ±0,05	57,45 ±0,08	19,35 ±0,02	39,40 ±0,12	13,27 ±0,06	4,54± 0,08	1,51± 0,02
9	967	34,98± 0,03	65,02 ±0,03	55,75 ±0,15	19,50 ±0,05	31,04 ±0,02	10,86 ±0,20	3,38± 0,05	1,19± 0,01
10	745	33,39± 0,06	66,61 ±0,06	58,96 ±0,18	19,69 ±0,06	32,82 ±0,15	10,96 ±0,30	3,60± 0,15	1,20± 0,07
11	708	34,88± 0,08	65,12 ±0,08	64,00 ±0,17	22,35 ±0,03	31,88 ±0,05	11,12 ±0,14	3,96± 0,06	1,38± 0,10
12	642	33,53± 0,15	66,47 ±0,15	66,56 ±0,30	22,31 ±0,41	30,78 ±0,05	10,25 ±0,17	4,00± 0,01	1,33± 0,02
13	639	32,92± 0,50	67,08 ±0,50	64,84 ±0,02	21,34 ±0,03	29,31 ±0,06	9,65± 0,05	4,27± 0,08	1,41± 0,04
14	808	31,72± 0,09	67,54 ±0,41	66,07 ±0,14	21,45 ±0,32	30,12 ±0,18	9,78± 0,24	4,82± 0,15	1,56± 0,05
15	585	31,72± 0,09	68,28 ±0,09	67,27 ±0,27	21,33 ±0,42	24,62 ±0,03	7,81± 0,02	5,05± 0,01	1,60± 0,15

№ образца	Масса рыбы, г	Сухое вещество, %	Влага, %	Протеин, %		Жир, %		Минеральные вещества, %	
				1	2	1	2	1	2
16	832	33,43± 0,05	66,57 ±0,05	64,99 ±0,34	21,73 ±0,17	28,59 ±0,53	9,56± 0,11	3,55± 0,08	1,29± 0,10
$\bar{x} \pm S \bar{x}$	873± 42,85	33,56± 0,03	66,59 ±0,04	63,98 ±0,02	20,99 ±0,04	32,19 ±0,03	10,95 ±0,02	3,79± 0,02	1,39± 0,01
Норматив			63,4– 74,4		18,2– 23,3		8,7– 14,0		0,6– 1,7

Примечания: 1 – содержание в сухом веществе; 2 – содержание в сырой пробе.

Минимальное содержание протеина в сухом веществе составляет 55,78 %, максимальное – 67,29 %, в сырой пробе – 18,88 % и 22,35 % соответственно. Содержание минеральных веществ в сухой пробе составляет от 3,21 % до 3,74 %, в сырой пробе – от 1,11 % до 1,60 %, в среднем – 1,33 %. Статистическую обработку материала проводили на основе общепринятой методики [82].

Как свидетельствуют литературные данные, белки высокоценных видов рыб, в том числе и форели, характеризуется содержанием 8 незаменимых аминокислот: лизин, триптофан, метионин, лейцин, изолейцин, валин, треонин, фенилалин и необходимый детскому организму гистидин. Отсутствие в пище хотя бы одной незаменимой аминокислоты вызывает отрицательный азотистый баланс, нарушение деятельности центральной нервной системы, остановку роста и развития организма [71].

Поэтому необходимо ускорить наращивание объемов производства товарной продукции форелеводства не только за счет интенсивного использования производственных мощностей индустриальных комплексов Беларуси (УЗВ), но и садковых линий, бассейнов на открытых водотоках.

8. ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ СРЕДЫ СОДЕРЖАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП ФОРЕЛИ, ВЫРАЩИВАЕМЫХ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Для рыб вода – эта та среда обитания, которая на долгих путях эволюции определила их исходную форму, наиболее общие принципы строения тела, способы дыхания, питания, передвижения, размножения, поведения и многие другие особенности. Нет двух водоемов с одинаковой водой, одинаковым гидрологическим, гидрохимическим и температурным режимом, и это обусловило бесчисленные вариации в строении, форме и окраске тела рыб, их специализации, способах и средствах защиты от врагов и неблагоприятных для существования и развития факторов [9].

С температурными условиями среды обитания тесно коррелируют активность питания, роста, развития и размножения рыб. Рыбы – холодокровные животные, и вода, которая в целом не подвержена резким температурным изменениям, медленно поглощает тепло, но зато немедленно отдает его, что как нельзя лучше подходит для их обитания. Степень ее благоприятности для жизни рыб в плане температурного режима имеет свои пределы или ограничения и различна в разных местах в разное время года и суток. Температуры, благоприятные для одних видов рыб, могут быть неблагоприятными и даже неприемлемыми для других. Например, карп во время летнего нагула любит теплую воду (20 °С–30 °С), форель чувствует себя лучше и более активна в прохладной воде (на десять градусов ниже). Требования рыб к температурному фактору воды летом и зимой различны.

Важен для жизни рыб и химический состав воды. Для обитания одних видов приемлема только соленая морская вода, для других – пресная вода внутренних водоемов, третьи виды совершают определенные сезонные миграции из морей в реки и наоборот. Известно, что в теле пресноводных рыб концентрация соли выше, чем в окружающей среде, и вода все время стремится проникнуть в их организм. Чтобы преодолеть эту трудность и сохранить надлежащее равновесие, рыбам пресноводных водоемов приходится неустанно «выделять из себя воду».

Химическим составом обуславливается кислотность воды. Отношение к ней всех видов рыб примерно одинаковое: они не выдерживают высокой кислотности и предпочитают нейтральную или слегка щелочную воду. Поэтому болотистые водоемы с кислой ржавой водой для их жизни малопригодны, как малопригодны и воды с избытком разлагающейся органики, повышенным содержанием солей железа, наличием сероводорода, метана, больших количеств улекислоты и многих других веществ [46, 47].

Важнейшим фактором для жизни в воде является содержание в ней кислорода, при нехватке которого возможны массовые волнения рыбы и даже ее гибель. Разные виды рыб обладают различной степенью чувствительности к показателю содержания растворенного в воде кислорода. В поглощении кислорода из воды ведущее место принадлежит жаберному аппарату, в дыхании рыб принимает участие и ее кожа. Важную роль в жизни рыб играет скорость течения воды. Рыбы, разводимые в водоисточниках с быстрым течением, более чувствительны к недостатку растворенного в воде кислорода, как правило, имеют высокую клейкость икры, которая не так быстро сносится быстрым течением, а отдельные виды рыб даже закапывают икру, защищая ее от хищников и быстрого течения.

Большое значение в жизни рыб имеет прозрачность воды и ее освещенность. Одни виды рыб, например, европейский сом, не любит солнечного света, то есть обитает в затемненных участках водоемов, в то время как сиговые, лососевые и карповые виды предпочитают хорошо освещенные водоемы.

Концентрация растворенного в воде кислорода (O_2), величина водородного показателя (рН), температурный режим влияют на основные рыбохозяйственные показатели: темп массонакопления, выживаемость сеголетков и всех возрастных групп ремонтно-маточного стада и товарной продукции форели. Поэтому на всех стадиях технологических процессов, и в период летнего выращивания и период зимнего содержания, постоянно проводят контроль их величины [66].

Выращивание форели в рыбопитомнике «Новолукомльский» проводили при различных технологических условиях. Проведение нерестовой кампании: выдерживание производителей перед нерестом, отбор половых продуктов, инкубация икры и подращивание мальков, – проводили в инкубационном цеху рыбопитомника. Выращивание

товарной рыбы, содержание ремонтно-маточного стада проводили в земляных садках, на сбросном канале Новолукомльской ГРЭС. Содержание маточного стада и выращивание сеголетков в летний период проводили в сетчатых садках на оз. Слидцы. Так как водообеспечение инкубационного цеха, земляных садков осуществляется из канала ГРЭС, то и гидрохимические показатели их соответствуют водоисточнику.

В зимний период – нерестовая кампания (конец декабря – январь) – в инкубационном цеху качество воды не вполне соответствовало рыбободным нормативам. В водоподающем канале показатель рН воды колебался от 8,24 до 8,31, при норме 7,0–8,0, содержание растворенного в воде кислорода составляло 9,8–10,1 мг/л, значения температуры находились в пределах 4,4 °С–6,6 °С. Но даже такие гидрохимические и температурные условия позволили успешно проводить нерестовую кампанию. Подращивание личинок до стадии мальков массой 2,0–2,5 г проводили в этом же цеху до конца I декады мая. Но начиная со II декады мая значение температуры воды на водоподающем канале, следовательно, и в лотках с сеголетками форели резко повысилось до 22,1 °С. Этот температурный фактор способствовал быстрой пересадке всех групп сеголетков, ремонтного стада и производителей на садковую линию оз. Слидцы. Показатели гидрохимического и температурного режима на садковой линии оз. Слидцы в летний период представлены в табл. 37.

Таблица 37

Показатели гидрохимического и температурного режима на садковой линии оз. Слидцы

Месяц, декада	Т, °С		О ₂ , мл/л		рН	
	lim	X	Lim	X	lim	X
Июнь, I	20,0–22,0	21,0	6,9–7,3	7,2	8,9–8,9	8,9
II	18,9–21,8	19,8	7,2–7,4	7,3	8,9–8,9	8,9
III	20,4–21,2	20,8	6,6–6,9	6,7	9,0–9,0	9,0
I–III	18,9–22,0	19,8	6,6–7,4	6,8	8,9–9,0	8,9

Месяц, декада	Т, °С		О ₂ , мл/л		рН	
	lim	X	Lim	X	lim	X
Июль, I	21,6– 22,0	21,8	6,4–6,7	6,6	8,9–8,8	8,8
II	20,0– 20,2	20,1	6,7–6,9	6,8	8,8–8,6	8,7
III	18,8– 22,0	20,1	7,0–7,1	7,1	8,5–8,4	8,5
I–III	18,8– 22,0	20,6	6,4–7,1	6,8	8,5–8,6	8,7
Август, I	22,0– 22,1	20,1	5,4–5,6	6,7	8,6–8,6	8,5
II	20,4– 22,0	21,5	5,5–5,4	6,6	8,6–8,4	8,6
III	19,2– 18,5	18,8	5,4–5,7	6,4	8,6–8,4	8,5
I–III	19,1– 22,0	20,6	6,9–6,4	6,6	8,4–8,6	8,5

Высокая температура воды в озере вызывала массовое цветение сине-зеленых водорослей, которые способствовали повышению водородного показателя. Кроме того, сеголетки при активном движении захватывали в жаберный аппарат водоросли и массово погибали. Ремонтно-маточное стадо оказалось более устойчивым к таким неблагоприятным факторам среды обитания, и отходы были единичными. Поэтому в период летнего нагула выращивание сеголетков и ремонтно-маточного стада в рыбопитомнике «Новолукомльский» было не вполне благоприятными из-за повышения температуры воды и сильного ее цветения. Значения температуры воды на канале со II декады октября по II декаду декабря постепенно понижались (от 13,2 °С до 9,0 °С), содержание растворенного в воде кислорода колебалось от 6,8 до 8,6 мл/л. На садковой линии оз. Слidy гидрохимический режим был более благоприятным для содержания ремонтно-маточного стада форели. Содержание растворенного в воде кислорода было в пределах показателей 8,8–9,4 мл/л, показатель рН среды не превышал 7,6, температурный режим был

почти в два раза ниже, чем на сбросном канале Новолукомльской ГРЭС: со II декады октября по II декаду декабря значения температуры воды понизились от 7,0 °С до 3,5 °С. В этот период ремонтно-маточное стадо форели находилось в садках на оз. Слидцы и содержалось до наступления следующей нерестовой кампании, что требует проведения контроля гидрохимического режима и озера, и сбросного канала ГРЭС.

В ЗАО «Птичь» (Логойский район) в течение всего года постоянно проводился контроль за температурным и гидрохимическим режимом среды. Необходимо отметить, что основными водоисточниками в хозяйстве являются артезианская вода и, частично, ручей Безымянный. Поэтому качественные показатели воды всегда находятся в пределах нормативных требований для выращивания форели. Так как наиболее требовательны к качеству воды сеголетки форели, соблюдались гидрохимические требования к условиям выращивания их в летний период в инкубационном цеху № 1 (табл. 38).

Таблица 38

Показатели гидрохимического и температурного режима условий содержания сеголетков племенной форели в инкубационном цеху ЗАО «Птичь»

Месяц	Т, °С		O ₂ , мл/л		рН	
	lim	X	Lim	X	lim	X
Май	7,5	7,5	10,2–10,9	10,5	7,5–7,7	7,6
Июнь	7,5	7,5	10,1–11,0	10,5	7,5–7,7	7,6
Июль	7,5	7,5	9,8–11,0	10,5	7,7–7,8	7,7
Август	7,5	7,5	10,2–10,9	10,5	7,5–7,7	7,6
Сентябрь	7,5	7,5	10,9–11,1	10,5	7,8–7,9	7,8
Октябрь	7,5	7,5	10,2–10,9	10,5	7,7–7,7	7,7
Ноябрь	7,5	7,5	10,2–11,0	10,5	7,6–7,8	7,7
Декабрь	7,5	7,5	10,9–10,9	10,9	7,5–7,7	7,6

Водородный показатель рН близок к нормативному значению и в летний период был на уровне 7,5–7,9. Поскольку вода в цех подавалась из артезианской скважины, значение ее температуры было постоянным – 7,5 °С. Такая низкая температура недостаточна для успешного темпа массонакопления сеголетков, которые растут отнительно быстрее при значениях температуры 12 °С – 16 °С.

Выращивание товарной форели успешно проводят в рыбопитомнике «Богушевский». На первых этапах выращивания посадочный

материал завозили из ЗАО «Птичь» (Логойский район). Но после введения в эксплуатацию форелевого рыбопитомника на базе рыбохозяйственного факультета БГСХА качественный (стандартный) посадочный материал форели ежегодно завозят из него.

Источником воды в хозяйстве является местная река, питающаяся из родниковых источников, но ее не вполне достаточно, поэтому частично используют замкнутую систему водоподачи – сбрасываемую воду из бетонных садков. Для этих целей практикуют механическую очистку воды и насыщение воды кислородом в период повышения значений температуры свыше 20 °С. Такая технология водопользования обеспечивает благоприятный температурный и гидрохимический режим для выращивания товарной форели, то есть отходов рыбы не наблюдается.

В форелевом рыбопитомнике на базе рыбохозяйственного факультета БГСХА выращивание форели проводится в бассейнах, в установке с УЗВ. Очистка воды проводится в три этапа: механическая, очистка через биофильтр, то есть через азотобактерную установку, и кислородное обогащение (кислородная установка). Использование УЗВ позволяет обеспечить хорошие условия содержания и выращивания 150 т посадочного материала форели, стандартной среднештучной массой 25–50 г. Водородный показатель среды находится в пределах 7,2–7,3; содержание кислорода постоянно держится на высоком уровне (8,6–10,5 мл/л) как за счет пополнения системы свежей водой из артезианской скважины, так и обогащения ее кислородом из имеющейся кислородной установки. Все эти факторы и создают приемлемые условия для выращивания форели в УЗВ. Температура воды в установке практически постоянная, ее значения находятся в пределах 14,7 °С–15,2 °С.

Остальные параметры среды соответствуют рыбоводно-биологическим нормативам по выращиванию форели. Согласно проектным данным установка способна обеспечить выращивание 150 т сеголетков форели средней массой 50 г, что полностью обеспечит все товарные форелевые хозяйства Беларуси рыбопосадочным материалом в количестве 3 млн экз.

Любая технология производства форели предусматривает создание благоприятной среды содержания.

В пищевых отраслях используют комплексные технологии подготовки потребляемой воды: классические системы на основе реагентной

обработки, ионного обмена, сорбции, фильтрации и современные высокотехнологичные процессы очистки на основе мембранных технологий (микро-, ультра-, нанофильтрация и обратный осмос). Технология предполагает основные стадии: физико-химическую предварительную подготовку воды (реагентная обработка), глубокую очистку и обессоливание методом обратного осмоса, дополнительное обессоливание на ионообменных смолах, при необходимости – сорбционную доочистку, кондиционирование, обеззараживание подготовленной воды. Так как подземные воды Беларуси содержат большое количество солей железа, то на всех установках замкнутого водообеспечения, в которых проводится выращивание рыб, обязательно строятся станции обезжелезивания.

Для выращивания ценных видов рыб, в том числе и форели, в настоящее время разработана новая рециркуляционная система подготовки воды с использованием метода озонирования [81].

Рециркуляционная система состоит из следующих компонентов: накопители-бассейны (отстойники) сточных вод, секция водоподготовки, насосы, трубопроводы для подачи и отвода воды. Центральным узлом всей системы является секция водоподготовки, в которой происходят следующие процессы:

- удаление твердых взвешенных частиц;
- разложение растворенного органического осадка (обеспечение биохимической потребности в кислороде, химической потребности в кислороде);
- преобразование интенсивного аммиака в нитрит (нитрификация);
- преобразование нитрита в нитрат, а затем – в газообразный азот (денитрификация);
- удаление фосфорных соединений;
- удаление углекислого газа (CO_2);
- обогащение кислородом (аэрация).

Внутренняя поверхность бассейна-накопителя не должна выделять в воду токсичные вещества и должна быть достаточно гладкой (отполированной). Накопитель (отстойник) установлен таким образом, чтобы вода самотеком поступала в механический фильтр.

Механический барабанный фильтр предназначен для отделения твердых частиц от жидкости. Для решения этой задачи установка оснащена механическим фильтром (микросетчатый барабанный фильтр). Отделению подлежат продукты первичного загрязнения

(отходы, малоценное сырье, остатки почвы и другие твердые частицы) и вторичного загрязнения (отработанная биопленка биофильтра). Наибольшая концентрация первичных загрязнений находится в воде на выходе из бассейна-отстойника, вторичных – после биофильтра. В замкнутых системах происходит смешивание первичного и вторичного загрязнения, так как оба вида загрязнений попадают в циркуляционную воду и задерживаются фильтрами. Все сливы из бассейна оборудованы неподвижными сетками, которые удерживают сор. При выборе размеров ячеек сетки необходимо учитывать то обстоятельство, что ячейки малого размера быстро засоряются и не пропускают воду. В результате засорения ячеек уровень воды в отстойнике повышается, что вызывает необходимость частой очистки сеток, которая проводится струей воды под напором или щеткой вручную.

В микросетчатом фильтре взвешенные частицы остаются на сетке с внутренней стороны. Цилиндр равномерно вращается. Загрязнения осаждаются на сетке и смываются с нее струей чистой воды.

После прохождения через механический фильтр вода попадает в секцию, в которой расположен фильтр «плавающая подушка». Биофильтр предназначен для выполнения следующих задач: аммонификация, нитрификация, дегазация, оксигенация, а также культивирование бактерий. Бактерии, при достаточной концентрации кислорода в окружающей их среде, извлекают из загрязненной воды растворенные азотистые соединения.

Вода в этой секции постоянно аэрируется, и фильтрующий материал находится в постоянном движении. Фильтрующий материал состоит из небольших пластиковых колец с открытой структурой с небольшой удельной площадью поверхности – $800 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Постоянное движение фильтрующего материала позволяет избежать скапливания отложений и, как следствие, закупоривания отверстий фильтрующего материала.

Фильтр обладает способностью самоочищаться. Размер фильтра «плавающая подушка» зависит от количества воды, проходящей через него в единицу времени, и объема проходящего загрязнителя.

В процессе работы биофильтра происходит газообмен, удаляется углекислый газ из воды, увеличивается концентрация кислорода, что создает благоприятную среду для нитрифицирующих бактерий. Эти бактерии преобразуют высокотоксичный аммиак (условный продукт отходов) в конечный продукт переработки – нитрит.

Процесс происходит в два приема:

- окисление аммиака бактериями *Nitrosomonas* spp.;
- превращение нитрита в нитрат бактериями *Nitrobacteria* spp. В ходе этого процесса вырабатывается кислота и понижается рН. Для понижения кислотности добавляется свежая вода.

После прохождения биофильтра «плавающая подушка» вода попадает в колодец, в котором расположены насосы для ее подачи на капельный фильтр.

Капельный фильтр служит для нитрификации и дегазации. Материал капельного фильтра представляет собой решетчатую конструкцию из полиэтилена с большой удельной площадью поверхности – 200 м²/м³ в сутки. Самоочищение капельного биофильтра обусловлено высокой скоростью прохождения воды сквозь него.

Размер капельного фильтра и расход воды, проходящей через него, непосредственно связаны с количеством загрязнений. Над фильтром расположен вентилятор, который способствует прохождению воздуха. В целом капельный фильтр выполняет такие же функции, как и фильтр «плавающая подушка», и служит дополнительной очисткой воды, поступающей из бассейна-накопителя.

Озонирование воды в установках замкнутого водообеспечения

После обработки воды в биофильтре «плавающая подушка» и капельном фильтре она подается в емкость, в которой происходит ее озонирование. Озон впрыскивается в падающую воду через диффузоры, расположенные на дне емкости. Отвод воды для подачи ее в систему использования осуществляется с верхних слоев емкости самотеком. Над емкостью находится вентилятор, который отводит воздух. Модуль озона состоит из генератора озона, компрессора кислородного генератора, электрифицированной системы управления, инжектора, насоса, воздухоохладителя, световых индикаторов выработки озона.

Озон – особая форма кислорода. Молекула озона состоит из трех атомов кислорода. Когда эта молекула распадается, отдельные атомы стремятся к реакциям окисления. Все воздействия, которые озон оказывает на ход биохимических реакций, основаны на сильном окисляющем действии. В то же время он не оказывает неблагоприятного действия на окружающую среду, так как не вносит никаких химикатов в воду. Озон ядовит для людей и животных,

потому помещение должно быть хорошо проветриваемым (вентилируемым). Необходимо избегать утечек озона и использовать антикоррозийные материалы.

Для удаления из воды остаточного озона используют следующую технологию. Озонированная вода поступает в бассейн – сумматор, где она смешивается с большим количеством свежей воды. Озон крайне нестабильное вещество; он практически полностью распадается в установке замкнутого водообеспечения за 10–30 мин. Кроме того, вода обязательно проходит через оксигенаторы, где также происходит деструкция остаточного озона.

Озон получают с помощью электрического разряда на электродах в специальных установках. Этот процесс происходит при высоких напряжениях. Электрод представляет собой трубку, выполненную из стекла и заполненную электропроводящим материалом, которая подключена к высокому напряжению. В качестве электрода с противоположным знаком используется расположенный снаружи кожух.

Более современный и простой в эксплуатации – озонатор марки OZONIA (Франция). В данном генераторе озона используется принцип производства озона из кислорода, что дает значительную экономию электроэнергии.

Источник кислорода должен соответствовать следующим требованиям:

- точка росы – 65 °С;
- отсутствие органических газов.

Технические характеристики генератора озона:

- производительность озона – 55 г Оз/ч;
- концентрация – 100 г Оз/м³;
- поток кислорода – 0,39 м³/ч;
- потребление электроэнергии – 0,76 кВт;
- поток охлаждающей агрегаты воды – 0,09 м³/ч;
- количество электродов – 1 шт.

Подача кислорода в генератор озона производится только после его дополнительной сушки. Для этой цели используют обычную колбу из-под фильтра для очистки воды фирмы Atlas, заполненную цветным силикагелем. При прохождении кислорода через фильтр силикагель поглощает излишнюю влагу, в результате чего цвет его меняется с синего на красный. После того, как силикагель выработал

свой ресурс, его восстанавливают в микроволновой печи или в газовой духовке (до восстановления синего цвета). Подсоединение генератора озона к фильтру проводится с помощью медной трубки с внутренним диаметром 12 мм.

Генератор кислорода предназначен для получения кислорода из воздуха путем разделения его на кислород и азот. В основу разделения газов положен принцип пропускания воздуха через молекулярное сито – адсорбирующий материал, который получают из кристаллических неорганических материалов. Этот материал адсорбирует из воздуха азот, пропуская кислород. Когда сорбент насытится молекулами азота, его регенерируют. Продуктом процесса является кислород, имеющий чистоту до 95 %, образующиеся в процессе азот, вода, углекислый газ выпускаются в атмосферу через газоотвод. Наиболее простой в эксплуатации – генератор кислорода фирмы Oxumat, работающий по технологии вибрационной адсорбции под давлением. Оксигенаторы – приборы, которые насыщают воду кислородом сверх уровня равновесного насыщения. В оксигенаторе данного типа реализуется вариант насыщения воды газообразным кислородом под давлением. Этот способ позволяет достичь насыщения воды кислородом свыше 25 мг/л при давлении 0,5–1,0 бар.

Конусный оксигенатор может выдерживать давление 2 бар. Он представляет собой конус высотой 2,2 м. В верхнюю часть конуса подается кислород. Так как скорость воды высокая, то кислород вместе с водой поступает вниз. По мере расширения конуса скорость воды падает, поэтому скорость всплытия пузырьков кислорода постепенно сравнивается со скоростью воды, и они постепенно растворяются. В верхней части конического оксигенатора установлен кран для регулирования давления внутри всего конуса.

Эффективность работы конусного оксигенатора составляет примерно 80 %.

Подача чистой воды для разбавления насыщенной озоном и кислородом проводится насосами из артезианской скважины или городских сетей.

Отвод отработанных примесей (сточных вод) проводится в городскую канализацию, при этом необходим их анализ на отравляющие и токсические вещества. Вода, используемая в УЗВ для выращивания ценных видов рыб, в том числе и для форели, постоянно исследуется гидрохимическими производственными лабораториями по следующим показателям [9]:

1. Температура, содержание растворенного кислорода, показатель рН водной среды, прозрачность; периодичность контроля – 1 раз в сут.

2. БПК₅, СО₂, минеральный азот (аммиак, аммонийный, нитритный, нитратный, фосфаты, железо общее; периодичность контроля – еженедельно.

3. Перманганатная окисляемость, бихроматная окисляемость (ХПК), железо общее и закисное, основной солевой состав (гидрокарбонаты, карбонаты, хлориды, сульфаты, кальций магний), щелочность, жесткость, минерализация общая; периодичность исследования – 1 раз в месяц.

Допустимые гидрохимические параметры в установках замкнутого водообеспечения для выращивания ценных видов рыб, в том числе и для форели:

Температура воды, °С	8–11
Взвешенные вещества, мг/л	до 5,0
Водородный показатель рН, ед.	7,0–8,0
Кислород растворенный, мг/л	9,0–11,0
Диоксид углерода растворенный, мг/л	не более 10,0
Окисляемость, мгО ₂ /л	до 10,0
БПК ₅ , мгО ₂ /л	до 2,0
Азот аммонийный (аммоний-ион), мгN /л до 0,1	
Аммиак растворенный, мг/л	до 0,03
Нитраты, мг/л	до 80,0
Нитриты, мг/л	до 1,0
Железо общее, мг/л	до 0,15
Железо закисное, мг/л	отсутствует
Сероводород растворенный, мг/л	отсутствует
Жесткость, мг-экв./л	1,5–5,0
Натрий, мг/л	до 75,0
Калий, мг/л	до 5,0
Кальций, мг/л	до 100,0
Магний, мг/л	до 30,0
Хлориды, мг/л	до 25,0
Сульфаты, мг/л	до 50,0
Гидрокарбонаты, мг/л	до 340,0

Водообеспечение садковых рыбоводных хозяйств ЗАО «Птичь» (Логойский район), рыбопитомника «Богушевский», расположенных

на открытых водотоках, проводится за счет артезианских скважин и родниковых вод, что частично обеспечивает благоприятный температурный и гидрохимический режим в течение вегетационного периода (март–декабрь) для выращивания сеголетков и товарной продукции, формирования ремонтно-маточного стада, в зимний период – успешно проводить зимовку. Но при более интенсивной эксплуатации садков, высоких нагрузках за счет использования большого количества кормов для кормления форели, повышении температуры в летний период, имеющегося количества воды для прямого водообеспечения недостаточно, поэтому около 30 %–45 % воды используется в обороте. По этой причине вышеназванные хозяйства в той или иной степени проводят мероприятия по очистке воды от механических, органических и других видов загрязнений, создают условия по дополнительному насыщению воды кислородом и поддержанию допустимых для выращивания рыбы гидрохимических параметров.

9. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛОСОСЕВЫХ ВИДОВ РЫБ, ИХ ПРОФИЛАКТИКА И ЛЕЧЕНИЕ

В целях обеспечения защиты форелевых рыбоводных хозяйств от заноса в них и распространения заразных болезней рыб проводится комплекс защитных ветеринарных и хозяйственных мероприятий [92].

Выбор места под строительство форелевого хозяйства проводят комиссионно с участием представителей государственной ветеринарной службы. При этом определяют качество и эпизоотическое благополучие источника водоснабжения: его мощность; температурный, газовый и гидрологический режимы во все сезоны года; степень заиленности, зарастаемости, загрязнения стоками промышленных предприятий, сельхозугодий, животноводческих комплексов, бытовыми стоками населенных пунктов; наличие дикой фауны и ее эпизоотическое состояние.

В качестве источника водоснабжения рыбоводных форелевых хозяйств наиболее пригодны ключи, родники, артезианские скважины, дренажные подрусловые системы, горные реки и другие естественные водоемы с обедненной ихтиофауной.

Производственные и вспомогательные постройки размещают не ближе 500 м от промышленных предприятий, животноводческих комплексов, сельхозугодий и других объектов загрязнения водоемов. Водоснабжение всех производственных сооружений и комплексов обязательно должно быть независимое.

Для фильтрации и очистки воды от взвесей, свободноживущих стадий паразитов, беспозвоночных организмов и диких рыб устанавливают соответствующие гидротехнические сооружения и устройства: фильтры, отстойники и др. Сброс отработанных вод должен быть отдален от водозабора на значительное расстояние (не менее 1000 м). Обязательно предусматривают отдельное строительство здания для хранения лечебно-профилактических препаратов и дезинфектантов.

Вокруг всей территории форелевого предприятия сооружается забор, и проход на территорию предприятия посторонних лиц запрещен.

Перед началом рыбоводного цикла рабочие помещения, оборудование, инвентарь, бассейны, садки, носилки дезинфицируют

10%-м раствором хлорной извести, а затем тщательно прополаскивают чистой водой. Рыбоводный инвентарь закрепляют за каждым цехом и ежедневно, в конце смены, дезинфицируют 2,5%-, 3,0%-м раствором формалина.

Основные ветеринарно-санитарные требования в период проведения инкубации икры.

1. Икру и сперму (V стадии зрелости) используют только от здоровых производителей. После окончания отбора икры и спермы помещение и рыбоводный инвентарь дезинфицируют 2,5%–3,0%-м раствором формалина, просушивают и сохраняют до следующего сезона и очередного цикла отбора половых продуктов.

2. Все аппараты с инкубируемой икрой бесперебойно обеспечивают водой, свободной от взвешенных частиц. За состоянием инкубируемой икры, условиями ее инкубации ведут круглосуточное наблюдение. При заилености икру осторожно промывают не реже одного раза в неделю.

3. В профилактических целях против поражения сапролегниевыми грибами, патогенными бактериями и вирусами икру, разложеную на рамки не более чем в 1,5 слоя, перед помещением в инкубационные аппараты обрабатывают 0,5%-м раствором формальдегида в течение 3 мин, хлорамином-Б в концентрации 1:20 000 – в течение 30 мин. При появлении сапролегнии икру (на стадии образования глазка) регулярно обрабатывают в растворе 0,5%-го формальдегида 3 мин, малахитового зеленого 1:15 000 – 10–30 с (с интервалом 10 дней), фиолетового «К» или основного ярко зеленого (в соответствии с действующей инструкцией), а также проводят отбор пораженной икры и ее утилизацию. В настоящее время разработаны методы обработки икры от сапролегниоза в растворах NaCl. Освободившиеся после инкубации рыбоводные рамки, весь инвентарь и аппараты тщательно промывают, дезинфицируют и просушивают.

Ветеринарно-санитарные требования в период выращивания молоди форели

1. Для выращивания молоди лососевых рыб используют бетонные, пластиковые лотки и бассейны. За каждым из них закреплен рыбоводный инвентарь.

2. В течение всего периода выращивания молоди в выростных емкостях необходимо соблюдать оптимальную плотность посадки, контролировать уровень, проточность и расход воды, освещенность, содержание растворенного кислорода, рН, окисляемость, углекислоту, температуру, ежедневно удалять погибших мальков, скопление ила, остатки корма.

3. Кормление молоди необходимо проводить свежими, доброкачественными, высокобелковыми кормами, сбалансированными по витаминному, аминокислотному и минеральному составу.

4. С момента вылупления личинок из икры и до перевода ее в цех по производству товарной продукции и племенного материала не реже 1 раза в декаду проводят ихтиопатологические исследования. При обнаружении у рыб возбудителей инвазионных болезней немедленно проводят лечебно-профилактические мероприятия согласно действующим инструкциям. Для обработки молоди форели используют, в основном, следующие препараты: формалин, малахитовый зеленый, бриллиантовый зеленый, фиолетовый «К», поваренную соль, морскую воду. До и после лечения необходимо контролировать зараженность рыб паразитами. Освободившиеся после выпуска молоди лососей рыбоводные емкости очищают от ила, остатков корма, растений и дезинфицируют 5%-м раствором хлорной извести или 10%-м раствором негашеной извести. Все дезинфицирующие растворы готовят перед употреблением. После дезинфекции все аппараты и лотки тщательно промывают чистой водой и оставляют сухими до следующего рыбоводного цикла. В периоды пересадок или передачи посадочного материала лососевых другим предприятиям обязательно проводят ихтиопатологические обследования.

9.1. Инфекционный некроз поджелудочной железы лососевых рыб

Болезнь вызывает вирус, относящийся к роду *Birnavirus* семейства *Birnaviridae*. В пресноводной аквакультуре из лососевых рыб наиболее подвержены заболеванию американский голец и радужная форель, в меньшей степени – кумжа, лосось Кларка, нерка и атлантический лосось (семга). Острые вспышки заболевания отмечаются в возрасте 1–4 месяцев. На стадии наличия желточного мешка клинические при-

знаки практически не проявляются. Наиболее опасный период – первая-третья недели после рассасывания желточного мешка и перехода к активному питанию. У рыб старших возрастов инфекция протекает субклинически, и гибель бывает незначительной. Вирус передается через воду, ил, рыбоводный инвентарь. Переболевшая рыба сохраняет стойкий иммунитет, в крови появляются антитела, уровень и продолжительность циркуляции которых может длиться более года.

Профилактика и основные методы лечения

Профилактика основана на предупреждении проникновения заболевания в благополучное хозяйство, строгом выполнении рыбоводных и ветеринарных требований.

Помещения инкубационных цехов, бассейны, водоподающие и сбросные шлюзы и решетки, другое рыбоводное оборудование, складские помещения тщательно очищают и дезинфицируют горячим раствором едкого натра с помощью щеток или опрыскивателей. Разрешается дезинфекция 2,0%-м раствором формалина. Малоценный рыбоводный инвентарь сжигают. Независимо от метода оздоровления карантин с хозяйства по данному заболеванию снимают только после невыявления патологоанатомических изменений и двукратных вирусологических исследований, которые дали отрицательный результат.

9.2. Вирусная геморрагическая септицемия форели

Заболевание проявляется в форме экссудативно-геморрагического синдрома, развитие которого обусловлено размножением вируса в эндотелии кровеносных капилляров, гемopoэтической ткани и клетках экскреторной части почек, что ведет к нарушению водно-минерального баланса и выходу плазмы и форменных элементов крови в окружающие ткани и полости тела.

Возбудителем болезни является РНК-содержащий рабдовирус из рода *Lyssavirus*. Вирус получил название Egtvid-вирус, синоним *Viral haemorrhagic septicaemia virus (VHSV)*. В пресноводной аквакультуре наиболее подвержена заболеванию радужная форель и в меньшей – кумжа. К заболеванию восприимчивы рыбы разного возраста (от сеголетков до товарной продукции), ремонтные группы и производители более устойчивы к заболеванию. Вирус передается

через воду, ил, рыбоводный инвентарь. Воротами инфекции являются жабры, интактные кожные покровы, плавники и начальный отдел пищеварительного тракта. У инфицированных рыб отмечается выработка интерферона. Переболевшая рыба имеет стойкий иммунитет, в крови появляются антитела, продолжительность циркуляции которых может длиться до двух лет.

Для предотвращения передачи вируса через овариальную и семенную жидкости поверхность икринок дезинфицируют, обрабатывая икру растворами йодиола или хлорамина-Б в соответствии с действующими Наставлениями по их применению.

9.3. Фурункулез лососевых рыб

Фурункулез – инфекционная болезнь лососевых рыб, культивируемых в рыбоводных хозяйствах или обитающих в естественных водоемах. Возбудителем болезни является бактерия *Aeromonas salmonicida*, относящаяся к роду *Aeromonas*, семейству *Vibrionaceae*.

Фурункулезом болеют паляя, ручьевая и радужная форель, проходные тихоокеанские и атлантические лососи. Наиболее восприимчивы к фурункулезу рыбы старше двухлетнего возраста. Заражение рыб происходит через поврежденные жабры и кожу, а также пищеварительный тракт. Фурункулез у рыб протекает молниеносно, остро, подостро и хронически. Принимаются меры, направленные на быстрейшую ликвидацию заболевания. На хозяйство строго накладывается карантин, где ограничиваются любые перемещения рыб и рыбоводного инвентаря.

Проводят обеззараживание оплодотворенной икры следующими препаратами:

1. Йодиол – высокомолекулярный комплекс, состоящий из 0,1 % йода кристаллического, 0,3 % калия йодистого и 0,9 % поливинилового спирта. Основным действующим веществом йодиола является молекулярный йод, оказывающий губительное действие на грамположительную и грамотрицательную микрофлору. Йодиол, разведенный водой 1:10, применяют в течение 10 мин.

2. Формалин – водный раствор, содержащий 35 %–37 % формальдегида, небольшое количество муравьиной кислоты, а также метилового или этилового спирта, прибавляемых к раствору для пре-

дотвращения полимеризации. Формалин оказывает губительное действие на микроорганизмы: вирусы, грибы, бактерии, в том числе на спорообразующие формы микробов. После обработки дезинфектантом икру промывают в чистой воде из благополучного по заразным болезням источника в течение 15 мин или в проточной воде. Обеззараженную икру тщательно оберегают от нового заражения.

Рыбоводный малоценный инвентарь, который использовали в инкубационном цеху, в основном, сжигают.

9.4. Сапролегниоз рыб и икры лососевых

Сапролегниоз – заболевание рыб и икры грибной этиологии, широко распространенное в рыбоводных хозяйствах разного профиля. Сапролегниоз вызывается плесневыми грибами из порядка сапролегниевых – *Saprolegniales*. Заболеванию подвержены все искусственно воспроизводимые виды рыб, а также их икра во время инкубации. Сапролегниоз распространен повсеместно, так как возбудители этой болезни, являясь сапрофитными организмами, постоянно присутствуют в воде и грунтах. Сапролегниоз часто сопутствует ряду инфекционных и инвазионных заболеваний, осложняя их. Факторами, способствующими развитию болезни на рыбе, являются травмы, стресс, низкая температура воды, высокий показатель рН (более 8,3), наличие в воде большого количества органических веществ.

С целью профилактики сапролегниоза икры лососевых необходимо строго соблюдать технологию ее получения и оплодотворения, соблюдать технологию содержания производителей в преднерестовый период, избегать стресса и других неблагоприятных факторов, снижающих иммуно-физиологическое состояние маточного стада.

Лечебно-профилактическую обработку икры и лососевых видов рыб проводят в соответствии с действующими Ветеринарно-санитарными правилами для лососевых рыбоводных заводов. Обработку рыб проводят основным ярко-зеленым красителем в соответствии с действующим Наставлением по его применению.

9.5. Хилодонеллез форели

Хилодонеллез – инвазионная болезнь рыб разных видов и возрастов, возбудителями которой является инфузория рода *Chilodonella*, локализуемая на жабрах и поверхности тела рыб. Эпизоотии наблюдаются во все сезоны выращивания. Хилодонеллез часто наблюдается с другими инфузориями: триходинами и апиозомами. Серьезное влияние на возникновение заболевания оказывает плотность осадки рыб и повышенное содержание органических соединений в воде.

При лечении хилодонеллеза лососевых рыб используют следующие препараты:

- фиолетовый «К»: 0,5 г/м³ при экспозиции 10–20 мин;
- поваренная соль: 20 г/м³ (0,2 %) при экспозиции 10–30 мин;
- малахитовый зеленый: 0,1–0,2 г/м³ при экспозиции 10 мин.

9.6. Триходиниоз форели

Триходиниоз – широко распространенное заболевание многих культивируемых рыб на первом году жизни. Возбудителями триходиниоза являются кругоресничные инфузории семейства *Trichodinidae*, род *Trichodina*, *Trichodinella*. Меры профилактики и лечения заболевания те же, что и при других инвазионных заболеваниях форели.

9.7. Гексамитоз лососевых рыб

Гексамитоз – инвазионное заболевание лососевых рыб. Возбудителем заболевания является жгутиконосец *Hexamita* (*Octomites*) *salmonis* – мелкий паразит размером (7,0–12,5×3,0–8,0) мкм. Локализуются жгутиконосцы в желчном пузыре и передней части кишечника рыбы, свободно плаывая с помощью жгутиков в содержимом этих органов. Гексамитозом болеют все виды лососей, но наиболее восприимчива к заболеванию молодь.

Для профилактики гексамитоза создают благоприятные условия выращивания, кормление качественными кормами, соблюдая все этапы технологических режимов от воспроизводства до получения товарной продукции и формирования ремонтно-маточных стад.

Не допускают смешения разновозрастных посадок рыб. Рыбоводный инвентарь, лотки, бассейны после окончания работ подвергают дезинфекции в соответствии с действующими Ветеринарно-санитарными правилами для лососевых рыбоводных заводов.

Для лечения гексамитоза форели используют фуразолидон, трипофлавин согласно действующим Наставлениям по их применению. Задают лечебный корм в первое утреннее кормление.

9.8. Хлоромикоз лососевых рыб

Хлоромикоз лососевых рыб (желтуха лососевых рыб) – инвазионное заболевание, которое регистрируется на рыбоводных заводах и в товарных хозяйствах Европы при искусственном выращивании. Возбудителями болезни являются микоспоридии из рода *Chloromyxum truttae*, *Chloromyxum janvaricus*. Споры возбудителя округлой формы, диаметром 10–11 мкм. Плазмодияльные стадии хлоромиксомов локализуются в желчном пузыре и желчных ходах печени. Хлоромикоз представляет наибольшую опасность для молоди лососевых рыб на первом году жизни при искусственном выращивании. Старшие возрастные группы форели меньше подвержены заболеванию. Возникновению болезни способствует большая скученность рыб, низкие физиологические показатели их тела.

Для профилактики заболевания забор воды в рыбоводные сооружения осуществляют только через песчано-гравийные фильтры из благополучных водоисточников. Бассейны, лотки, рыбоводный инвентарь после окончания работ подвергают дезинфекции. Для дезинфекции применяют следующие препараты:

- 5%-й раствор хлорной извести в течение 1 ч;
- 10%-й раствор негашеной извести в течение 2 ч;
- 0,5%-й раствор марганцевокислого калия в течение 24 ч.

После дезинфекции рыбоводные емкости и инвентарь тщательно промывают чистой водой.

Для лечения хлоромикоза скармливают фуразолидон в течение 3 дней, затем делают перерыв в кормлении 3–5 дней и курс лечения повторяют. При даче фуразолидона необходимо скармливать витамин С в течение 10 дней (согласно действующей инструкции по его использованию).

9.9. Микроспоридиозы лососевых видов рыб

Микроспоридиозы лососевых – инвазионные заболевания, вызываемые простейшими типа *Microsporidia*, паразитирующими на жабрах, в мускулатуре, в клетках крови и в желточном мешке лососевых видов рыб. Возбудитель болезни *Glugea takedai* локализуется в туловищной и сердечной мускулатуре лососевых видов рыб. Микроспоридия *Glugea takedai* поражает разные виды лососевых рыб, выращиваемых на лососевых заводах, а также производителей, идущих на нерест в реки. Болезнь протекает как в острой, так и в хронической форме. В связи с тем, что болезнь прогрессирует при значениях температуры приблизительно 20 °С, для профилактики заболевания молодь необходимо выращивать при значениях температуры 8 °С–11 °С. Для профилактики микроспоридиозов нужно поддерживать благоприятный гидрохимический и температурный режимы, своевременно удалять погибших рыб и остатки корма, обеспечивать независимую водоподачу в рыбоводные цеха и емкости для выращивания разновозрастных рыб. Для лечения данного заболевания в корм рыбам добавляют сульфаниламидные препараты и фумагиллин в соответствии с действующими Наставлениями по их применению.

9.10. Триенофороз лососевых видов рыб

Триенофороз – инвазионное заболевание рыб, вызываемое как половозрелыми особями, так и личиночными стадиями ленточных гельминтов из семейства *Triaenophoridae*.

Триенофороз лососевых и сиговых рыб – широко распространенная как в естественных водоемах, так и при искусственном выращивании инвазионная болезнь, вызываемая плероцеркоидами цестод *Triaenophorus nodulosus* и *T. Crassus*. Регистрируется в двух формах – печеночной и мышечной. Гельминты наиболее опасны для молоди рыб. Возбудителем печеночной формы заболевания является *Triaenophorus nodulosus*. Он имеет характерное для цестод лентообразное тело с невыраженной внешней сегментацией и длиной стробилы 90–380 мм, шириной 2–6 мм. На переднем конце паразита имеется головка с четырьмя псевдотриями и головка с четырьмя крючками в форме трезубца.

Возбудителем мышечного триенофороза является другой вид данного рода ленточных гельминтов – *Trienocephalus Crassus*. Половозрелый гельминт имеет длину тела до 480 мм. Характерным отличием служит наличие у сколекса шейки, а также форма крючьев, имеющих массивную базальную часть и небольшие прямые зубцы. Плероциркоид локализуется в мускулатуре. Триенофорусами заражаются лососевые, сиговые рыбы из водоисточника, в котором обитает щука. Щука является одним из промежуточных хозяев сложного цикла развития паразита: планктонные рачки–циклопы и диаптомусы–питающиеся ими рыбы. Половозрелый паразит локализуется в кишечнике окончательного хозяина – щуки.

Медикаментозных средств борьбы с возбудителем не разработано. Так как источником инвазионного начала служит щука, то профилактические мероприятия направлены на ее отлов или полное уничтожение в питающем водоисточнике, а также перевод хозяйства на артезианское или родниковое водообеспечение.

9.11. Диплостомоз форели

Диплостомозы – широко распространенные заболевания пресноводных рыб, вызываемые метацеркариями трематод рода *Diplostomum*, семейство *Diplostomidae*, отряд *Strigeidida*. Возбудители перечисленных видов диплостомозов паразитируют в хрусталике глаз рыб. Чаще они образуют ассоциации из нескольких форм диплостомозов, которые называются комбинированными диплостомозами. Наибольшую опасность диплостомозы представляют для личинок, мальков, сеголетков.

Надежных методов терапии при диплостомозах рыб не существует, поэтому все меры борьбы с этим заболеванием сводятся: к сокращению численности возбудителей на паразитических и свободноживущих стадиях развития с учетом специфики их жизненных циклов; к борьбе с окончательными (рыбоядные птицы) и промежуточными (моллюсками) хозяевами возбудителей диплостомозов; к повышению элиминационного потенциала биоценозов в отношении мирацидиев, церкарий и партенид трематод рода *Diplostomum*.

Борьба с рыбоядными птицами ведется путем сокращения численности чаек, крачек и рыбоядных уток на водоисточниках форелевых хозяйств.

Борьба с моллюсками осуществляется химическими и биологическими методами. Наиболее эффективный и хозяйственно выгодный метод борьбы с моллюсками заключается в зарыблении рыбоводных водоемов черным амуром, или так называемой китайской плотвой – *Mylopharyngodon piceus*. Черный амур в течение всего жизненного цикла питается моллюсками, раковины которого легко дробит мощными глоточными зубами. За сутки 4-летний амур может съесть до 1,8 кг моллюсков (дрейссены). Черный амур – ценная промысловая рыба, акклиматизированная в Белоозерское тепловодно-садковое хозяйство. Но данный вид рыбы хорошо переносит вселение в холодноводные водоемы, начиная от стадии сеголетков массой 5–7 г и до старших возрастных групп. Опыты по вселению черного амура в водоемы Республики Беларусь проводились ранее и имели положительные результаты.

9.12. Аргулез лососевых рыб

Аргулез – инвазионное заболевание рыб, вызываемое жаброхвостыми рачками рода *Argulus*, паразитирующими на коже и жабрах рыб. У пораженных аргулезом рыб на коже появляются кровоизлияния, изъязвления, некроз пораженных участков, а затем на этих участках идет поражение возбудителями сапролегниоза. Обессиленная рыба поднимается в верхние слои воды, не питается и погибает. Для освобождения рыб от аргулюсов применяют ванны с 0,001%-м раствором марганцевокислого калия (экспозиция – 30 мин) и 0,5%-м раствором (экспозиция – 8 мин).

9.13. Ихтиофтириоз лососевых рыб

Ихтиофтириоз – опасное инвазионное заболевание рыб разных видов и возрастов. Относится к широко распространенным инвазиям и может вызывать массовую гибель выращиваемых объектов рыбоводства.

Возбудитель заболевания *Ichthyophthirius multifiliis* локализуется под эпителием покровов тела и жабр рыб, имеет круглое или немного овальное тело диаметром до 1 мм. Развитие инфузории включает две стадии: стадия роста на рыбе (трофонт) и стадия размножения во внешней среде (циста размножения и бродяжки).

С целью предупреждения возникновения ихтиофтириоза ведут борьбу с сорными рыбами, на водотоках устанавливают

ящики-сорорыбоуловители из металлической нержавеющей сетки с ячейками 1–2 мм и гравийно-песчаные фильтры с толщиной слоя не менее 25–40 см. С целью недопущения перезаражения икры молоди ихтиофтириусом необходимо полностью исключить контакт их с производителями при получении половых продуктов.

Для борьбы с ихтиофтириозом используют малахитовый зеленый, создавая непосредственно в прудах концентрацию 0,1–0,9 г/м³, согласно «Наставлению по применению малахитового зеленого при ихтиофтириозе карпов». При садковом выращивании лососевых рыб препарат используют в концентрации 0,5–1,0 г/м³ трехкратно через день с использованием аэрации. Лечебную обработку рыбы в хозяйствах индустриального типа проводят бриллиантовым зеленым. Препарат используют двукратно с интервалом в 2 дня в концентрации 0,5 г/м³ с экспозицией 4 ч согласно «Наставлению по применению основного ярко-зеленого (бриллиантового зеленого) для лечебно-профилактической обработки рыб в тепловодных бассейновых рыбоводных хозяйствах». Для лечения лососевых рыб, выращиваемых в садках, проводится обработка формалином. Препарат используют в концентрации 1:5000. Также для лечения лососевых, выращиваемых на садковых линиях, используют основной фиолетовый «К» в концентрации 0,6–0,8 г/м³, двух-, трехкратно через день. Хороший эффект для борьбы с ихтиофтириозом лососевых рыб в садках оказывает комбинированный курс лечения. В течение 4 дней проводят чередование ванн из малахитового зеленого (0,1–0,2 г/м³, экспозиция – 15–20 мин) и формалина 40 % (1:10 000, экспозиция – 15–20 мин). Эффективным является способ применения хлористого натрия. В рыбоводных емкостях создается концентрация 3–6 кг/м³. Экспозиция от 14 ч до нескольких суток, в зависимости от вида и возраста рыбы, ее физиологического состояния, содержания растворенного кислорода, температуры воды и других факторов. Бассейны, лотки, рыбоводный инвентарь после проведения профилактических и лечебных обработок подлежит тщательной промывке и просушке.

Таким образом, при завозе в Беларусь посадочного материала форелевых видов рыб на различных возрастных стадиях необходимо строго следить за ихтиопатологическим состоянием завозимых рыб. Требуется в хозяйствах-репродукторах установить контроль с целью выявления различных инфекционных и инвазионных заболеваний. В случаях их обнаружения, завозимый материал должен пройти определенный период карантинизации в специальных прудах или бассейнах до полного его оздоровления.

10. ИХТИПАТОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП ФОРЕЛИ В ХОЗЯЙСТВАХ БЕЛАРУСИ

При проведении всех рыбоводных мероприятий с различными возрастными группами форели в рыбоводных форелевых хозяйствах постоянно проводили контроль за ее ихтиопатологическим состоянием. В рыбопитомнике «Новолукомльский» Чашникской ПМК перед началом нерестовой кампании по получению икры форели были проведены профилактические обработки рыбоводного инвентаря (лотки, тазы, ванны, носилки) дезинфицирующим препаратом – хлорамином-Б согласно существующей эффективной схеме обработок. Производителей форели обработали в 5%-м растворе поваренной соли с экспозицией 5 мин. Профилактическую обработку икры перед закладкой в инкубационные аппараты и в период инкубации до стадии глазка (12 сут) обрабатывали органическим красителем фиолетовый «К» два раза в сутки, утром и вечером, а после наступления стадии глазка, выклева и подращивания мальков форели в лотках в инкубационном цеху (со II декады февраля по I декаду мая) ее обработку проводили один раз в декаду, согласно существующей инструкции по применению препарата. В хозяйстве имеется передвижной бак вместимостью 40 л, в который заливается подготовленный маточный раствор красителя (10 л), затем раствор в баке доводят до необходимой концентрации и производят обработку икры, личинок или содержащихся в цеху мальков, производителей и других групп ремонта. При проведении контрольных обловов сеголетков и старших групп ремонта постоянно исследовали их ихтиопатологическое состояние. Результаты исследований показали, что у содержащихся на садковой линии сеголетков и производителей форели клинических признаков инфекционных и инвазионных заболеваний не наблюдается. Микроскопирование соскобов с поверхности тела и жабр сеголетков показало носительство эктопаразитов в единичных экземплярах *Trichodina* sp. (1 паразит в поле зрения). При патологическом вскрытии установлено, что внутренние органы находились в пределах физиологической нормы, клинических признаков заболеваний не обнаружено.

Пересадка выращенного племенного ремонта форели различных возрастных групп из садков для летнего выращивания в садки для зимнего содержания была проведена в третьей декаде сентября, при понижении значений температуры воды до +12 °С. Выход старших групп ремонта и производителей составил: трехлетки – 249 экз., или 88,6 %, средней массой 755 г; четырехлетки – 384 экз., или 90,1 %, средней массой 1550 г. Выход сеголетков форели от посаженных на выращивание 8,8 тыс. экз. подрощенных мальков составил 2,2 тыс. экз., то есть 25 %. Из них на племя отобрано 1040 экз., средней массой 10,7 г. Для поддержания удовлетворительного физиологического состояния на период зимовки племенной материал был обеспечен в достаточном количестве высокопротеиновыми форелевыми кормами. При весенних и осенних пересадках всех возрастных групп форели в ОАО «Птичь» обязательно проводили ихтиопатологические исследования выращенных рыб. Все особи имели чистые покровные ткани, без травм, жабры красивого красного цвета, края лепестков жабр ровные. Ни разу в хозяйстве не было зарегистрировано какого-либо опасного инвазионного или инфекционного заболевания. Это связано, в первую очередь, с тем, что хозяйство в последние пять лет не завозило посадочный материал из-за рубежа и что основными водоисточниками являются артезианская вода и родниковая вода, то есть не происходит заражение выращиваемой форели из природных источников.

11. СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ВЫЖИВАЕМОСТИ ЛИЧИНОК ФОРЕЛИ В ПЕРИОД НЕРЕСТОВОЙ КАМПАНИИ

11.1. Использование пищевой соли NaCl в инкубационном процессе икры форели

Инкубационный период в рыбоводстве (лат. *incubare* – высиживать, выдерживать в чем-то, или дословно – «детеныш на песке») – сроки развития от оплодотворения до выклева эмбриона. У ручьевой форели он составляет 460 градусо-дней (при значении температуры +4 °С), радужной – 320–350 градусо-дней (при значении температуры +6 °С...+10 °С), карпа – 60–80 градусо-дней (при значении температуры +15 °С...+20 °С) [26]. Большое количество эмбрионов на этапе инкубации икры погибает из-за грибковых и бактериальных инфекций, влияющих на процент выклева и существенно снижающих жизнеспособность молоди после выклева. Все это вызывает значительные экономические потери в производственном цикле [165]. В рыбоводстве сапролегниоз является одним из наиболее распространенных грибковых заболеваний, вызывающих смертность до 80 %–100 % эмбрионов. Как только икринки погибли и побледнели, они становятся хорошим субстратом для дальнейшего грибкового роста [141, 172]. Икра также легко заражается повсеместно распространенными в воде инкубаториев бактериями *Flavobacterium* sp., *Aeromonas* sp. и *Vibrio* sp. [130, 155], которые вызывают гибель эмбрионов.

Дезинфекция икры – один из важнейших этапов по обеспечению биобезопасности при инкубации икры во всем мире [161]. Она играет определяющую роль в улучшении уровня выклева (вылупления) и обеспечении жизнеспособности молоди в последующем [129, 167, 176]. Химическая дезинфекция выполняет две важные функции: во-первых, предотвращает внешнюю патогенную передачу от производителей маточного стада к оплодотворенной икре и таким образом уменьшает смертность, вызываемую переданными болезнетворными микроорганизмами. Во-вторых, уменьшает общую обсемененность грибами и бактериями, которые вызывают дефицит кислорода и гибель икринок [26, 139]. Дезинфицирующее средство действует на микроорганизм по механизму ингибирования его роста или леталь-

ным эффектом (антибактерицидный, фунгицидный и противовирусный) [93].

Определенное время для дезинфекции икры применяли малахитовый зеленый, и это было достаточно эффективное средство. Однако при использовании малахитового зеленого у рыб увеличивалось количество пороков развития, уродств [93]. Поэтому из-за подозрения в канцерогенности использование малахитового зеленого в пищевом производстве рыбы запретили.

На данный момент по эффективности воздействия не найдено средство, сопоставимое с малахитовым зеленым в борьбе с сапролегниозом. Определенное время для целей дезинфекции использовались продукты, основанные на формалине. Однако озабоченность по поводу их воздействия на окружающую среду привела к ограничению их использования, в ряде стран – и к запрещению использования в аквакультуре. Для профилактики сапролегниоза применялся бронепол, отмечалась умеренная эффективность. Также в качестве дезинфицирующих альтернатив рассматривались борная кислота, перекись водорода, соль, морская вода, йодофор, озон, ультрафиолет, бактерии-антагонисты, перуксусная кислота, вакцины, глюканы, эфирные масла (из-за фитонцидных свойств).

Ряд ученых [162, 168] установили, что поваренная соль перспективна в качестве безопасного и экономичного дезинфицирующего агента в борьбе с микозами и бактериальными инфекциями в пресноводной аквакультуре и мариккультуре и способна оказывать стимулирующее воздействие на сроки выклева.

Хлорид натрия, или хлористый натрий (NaCl), – натриевая соль соляной кислоты. В быту известен как поваренная соль, в большом количестве встречается в морской воде и в виде минерала галита (каменная соль). Соль не является вредным химикатом, она – безопасное вещество, которое распространено везде и имеет антибактериальные свойства [116, 151]. Соль играет большую роль в клеточных процессах посредством участия в движении ионов Na^+ и Cl^- через клеточную мембрану. Терапевтические свойства соли используются в медицине при инфузии изотонических (для детоксикации и при обезвоживании) и гипертонических (в качестве осмодиуретика, при отравлениях) растворов соли, при обработке гнойных ран, в спелеотерапии.

Соль в современной аквакультуре используется для различных целей: контроль паразитов, стабилизация осморегуляции, повышенные выделения слизи и лечение метгемоглобинемии.

Применение соли в форелеводстве мало изучено, отсутствуют четкие рекомендации по дозировке и протоколу обработки икры.

Лишь в отдельных исследованиях [147] рассматривалась эффективность в борьбе с сапролегниозом при инкубации радужной форели таких веществ, как морская соль, перекись водорода, препараты BioCare и Русеце (50 % – бронопол). Время экспозиции и концентрации исследуемых веществ варьировались. Фиксировали фунгистатические эффекты, уровень выклева и количество дефектов развития. Соль использовалась в концентрациях 15, 20, 25 и 30 г/л при экспозиции 30 и 60 мин (однократно – каждые 3 дня). Лучшей концентрацией по комплексу анализируемых признаков оказалась концентрация 20 г/л в течение 30 мин. Самым эффективным был препарат Русеце. Однако исследователи выразили мнение о том, что было бы перспективно протестировать эффекты чистого хлорида натрия, с использованием кратковременного воздействия высокими концентрациями соли. Использование солоноватых вод в форелеводстве связано с особенностью осморегуляции и относительной солеустойчивостью форели. Способность выдерживать пониженную соленость воды проявляется у форели еще на ранней стадии развития. По мнению Е. Ф. Титарева [120], допустимо использование солоноватых вод в форелеводстве благодаря пластичности и относительной эвригаллинности форели при постепенной адаптации. По мере развития и увеличения массы форель способна выдерживать соленость в пределах 5–20 ‰ (личинки – 5–7 ‰, мальки – 12, годовики – до 20 ‰). Отмечено, что форель может переносить добавление морской воды в количестве 10 %, но добавление 70 % летально для нее.

Некоторые ученые [120, 121] отмечали, что выращивание форели в солоноватых водах озер, опресненных участках морей, заливах, бухтах, фьордах перспективно, так как в пределах той солености, которая нетоксична для форели, пропорционально с увеличением солености увеличивается темп роста рыб.

В экспериментах по изучению влияния соли на активацию, оплодотворение и раннюю эмбриологию европейского угря установлено, что соленость воды в пределах 30–40 ‰ положительно влияет на качество икры, диаметр икринок. Максимальный диаметр хориона отмечен при солености 35 ‰ [169].

Смесь из хлорида кальция и хлорида натрия предложена в качестве профилактического средства против сапролегниоза при инкубации икры лососевых. Смертность снижалась, когда смесь хлорида натрия и кальция (26:1) применялась в концентрации 20 г/л в течение 1 ч трехкратно в неделю, продолжительность экспозиции составляла 60 мин. Концентрация 25 г/л (экспозиция – 120 мин) была токсична, 10 г/л – недостаточно эффективна. Однако в этих экспериментах применение малахитового зеленого вызывало самый низкий уровень смертности – 5,2 %, но отмечалось повышение количества пороков развития [139].

Уменьшение зараженности сапролегниозом и улучшение процента выклева отмечено при воздействии соли на икру радужной форели в концентрации соли 30 г/л [156]. Однако использование соли таких высоких концентраций непрактично для использования в инкубационных цехах при интенсивном рыбоводстве.

Резюмируя вышесказанное, можно сделать вывод, что применение хлорида натрия в инкубационном процессе перспективно и малоизучено. При различных концентрациях и времени экспозиции фактор соли непредсказуемо воздействует на различные объекты. Но полученные данные в области использования хлорида натрия в рыбоводстве позволяют говорить о том, что использование хлорида натрия при инкубации радужной форели в установках замкнутого водообеспечения может оказывать дезинфицирующее воздействие, а также стимулировать выклев личинок, выживаемость и рост молоди.

11.2. Использование аскорбиновой кислоты в инкубационном процессе икры форели

Одна из проблем, с которой сталкивается аквакультура, – увеличение экологической загрязненности. Также проблемой в воспроизводстве радужной форели является высокая гибель молоди на ранних этапах развития – при подращивании мальков после выклева. Данный этап технологического цикла характеризуется большим отходом форели. Предположительно, одной из причин высокой смертности личинок является наличие в воде свободных радикалов, наносящих окислительные повреждения на клеточном уровне [140]. Они попадают в воду как метаболиты гидробионтов и в результате воздействия таких факторов среды, как органические вещества, химикаты, тяжелые металлы, ультрафиолетовое излучение [39, 142, 157].

Предположительно, использование антиоксидантов в процессе инкубации позволяет снизить негативные последствия воздействия стресс-факторов на эмбрионы и личинки [27, 90, 91, 140, 143, 163].

Влияние негативных эффектов свободных радикалов на метаболизм позвоночных проявляется в нанесении повреждений ДНК, деактивации белка, нарушении перекисного окисления липидов и мембранной проницаемости. Интенсивное потребление кислорода скелетными мышцами значительно увеличивает количество свободных радикалов на митохондриях и эндотелии сосудов. Это увеличивает восприимчивость активных мышц к оксидантному стрессу [146] и ведет к увеличению смертности и дефектов развития [138]. Дополнение рациона рыб антиоксидантами позволило бы уменьшить ущерб от свободных радикалов.

Было высказано предположение, что добавление антиоксидантов в воду при инкубации сможет помочь справиться гидробионтам с оксидантным стрессом на ранних стадиях [164].

В качестве экономичного и перспективного для аквакультуры антиоксиданта можно рассматривать аскорбиновую кислоту. Витамин С выполняет важные физиологические функции как для растений, так и для животных [173]. Аскорбиновая кислота является жизненно важным микронутриентом для костистых рыб, включая и лососевых [135]. В рационе рыб и креветок необходимо наличие аскорбиновой кислоты для предотвращения развития скорбутных признаков. Это обусловлено недостатком L-гулонолактонооксидазы. Вероятно, из-за наследственных нарушений одного из этапов синтеза витамина С из D-глюкозы – превращения L-гулонолактона в L-аскорбиновую кислоту – в результате мутации гена, кодирующего L-гулонолактонооксидазу [174].

Также аскорбиновая кислота является важным коферментом, антиоксидантом: нейтрализует супероксидный радикал до перекиси водорода, уменьшает оксидантный мутагенез, гликацию белка [132, 134, 152].

За последние 30 лет было проведено большое количество исследований, посвященных изучению роли аскорбиновой кислоты в физиологии гидробионтов. Было изучено влияние аскорбиновой кислоты, поступающей с пищей, на рост, морфогенез, воспроизводство и адаптацию карпа, зубатки, форели, креветок, тилапии и даже змееголовых [170].

Доказано стимулирующее влияние аскорбиновой кислоты на плодовитость при включении ее в рацион радужной форели, тилапии, трески [158], желтого окуня [153] и гуппи [159]. Кроме того, аскорбиновая кислота принимает участие в нескольких биохимических реакциях в клетках, связанных с их способностью подвергаться обратимому окислению и восстановлению. Также аскорбиновая кислота, как показали исследования, восстанавливает убихинон и витамин Е, проявляет иммуномоделирующий эффект, участвует в детоксикации в гепатоцитах, в превращении холестерина в желчные кислоты, а также в синтезе коллагена, серотонина, катехоламинов и повышает толерантность к экологическим стрессорам [148].

Витамин С требуется всем животным для метаболических процессов, и потребность в нем зависит от вида и условий окружающей среды [173].

Если по каким-то причинам производители маточного стада недополучили витамин С, возможно компенсировать его дефицит, когда икринка активно всасывает воду. Известен способ обогащения икры аскорбиновой кислотой, когда ее обрабатывали в течение 3 ч высокими концентрациями аскорбиновой кислоты (100, 1000 и 2000 мг/л). Это значительно повлияло на значение общей аскорбиновой кислотности, на содержание ее в предличинках и личинках.

При изучении влияния аскорбиновой кислоты на эмбриональное развитие, выклев и устойчивость к температурному стрессу на скаляриях получены результаты стимулирующего влияния витамина С [156, 157]. Оплодотворенные яйцеклетки помещали в растворы аскорбиновой кислоты различных концентраций на 3 ч. На эмбриональное развитие положительно влияла концентрация 2000 мг/л. На устойчивость к высоким температурам оказали влияние концентрации 1000 и 2000 мг/л. На рост эмбрионов не было оказано достоверного влияния. Такой способ обработки половозрелых рыб рекомендуется для компенсации дефицита витамина С в яичниках самок.

Исследование влияния малых концентраций аскорбиновой кислоты на эмбрионы и личинки форели в течение длительного времени не проводилось.

Таким образом, аскорбиновая кислота – перспективный антиоксидант и важный компонент рациона гидробионтов. Относительно радужной форели в мировой практике изучалось воздействие аскорбиновой кислоты только с точки зрения компенсации диетиче-

ского дефицита, воздействие фактором происходило в течение несколько часов после оплодотворения. Вызывает интерес, какое влияние будет оказывать аскорбиновая кислота при длительном воздействии на эмбрионы (в течение инкубации например) и на рыбоводно-значимые признаки после выклева, такие как: темп выклева, выживаемость, жизнестойкость, темп роста. Возможно, антиоксидантные и важные метаболические функции витамина С могли бы нивелировать хроническое воздействие стресс-факторов, которым подвергается радужная форель при содержании в УЗВ.

11.3. Влияние нитратов на развитие личинок форели в установках замкнутого водообеспечения

Лимитирующее количество водных ресурсов способствует широкому применению установок замкнутого водообеспечения в аквакультуре. При небольших затратах воды УЗВ позволяют получать значительное количество товарной рыбной продукции. Исследователи-ихтиологи все больше внимания уделяют негативным эффектам, аккумулирующимся в рециркуляционных системах метаболитов [136]. Присутствие нитратов в УЗВ (как продукта азотного цикла), как и остальных параметров гидрохимического режима, оказывает влияние на физиологический статус рыб и предопределяет эффективность технологического процесса в целом. Подверженность токсическому влиянию нитратов зависит от возраста, массы, иммунитета рыб, других стресс-факторов гидрохимического режима. Для взрослых рыб допустимы и относительно высокие концентрации нитратов. Вызывает интерес влияние нитратов на «уязвимых» личинок, то есть когда они находятся на ранних стадиях онтогенеза и остро реагируют на экологические факторы среды.

По результатам исследований учеными установлена хроническая токсичность больших концентраций нитратов (менее 200 мг/л для икринок и личинок лососевых видов рыб). Отмечено, что острая, хроническая и сублетальная токсичность зависит от стадии жизненного цикла [133]. В ранних исследованиях влияния токсичности нитратов на лососевых установлена 96-часовая полулетальная концентрация – 1364 мг/л $\text{NO}_3\text{-N}$ и 1068 мг/л при 7-суточном выдерживании, в качестве оптимума рекомендована концентрация 5,7 мг/л. Предельно допустимая концентрация с хроническим эффектом составляет 57 мг/л [175]. Поэтому многие ученые указывают на необходимость постоянного мониторинга концентрации нитратов в УЗВ при

выращивании ценных видов рыб: лососевых, осетровых, сомовых, гибрида полосатого окуня [73, 75]. При производстве товарной продукции как пресноводной, так и морских видов рыб, из установок замкнутого водообеспечения необходимо удалять нитраты [171].

В исследованиях ученого Дж. Дэвидсона [179] установлена взаимосвязь содержания нитратов в воде в пределах 80–100 мг/л с аномальным поведением лососевых: потеря контроля над плавучестью – «бокоплав», высокая подвижность рыб, которая отнимает энергетический ресурс и существенно их ослабляет. Также установлено, что концентрация нитратов 91 мг/л существенно снижает среднюю выживаемость молоди радужной форели. Совместно с другими хроническими стресс-факторами нитраты способствуют снижению иммунитета культивируемых рыб [90, 91].

Хроническими эффектами нитратов являются замедление скорости роста, разрушение тканей, иммуносупрессия, снижение плодовитости самок, увеличение смертности личинок, изменение стероидогенеза, типа движения, дефекты скелетной системы и др. [145, 150].

В отдельных исследованиях ученых установлено, что при содержании атлантического лосося в УЗВ, при концентрации нитратов 93,15 мг/л во время эмбрионального развития, морфология щитовидной железы рыб патологически не изменилась, что косвенно свидетельствует о нечувствительности данного органа к такому избыточному содержанию нитратов.

На практике количество нитратов в УЗВ может значительно превышать данную концентрацию, к тому же индивидуальные физиологические реакции различных организмов на одну и ту же концентрацию токсиканта могут быть разными.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что влияние токсических эффектов нитратов на гидробионты в УЗВ – малоизученное направление, однако игнорировать повышенное содержание нитратов в воде, без учета их прямого или опосредственного влияния, нельзя. Для дальнейшего эффективного и экологичного развития аквакультуры необходимо изучить влияние избыточных концентраций нитратов, их токсические эффекты и влияние на рыбопродуктивные признаки на основных этапах технологии производства рыбопродукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Завезенные в Беларусь и выращенные в условиях садковых хозяйств республики двухлетки из популяций радужной форели породы Адлерская янтарная и форель датского происхождения характеризуются высоким темпом роста, большей относительной высотой тела и меньшим размером головы по сравнению с литературным аналогом. Исследованиями установлено, что в течение вегетационного сезона наблюдается поступательный рост племенной форели. В первой декаде сентября сеголетки форели достигают массы тела 3,8 г (янтарная Адлерская) и 6,5 г (радужная датской линии), длина тела составляет 5,5 и 7,2 см соответственно.

По отдельным фенотипическим признакам установлен половой диморфизм. Самцы характеризуются большим размером головы по сравнению с самками. У них статистически достоверно более высокие показатели по относительным размерам длины средней части головы, длине рыла, ширине лба и толщине головы, следовательно, размеру всей головы. Самцы характеризуются большими относительными массами головы, жабр, плавников по сравнению с самками, у самок выше относительная масса тушки. По указанным признакам установлены статистически достоверные различия. Половое развитие самцов в двухлетнем возрасте более равномерно, о чем свидетельствует относительно низкий по сравнению с самками коэффициент вариации. Высокая изменчивость по показателю развития гонад, особенно самок, свидетельствует о перспективности селекционной работы с популяциями форели, адаптированными в условиях Беларуси, в направлении повышения ее плодовитости.

Радужная форель в возрасте годовиков характеризуется прогонистой удлинённой формой тела с относительно небольшой головой и удлинённым хвостовым стеблем. Популяция годовиков радужной форели по фенотипическим признакам однородна, несмотря на то, что посадочный материал был сформирован из трех форелевых хозяйств республики. Это свидетельствует об их общем происхождении.

Форель, разводимая в республике, отличается высокой пищевой ценностью, обусловленной повышенным выходом съедобных частей тела (тушки). По данному признаку установлены преимущества форели датского происхождения, по сравнению с янтарной Адлерской,

а также самок – по сравнению с самцами. Самки форели белорусских популяций характеризуются высокими показателями репродуктивных признаков. Относительный выход икры у самок форели датского происхождения колеблется от 2,1 тыс. экз. до 3,6 тыс. экз., в зависимости от массы самок и размера икринок. Отношение общей массы икры к массе тела самок колеблется в пределах 7,7 %–11,1 %.

Изменчивость большинства фенотипических и интерьерных признаков невысока. Согласно классификации, предложенной И. Ф. Слущким [45], уровень изменчивости рассмотренных морфометрических признаков, в зависимости от коэффициента вариации, оценивается как низкий (5 %) и средний (до 20 %), что свидетельствует о стабильности популяций форели, имеющих в республике. По сравнению с карпом, у форели значительно меньший процент от массы тела составляет масса головы – 7 % против 20 % и более. Из внутренних органов большей относительной массой характеризуются: кишечник – 7,65 %, полостной жир – 2,21 %. В целом относительная масса внутренних органов – 14,21 %, что несколько выше, чем у карпа (около 10 %).

Установлено, что между массой тела форели, коэффициентом упитанности по Фультону, содержанием сухого вещества и жира установлена положительная корреляционная зависимость. Прямо пропорциональные связи наблюдаются между количеством влаги, протеина и минеральных веществ в мышцах двухлетков форели.

Кислородный режим и уровень рН при выращивании племенного материала форели соответствовал нормативным требованиям: содержание растворенного в воде кислорода составляло 10,4–10,5 мг/л, рН – 7,6–7,8. Установлено, что температура воды при выращивании сеголетков существенно влияет на темп роста сеголетков. Показатели содержания растворенного в воде кислорода и температура воды ниже нормативных требований негативно сказываются на темпе роста племенных стад форели.

При выращивании форели в различных форелевых хозяйствах признаков опасных инфекционных и инвазионных заболеваний различных возрастных групп в летний период выращивания и содержания в зимний период не обнаружено.

Две популяции сеголетков форели, сформированные из материала, завезенного из разных источников, имеют различия по ряду

морфометрических признаков, что свидетельствует об отсутствии родственных связей между ними. В целом белорусские популяции янтарной Адлерской форели и форели датского происхождения, несмотря на то, что завезенный материал был предназначен для товарного выращивания, представляют собой ценный генофонд для дальнейшей племенной работы.

На основании оценки основных рыбохозяйственных, физиолого-биохимических, биохимико-генетических признаков имеющегося генофонда, частично адаптированного в условиях Беларуси, разработаны рекомендации по формированию гетерогенного генофонда форели за счет дополнительного завоза чистопородного племенного материала пород Российской селекции и высокопродуктивных пород Дональдсона и Камлоопс.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеец, В. Ю. Актуальность направлений научных исследований в соответствии с потребностями рыбоводства и предпочтениями населения в рыбе / В. Ю. Агеец [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 34. – Минск : Ин-т рыбного хозяйства, 2018. – С. 15–23.

2. Агеец, В. Ю. Комбикорм для радужной форели / В. Ю. Агеец, Ж. В. Кошак, Н. Н. Гадлевская // Наше сельское хозяйство. – 2016. – № 18 (146). – С. 58–62.

3. Агеец, В. Ю. О выполнении Государственной программы развития рыбохозяйственной деятельности на 2011–2015 годы, перспективах развития и научном обеспечении отрасли на 2016–2020 годы / В. Ю. Агеец // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 32. – Минск : Ин-т рыбного хозяйства, 2016. – С. 8–26.

4. Агеец, В. Ю. Перспективы развития рыбоводства в Беларуси / В. Ю. Агеец // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2013. – № 2. – С. 102–109.

5. Агеец, В. Ю. Проблемы производства кормов для рыб в Беларуси / В. Ю. Агеец // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 30. – Минск : Ин-т рыбного хозяйства, 2014. – С. 101–110.

6. Агеец, В. Ю. Проблемы и перспективы производства биологически полноценных комбикормов для рыб в Республике Беларусь / В. Ю. Агеец, Ж. В. Кошак, А. Э. Кошак // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2017. – № 2. – С. 91–99.

7. Агеец, В. Ю. Состояние аквакультуры в Республике Беларусь: возможности инновационного развития и научное обеспечение / В. Ю. Агеец // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 31. – Минск : Ин-т рыбного хозяйства, 2015. – С. 14–24.

8. Аквакультура Норвегии от научных экспериментов – к промышленным масштабам / Я. Брайнбалле // Рыбное хозяйство. – 2009. – № 4. – С. 46–48.

9. Алекин, А. О. Химический анализ вод суши / А. О. Алекин. – Л. : Наука, 1954. – 200 с.

10. Бабушкин, Ю. П. Продуцирование спермы самцами радужной форели разных групп и возрастов / Ю. П. Бабушкин // Изв. ГосНИОРХ. – 1974. – Т. 97. – С. 115–122.

11. Богерук, А. К. Аквакультура – важнейшее направление в обеспечении населения страны высококачественными продуктами питания / А. К. Богерук // Финансовый эксперт. – 2006. – № 1. – С. 65–71.
12. Богерук, А. К. Мировая аквакультура: опыт России / А. К. Богерук, И. А. Луканова. – М. : ВНИРО, 2010. – С. 171, 183–188.
13. Богерук, А. К. Особенности пороодообразовательного процесса в аквакультуре / А. К. Богерук // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2006. – № 11. – С. 2–7.
14. Богерук, В. С. Современное состояние и важнейшие задачи развития племенного рыбоводства в России / В. С. Богерук [и др.]. – Екатеринбург : Изд. центр УрФУ, 2011. – 257 с.
15. Бех, В. В. Выход съедобной части тела помесных и чистопородных карпов при товарном выращивании / В. В. Бех // Вісн. аграр. науки. – Киев, 1998. – № 1. – С. 72–74.
16. Брайнбалле, Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы / Я. Брайнбалле. – Копенгаген, 2010. – 70 с.
17. Власов, В. А. Гетерозис в рыбоводстве / В. А. Власов, Н. И. Маслова. – М. : РГАУ-МСХА, 2014. – 203 с.
18. Гадлевская, Н. Н. Выживаемость личинок стерляди, подрощенных на опытных стартовых кормах / Н. Н. Гадлевская [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 25. – Минск : БГУ. – 2009. – С. 74–80.
19. Гадлевская, Н. Н. Оценка физиологического состояния сеголетков форели при использовании отечественного экструдированного комбикорма / Н. Н. Гадлевская [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 29. – Минск : Ин-т рыбного хозяйства, 2013. – С. 123–128.
20. Голод, В. М. Задачи и пути селекционной работы с радужной форелью в тепловодном рыбоводстве / В. М. Голод. – М. : Изд-во ВНИРО, 2013. – 155 с.
21. Голод, В. М. Новая порода форели – Рофор / В. М. Голод // Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре : 2-й междунар. симпозиум. – Краснодар, 1999. – С. 30–31.
22. Голод, В. М. Основные направления развития форелеводства в России / В. М. Голод, Г. П. Пузырина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – № 5. – С. 611–615.

23. Голод, В. М. Породы рыб России / В. М. Голод. – М. : Мир, 2010. – 251 с.

24. Голод, В. М. Селекция рыб в России / В. М. Голод, А. А. Иванов // Сб. науч. тр. ВНИИПР – М. : ВНИРО. – 2012. – № 4. – С. 150–154.

25. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 11 марта 2016 г., № 196 // Консультант Плюс / ООО «Юрспектр». – Минск, 2022.

26. Гук, Е. С. Влияние NaCl на рост личинок радужной форели (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) в условиях *IN VITRO* / Е. С. Гук, Л. С. Цвирко, Е. В. Таразевич // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сб. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21–22 марта 2019 г. – Минск : БГАТУ, 2019. – С. 388–390.

27. Гук, Е. С. Влияние доинкубации в растворах аскорбиновой кислоты на темпы выклева и личиночный рост радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) / Е. С. Гук, Е. П. Чекун, Е. В. Таразевич // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. науч. ст. XX Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 19–11 мая 2017 г. / Гродн. гос. аграр. ун-т. – Гродно, 2017. – С. 139–142.

28. Дмитриевич, Н. П. Применение кормов с добавлением водорослей при выращивании ценных видов рыб / Н. П. Дмитриевич, Т. В. Козлова, Л. С. Цвирко // Сотрудничество – катализатор инновационного роста: сб. матер. 3 Белорусско-Прибалтийского форума, Минск, 19–20 октября 2017 г. – Минск : БНТУ, 2017. – С.45–47.

29. Дорофеева, Т. А. Рост и биологические особенности радужной форели / Т. А. Дорофеева, Б. З. Цалиев // Горский гос. ун-т. – Владикавказ : ФГОУ ВПО ГОУ, 2013. – 133 с.

30. Дударенко, Л. С. Рыбоводно-биологическая характеристика сеголетков и годовиков зеркальных кроссов карпа / Л. С. Дударенко [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 24. – Минск : Ин-т рыбного хозяйства, 2008. – С. 77–80.

31. Жигин, А. В. Замкнутые системы в аквакультуре – базисная инновация / А. В. Жигин, Н. В. Изотова // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 31. – Минск : Ин-т рыбного хозяйства, 2015. – С. 52–66.

32. Жигин, А. В. Замкнутые системы в аквакультуре / А. В. Жигин. – М. : РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. – 665 с.

33. Иванов, А. А. Физиология рыб : учебное пособие / А. А. Иванов [и др.]. – Изд. 2-е, стер. – СПб. : Лань, 2011. – 280 с.
34. Иванов, А. П. Химический анализ рыб и их кормов / А. П. Иванов. – М. : ВНИРО, 1963. – 37 с.
35. Инновационные технологии переработки сельскохозяйственной продукции : учебное пособие / Н. В. Казаровец [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2013. – 288 с.
36. Казаков, Р. В. Определение качества спермы у рыб (Методические указания). Инструкции и методические указания по разведению ценных промысловых рыб / Р. В. Казаков. – Л.: Наука, 1982. – С. 149–164.
37. Каплич, В. М. Рыбоводство : учебник / В. М. Каплич [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2016. – 336 с.
38. Каталог пород, кроссов и одомашненных форм рыб России и СНГ / под науч. ред. А. К. Богерука. – М. : ВНИРО, 2001. – 111 с.
39. Катасонов, В. Я. Селекция и племенное дело в рыбоводстве / В. Я. Катасонов, Н. Б. Черфас. – М. : Агропромиздат, 1986. – 182 с.
40. Козырь, А. В. Влияние аквапонного модуля на содержание азотистых соединений в тепловодных установках замкнутого водоснабжения при выращивании клариевого сома (*Clarias gariepinus*) / А. В. Козырь, Л. С. Цвирко // Веснік Палескага дзярж. ун-та. Сер. прыродазн. навук. – Пинск : ПолесГУ, 2019. – № 1. – С. 87–94.
41. Кирпичников, В. С. Генетика и селекция рыб / В. С. Кирпичников. – Л. : Известия ГосНИОРХ, 1966. – Т. 61. – С. 40–61.
42. Кирпичников, В. С. Генетика и селекция рыб / В. С. Кирпичников. – Л. : Наука, 1987. – 519 с.
43. Кирпичников, В. С. Организация племенного дела в карповодстве / В. С. Кирпичников // Науч.-техн. бюл. Всесоюз. НИИ озерного и речного рыб. хоз-ва. – Л., 1960. – № 11. – С. 121–137.
44. Книга, М. В. Биохимический состав тела сеголетков форели / М. В. Книга [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. – Минск : Ин-т рыбного хозяйства, 2016. – Вып. 32. – С. 72–77.
45. Книга, М. В. Изучение эффекта гетерозиса у годовиков карпа по выживаемости и потере массы тела в зимний период / М. В. Книга [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 25. – Минск, 2009. – С. 27–37.
46. Книга, М. В. Оценка проявления гетерозисного эффекта по рыбоводно-биологическим показателям у трехпородных кроссов / М. В. Книга, Е. В. Таразевич, Г. А. Прохорчик // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 20. – Минск, 2004. – С. 94–103.

47. Книга, М. В. Пищевая ценность двухлетков межпородных и внутривидовых кроссов карпа и его гибридов с амурским сазаном / М. В. Книга // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 21. – Минск, 2005. – С. 24–27.

48. Книга, М. В. Проявление эффекта гетерозиса у двухлетков двухпородных кроссов карпа / М. В. Книга [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 25. – Минск, 2009. – С. 14–27.

49. Книга, М. В. Сравнительная рыбоводно-биологическая характеристика сеголетков зеркальных кроссов и чистопородных карпов / М. В. Книга [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 27. – Минск, 2011. – С.14–23.

50. Книга, М. В. Сравнительная оценка проявления гетерозисного эффекта у сеголетков и двухлетков трехпородных кроссов I и II ротаций / М. В. Книга, Е. В. Таразевич, А. П. Ус // Проблемы изучения, сохранения и восстановления водных биологических ресурсов в XXI веке: матер. докл. Междунар. науч.-практ. конф., Астрахань, 16–18 октября 2007. – Астрахань: Россия. – С. 301–304.

51. Книга, М. В. Сравнительная характеристика кроссов тремлянского карпа по токсикотолерантности / М. В. Книга [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 24. – Минск, 2008. – С. 93–96.

52. Книга, М. В. Сравнительная рыбоводственная характеристика сеголетков исходного селекционного материала зеркального карпа / М. В. Книга, Е. В. Таразевич, А. П. Ус // Рыбгосподарська наука України: сб. науч. тр. – № 2. – Киев, 2011. – С. 103–109.

53. Книга, М. В. Устойчивость личинок карпа к неблагоприятным факторам среды / М. В. Книга [и др.] // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: тэзісы дакл. IV Міжнар. навук. канф., Брэст, 10–11 верасня 2008 г. – Брэст : Альтернатыва, 2008. – С. 142.

54. Книга, М. В. Фенотипические особенности сеголетков кроссов, образованных отводками тремлянского карпа / М. В. Книга [и др.] // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. – Вып. 12. – Ч. 2. – Горки, 2009. – С. 410–417.

55. Книга, М. В. Характеристика показателей массонакопления двухпородных кроссов на этапе товарного выращивания / М. В. Книга [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 26. – Минск, 2010. – С. 28–38.

56. Книга, М. В. Характеристика телосложения двухлетков двухпородных кроссов карпа / М. В. Книга [и др.] // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. – Вып. 13. – Ч. 2. – Горки, 2010. – С. 39–46.
57. Кирпичников, В. С. Генетика и селекция рыб / В. С. Кирпичников. – Л. : Наука, 1987. – 519 с.
58. Киселев, А. Ю. Рыбоводно-биологическая оценка разных форм радужной форели / А. Ю. Киселев. – М. : ВНИРО, 2000 – 135 с.
59. Козлова, Т. В. Садковое рыбоводство – перспективное направление аквакультуры Республики Беларусь / Т. В. Козлова [и др.] // Сб. матер. 6 Междунар. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, молодых ученых сети центров аквакультуры Центральной и Восточной Европы (НАСИ), Горки, 28 ноября–1 декабря 2017 г. – Горки : М-во сел. хоз-ва и продовольствия РБ, 2017. – С. 11–12.
60. Кончиц, В. В. Оценка гетерозисного эффекта у межлинейных, межпородных и межвидовых кроссов карпа и использование их для повышения эффективности рыбоводства / В. В. Кончиц, М. В. Книга. – Минск : Тонпик, 2006. – 222 с.
61. Кончиц, В. В. Пути повышения эффективности работы рыбоводных хозяйств Беларуси / В. В. Кончиц // Стратегия развития аквакультуры в условиях XXI века: матер. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–27 августа 2004 г. – Минск : Тонпик, 2004. – С. 43–46.
62. Котенев, Б. Н. Состояние и перспективы развития аквакультуры в Российской Федерации / Б. Н. Котенев [и др.] // Рыбное хозяйство. – 2006. – № 5. – С. 25–29.
63. Любомирова, В. Н. Сапролегниоз молоди клариевого сома в бассейновой аквакультуре / В. Н. Любомирова [и др.] // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф., Ульяновск, 7–8 февраля 2017 г. / Ульянов. гос. с.-х. академия им. Столыпина. – Ульяновск, 2017. – С. 144–148.
64. Мамонтов, Ю. П. Аквакультура в пресноводных водоемах России / Ю. П. Мамонтов, А. И. Литвиненко. – Тюмень : ФГУП Госрыбцентр, 2007. – 35 с.
65. Мауэр, Г. Диск-электрофорез. Теория и практика электрофореза в полиакриламидном геле / Г. Мауэр. – М. : Мир, 1971. – 248 с.
66. Мухачев, И. С. Озерное товарное рыбоводство : учебник / И. С. Мухачев. – СПб. : Лань, 2013. – 395 с.

67. Некрасов, Б. В. Основы общей химии / Б. В. Некрасов. – Изд. 3-е, испр. и доп. – М. : Химия, 1973. – Т. 2. – 688 с.
68. Немова, Н. Н. Особенности динамики липидов в раннем развитии атлантического лосося *Salmo Salar* / Н. Н. Немова, З. А. Нефедова, С. А. Мурзина // Тр. Карельского науч. центра РАН. – Петрозаводск, 2014. – № 5. – С. 44–52.
69. Никандров, В. Я. Методические указания к отбору самцов форели по размерам тела, показателям сперматокрыта и относительной плодовитости при рыбоводной и селекционно-племенной работе / В. Я. Никандров, Е. С. Слуцкий, А. Н. Образцов. – Л. : Наука, 1985. – 7 с.
70. Никоноров, С. И. Оценка перспектив воспроизводства основных объектов аква- и марикультуры в России с использованием опыта различных стран / С. И. Никоноров, В. В. Шевченко, М. Б. Монаков // Современное состояние и перспективы аквакультуры в России / М-во сел. хоз. РФ. – М., 2008. – С. 77–89.
71. Никольский, Г. В. Частная ихтиология / Г. В. Никольский. – М. : Советская наука, 1971. – 458 с.
72. Основы рационального питания : учебное пособие / В. Я. Груданов, Е. С. Пашкова, Л. А. Расолько. – Минск : БГАТУ, 2016. – 255 с.
73. Павлов, Д. С. Тихоокеанские благородные лососи и форели Азии / Д. С. Павлов [и др.]. – М. : Научный мир. – 2001. – 200 с.
74. Песцис, В. К. Новое слово в технологиях аквакультуры / В. К. Песцис [и др.] // Наука и инновации. – 2018. – № 2. – С. 28–34.
75. Пономарев, С. В. Индустриальное рыбоводство : учебник / С. В. Пономарев, Ю. Н. Грозеску, А. А. Бахарева. – Изд. 2-е, испр. и доп. – СПб. : Лань, 2013. – 416 с.
76. Пономарев, С. В. Лососеводство / С. В. Пономарев. – М. : МОРКНИГА, 2012. – 561 с.
77. Порода радужной форели «Форель Дональдсона» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://aquacultura.org/science/seleksiya/foreli/poroda-raduzhnoy-foreli-forel-donaldsona.php>. – Дата доступа: 07.12.2021 г.
78. Породы радужной форели (*Oncorhynchus mykis* W.) / под ред. А. К. Богерука. – М. : Росинформагротех, 2006. – 316 с.
79. Правдин Ф. И. Руководство по изучению рыб / Ф. И. Правдин. – М. : ВНИРО, 1966. – 376 с.
80. Природа Белоруссии / под ред. И. П. Шамякина. – Минск : БелСЭ, 1986. – 598 с.

81. Проскуренко, И. В. Замкнутые рыбоводные установки / И. В. Проскуренко. – М. : ВНИРО, 2003. – 152 с.

82. Рекомендации по воспроизводству осетровых рыб в рыбоводных индустриальных комплексах с применением инновационных методов / Н. В. Барулин [и др.]. – Горки : БГСХА, 2016. – 180 с.

83. Рекомендации по выращиванию рыбопосадочного материала радужной форели в рыбоводных индустриальных комплексах (с временными нормативами) / Н. В. Барулин [и др.]. – Горки : БГСХА, 2016. – 179 с.

84. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Вышэйшая школа, 1973. – С. 24–53.

85. Рыбоводно-биологические и биохимико-генетические особенности карпов, разводимых в Республике Беларусь / А. И. Чугаева [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. и проект.-конструктор. ин-т рыб. хоз-ва. – Минск, 1997. – Вып. 15. – С. 11–33.

86. Рыбы: популяционный энциклопедический справочник / П. И. Жуков [и др.]. – Минск : БелСЭ, 1989. – 311 с.

87. Савваитова, К. А. Камчатские благородные лососи (систематика, экология, перспективы использования как объекта форелеводства и акклиматизации) / К. А. Савваитова [и др.]. – Воронеж : ВГУ, 1973. – 120 с.

88. Салменкова, Е. А. Применение электрофоретических методов в популяционно-генетических исследованиях рыб в пределах их ареалов / Е. А. Салменкова, Т. В. Малинина // Типовые методики исследований продуктивности видов рыб в пределах ареалов. – Вильнюс : Мокслас, 1976. – Ч. 2. – С. 82–92.

89. Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб: в 2 ч. / под общ. ред. Н. А. Яременко. – М. : Отдел маркетинга АМБ-агро, 1999. – Ч. 1. – 310 с.; Ч. 2. – 234 с.

90. Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре. – М. : ВНИРО, 2001. – 242 с.

91. Селекционно-племенная работа с радужной форелью / В. М. Голод [и др.]. – СПб. : Лань, 2009. – 29 с.

92. Селекционно-генетические исследования некоторых сиговых рыб / М. А. Андрияшева [и др.]. // Биологические основы рыбоводства: проблемы генетики и селекции. – Л. : Известия ГосНИОРХ, 1983. – С. 146–166.

93. Симонов, В. М. Применение тест-системы оценки толерантности на ранних стадиях развития в селекционных исследованиях // В. М. Симонов, Ю. И. Илясов // Сб. науч.-технолог. и метод. документации по аквакультуре. – М. : ВНИРО, 2001. – С. 147–152.

94. Симонов, В. М. Применение тест-системы оценки толерантности групп карпа в селекционных исследованиях / В. М. Симонов, В. Я. Катасонов // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ. Вопросы генетики, селекции и племенного дела в рыбоводстве. – М. : ВНИРО. – 2001. – Вып. 76. – С. 69–73.

95. Стратегия развития аквакультуры в Российской Федерации на период до 2020 года // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2008. – № 6. – С. 1–16.

96. Таммерт, М. Ф. Вариабельность трансферрина у карпа *Surgipus carpio* L. / М. Ф. Таммерт // Биохимическая генетика рыб. – Л. : Известия ГосНИОРХ, 1973. – С. 138–140.

97. Таразевич, Е. В. Биохимический состав мышц двухлетков радужной форели из рыбопитомника «Богушевский» / Е. В. Таразевич [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Минск : Ин-т рыб. хоз-ва, 2014. – Вып. 30. – С. 37–45.

98. Таразевич, Е. В. Влияние NaCl на эффективность содержания личинок радужной форели в условиях *in vitro* / Е. В. Таразевич // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2020. – Вып. 4 (39). – С. 3–7.

99. Таразевич, Е. В. Возможности корректировки технологических параметров выращивания товарной форели в Беларуси / Е. В. Таразевич, Е. С. Гук, Е. П. Чекун // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сб. ст. III Науч.-практ. конф., Минск, 23–24 марта 2017 г. – Минск : БГАТУ, 2017. – С. 221–222.

100. Таразевич, Е. В. Изучение эффекта гетерозиса у годовиков карпа по выживаемости и потере массы тела в зимний период / Е. В. Таразевич [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 25. – Минск, 2009. – С. 27–37.

101. Таразевич, Е. В. Изучение репродуктивных показателей самок радужной форели и оценка пищевой ценности икры и мяса / Е. В. Таразевич // Агропанорама. – 2021. – № 1 (143). – С. 22–25.

102. Таразевич, Е. В. Инновации в создании кроссов карпа с высокими товарными признаками / Е. В. Таразевич // Наука и инновации. – 2021. – № 8 (222). – С. 41–44.

103. Таразевич, Е. В. Икра самок форели белорусских популяций – богатый источник полиненасыщенных жирных кислот, незаменимого фактора питания / Е. В. Таразевич // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2021. – Вып. 2 (41). – С. 27–31.

104. Таразевич, Е. В. К методике определения рыбохозяйственной ценности отдельных групп рыб методом ранжирования / Е. В. Таразевич [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 21. – Минск, 2005. – С. 45–55.

105. Таразевич, Е. В. Метод формирования генетически маркированных линий карпа на основе местных маточных стад / Е. В. Таразевич // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. трудов. – Горки, 2009. – Вып. 12. – Ч. 2. – С. 407–410.

106. Таразевич, Е. В. Методы селекции на различных этапах пороодообразовательного процесса при создании белорусских пород карпа / Е. В. Таразевич, М. В. Книга, В. Б. Сазанов. – Минск : БГАТУ, 2017. – 104 с.

107. Таразевич, Е. В. Опыт повышения жизнеспособности предличинок карпа / Е. В. Таразевич [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 21. – Минск, 2005. – С. 40–44.

108. Таразевич, Е. В. Оценка комбинаторной способности двух линий тремлянского карпа по рыбохозяйственным показателям сеголеток / Е. В. Таразевич // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 24. – Минск, 2008. – С. 214–220.

109. Таразевич, Е. В. Репродуктивные показатели тремлянской породы карпа 9–10 селекционных поколений и факторы, влияющие на них / Е. В. Таразевич // Агропанорама. – 2021. – № 2 (144). – С. 20–23.

110. Таразевич Е. В. Репродукционные показатели производителей селекционных отводок 7–8 поколения изобелинского карпа / Е. В. Таразевич [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 22. – Минск, 2006. – С. 23–29.

111. Таразевич, Е. В. Селекция рыбы / Е. В. Таразевич // Наука и инновации. – № 1 (95). – Минск : Бел. наука, 2011. – С. 47–48.

112. Таразевич, Е. В. Селекционно-генетические основы создания и использования белорусских пород и породных групп карпа / Е. В. Таразевич. – Минск : Тонпик, 2009. – 224 с.

113. Таразевич, Е. В. Способ получения половых продуктов от карпа: пат. 9017 Респ. Беларусь МПК А01К61/00 / Е. В. Таразевич, М. В. Книга, Г. А. Прохорчик, А. П. Семенов, Ю. И. Кузнецов, А. И. Куликовский, В. В. Адрианов; заявитель Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси. – № а 20031117; заявл. 28.11.2003; опубл. 30.03.2005 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 1. – С. 35, 36.

114. Таразевич, Е. В. Способы повышения эффективности использования прудовых площадей Беларуси / Е. В. Таразевич, Е. С. Гук // Агропанорама. – 2019. – № 3. – С. 26–29.

115. Таразевич, Е. В. Сравнительная характеристика методов воспроизводства карпа / Е. В. Таразевич [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Вып. 21. – Минск, 2005. – С. 11–14.

116. Таразевич, Е. В. Сравнительная характеристика воспроизводительных качеств самок карпов различных пород в условиях заводского нереста / Е. В. Таразевич // Таврійський наук. вісник: сб. науч. тр. – Вып. 76. – Херсон, 2011. – С. 266–276.

117. Таразевич, Е. В. Технологическая инструкция по разведению племенного карпа белорусской селекции / Е. В. Таразевич [и др.] // Сб. науч.-технолог. и метод. документации по аквакультуре в Беларуси. – Минск, 2006. – С. 6–20.

118. Таразевич, Е. В. Улучшение пищевой ценности сельскохозяйственного сырья для рыбоперерабатывающих цехов / Е. В. Таразевич, М. А. Челомбитько // Животноводство и ветеринарная медицина. – Вып. 2 (17). – Горки, 2015. – С. 39–42.

119. Таразевич, Е. В. Характеристика некоторых морфометрических признаков производителей карпа разной породной принадлежности и схема их реципрокных скрещиваний / Е. В. Таразевич, Р. М. Цыганков // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. трудов / РДУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству». – Минск, 2014. – Вып. 30. – С. 65–74.

120. Титарев, Е. Ф. Форелеводство / Е. Ф. Титарев. – М. : Пищевая промышленность, 1980. – 250 с.

121. Титарев, Е. Ф. Холодноводная аквакультура / Е. Ф. Титарев. – Рыбное : ДФ ФГОУ ВПО «АГТУ», 2005. – 230 с.

122. Титарев, Е. Ф. Холодноводное форелевое хозяйство / Е. Ф. Титарев. – Рыбное : ДФ ФГОУ ВПО «АГТУ», 2005. – 124 с.

123. Трувелер, К. А. Многоцелевой прибор для вертикального электрофореза в параллельных пластинах полиакриламидного геля / К. А. Трувеллер, Г. Н. Нефедов // Докл. высш. школы. Сер. «Биологические науки». – Л. : Известия ГосНИОРХ, 1974. – № 9. – С. 137–140.

124. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. Вклад в обеспечение всеобщей продовольственной безопасности и питания / ФАО. – Рим, 2016. – 212 с.

125. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / под ред.

проф., д-ра техн. наук И. М. Скурихина и проф., д-ра мед. наук М. Н. Волгарева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1987. – Кн. 2. – 360 с.

126. Хрусталеv, Е. И. Товарное лососеводство : учебное пособие / Е. И. Хрусталеv. – М. : МОРКНИГА, 2017. – 486 с.

127. Шумак, В. В. Эффективность научных исследований в рыбном хозяйстве Республики Беларусь / В. В. Шумак, Е. В. Таразевич // Проблемы развития внешнеэкономических связей и привлечение иностранных инвестиций: региональный аспект : сб. науч. тр. – Донец : ДонНУ, 2011. – С. 425–430.

128. Ярмош, В. В. Клариевый сом – перспективный объект индустриального рыбоводства. / В. В. Ярмош [и др.]. – Пинск : Полес. гос. ун-т. – 2020. – 201 с.

129. Akpoilih, B. U. Effect of Formalin on the Hatching Rate of eggs and Survival of larvae of the African Catfish (*Clarias gariepinus*) / B. U. Akpoilih, O. T. Adebayo // J. of Applied Sciences and Environmental Management. – 2010. – № 14. – P. 31–34.

130. Barnes, M. E. Effect of *Flavobacterium columnare* inoculation, antibiotic treatments, and resident bacteria on rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* eyed egg survival and external membrane structure / M. E. Barnes [et al.] // J. of Fish Biology. – 2009. – № 74. – P. 576–590.

131. Behnke, J. Genus *Oncorhynchus*. Trout and Salmon of North America / J. Behnke // The Free Press. – New York, 2002. – P. 10–21.

132. Bode, A. Metabolism of vitamin C in health and disease. In: Antioxidants in Disease Mechanisms and Therapy Advances in Pharmacology / A. Bode // Academic. Press. – San Diego, CA, USA, 1997. – Vol. 38. – P. 21–42.

133. Camargo, J. A. Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates / J. A. Camargo [et al.] // Chemosphere. – 2005. – Vol. 58. – P. 1255–1267.

134. Coombes, J. S. Effects of vitamin E and α -lipoic acid on skeletal muscle contractile properties / J. S. Coombes [et al.] // J. of Applied Physiology. – 2001. – Vol. 90. – P. 1424–1430.

135. Dabrowski, K. Ascorbic acid and reproduction in fish: endocrine regulation and gamete quality / K. Dabrowski, A. Ciereszko // Aquaculture Research. – 2001. – Vol. 32. – P. 623–638.

136. Davidson, J. Heavy metal and waste metabolite accumulation and their potential effect on rainbow trout performance in a replicated water reuse system operated at low or high flushing rates. / J. Davidson [et al.] // *Aquacult. Eng.* – 2009. – Vol. 41. – P. 136–145.

137. Davidson, J. The effects of ozone and water exchange rates on water quality and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* performance in replicated water recirculating systems / J. Davidson [et al.] // *Aquacult. Eng.* – 2011. – Vol. 44. – P. 80–96.

138. Devis, B. I. Disc-electrophoresis. II Method (I) and applications to human serum proteins / B. I. Devis. – *Ann N. Y. Acad. Sci.*, 1964. – Vol. 121. – № 2–5. – P. 404–408.

139. Edgell, P. The Use of Salt-Solutions to Control Fungus (*Saprolegnia*) Infestations on Salmon Eggs / P. Edgell [et al.] // *Prog. Fish Cult.* – 1993. – Vol. 55. – P. 48–52.

140. Evaluation of wax spray beads for delivery of low-molecular weight, water-soluble nutrients and antibiotics to *Artemia* / C. Langdon [et al.] // *Aquaculture*. – 2008. – Vol. 284. – P. 151–158.

141. Fadaeifard, F. Freshwater fungi isolated from eggs and broodstocks with an emphasis on *Saprolegnia* in rainbow trout farms in west Iran / F. Fadaeifard [et al.] // *African J. of Microbiology Research*. – 2011. – Vol. 4. – P. 3647–3651.

142. Ferrari, A. Antioxidant responses to azinphos methyl and carbaryl during embryonic development of the toad *Rhinella* (*Bufo*) *arenarum* Hensel / A. Ferrari [et al.] // *Aquatic Toxicology*. – 2009. – Vol. 93. – P. 37–44.

143. Ferrari, A. Effects of carbaryl and azinphos methyl on juvenile rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) detoxifying enzymes / A. Ferrari [et al.] // *J. of Pesticide Biochemistry and Physiology*. – 2007. – Vol. 88. – P. 134–142.

144. *Fishery and Aquaculture Statistics: FAO yearbook*. – FAO : Rome. – 2017. – 79 p.

145. Hamlin, H. Nitrate-induced elevations in circulating sex steroid concentrations in female Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) in commercial aquaculture / H. Hamlin [et al.] // *Aquaculture*. – 2008. – Vol. 281. – P. 118–125.

146. Hamlin, H. Nitrate toxicity in Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) / H. Hamlin // *Aquaculture*. – 2006. – № 253. – P. 688–693.

147. Hickling, C. F. Fish hybridization / C. F. Hickling. – FAO : Fish Rep. – Vol. 4 (44). – P. 1–11.

148. Ishibashi, Y. Effect of dietary ascorbic acid on tolerance to intermittent hypoxic stress in Japanese parrot fish / Y. Ishibashi [et al.] // *Nippon Suisan Gakkaishi*. – 1992. – Vol. 58. – P. 2147–2152.
149. Jannat, M. Nitrate (NO_3^-) and nitrite (NO_2^-) are endocrine disruptors to down regulate expression of tyrosine hydroxylase and motor behavior through conversion to nitric oxide in early development of zebrafish / M. Jannat [et al.] // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* – 2014. – Vol. 452. – P. 608–613.
150. Jauncey, K. Ascorbic acid requirements in relation to wound healing in the cultured tilapia, *Oreochromis niloticus* (Trewavas) / K. Jauncey [et al.] // *Aquaculture and Fisheries Management*. – 1985. – Vol. 16. – P. 139–149.
151. Kitancharoen, N. The Fungistatic Effect of NaCl on Rainbow trout Egg Saprolegniasis / N. Kitancharoen [et al.] // *Fish Pathology*. – 1997. – Vol. 32. – № 3. – P. 159–162.
152. Lee, K. J. Long-term effects and interactions of dietary vitamin C and E on growth and reproduction of yellow perch, *Perca flavescens* / K. J. Lee [et al.] // *Aquaculture*. – 2004. – Vol. 230. – P. 377–389.
153. Lutsenko, E. Vitamin C prevents DNA mutation induced by oxidative stress / E. Lutsenko [et al.] // *J. of Biological Chemistry*. – 2002. – Vol. 277. – P. 16 895–16 899.
154. Madsen, L. *Flavobacterium psychrophilum* in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) hatcheries: studies on broodstock eggs, fry and environment / L. Madsen [et al.] // *J. of Fish Diseases*. – 2005. – Vol. 28. – P. 39–47.
155. Marking, L. L. Search for antifungal agents in fish culture. Salmon saprolegniasis / L. L. Marking [et al.] // US Department of Energy, Bonneville Power Administration. – Portland : OR, 1994. – P. 131–148.
156. Mangor-Jensen, A. Effect of dietary vitamin C on maturation and egg quality of cod *Gadus morhua* L. / A. Mangor-Jensen, J. Holm // *J. World Aquaculture Society*. – 1994. – Vol. 25. – P. 30–38.
157. Mehrad, B. The effect of vitamin C on growth factors, survival, reproduction and sex ratio in guppy (*Poecilia reticulata*) / B. Mehrad, M. Sudagar // *AACL Bioflux*. – 2010. – Vol. 3 (3). – P. 163–170.
158. Monserrat, J. Modulation of antioxidant and detoxication response mediated by lipoic acid in the fish *Corydoras paleatus* (Callichthyidae) / J. Monserrat [et al.] // *Comparative Biochemistry and Physiology. Part C*. – 2008. – Vol. 148. – P. 287–292.

159. Montgomery, W. L. Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): a technical conservation assessment / W. L. Montgomery, Y Bernstein / Rocky Mountain Region, Species Conservation Project. USDA Forest Service. – 2008. – Vol. 47. – P. 76–92.

160. Niska, K. Disappearance of malachite green residues in fry of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after treatment of eggs at the hatching stage / K. Niska [et al.] // *Aquaculture*. – 2002. – Vol. 297. – P. 25–30.

161. Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture / R.W. Hardy [et al.] // Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. – 2004. – Vol. 21. – P. 55–111.

162. Padayatta, S. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention / S. Padayatta [et al.] // *J. of American College of Nutrition*. – 2003. – Vol. 22. – P. 18–35.

163. Persistent organic pollutants in aquafeed and Pacific salmon smolts from fish hatcheries in British Columbia, Canada / B. Kelly [et al.] // *Aquaculture*. – 2008. – Vol. 258. – P. 224–233.

164. Policar, T. Sodium chloride as effective antifungal treatment for artificial egg incubation in *Austropotamobius pallipes* / T. Policar [et al.] // *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. – 2011. – Vol. 401. – P. 1–13.

165. Rach, J. J. Efficacy of hydrogen peroxide versus formalin treatments to control mortality associated with saprolegniasis on lake trout eggs / J. J Rach [et al.] // *North American J. of Aquaculture*. – 2005. – Vol. 67. – P. 148–154.

166. Sandnes, K. The effect of ascorbic acid supplementation in broodstock feed on reproduction of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) / K. Sandnes [et.al.] // *Aquaculture*. – 1984. – Vol. 43. – P. 167–177.

167. Sarkheil, M. Effect of different concentrations of waterborne sodium on the hatching rate and ions content of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Eggs / M. Sarkheil [et al.] // *Turkish J. of Fisheries and Aquatic Sciences*. – 2014. – Vol. 14. – P. 59–65.

168. Scott, W. B. Freshwater fishes of Canada / W. B. Scott, E. J. Crossman. – Ottawa, 1973. – 966 p.

169. Stuart, K. R. Efficacy of formalin and povidone–iodine Schram, E. The impact of elevated water ammonia and nitrate concentrations on physiology, growth and feed intake of pike perch (*Sander lucioperca*) / E. Schram [et al.] // *Aquaculture*. – 2014. – Vol. 420–421. – P. 95–104.

170. Sodium chloride as effective antifungal treatment for artificial egg incubation in *Austropotamobius pallipes* / T. Policar [et al.] // *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* – 2011. – Vol. 401. – 13 p.

171. Disinfection techniques on the eggs of three marine finfish species / K. R. Stuart [et al.] // *Aquaculture Research*, 2010. – Vol. 41. – P. 838–843.

172. Thoen, E. Pathogenicity of *Saprolegnia* spp. To Atlantic salmon, *Salmo salar* L., eggs / E. Thoen [et al.] // *J. of Fish Disease.* – 2011. – Vol. 34. – P. 601–608.

173. Tolbert, B. Ascorbic acid metabolism and *Oreochromis mossambicus* (Peters), physiological functions. Vitamin C. The role of Virus Diseases, Cancer and Lipid Metabolism. Vitamin C in calcium uptake by fish / B. Tolbert [et al.] // *Aquaculture, Int. J. Vit. Nutr. Res. Suppl.* – 1980. – Vol. 19. – P. 127–142.

174. Westin, D. Nitrate and nitrite toxicity to salmonoid fishes / D. Westin // *Prog. Fish-Cult.* – 1974. – Vol. 36. – P. 86–89.

175. Wilson, R. Impaired collagen formation in scorbutic channel catfish / R. Wilson, W. Poe // *J. Nutr.* – 1973. – Vol. 103. – P. 1359–1364.

176. Yisa, T. Effect of chemical disinfectant (formalin) on hatching of eggs of African Catfish (*Clarias gariepinus*), survival and growth performance of fry / T. Yisa [et al.] // *International J. of Current Microbiology and Applied Science.* – 2014. – Vol. 3. – P. 1133–1138.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Основные технологии ведения рыбоводства в Республике Беларусь	7
2. Рыбохозяйственная характеристика селекционных стад созданных в России пород форели и других видов лососевых, используемых в товарном производстве	21
3. Теоретические аспекты и нормативные требования формирования и эксплуатации ремонтно-маточных стад форели	33
4. Схема и основные направления ведения селекционно-племенной работы с форелью в Беларуси с учетом имеющегося генофонда	41
4.1. Рыбоводные нормативы и рыбоводный расчет потребности различных групп племенного ремонта для формирования четырехлинейного маточного стада форели	44
4.2. Потребность различных возрастных групп племенного ремонта для формирования маточного стада форели	45
4.3. Потребность летних и зимовальных садков для формирования ремонтно-маточного стада форели	46
5. Основные этапы создания ремонтно-маточных стад форели в Беларуси	48
6. Характеристика исходного генофонда форели, частично адаптированного к условиям содержания в Беларуси по рыбохозяйственным, фенотипическим, биохимико-генетическим признакам	54
6.1. Характеристика фенотипических признаков двухлетков форели породной линии Адлерская янтарная	54
6.2. Рыбоводно-биологическая характеристика стад форели, адаптированных к условиям среды содержания в хозяйствах Республики Беларусь	61
6.3. Биохимико-генетические исследования различных возрастных и породных групп форели, выращиваемых в Беларуси	65

6.4. Оценка темпа массонакопления и линейного роста младшего ремонта форели в условиях инкубационного цеха ЗАО «Птичь»	70
6.5. Морфометрические признаки ремонтных групп форели, выращиваемых в условиях Беларуси	73
6.5.1. Морфометрические показатели сеголетков форели разного происхождения	73
6.5.2. Характеристика фенотипических и морфологических признаков годовиков радужной форели, выращенных в условиях Беларуси	78
6.5.3. Фенотипические признаки годовиков радужной форели	78
6.5.4. Характеристика интерьерных признаков годовиков радужной форели	80
6.5.5. Характеристика фенотипических и морфометрических признаков ремонтных групп форели, сформированных в условиях Беларуси	83
6.5.6. Сравнительная характеристика интерьерных признаков ремонтных групп белорусских популяций форели	92
6.5.7. Биохимические показатели состава тела ремонтных групп радужной форели из различных популяций	97
6.5.7.1. Биохимические показатели состава тела сеголетков радужной форели	97
6.5.7.2. Биохимический состав мышц двухлетков радужной форели	102
6.5.7.3. Морфометрическая характеристика производителей форели, отобранных для проведения нереста	107
6.5.7.4. Рыбохозяйственные показатели производителей, икры, личинок и сеголетков форели разного происхождения	111
7. Оценка репродуктивных показателей самок радужной форели датского происхождения II поколения и оценка пищевой ценности икры и мяса	127

8. Гидрохимический и температурный режим среды содержания различных возрастных групп форели, выращиваемых в условиях Беларуси	133
9. Краткая характеристика основных заболеваний лососевых видов рыб, их профилактика и лечение	146
9.1. Инфекционный некроз поджелудочной железы лососевых рыб	148
9.2. Вирусная геморрагическая септицемия форели	149
9.3. Фурункулез лососевых рыб	150
9.4. Сапролегниоз рыб и икры лососевых	151
9.5. Хилодонеллез форели	152
9.6. Триходиниоз форели	152
9.7. Гексамитоз лососевых рыб	152
9.8. Хлоромикоз лососевых рыб	153
9.9. Микроспориозы лососевых видов рыб	154
9.10. Триенофороз лососевых видов рыб	154
9.11. Диплостомоз форели	155
9.12. Аргулез лососевых рыб	156
9.13. Ихтиофтириоз лососевых рыб	156
10. Ихтиопатологическое состояние различных возрастных групп форели в хозяйствах Беларуси	158
11. Способы повышения выживаемости личинок форели в период нерестовой кампании	160
11.1. Использование пищевой соли NaCl в инкубационном процессе икры форели	160
11.2. Использование аскорбиновой кислоты в инкубационном процессе икры форели	163
11.3. Влияние нитратов на развитие личинок форели в установках замкнутого водообеспечения	166
Заключение	168
Список использованной литературы	171

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

Таразевич Елена Васильевна

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ
РЕМОНТНО-МАТОЧНЫХ СТАД ФОРЕЛИ,
АДАПТИРОВАННЫХ К УСЛОВИЯМ БЕЛАРУСИ

Ответственный за выпуск *И. С. Крук*

Редактор *Т. В. Каркоцкая*

Компьютерная верстка *Д. А. Пекарского, Т. В. Каркоцкой*

Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 14.06.2022. Формат 60×84¹/₁₆.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 11,16. Уч.-изд. л. 8,73. Тираж 100 экз. Заказ 136.

Издатель и полиграфическое исполнение:

учреждение образования

«Белорусский государственный аграрный технический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/359 от 09.06.2014.

№ 2/151 от 11.06.2014.

Пр-т Независимости, 99–1, 220023, Минск.