

На правах рукописи

САФОНОВА СТАНИСЛАВА СЕРГЕЕВНА

**ВЛИЯНИЕ ВИДОВ СТАРТОВОГО КОРМА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ
МОЛОДИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ**

Специальность

4.2.4 – Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и
производства продукции животноводства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Москва - 2025

Работа выполнена на кафедре морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

**Научный
руководитель:**

Панов Валерий Петрович,
доктор биологических наук, профессор

**Официальные
оппоненты:**

Касумян Александр Ованесович,
доктор биологических наук, профессор,
заведующий кафедрой ихтиологии ФГБОУ ВО
«Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова»

Никифоров-Никишин Дмитрий Львович,
кандидат биологических наук, ведущий научный
сотрудник Центра «Аквакультуры» ФГБОУ ВО
«Московский государственный университет
технологий и управления имени К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет)»

**Ведущая
организация:**

**Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Федеральный
исследовательский центр животноводства –
ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»**

Защита состоится 29 октября 2025 г. в 11:30 на заседании диссертационного совета 35.2.030.10 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет–МСХА имени К.А. Тимирязева», по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19, тел: 8 (499) 976-17-14.

Юридический адрес для отправки почтовой корреспонденции (отзывов): 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и на сайте Университета www.timacad.ru.

Ученый секретарь
диссертационного совета 35.2.030.10,
кандидат биологических наук

Заикина
Анастасия Сергеевна

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Рыбы семейства лососевых (*Salmonidae*) являются ценными объектами аквакультуры. Падение промысла ценных видов рыб привело к интенсификации работ, направленных на разработку биотехники культивирования различных водных организмов (Матросова С.В. и др., 2015; Молчанова К.А. и др., 2016; Барулин Н.В. и др., 2016). Увеличивается потребность в высококачественном рыбопосадочном материале, поэтому одной из основных задач, возлагаемых на аквакультуру, является получение и выращивание молоди гидробионтов.

На протяжении каждого из периодов раннего развития организм молоди претерпевает ряд существенных морфофункциональных изменений, и рыба очень чувствительна к различным биотическим и абиотическим факторам.

На развитие молоди значительное влияние оказывает корм. Он играет не только роль источника питательных веществ, необходимых для жизнедеятельности и роста, но также имеет этологическое значение. В момент перехода на смешанное питание сенсорные системы рыб сформированы не полностью, различные корма могут как стимулировать, так и затормаживать формирование пищевого поведения. Тип корма оказывает влияние и на характер формирования продуктивных показателей рыб, в частности – их мускулатуры.

Важнейшей задачей при искусственном воспроизводстве ценных видов рыб является не только снижение количества потерь посадочного материала, но и обеспечение правильного формирования структур организма, здоровья и благополучия молоди, что, вне зависимости от целей выращивания, улучшает качество продукции. Актуальность настоящей работы выражается в технологической и биологической значимости получения новых подробных данных о процессах роста и развития, формирования локомоторного аппарата и пищедобывающего поведения радужной форели при ее выращивании в раннем постнатальном онтогенезе с применением различных типов корма.

Степень разработанности темы. Значимую роль в исследовании раннего онтогенеза костистых рыб играют работы В.В. Васнецова, С.Г. Крыжановского, Л.П. Рыжкова, С.Г. Соина, Д.А. Павлова, Е.К. Балона, Д.М. Верньера и других отечественных и зарубежных авторов, заложивших основы и развивших теорию этапности онтогенеза рыб. Формирование скелета рыб подробно описано Ф.Я. Держинским, Э.Д. Бакулиной, М.Ю. Пичугиным. Значительное количество работ, посвященных развитию мускулатуры рыб, принадлежит зарубежным исследователям (А. Роулerson, А. Вегетти, П.Д. Хиггинс, Р. Татсуми и др.). Миогенез у некоторых видов рыб описан также отечественными авторами (В.П. Панов, А.И. Никифоров, А.В. Новосадова, Е.И. Шило и др.). Поведение рыб изучается многими отечественными и зарубежными исследователями (О.М. Лапшин, Ю.В. Герасимов, И.В. Рой, А.А. Яржомбек, С. Робертс, Ф. Холидей и др.). В настоящее время проведение исследований, посвященных росту и формированию продуктивных качеств ценных видов рыб, является актуальным, поскольку позволяет использовать полученные данные для совершенствования систем выращивания и содержания объектов аквакультуры.

Цель и задачи исследования.

Целью исследования являлась оценка влияния стартового комбикорма Le Guessant Neo Supra-S AL1 и замороженных кормов для рыб на рост и развитие радужной форели в период раннего постнатального онтогенеза.

Для достижения цели исследования были сформулированы следующие задачи:

1) определить характер роста свободных эмбрионов радужной форели, формирования их мускулатуры и особенностей поведения в период эндогенного питания;

2) установить характер влияния заводского стартового комбикорма Le Guessant Neo Supra-S AL1 и замороженных кормов на интенсивность изменений продуктивных показателей молоди после начала смешанного питания;

3) выявить особенности формирования мышц у рыб при кормлении стартовым комбикормом и замороженными кормами;

4) определить особенности пищедобывающего поведения и типы локомоций молоди форели после начала смешанного питания при кормлении комбикормом и замороженными кормами;

5) дать оценку состояния органов пищеварительного тракта форели при использовании двух видов корма;

6) оценить экономическую эффективность производства посадочного материала радужной форели с применением комбикорма и замороженных кормов.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые получены данные обширного комплекса показателей, характеризующих особенности роста и развития молоди радужной форели, а также формирования её продуктивных качеств в зависимости от вида потребляемого корма. Выявлены этологические различия, выражающиеся в пищевом поведении и взаимодействиях между особями на личиночном этапе развития с учетом потребляемого вида корма.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Полученные в ходе исследования данные применимы для разработки и совершенствования технологий подращивания молоди радужной форели в рыбных хозяйствах. Материал данной работы может быть использован при составлении баз данных, методических указаний и учебных пособий.

Методология и методы исследований. Опыт по определению влияния двух видов кормов на формирование соматической мускулатуры и поведенческие особенности молоди радужной форели проводили с июля по октябрь 2022 года на базе Межкафедрального научного центра биологии и животноводства (аквариальной лаборатории) ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Морфометрические и гистологические исследования выполнялись в лабораториях кафедры морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. При постановке и

проведении эксперимента использовали общепринятые методики. Произведена статистическая обработка полученных результатов. При формировании методики эксперимента были использованы актуальные материалы и методы отечественных и зарубежных авторов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Подращивание молоди радужной форели с применением стартового комбикорма Le Gouessant Neo Supra-S AL1 оказывает лучшее влияние на рост рыб и развитие их соматической мускулатуры по сравнению с использованием замороженных кормов.

2. Кормление молоди радужной форели заводским стартовым комбикормом приводит к более интенсивному росту волокон белой и красной мускулатуры рыб в толщину в сравнении с использованием замороженного корма. При этом вид стартового корма, применяемого в исследовании, не оказал существенного влияния на интенсивность образования новых волокон в белой мускулатуре рыб.

3. Использование промышленного стартового комбикорма приводит к более интенсивному накоплению жировой ткани в белой соматической мускулатуре молоди радужной форели по сравнению с замороженным кормом.

4. Питание различными стартовыми кормами оказывает влияние на соотношение толщины оболочек стенки кишки у рыб. При кормлении стартовым комбикормом средняя высота складок слизистой оболочки меньше, а толщина мышечной оболочки, напротив, больше, чем у форели, питавшейся замороженным кормом.

5. Замороженные корма вызывают у молоди форели более раннее и интенсивное проявление пищевого поведения по сравнению с комбикормом.

6. Применение стартового комбикорма Le Gouessant Neo Supra-S AL1 более рентабельно по сравнению с замороженными кормами при производстве посадочного материала радужной форели.

Степень достоверности и апробация результатов. Разработанная схема опыта и методы исследований, используемые при проведении эксперимента, прошли процедуру защиты на Ученом совете института зоотехнии и биологии. Результаты полученных данных были обработаны биометрически согласно общепринятым методикам. Полученные в рамках выполнения диссертации результаты доложены на Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвященной 150-летию со дня рождения А.Я. Миловича (Москва, 2024 г.) и Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвященной 160-летию Тимирязевской академии (Москва, 2025 г.).

Публикации. Результаты исследований и материалы диссертации опубликованы в 3 научных работах, в том числе 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ.

Личный вклад автора в работу заключается в непосредственном его участии при проведении всех этапов исследования, подборе методик, обработке полученных данных, написании статей и материалов.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 129 страницах, состоит из введения, основной части, содержащей 29 рисунков, 17 таблиц, заключения, списка литературы, включающего 171 наименование, в том числе 54 – на иностранном языке.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность и искреннюю признательность научному руководителю д.б.н., профессору В.П. Панову за консультации и ценные рекомендации на всех этапах работы.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальное исследование проводилось с июля по октябрь 2022 года на базе Межкафедрального научного центра биологии и животноводства (аквариальной лаборатории) ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Морфометрические и гистологические исследования выполнялись в

лабораториях кафедры морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Блок-схема исследований приведена на рисунке 1.

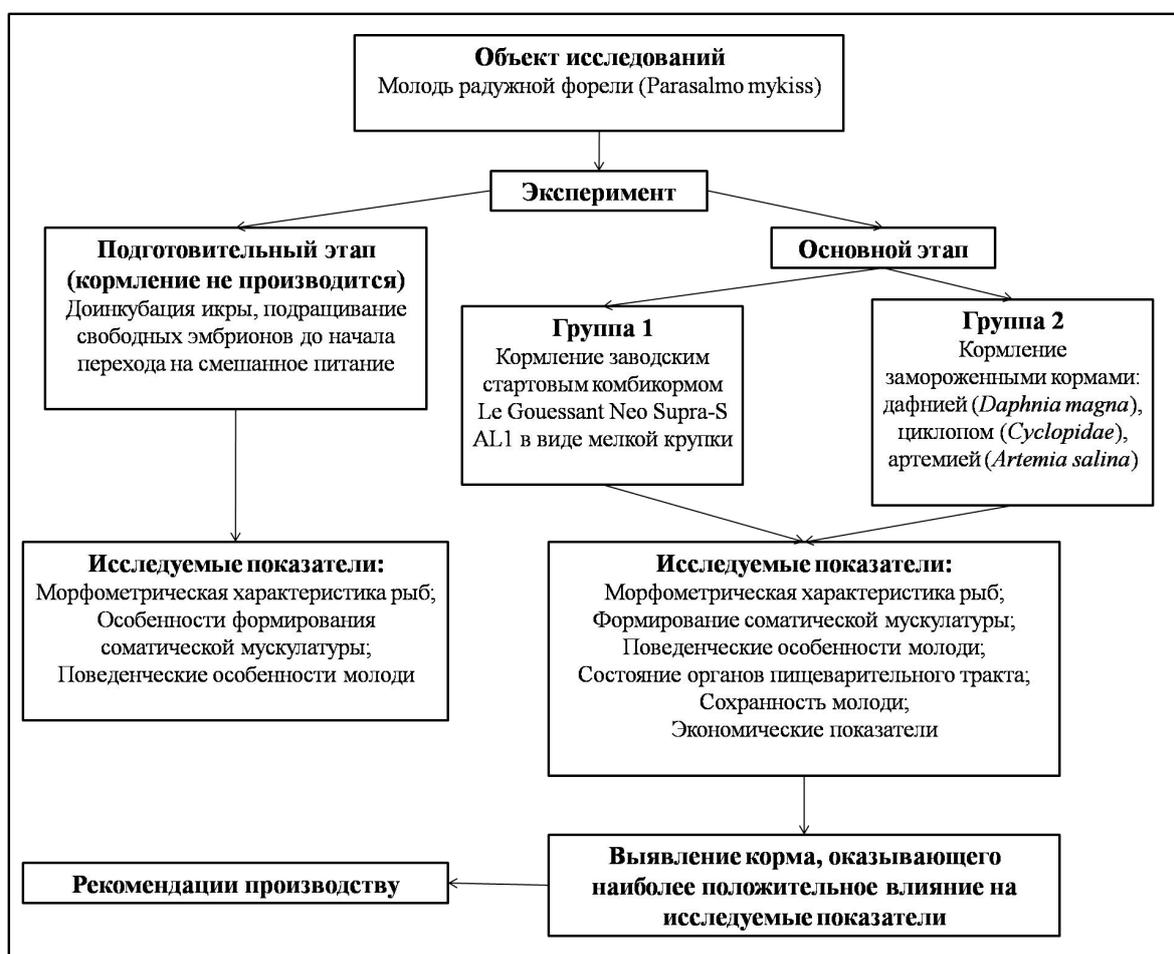


Рисунок 1 – Блок-схема исследований

Объектом исследования являлась молодь радужной форели (*Parasalmo mykiss*) на ранних этапах постнатального онтогенеза. Оплодотворённая икра форели была получена из ООО СПК «Вадский» Нижегородской области и размещена в деревянных лотках с сетчатым дном.

Молодь форели содержалась в емкостях установки замкнутого цикла водообмена (УЗВ). Установка снабжена механической и биологической фильтрацией, охлаждением и ультрафиолетовым обеззараживанием воды, аэрацией и озонированием. Для контроля основных гидрохимических показателей использовали промышленные капельные индикаторные тесты.

В ходе исследования было сформировано 2 группы, в трех повторностях каждая. Рыбы из каждой группы после начала смешанного питания получали

определенный вид корма (одна группа потребляла заводской стартовый комбикорм Le Gouessant Neo Supra-S AL1 с размером крупки 0,4 – 0,7 мм, другая – замороженный корм: дафнию (*Daphnia magna*), циклоп (*Cyclopidae*), артемию (*Artemia salina*)).

Для проведения морфометрического анализа на протяжении опыта фиксировали предварительно наркотизированных с помощью раствора хинальдина особей в 10% формалине. Промеры тела форели выполняли с помощью бинокулярного микроскопа МБС-1 с окуляром, снабженным мерной шкалой, по общепринятой схеме. Взвешивание наркотизированных особей производилось поштучно с использованием аналитических электронных весов с точностью до 0,1 мг.

Для определения относительной массы органов пищеварительного тракта рыб у фиксированных особей извлекали органокомплекс, из которого затем отделяли желудок с пилорическими придатками, кишечник и печень, которые взвешивали на аналитических электронных весах. Длину кишечника измеряли с помощью бинокулярной лупы, оснащенной измерительной шкалой.

С целью гистологического анализа мышечной ткани из каждой пробы были отобраны образцы, от которых получали тотальные поперечные срезы. Для получения срезов выполнялась проводка образцов через растворы желатина различных концентраций. Гистологические срезы получали на замораживающем микротоме. Окраска осуществлялась Суданом III и гематоксилином Карацци. Для исследования полученных препаратов использовали световой микроскоп. Для гистологического анализа органов желудочно-кишечного тракта выполнялась проводка через растворы этанола и бутанола различных концентраций, а затем заливка в парафин. Из полученных блоков изготавливали серийные срезы с помощью ротационного микротомата. Гистологические срезы окрашивали гематоксилином по Майеру и спиртовым раствором эозина.

Микрофотографии были сделаны при помощи цифровой камеры и обработаны с использованием программы Microsoft Power Point.

Оценка поведенческих особенностей рыб для определения характера изменений этологических паттернов проводилась с использованием методов сплошного протоколирования и наблюдения.

Полученный материал обработан статистически с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel. Рассчитывались такие показатели как среднее абсолютное значение со стандартной ошибкой средней ($M \pm m$), коэффициент вариации ($C_v, \%$). Достоверность различий определялась по t-критерию Стьюдента при $p \leq 0.05$

3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Продуктивные показатели рыб

Абсолютный и среднесуточный прирост живой массы рыб за этап предличинки составил 22,6 и 1,5 мг соответственно, а относительный прирост – 33,8% (Таблица 1). После начала смешанного питания наблюдались значительные различия по данным показателям между исследуемыми группами. Абсолютный и среднесуточный прирост живой массы форели, питавшейся комбикормом, на этапе личинки с желточным мешком, был больше в 8,8 и 8,6 раз соответственно, по сравнению с молодь, питавшейся замороженным кормом. Относительный прирост массы рыб при кормлении комбикормом на 57,5% превышал данный показатель у форели, питавшейся замороженным кормом.

На этапе личинки без желточного мешка абсолютный и относительный прирост массы у молоди, которую кормили комбикормом, был выше по сравнению с рыбами, питавшимися замороженным кормом, в 6,6 и 6,5 раз соответственно, а относительный прирост – больше на 59,2% (Таблица 1).

После начала кормления рыбы, питавшиеся замороженным кормом, набрали массу быстрее, что, вероятно, связано с высоким пищевым интересом, которого рыбы из другой группы изначально к комбикорму не проявляли. В течение последующих 10 суток рост особей в обеих группах происходил практически параллельно, их масса была схожей, а длина различалась незначительно. Однако в возрасте 34 суток наблюдалось существенное

опережение по массе и длине тела у рыб, получавших комбикорм. Желточный мешок у них также резорбировался быстрее.

Таблица 1 - Показатели роста молоди радужной форели*

Этап развития рыб (длительность, сутки)	Показатели			
	живая масса, мг	абсолютный прирост за период, мг	среднесуточный прирост, мг	относительный прирост, %
При выклеве	55,5	-	-	-
Предличинки (15 сут.)	78,1	22,6	1,5	33,8
Личинки с желточным мешком (19 сут.)	<u>159,9</u>	<u>81,8</u>	<u>4,3</u>	<u>68,7</u>
	87,4	9,3	0,5	11,2
Личинки без желточного мешка (26 сут.)	<u>551,9</u>	<u>392</u>	<u>15,0</u>	<u>110,1</u>
	147,1	59,7	2,3	50,9

Примечание: над чертой – группа, питавшаяся комбикормом, под чертой – замороженным кормом

За весь период наблюдений (с момента начала кормления) масса и длина тела рыб, питавшихся комбикормом, увеличилась в 7 и 2 раза соответственно, а у рыб, которых кормили замороженной пищей, данные показатели выросли лишь в 2 и 1,2 раза соответственно.

Динамика изменений относительных морфометрических показателей тела исследуемых рыб до начала кормления была, в первую очередь, связана с уменьшением объема желточного мешка и постепенным распрямлением головного конца тела рыб. В дальнейшем изменения были связаны с различиями в пропорциях у особей из двух групп. Форель, получавшая комбикорм, имела более высокую упитанность, что выражалось в увеличении относительной наибольшей высоты тела. Рыбы, питавшиеся замороженным кормом, на протяжении всего периода наблюдений оставались «тощими», но остальные относительные показатели, помимо большой высоты тела, менялись у них аналогичным другой группе образом.

3.2. Оценка роста соматической мускулатуры молоди радужной форели

3.2.1. Гистологическая характеристика соматических структур молоди

В первые 10 суток после выклева белые волокна рыб имели округлую форму и были расположены неплотно друг к другу. Незначительное количество жира отмечено в поверхностной латеральной мышце и под кожей – точечно, в виде капель (Рисунок 2). Красная мускулатура выражена слабо и определяется не на всех срезах.

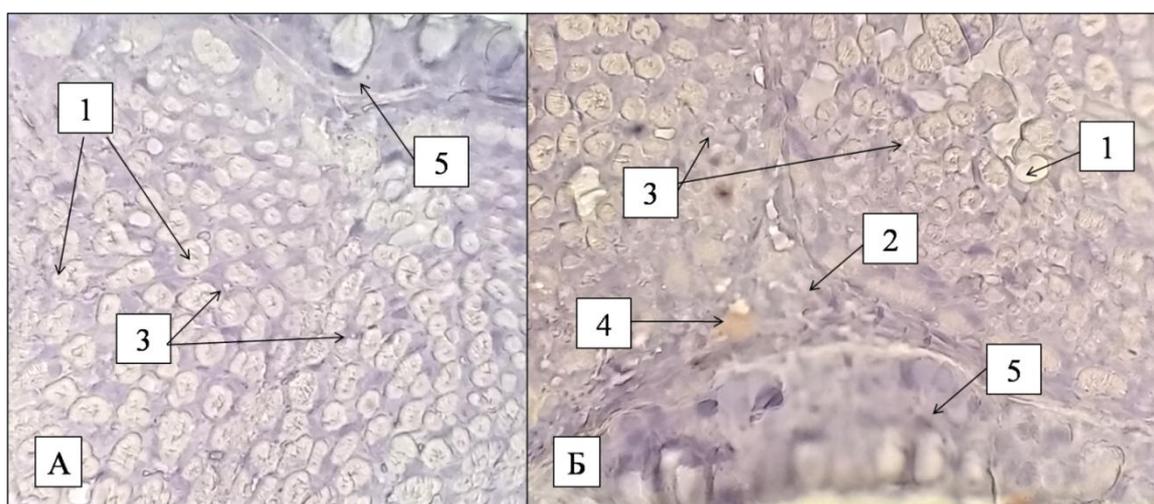


Рисунок 2 – Мускулатуры рыб в 1 сутки после выклева. Глубокая (А) и поверхностная (Б) латеральные мышцы: 1 – белые волокна, 2 – красные волокна, 3 – молодые белые волокна, 4 – жировая ткань, 5 – эпителий.

Увеличение 10x40.

После начала кормления (в 20 суток) у рыб, питавшихся комбикормом, белые волокна угловатой полигональной формы, плотно расположенные друг к другу. Небольшое количество жировой ткани наблюдается под кожей в виде вкраплений. Рыбы, получавшие замороженный корм, обладают белыми волокнами округлой формы, а жировой ткани у них присутствует больше – в белой и красной мускулатуре, а также под кожей.

В месячном возрасте форма белых волокон рыб, питавшихся комбикормом, разнообразна – имеются и угловатые, и округлые волокна.

Жировой ткани очень мало (Рисунок 3 А). Группа рыб, получавших замороженный корм, обладает округлыми волокнами и небольшим количеством жировой ткани, сосредоточенной в основном под кожей (Рисунок 3 Б). Аналогичная картина наблюдается и в возрасте 34 суток.

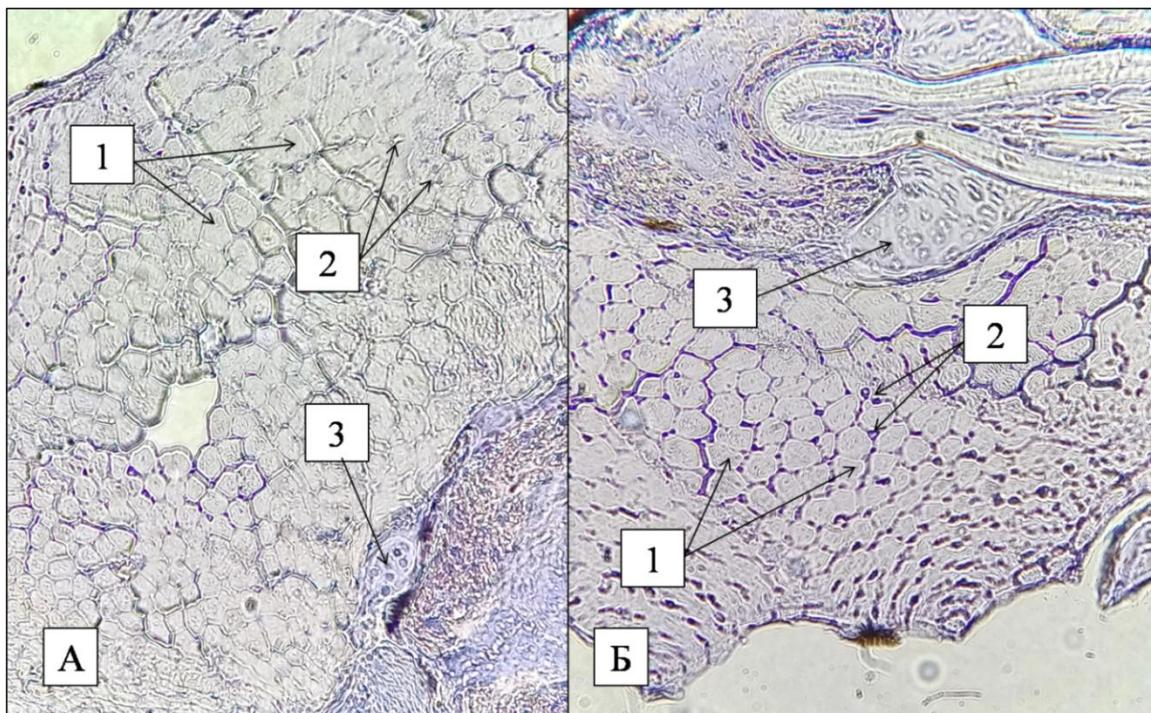


Рисунок 3. – Белая мускулатура рыб в возрасте 29 суток. Глубокая латеральная мышца рыбы, питавшейся комбикормом (А) и замороженным кормом (Б): 1 – белые волокна, 2 – молодые белые волокна, 3 – хрящевая ткань дуг позвонков.

Увеличение 10x40.

В возрасте 60 суток рыбы из группы, получавшей комбикорм, имеют значительное количество жировой ткани в мышцах, особенно – среди красных волокон, расположенных вокруг скелетных структур (Рисунок 4). В группе, потреблявшей замороженный корм, у рыб жировая ткань заметна практически только под кожей. В белой мускулатуре она находится в виде небольших вкраплений (Рисунок 5).

В обеих группах белая мускулатура состоит из округлых волокон различных диаметров, мозаичность наблюдается и в красной мускулатуре.

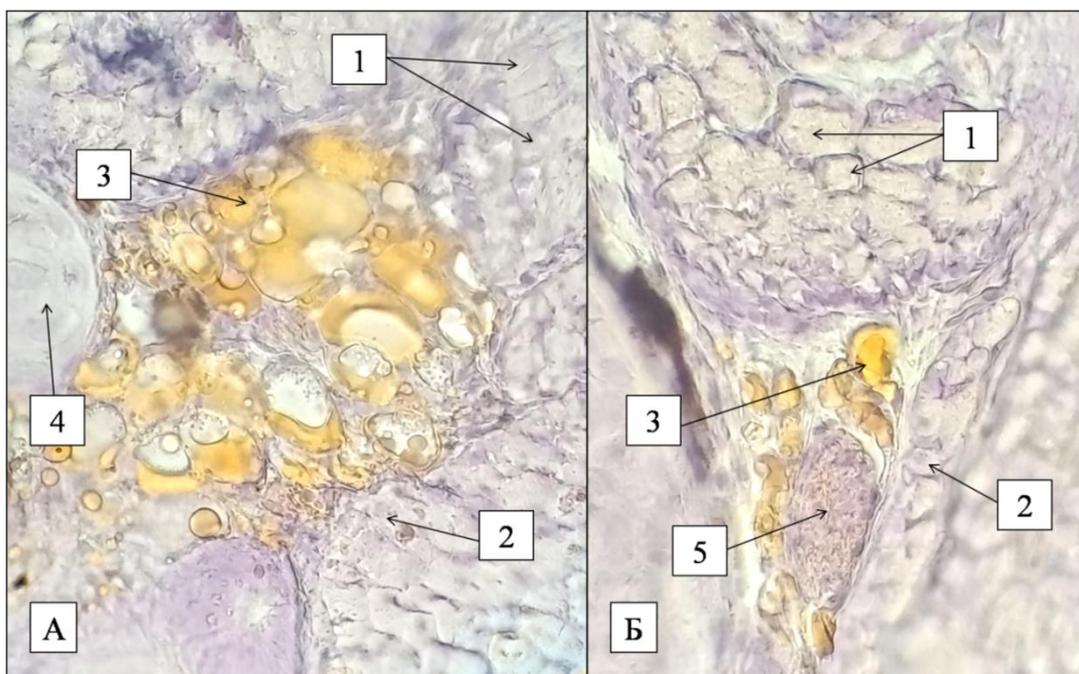


Рисунок 4. – Накопление жира у форели, питавшейся комбикормом, в возрасте 60 суток. Жировая ткань в мускулатуре спинного плавника (А) и поверхностной латеральной мышце (Б): 1 – белые волокна, 2 – красные волокна, 3 – жировая ткань, 4 – радиалия спинного плавника, 5 – блуждающий нерв.

Увеличение 10x40.

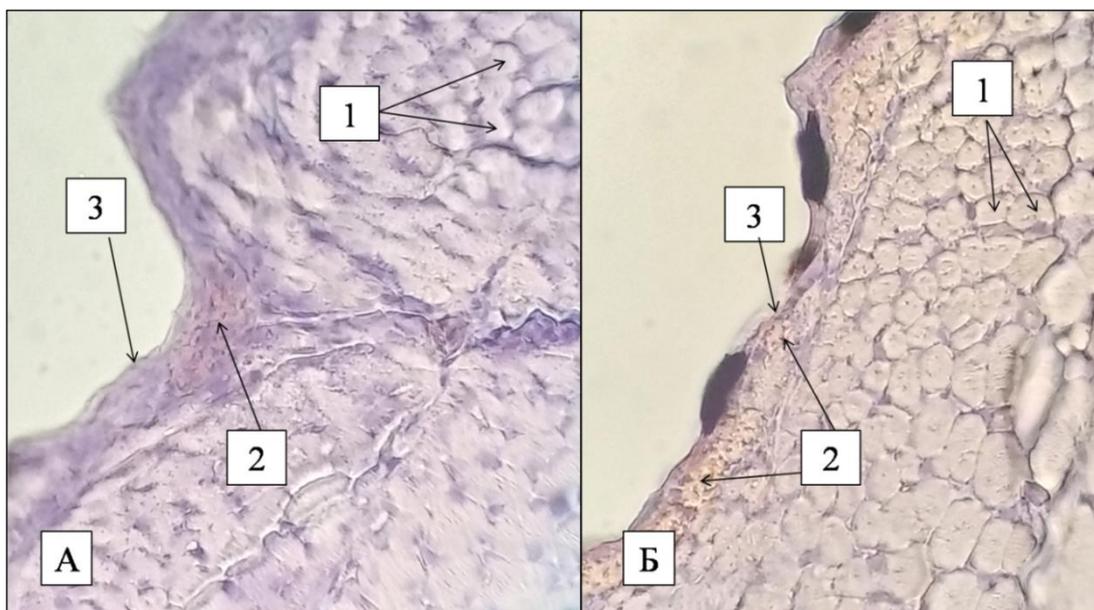


Рисунок 5. – Накопление жира у форели, питавшейся замороженным кормом, в возрасте 60 суток. Жировая ткань в поверхностной латеральной мышце (А) и под кожей (Б): 1 – белые волокна, 2 – жировая ткань, 3 – эпителий. Увеличение

10x40.

3.2.2. Характеристика развития мускулатуры форели

За весь период наблюдений средний диаметр белых волокон рыб, которых кормили комбикормом, возрос практически в 2 раза по сравнению со значением при выклеве. Диаметр красных волокон увеличился практически в 3 раза. Интенсивность гиперплазии волнообразно изменялась в течение всего периода, но в последние 10 дней опыта значительно увеличилась (Таблица 2).

Белые волокна форели, питавшейся замороженным кормом, за весь период увеличились в диаметре на 65,2%, красные – в 2,3 раза. Интенсивность гиперплазии у этих рыб за два месяца наблюдений не превысила в среднем 38,8%.

Таблица 2 - Морфометрическая характеристика мускулатуры рыб

Возраст рыб, сутки		Средний диаметр белых волокон, мкм		Средний диаметр красных волокон, мкм		% молодых белых волокон от общего количества (интенсивность гиперплазии)	
		M±m	CV, %	M±m	CV, %	M±m	CV, %
Эндогенное питание	1	8,9±0,22	30,5	2,4±0,16	46,0	35,3±1,42	22,0
	6	8,8±0,20	28,4	2,5±0,18	51,5	37,9±1,16	16,8
	10	8,4±0,22	31,5	2,7±0,21	53,6	30,2±1,47	26,6
	15	13,3±0,37	33,9	4,0±0,16	28,0	40,5±1,31	17,7
Комбикорм	20	12,5±0,26	25,2	4,5±0,21*	32,5	28,7±1,08*	20,7
	24	11,1±0,20*	21,6	4,7±0,16	24,1	30,0±1,08*	19,6
	29	14,2±0,30	25,5	5,2±0,24*	32,7	40,9±1,10	14,8
	34	14,3±0,29	25,0	5,4±0,28	36,4	38,9±1,24	17,5
	41	15,4±0,26*	20,8	6,2±0,26*	30,1	36,2±1,22	18,4
	50	16,6±0,38*	27,8	6,7±0,36	37,5	44,6±1,02*	12,6
	60	17,0±0,37*	26,6	6,6±0,25*	27,3	47,3±1,16*	13,5
Замороженные корма	20	12,3±0,35	35,1	3,9±0,13	24,6	32,6±1,25	21,0
	24	13,5±0,23	20,6	4,8±0,19	28,0	38,8±1,44	20,4
	29	13,8±0,27	23,5	6,0±0,24	28,4	37,9±1,25	18,0
	34	14,7±0,27	22,8	6,0±0,26	31,0	35,4±1,34	20,7
	41	13,7±0,24	21,2	5,1±0,24	33,8	34,7±1,36	21,5
	50	11,9±0,21	21,6	6,0±0,29	34,4	29,6±0,95	17,5
	60	14,7±0,28	23,0	5,5±0,24	30,1	36,1±1,08	16,4

* - Здесь и в других таблицах: разность между группами достоверна при $P \leq 0,05$.

При выклеве предличинки форели обладали невысокой плотностью белой мускулатуры. Жировой ткани на срезах отмечено практически не было. Лишь к

15 суткам жир на гистосрезях был выявлен, причем его содержание являлось достаточно высоким (4,2%) (Таблица 3).

После начала кормления у рыб обеих групп отмечалось схожее содержание мышечной ткани, но жировой ткани было больше у рыб, получавших замороженный корм (на 66,7%).

В возрасте 24 суток у форели, получавшей комбикорм, содержание мышечной ткани было больше, чем у другой группы на 5%, но жировой – меньше почти в 2 раза. В дальнейшем содержание мышечной ткани у рыб, получавших комбикорм, снижалось, как и доля жировой ткани, и в месячном возрасте эти показатели также были ниже, чем у молоди, которую кормили замороженным кормом (на 11,8% и в 2,5 раза соответственно).

Содержание мышечной ткани у обеих групп стало одинаковым к 34 суткам. При этом жировой ткани по-прежнему обнаруживалось больше у рыб, получавших замороженный корм (в 2,5 раза). Однако к 41 суткам у форели, питавшейся комбикормом, резко возросло количество жировой ткани, и по данному показателю две группы стали идентичными. Тем не менее, у форели, которую кормили замороженным кормом, снизилось содержание мышечной ткани, и по этому показателю она отстала от другой группы на 7,9% (Таблица 3).

В возрасте 50 суток содержание мышечной ткани у особей обеих групп оставалось на прежнем уровне, однако содержание жира у рыб, питавшихся замороженным кормом, значительно снизилось (на 83,8%) и стало уступать таковому у другой группы в 2 раза.

К двухмесячному возрасту содержание жировой ткани у рыб, получавших комбикорм, достигло максимального среднего значения за весь период наблюдений и существенно превысило данный показатель у другой группы (в 2,8 раза). Содержание мышечной ткани, напротив, снизилось, что объясняется увеличением доли жира (Таблица 3).

Содержание жировой ткани у рыб группы, потреблявшей комбикорм, за весь период наблюдений возросло по сравнению с этим показателем до начала кормления, а у другой группы, напротив, снизилось.

Таблица 3 - Соотношение различных типов тканей в мускулатуре рыб, %

Возраст рыб, сутки		Ткань					
		мышечная		соединительная		жировая	
		M±m	CV, %	M±m	CV, %	M±m	CV, %
Эндогенное питание	1	76,5±0,96	2,2	23,5±0,96	7,1	-	-
	6	73,5±1,34	3,2	26,5±1,34	8,7	-	-
	10	77,2±0,62	1,4	22,8±0,62	4,7	-	-
	15	78,1±0,12	0,3	17,7±0,58	5,6	4,2±0,49	20,3
Комбикорм	20	82,0±0,72	1,5	16,2±0,84	9,0	1,8±0,15*	14,2
	24	81,3±0,51*	1,1	17,2±0,47	4,7	1,5±0,12*	14,2
	29	73,5±1,17*	2,8	25,7±1,23*	8,3	0,8±0,09*	18,3
	34	76,5±0,96	2,2	21,6±0,90*	7,2	1,9±0,09*	8,2
	41	84,7±0,32*	0,7	8,9±0,53*	10,3	6,4±0,35	9,5
	50	85,3±1,53*	3,1	7,9±1,27*	27,8	6,8±0,27*	7,0
Замороженные корма	60	78,1±0,69*	1,5	14,8±0,76*	8,9	7,1±0,12*	2,8
	20	81,9±0,64	1,3	15,1±0,53	6,1	3,0±0,12	6,7
	24	77,4±1,81	4,1	19,4±1,66	14,8	3,2±0,17	9,4
	29	82,2±1,22	2,6	15,8±1,11	12,1	2,0±0,12	10,0
	34	76,5±0,67	1,5	18,7±0,73	6,8	4,8±0,15	5,0
	41	78,5±1,45	3,2	16,6±1,52	27,8	6,8±0,27	4,7
	50	77,6±1,15	2,6	18,7±1,05	9,7	3,7±0,15	6,7
60	85,8±1,22	2,5	11,7±0,94	14,0	2,5±0,29	19,9	

3.3. Морфометрические показатели органов желудочно-кишечного тракта молоди форели

В возрасте 50 и 60 суток рыбы из обеих исследуемых групп обладали хорошо сформированным V-образным желудком, занимающим значительную часть полости тела. В передней части, покрывая желудок спереди и справа, располагалась крупных размеров печень. У основания кишечника присутствовали пилорические придатки небольшой длины. Сам кишечник представлял собой относительно короткую тонкую трубку с одним слабым изгибом в её начальном участке.

Вокруг пищеварительных органов рыб, питавшихся комбикормом (в особенности – около печени), располагалось небольшое количество

висцерального жира, которого у молоди, потреблявшей замороженный корм, практически не наблюдалось.

Относительная масса органов желудочно-кишечного тракта и длина кишечника были в возрасте 50 суток выше у форели, питавшейся комбикормом, что свидетельствует о более интенсивном развитии этих органов по сравнению с рыбами из другой группы. В двухмесячном возрасте группы по данным показателям не различались.

Стенка кишечника рыб из двух исследуемых групп отличалась по толщине оболочек. Мощное развитие мышечной оболочки кишки у молоди, потреблявшей комбикорм, связано с тем, что кормовые гранулы плотнее по сравнению с замороженными кормами.

У рыб, питавшихся замороженным кормом, в двухмесячном возрасте, при относительно тонкой мышечной оболочке кишечника отмечалась большая, чем у форели, потреблявшей комбикорм, высота складок слизистой оболочки, что, возможно, связано с более высокой скоростью прохождения химуса по пищеварительному тракту и необходимостью увеличения всасывающей поверхности кишечного эпителия.

3.4. Поведенческие особенности рыб

Первые проявления пищевого интереса стали заметны на 17-й день после выклева. На комбикорм реагировали единичные особи. Находясь на дне, они захватывали гранулы, но затем, как правило, выплевывали. В толще воды на корм не реагировали. Рыбы, которых кормили замороженным кормом, реагировали на него. Они делали небольшие рывки (с расстояния до корма около 5 – 6 см), находясь на небольшом расстоянии от дна. Особи реагировали на корм, находящийся как на поверхности воды, так и в ее толще.

Предличинки форели, питавшиеся комбикормом, в возрасте 24 суток после выклева равномерно распределялись в толще воды. Особи теперь захватывали корм не только со дна, но и с поверхности и из толщи воды. Захват корма происходил путем совершения быстрых бросков вперед. Распределение

рыб из другой группы в толще воды также было равномерным. Захват корма происходил при совершении быстрых бросков вперед. Рыбы потребляли корм преимущественно из толщи воды.

В месячном возрасте особи, которых кормили комбикормом, захватывали корм в основном с поверхности воды и со дна, в то время как форель, питавшаяся замороженным кормом, осуществляла захват корма в толще воды. Пищедобывающая активность в данный период заметно возросла. Рыбы пытались захватывать не только корм, но и мелкие частицы, фекалии, которые сразу выплевывали.

В возрасте 50 суток наблюдались агрессивные взаимодействия между особями, получавшими комбикорм – рыбы хватали друг друга за хвост, заметны были проявления конкуренции за пространство и пищу. Взаимодействия между предличинками из второй группы в этот период являлись слабовыраженными и в основном касались пищевого поведения. При попытке отобрать корм у соседней особи, рыба сразу отвлекалась на другие кусочки, теряя интерес к взаимодействию. Агрессии между рыбами не отмечалось. В двухмесячном возрасте форель, потреблявшая комбикорм, вела себя очень активно. По мере роста в поведении рыб увеличивалась доля актов агрессии по отношению к другим особям.

3.5. Экономическая эффективность производства посадочного материала радужной форели при использовании двух видов стартового корма

В проведенном опыте использовалось небольшое количество рыбы, недостаточное для реализации хозяйствам, занимающимся выращиванием товарной рыбы. Однако, с учетом выживаемости рыб в двух исследуемых группах, а также затрат кормов на единицу продукции, можно рассчитать теоретическую прибыль при продаже выращенной рыбы и рентабельность производства посадочного материала.

Рассчитывалась экономическая эффективность от использования двух видов кормов при производстве 150000 личинок радужной форели средней

живой массой 0,2 – 0,5 г. Данное количество молоди требуется для выращивания 10 т товарной форели (при выходе 70%) (Булли А.Ф., 2019). Информацию о стоимости молоди рыб на различных этапах развития для расчетов брали на сайте «Племзавод Адлер». Поскольку на данном сайте указана только стоимость оплодотворенной икры (2917 руб./тыс. шт.) и стоимость молоди навеской 1 – 3 г (8280 руб./кг), для простоты расчетов было взято среднее значение для рыб навеской до 0,5 г. Стоимость одной особи массой до 0,5 г, таким образом, равна 6 руб.

Сохранность молоди в группе, которую кормили комбикормом, составила 92,6%, а в группе, питавшейся замороженными кормами – 87,5%. Особи, которых фиксировали для проведения исследований, не учитывались. Среднее поголовье рыб, питавшихся комбикормом, в проведенном опыте составило 323,5 гол. На их подращивание израсходовано 942 г стартового комбикорма стоимостью 296,7 руб. Средний расход на голову за период составил 0,9 руб. Среднее поголовье рыб, питавшихся замороженным кормом, составило 315 гол. На их подращивание потребовалось 942 г замороженных кормов стоимостью 392 руб. Средний расход на голову за период – 1,2 руб.

Расчет соотношения долей затрат на электроэнергию, водоснабжение, отопление и прочие расходы (кроме расходов на приобретение оплодотворенной икры, корма и оплату труда работников) производился на основе данных, полученных при выращивании посадочного материала форели, приведенных в работе К.А. Молчановой и Т.М. Кураповой (2016). Данные представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Экономическая эффективность использования при производстве посадочного материала радужной форели стартового корма Le Goussant Neo Supra-S AL-1 и замороженных кормов

Показатель	Вид корма	
	комбикорм	замороженные корма
Выращено личинок, тыс. гол.	150	150
Ихтиомасса в начале подращивания, кг	12,7	13,4
Ихтиомасса в конце подращивания, кг	82,9	22,1
Общий прирост, кг	70,2	8,7
Расходы на приобретение оплодотворенной икры, тыс. руб.	469,8	497,1
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	6,4	55,4
Стоимость скормленного корма, тыс. руб.	140,2	192,8
Затраты на оплату труда, тыс. руб.	47,0	47,0
Прочие расходы, тыс. руб.	56,1	56,1
Выручка от проданной рыбы, тыс. руб.	900,0	900,0
Себестоимость рыбы, тыс. руб.	713,1	793,1
Прибыль от продажи рыбы, тыс. руб.	186,9	106,9
Уровень рентабельности производства посадочного материала, %	26,2	13,5

Уровень рентабельности производства посадочного материала радужной форели с использованием комбикорма Le Goussant Neo Supra-S AL-1 на 12,7% выше, чем в случае применения в качестве стартовых замороженных кормов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексные исследования по изучению влияния, оказываемого стартовым комбикормом Le Gouessant Neo Supra-S AL1 и замороженными кормами для рыб, на рост, продуктивные показатели, формирование соматической мускулатуры и этологические особенности молоди радужной форели, позволили сделать следующие **выводы**:

1. В результате проведенных исследований выявлено, что при подращивании молоди радужной форели до поздних личиночных стадий применение стартового комбикорма Le Gouessant Neo Supra-S AL1 оказывает

лучшее влияние на рост рыб и их продуктивные показатели по сравнению с использованием замороженных кормов.

2. После начала кормления абсолютный и среднесуточный прирост живой массы рыб, питавшихся комбикормом, превысил данные показатели форели, потреблявшей замороженные корма, в 6,8 и 7,0 раз соответственно, а относительный прирост массы рыб, которых кормили комбикормом, больше на 89,1%. Длина тела рыб, потреблявших комбикорм, увеличилась в 2 раза, а у молоди, питавшейся замороженным кормом – в 1,2 раза.

3. Процессы роста волокон белой и красной мускулатуры в толщину протекали интенсивнее у форели, питавшейся комбикормом. В двухмесячном возрасте средний диаметр белых и красных мышечных волокон рыб, получавших комбикорм, превышал данные показатели у молоди, которую кормили замороженными кормами, на 13,5 и 16,7% соответственно. Интенсивность гиперпластического роста белой мускулатуры форели из обеих исследуемых групп, в среднем за период наблюдений, являлась сопоставимой. В конце опыта молодых белых волокон в мускулатуре молоди, питавшейся комбикормом, содержалось на 11,2% больше, чем у рыб, потреблявших замороженный корм.

4. Содержание жировой ткани в белой соматической мускулатуре рыб, питавшихся комбикормом, на момент завершения опыта было на 4,6% выше по сравнению с форелью, потреблявшей замороженные корма.

5. В результате оценки морфометрических показателей стенки кишечника форели в двухмесячном возрасте выявлено, что средняя высота складок слизистой оболочки у молоди, потреблявшей замороженный корм, на 32,7% больше, чем у рыб, питавшихся комбикормом. При этом толщина кольцевого и продольного слоёв мышечной оболочки у особей, питавшихся комбикормом, превосходила таковую у форели, получавшей замороженные корма, в 3 и 1,4 раза соответственно.

6. Более раннее формирование пищевого поведения (в возрасте 17 суток с момента выклева) отмечалось у рыб, питавшихся замороженным кормом, в то

время как активная реакция на комбикорм наблюдалась у молоди лишь в возрасте 24 суток. Форель из группы, получавшей комбикорм, на протяжении всего опыта обладала существенно более выраженным поведением, направленным на взаимодействие с другими особями. В частности, такое поведение проявлялось в агрессии.

7. Уровень рентабельности производства посадочного материала радужной форели с использованием комбикорма Le Gouessant Neo Supra-S AL1 на 12,7% выше, чем в случае применения замороженных кормов.

Предложения производству

С целью организации более быстрого и приближенного к условиям естественной среды перехода предличинок радужной форели на смешанное питание рекомендуется использовать замороженные корма (циклоп, дафния, артемия) на протяжении первой недели начала питания. Для дальнейшего выращивания молоди рыб целесообразным является применение промышленного стартового комбикорма.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Считаем целесообразным провести дальнейшие исследования, направленные на установление влияния живых кормов в качестве стартового рациона молоди радужной форели на рост рыб, формирование их соматической мускулатуры, органов пищеварительного тракта и поведенческие особенности. Также актуальным является проведение более длительных опытов для оценки влияния стартовых кормов на качество товарной форели.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Статьи, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК РФ

1. **Сафонова, С.С.** Рост и этологические особенности молоди радужной форели (*Parasalmo mykiss*, Walbaum) в зависимости от типа корма / **С.С. Сафонова**, В.П. Панов, И.В. Байдаров // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 3. – С. 122-134. – DOI 10.26897/0021-342X-2024-3-122-134. – EDN DQJLWL.

2. **Сафонова, С.С.** Формирование соматической мускулатуры молоди радужной форели (*Parasalmo mykiss*, Walbaum) при использовании двух видов кормов / **С.С. Сафонова** // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2025. – № 2(112). – С. 244-249. – DOI 10.37670/2073-0853-2025-112-2-244-249. – EDN EPVFAZ.

Статьи, опубликованные в других изданиях

3. **Сафонова, С.С.** Формирование белой мускулатуры личинок радужной форели (*Parasalmo mykiss*, Walbaum) в зависимости от типа корма / **С.С. Сафонова** // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения А.Я. Миловича : Сборник статей, Москва, 03–05 июня 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2024. – С. 171-177. – EDN AKZUYY.