

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева»  
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

*На правах рукописи*

**ДЕМЕНТЬЕВ ДМИТРИЙ СЕРГЕЕВИЧ**

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ СТАЛЬНОГОЛОВОГО ЛОСОСЯ С  
ПРИМЕНЕНИЕМ КОРМОВЫХ ДОБАВОК «ВИНИВЕТ» И «ZEOL» В  
УСЛОВИЯХ ГИПЕРТЕРМИИ**

Специальность 06.02.10 – Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства

диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
Калайда Марина Львовна,  
доктор биологических наук, профессор

Москва – 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
1.1. Радужная форель как объект современного рыбоводства.....	11
1.2. Особенности кормления радужной форели.....	23
1.3. Использование кормовых добавок в кормлении радужной форели.....	45
1.4. Перспективные кормовые добавки в корма для радужной форели.....	50
1.4.1. Использование отходов пчеловодства как кормовых добавок.....	50
1.4.2. Применение природных цеолитов в кормлении рыб.....	57
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	61
2.1. Материал исследований.....	61
2.2. Методика исследований.....	61
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	70
3.1. Результаты экспериментального выращивания молоди стальноголового лосося при температуре воды более 20°С с использованием кормовых добавок «Винивет» и «ZEOL».....	70
3.1.1. Результаты экспериментального выращивания в контрольной группе	70
3.1.2. Результаты экспериментального выращивания с добавлением в рацион кормовой добавки «Винивет».....	77
3.1.3. Результаты экспериментального выращивания с добавлением в рацион кормовой добавки «ZEOL».....	88
3.2. Исследование особенностей химического состава корма, кормовых добавок и рыб, выращенных с их применением.....	95
3.3. Экономическая эффективность включения кормовых добавок из местных ингредиентов сырья.....	106
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	108
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	110

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Как известно, в последний период ускорился рост численности населения [45, 62]. Это ставит перед производителями продовольственной продукции особые задачи, которые так же связаны со снижением производства продуктов потребления природными экосистемами. Отмечается, что общий вылов из природных экосистем достиг стабильного предела, и с середины 1990-х годов составляет 85-90 млн. тонн в год [128]. В этих условиях аквакультура становится важной составной частью производства пищевых ресурсов. Химический состав рыбы как продукта питания характеризуется наличием высококачественных белков, непредельных жирных кислот, макро- и микроэлементов, необходимых для поддержания здоровья человека.

По данным, заявленным руководителем информационного Агентства по рыболовству Александром Савельевым, потребление рыбы в период с 2011 по 2016 г. снизилось до 15 кг на человека, что на 25% ниже оптимального уровня ежегодного потребления рыбной продукции на душу населения и на 36,7% ниже (или на 8,7 кг), чем физиологическая норма, рекомендованная Институтом питания АМН России, составляющая 23,7 кг/год [47]. Причиной этого стало сокращение объема внутреннего рынка рыбной продукции и рост цен на нее [70, 81]. Соответствие нормам потребления рыбных товаров на душу населения отмечено в большинстве государств с хорошо развитой экономикой. Данный вопрос имеет особую значимость из-за того, что можно отследить прямую зависимость между уровнем ежегодного потребления рыбной продукции и средней продолжительностью жизни в стране, например, в странах с традиционно высоким уровнем потребления рыбной продукции, таких как Норвегия, Китай или Япония [29].

Для обеспечения продовольственной безопасности страны, улучшения обеспеченности населения ценными продуктами питания, а перерабатывающей промышленности – сырьем, в ближайшие годы предстоит существенно увеличить

объемы производства рыбной продукции аквакультурными методами, так как для увеличения объемов традиционными методами существует ряд ограничений: лимитирующими факторами выступают земельные и водные ресурсы, их экологическое состояние [16].

С 2006 г., когда аквакультура, являющаяся важной составляющей развития и функционирования продовольственного сектора, как направление сельскохозяйственной деятельности была включена в приоритетный национальный проект «Развитие АПК», в России началось активное развитие рыбоводных фермерских хозяйств [78]. По данным 2007 г. [15] на фермерских хозяйствах стран Юго-Восточной Азии производилось около 98% всего мирового объёма аквакультуры. Это показывает перспективность индустриальных фермерских хозяйств. Развитие фермерских рыбоводных хозяйств соответствует постановлению Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 № 314 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие рыбохозяйственного комплекса», в части формирования и реализации механизма долгосрочного и эффективного управления водными биологическими ресурсами и развитию искусственного воспроизводства водных биологических ресурсов. В настоящее время в Республике Татарстан идёт реализация Комплексного плана мероприятий по развитию аквабиокультуры, принятого в 2017 году, в рамках которого отрасль рассматривается как имеющая наибольшие зоны роста среди других направлений сельского хозяйства в республике. Согласно принятой стратегии, в регионе проектируются и готовятся к запуску современные рыбохозяйственные предприятия, для реализации и грамотного функционирования которых необходимо подобрать наиболее перспективные объекты аквакультуры, разработать оптимальные биотехнологии их выращивания. Существует необходимость в разработке рекомендаций по запуску подобных хозяйств в соответствии с региональными особенностями и потребностями населения [49].

Важнейшей предпосылкой для реализации задач аквакультуры в Республике Татарстан является достаточно высокое качество внутренних вод,

благоприятные экологические условия, значительный научный потенциал и стремление производителей к участию в производстве объектов аквакультуры [40]. Многие муниципальные образования в настоящий период включены в региональную Концепцию создания аквабиокультурного Технополиса активно поддерживают развитие аквабиотехнологий Министерство сельского хозяйства и продовольствия, Министерство экономики в Республике Татарстан.

В настоящий период отечественное лососеводство находится в стадии активного роста, а именно, с 2013 г. объём выращивания лососевых видов рыб вырос почти в 3 раза, превысив по итогам 2020 г. 116 тыс. тонн [99]. Традиционно, наибольшая заслуга в достижении этого показателя принадлежит Северо-Западному федеральному округу, рыбохозяйственным предприятиям Мурманской области и Республики Карелия, однако, спрос на красную рыбу высок во всей стране, что делает перспективным не только развитие лососеводства в традиционных для этого регионах, но и в других регионах, расположенных, например, в средней полосе России. В настоящее время спрос на данный вид продукции удовлетворяется за счёт импорта, что так же требует корректив, так как одним из критериев продовольственной безопасности страны является удельный вес отечественной рыбной продукции в количестве минимум 80%.

Исторически карп являлся основным объектом рыбоводства в Республике Татарстан, но известно, что около 100 лет назад на территории современной Республики Татарстан, а ранее Казанской губернии форель являлась основным объектом в структуре холодноводного рыбоводства [34]. В настоящее время, по результатам опроса фермеров-рыбоводов, форель неоднократно выращивалась в хозяйствах Республики Татарстан, однако результат часто был непредсказуемым. В том числе это связано с тем, что территория республики примерно раз в 5 лет испытывает засуху [33], которая приводила к периодической гибели форели и особенно маточного поголовья в естественных водоёмах.

Современный этап характеризуется изменением климатической ситуации на территории Среднего Поволжья, среднегодовая температура по региону растёт в

среднем на 0,25-0,35 °С/10 лет, а среднегодовая температура воздуха за период 1955-2004 гг. выросла в северной части региона на 1,9 °С, в южной – на 1,5°С. В период с 2001 по 2011 год лишь дважды температуры воздуха выше 15°С наблюдалась менее 120 дней, что говорит о смещении характерной для Республики Татарстан зоны рыбоводства с II на V, т.е. на три позиции [21]. Это говорит о возникновении еще больших проблем в отношении выращивания форели в естественных водоёмах Республики Татарстан. Однако, производство форели в России растёт, как и во всём мире, что делает форель перспективным объектом для выращивания на любой территории. В этом случае возникает задача выбора технологической схемы выращивания форели и объекта, способного выдерживать повышение температуры воды.

Для решения этих задач необходимо развитие индустриальных рыбоводных хозяйств, в которых возможно сокращение сроков выращивания и оптимизация затрат. Другим обязательным условием быстрого роста является эффективное кормление рыбы [71, 111]. В индустриальном рыбоводстве эффективное сбалансированное кормление выходит на первый план при организации успешного рыбоводного хозяйства, как фермерского, так и завода большой мощности.

Особую важность, в первую очередь, на ранних стадиях развития рыбы, имеет белковая составляющая, например, в стартовых кормах именно протеинов содержится более 50%. В большинстве рыбных кормов, как современных, так и в классических, основой белковой составляющей является рыбная мука, её содержание достигает до 70% белковой компоненты в рецепте корма [89]. Современной тенденцией развития кормопроизводства является сокращение процента содержания рыбной муки в рецепте кормов за счет введения различных белковых добавок в целях снижения стоимости производства рыбы [1, 41]. Кормовые добавки, включающие различные компоненты природного происхождения, способны стимулировать воспроизводство, улучшать качество произведенной продукции объектов выращивания [121].

В связи с вышесказанным в рамках общей программы по развитию рыбоводства в Республике Татарстан, производство высококачественных, конкурентоспособных, эффективных кормов с использованием различных кормовых добавок становится особенно актуальным. Это также связано с развитием технологий переработки отходов сельскохозяйственной продукции, которые могут быть вовлечены в кормопроизводство.

Поскольку важным объектом выращивания является форель, то становится актуальной оценка возможности использования ингредиентов местного производства в кормах в качестве кормовых добавок. Это позволит помимо удешевления производства рыбы вовлечь в ее производство мало востребованные компоненты – отходы сельскохозяйственных производств в качестве кормовых добавок [41].

**Степень разработанности темы.** Вопросы выращивания радужной форели и её пород в условиях нашей страны имеют огромное значение для отечественной аквакультуры [12, 17, 18, 44, 50, 55, 67, 98]. Существуют так же крупные учёные, чьи работы посвящены вопросам кормления радужной форели и её пород [73, 90, 111]. Лососевые виды рыб как в классической, так и в современной рыбоводной литературе, относятся к холодолюбивым видам и не рассматриваются в качестве объектов тепловодного рыбоводства. Однако в условиях повышения среднегодовых температур воды, возникает необходимость изучения такой возможности и поиска технологической схемы её реализации.

**Цель исследований** – оценка эффективности применения кормовых добавок «Винивет» и «ZEOL» при выращивании стальноголового лосося в условиях гипертермии.

Для ее достижения необходимо решить следующие **задачи**:

1. Обосновать использование стальноголового лосося, как породу радужной форели, способную переносить максимальные температуры и установить возможность ее выращивания в условиях тепловодного хозяйства индустриального типа;

2. Изучить влияние экспериментальных кормовых добавок на рыбоводно-биологические характеристики и выживаемость молоди стальноголового лосося в условиях УЗВ и установить затраты корма на единицу прироста массы рыб для каждой из используемых кормовых добавок;

3. Провести исследование химического состава корма, кормовых добавок и рыб, выращенных с их использованием;

4. Оценить эффективность применения кормовых добавок «Винивет» и «ZEOL» при выращивании лососевых в условиях гипертермии.

#### **Научная новизна работы:**

Впервые определена эффективность использования добавок на основе продуктов пчеловодства «Винивет» как компонента корма для стальноголового лосося.

Впервые показано, что включение в корм стальноголового лосося кормовых добавок «Винивет» и «ZEOL» в условиях экстремальных температур способствуют сохранению основных рыбоводно-биологических показателей на высоком уровне.

Показана эффективность использования кормовых добавок «Винивет» и «ZEOL» в кормлении стальноголового лосося.

**Теоретическая и практическая значимость исследований.** Полученные результаты вносят существенный вклад в изучение стальноголового лосося как объекта тепловодного рыбоводства. Определены температурные оптимумы содержания молоди стальноголового лосося. Построены уравнения линейного роста, изменения среднесуточного прироста, выживаемости и затрат корма при выращивании в условиях высоких температур.

В работе показано, что включения в корм молоди стальноголового лосося кормовых добавок «Винивет», «ZEOL» при выращивании в условиях высоких температур, позволяет снизить смертность, а также повысить показатели среднесуточного прироста массы.

**Методология и методы исследований.** Диссертационная работа выполнена с использованием стандартных методов рыбоводно-биологических,



гидрологических и химических исследований в соответствии с ГОСТ, с использованием приборов СУР-02 «Реном ФВ» и Марк 302Э, программ Statgraphics Plus 5.1, Microsoft Excel.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Использование кормовых добавок «Винивет» (с увеличением в рационе с 2,5% до 5%) и «ZEOL» (5% от рациона) эффективно в лососевых хозяйствах индустриального типа, а при увеличении температуры воды выше 20°C кормовые добавки положительно влияют на показатели выживаемости и среднесуточного прироста.

2. Использование кормовых добавок «Винивет» и «ZEOL» снижают затраты корма на единицу прироста массы и улучшают экономические показатели производства.

**Личный вклад автора** в работу состоит в непосредственном участии на всех этапах работы и обсуждении полученных результатов, подборе методик, написании статей и материалов.

**Степень достоверности и апробация результатов работы** обеспечена сходимостью теоретических решений и экспериментальных данных, полученных в работе, их согласованностью с известным опытом по включению кормовых добавок в форелеводстве. Основные результаты и положения диссертации были доложены и обсуждены на конференциях: Научно-практическая конференция «Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны» (Санкт-Петербург, 2017); Международная научно-практическая конференция «Водно-энергетический форум» (Казань, 2018); Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» (Казань, 2016, 2017, 2018); Аспирантско-магистерский научный семинар (КГЭУ, Казань, 2015, 2016, 2017, 2018).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 15 научных статей, в том числе 3 в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего

образования РФ и 2 – в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 124 страницах, состоит из введения, основной части, содержащей 27 рисунков и 27 таблиц заключения, списка литературы (включает 137 наименований, в том числе 21 на иностранном языке).

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность и искреннюю признательность научному руководителю д.б.н., профессору, заведующей кафедрой «Водных биоресурсов и аквакультуры» Калайда М.Л. за высококвалифицированные консультации и ценные рекомендации на всех этапах работы.

## Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1. Радужная форель как объект современного рыбоводства

Для определения возможности расширения спектра ингредиентов кормов необходимо рассмотреть биологические особенности объекта выращивания. Для радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792), которая в настоящее время является одним из самых распространенных объектов мирового рыбоводства и выращивается в более чем в 86 странах мира [66] характерно, что в естественных условиях она обитает в холодных и прозрачных пресноводных водах с высоким содержанием кислорода [96]. Она хорошо растет и в солоноватоводных и морских водах [125].

В отечественных изданиях, относящихся к середине XX века, исследователи относят радужную форель к роду *Parasalmo* [27]. Однако, согласно современной классификации, подтвержденной съездом ихтиологов в 1988 г., радужная форель относится не к атлантическим лососям, а к тихоокеанским, то есть, к роду *Oncorhynchus*, а не *Salmo*, как было принято ранее. На основе анализа митохондриальной ДНК было показано, что радужная форель является таким же биологическим видом, как и камчатская форель микижа. Название *Oncorhynchus mykiss* принято международным и рекомендовано в качестве названия для всех форм радужной форели [128, 129, 130].

Активное выращивание радужной форели обусловлено ее хорошими рыбоводными качествами. Она легко приспосабливается к искусственным условиям обитания и хорошо усваивает штучные корма. По сравнению с рядом других лососевых рыб, радужная форель характеризуется высокой скоростью роста при существенной плотности посадки. Причиной этого является многолетняя селекция и продуманный отбор как по этим, так и другим признакам. Возможности роста форели обнаруживаются в первые три года жизни. Затем темп роста немного замедляется [96].

Исходя из этого, возникает необходимость в сохранении чистоты разновидностей и линий, который считаются ценным генетическим фондом

форели, своеобразной живой коллекцией, которая вызывает не только научный, но и практический интерес для развития отечественного форелеводства [96].

Разведение форели в соленой воде содействует активизации обмена веществ и ускоренному росту. В таких условиях у форели быстрее протекает белковый обмен из-за кардинальной морфофизиологической перестройки всего организма, что в первую очередь предполагает изменение гиперосмотического типа (переход от осморегуляции к гипоосмотическому типу). После перевода форели с пресной воды на соленую, она получает жизненно важные микроэлементы и ионы, которые стимулируют работу ферментативной системы. Следовательно, выращивание осенью, зимой и весной радужной форели в садках прибрежной части Черного моря, которые устойчивы к штормам, имеет значительные перспективы. В целом, форель успешно созревает в морской воде [96].

Радужная форель, как уже ранее упоминалось, достигает половой зрелости в возрасте 3-4 лет. В то же время общая продолжительность ее жизни составляет около 11 лет. Ее нерест зависит от температуры водоема, а потому может значительно колебаться. Как правило, нерест начинается в весеннее время, но из-за повышения температуры воды нерест может происходить осенью, зимой или даже летом. Существуют породы форели, которые нерестятся в течение всего года.

Стандартная плодовитость самки радужной форели достигает 1,5-9 тыс. икринок (средний показатель – 2 тыс. шт.). При искусственном разведении рыбы икринки имеют желтовато-оранжевый цвет, а в естественных условиях – оранжево-красный. Икринки радужной форели вырастают до 3-6 мм в диаметре, в то время как их масса варьируется от 40 до 125 мг. Продолжительность инкубационного периода существенно зависит от температурных условий. Средние показатели составляют 30-45 суток (360-400 градусодней) [96].

После того, как желточный мешок рассасывается на 50-70%, личинки поднимаются в водную толщу и начинают активно плавать и питаться. Время рассасывания желточного мешка определяется температурой воды и длится от 10 до 40 суток [96].

В первый год жизни радужная форель может весить от 10 до 1000 г, в течение второго года она достигает массы около 1,5 кг, а за третий год вырастает до 2,5 кг. На скорость роста форели влияет температура воды, ее насыщенность кислородом и полноценность кормов. В итоге, максимальный рост рыбы наблюдается при температуре 16-18°C. Так, масса форели в таких условиях может достигать 30-50 кг. Максимальная зафиксированная масса рыбы в природных условиях составила 23 кг.

Мясо форели отличается высоким качеством и активно применяется для обеспечения диетического питания. Соблюдение технологии выращивания рыбы гарантирует увеличение массы за 12-14 месяцев до 150-250 г. В то же время сумма всей годовой продукции обычно равна 150-200 кг/м<sup>3</sup> [96].

Следует отметить, что радужная форель была основой отечественного форелеводства в течение более 100 лет развития этой отрасли. За последние несколько лет породный состав значительно расширился благодаря внедрению ввезенных форм радужной форели (например, форели камлоопс, стальноголового лосося, форели Дональдсона, золотой форели и др.)

На сегодня в России существует четыре местные породы радужной форели. Так, в 1997 году была зарегистрирована порода Адлер, в 1999 году – Рофор, в 2002 году – Росталь, а в 2003 году – Адлерская янтарная. Кроме того, в 1993 году в Госреестр было включено три иностранные породы: Стальноголовый лосось, Камлоопс и форель Дональдсона. Однако перечисленные породы форели должны выращиваться в абсолютно разных термических и технологических условиях.

### **Радужная форель Адлер**

Эта порода включена в Госреестр в 1997 году. Однако ее создание берет свое начало еще в 1975 году. Для ее выведения в Адлерском хозяйстве применялись: двухлетки из абхазского Чернореченского хозяйства; икра из эстонского рыбхоза «Пылула», взятая на стадии, когда происходит пигментация глаз; икра, доставленная в 1967 году из Дании; стальноголовый лосось [19].

В сравнении с рядом других форм, указанная форель имеет следующие характеристики: ранний нерест, ускоренный рост, плодовитость, вероятность

применения в марикультуре. Главным назначением хозяйственного использования форели этой породы, наряду с получением высококачественной рыбной продукции, выступает изготовление племенного материала для различных форелевых хозяйств. Существенный селекционный признак данной породы – ранний нерест. Это важное преимущество, обеспечивающее наличие крупной молоди, личинок или оплодотворенной икры к началу технологического цикла в товарных хозяйствах (тепловодных, холодноводных, садковых, озерных и др.). Также выращивание форели с чередующимся временем полового созревания обеспечивает максимальную загрузку рыбоводного оснащения и является предпосылкой для построения непрерывного производства [7, 19, 87, 88, 112, 113].

Как правило, самки созревают в ноябре. Затем в течение примерно 73 дней длится нерест. Рабочая плодовитость форели варьируется от 2990 до 6225 шт., при этом средняя масса икринки составляет от 44 до 98 мг. Под конец первого года форель этой породы достигает массы 250 г. Радужная форель без какой-либо породы набирает указанный вес намного позже.

Форель Адлер можно разводить в фермерских хозяйствах, которые применяют артезианскую воду температурой от 10 до 14°C [112, 113].

### **Форель Адлерская янтарная**

Адлерская форель с 2003 года включена в Госреестр. Адлерская янтарная форель была создана из икры, привезенной из Чегемского рыбозавода в Адлер (1998 год).

Специалисты поставили задачу вывести радужную форель с золотистой окраской. Для реализации этой идеи необходимо было отбирать радужных рыб "с отклонениями" в оттенке окраски (желтого цвета). Следующим этапом стали селекционные работы, целью которых было выведение форели золотистого цвета [63, 109]. Новая порода рыб получила название Адлерская янтарная, потому что цвет животных имел схожесть с оттенками янтаря [19].

Адлерская янтарная похожа на форель "Адлер". Эти породы рыб характеризуются быстрым ростом, ранним нерестом. Эстетический окрас форели делает ее популярной в спортивном рыболовстве, в искусственном выращивании.

Главная отличительная характеристика данной породы - интенсивная аккумуляция каротиноидов в мышцах. В мясе форели есть оптимальное содержание ненасыщенных жирных кислот и сырого протеина. Мясо этой рыбы считается деликатесным, диетическим. Для янтарной форели характерна высокая пищевая ценность.

Если затронуть вопрос перспективы разведения Адлерской янтарной форели, то необходимо подчеркнуть, что эта порода может стать популярной среди любителей спортивной рыбной ловли. Рыбы золотистой окраски популярны в спортивном бизнесе в России и за рубежом, они могут приносить значительные доходы. Форель золотистого цвета - настоящее украшение декоративных бассейнов и прудов [59].

### **Радужная форель "Рофор"**

Эта порода рыб была включена в Госреестр в 1999 году.

Из германского хозяйства "Марсель" привезли в Ропшу около 80000 штук икры форели радужной. Икру проинкубировали, вырастили на естественных кормах 9,5 тысяч сеголеток. В 1951 году из рыбок создали маточное стадо с количеством 2,5 тысяч особей. На основании этого стада рыб в СССР развивалось форелеводство до конца 60-х годов [18].

Цель создания форели "Рофор" - достижение высокой продуктивности рыб. При этом нужно было сохранить исходную гетерогенность, которая позволяла выращивать форель в хозяйствах разных типов. Более того, рыб можно было использовать как основной селекционный материал для появления специализированных пород [18].

Создание породы форели "Рофор" не обошлось без применения метода массового отбора. По правилам этой методики выполнялся отбор особей по фенотипу. Специалисты учитывали длину и массу тела рыб, их плодовитость.

Дополнительно порода "Рофор" начала использоваться в тепловодных хозяйствах. Метод комбинированного выращивания форели успешно применялся в полносистемных форелевых хозяйствах [50, 51]. Примерно 8 месяцев рыба должна была находиться на сбросных водах с определенной температурой. Температура в октябре-ноябре не превышала 15-20 °С, а с декабря по март - 15 °С. В апреле и мае температура воды составляла 15-20 °С. В летний период рыба выращивалась в специальных садках, которые устанавливались в естественных водоемах.

### **Радужная форель "Росталь"**

Эта порода форели появилась в Государственном реестре только в 2003 году. Авторы популярной породы "Росталь" - Голод В.М. и Терентьева Е.Г. Заявитель и оригинатор радужной форели "Росталь" - ФГУП ФСГЦР.

Данная порода рыб нашла широкое применение во многих хозяйствах ФСГЦР. Форель этого вида имеет такие отличительные особенности: быстрые темпы роста, высокая жизнеспособность. Разводить рыб можно даже в холодноводных хозяйствах, но температурные условия обязательно должны быть стабильными. Большое значение имеет повышенная плодовитость производителей [18].

Главная задача - выведение такой радужной форели, которую возможно выращивать в хозяйствах холодноводного типа. При этом необходимо использовать родниковую воду (5-11 градусов). Чтобы реализовать поставленную задачу, специалисты проводили селекционные работы на протяжении 25 лет. В конечном результате появилась порода "Росталь", которая идеально подходила для хозяйств с холодной и чистой водой. Эта порода отличалась высокой плодовитостью, быстрым ростом [18].

Особенная характеристика породы "Росталь" - отменные рыбоводные показатели. При разведении рыб в хозяйствах холодноводного типа форель имеет высокую выживаемость, быстрые темпы роста. Для породы "Росталь" не является характерной высокая пластичность, поэтому температурный режим выращивания находится в пределах 6-15 градусов.



При выращивании форели "Росталь" нужно соблюдать требования биотехники. Возраст, как и срок созревания (январь-март), аналогичный породе "Рофор". Эта порода имеет свою отличительную особенность, а именно высокую плодовитость. Чтобы достигнуть высокой плодовитости рыб, специалисты проводили многолетнюю селекционную работу. Породу "Росталь" смело можно использовать в качестве материнской формы кросса в тех хозяйствах, основной специализацией которых является производство высококачественного посадочного материала. Подходит эта форель и для получения икры (пищевой). По жизнеспособности и темпам роста кроссы "Росталь" и "Рофор" имеют преимущества перед своими родительскими формами. Товарные хозяйства получают как посадочный материал, так и икру [18].

Самка со средней массой тела 2,5 кг имеет плодовитость около 5500 штук. Одна самка за 2-летний цикл производства дает товарную продукцию в объеме 900 кг [19].

### **Порода форели "Камлоопс"**

Рыба "Kamloops Jordan" появилась в Государственном реестре в 1993 году. Родиной этой породы считается Канада, а в СССР форель "Камлоопс" появилась в 1982 году. Отличительная характеристика породы - ранний нерест. Максимум в конце ноября форель "Kamloops Jordan" идет на нерест. Нерестовый сезон начинается на 4-5 недель раньше, чем у раносозревающих селекционных пород. Форелеводство высоко оценило такую характеристику, потому что в одном хозяйстве можно было содержать разные маточные стада, которые отличались сроками созревания. Эффективность рыбохозяйственной деятельности увеличилась в результате того, что возрос период получения качественного посадочного материала. Порода "Kamloops Jordan" позволила получать товарную продукцию в период весенних месяцев.

Главное направление использования рыбы этой породы - получение племенного материала для дальнейшего применения в товарных хозяйствах. При температурных показателях 6-10 °С можно достичь лучших результатов культивирования породы. Крупные рыбы могут быть использованы для

зарыбления холодноводных хозяйств в апреле-мае. В любых зонах рыбоводства можно практиковать товарное выращивание форели. Порода "Kamloops Jordan" успешно применяется в марикультуре.

Максимум на 3 году жизни наблюдается созревание производителей. Если масса самок составляет 1,4 кг, то рабочая плодовитость трехлетних рыбок достигает 1900 штук. Икринки форели имеют диаметр 4,33 мм [11].

Форель "Камлоопс" считается самой выращиваемой породой на территории России. Самки и самцы хорошо приживаются в любых рыбоводных зонах России. Чтобы достичь наилучших показателей, необходимо в зимнее время использовать воду 6-10 °С [11].

### **Форель Дональдсона**

Порода "Donaldson Wallbaum" пополнила Госреестр в 1993 году.

В СССР порода была завезена из Америки (1982) и Японии (1988). Для создания новой селекции использовались особи гибридного происхождения, полученные в результате скрещивания стальноголового лосося с радужной форелью.

Выращивание и разведение "Donaldson Wallbaum" возможно только при щадящем и аккуратном отношении. Также необходимо точно соблюдать требования по эксплуатации, чтобы не допустить повышенных потерь икры, молоди, производителей. Литературные данные подтверждают то, что повышенные потери связаны с низкими показателями генетической изменчивости [114].

На втором году жизни самки начинают созревать (их масса тела составляет 2 кг). Самцы с массой тела 0,5-1 кг созревают уже на первом году жизни. В декабре-мае начинается период нереста.

Форель Дональдсона имеет много отличительных особенностей. Это и большая плодовитость самок, и быстрый рост в первый год выращивания (30-500 г). Плодовитость самки достигает 20000 штук. Рост форели за второй год составляет 500 г-2 кг, а за третий - 4,5 кг [25, 63, 66, 67].

Оптимальные температурные показатели составляют 4-23 °С.

### **Стальноголовый лосось**

Эта порода пополнила Государственный реестр в 1993 году.

Лосось стальноголовый относится к хищным рыбам, образует большое количество жилых разновидностей. Такая порода распространена от Калифорнии и до Аляски [18].

Акклиматизация стальноголового лосося в СССР проходила в несколько этапов, но сначала были разработаны биологические обоснования. В результате экспериментов было установлено, что культивируемая радужная форель сильно уступает проходным формам. Речь идет о форели, которая происходит от лосося стальноголового. В основном форель уступала по скорости роста. В сравнении с лососем форель более подвержена заболеваниям [31, 46]. В 1965-1970 годах в Россию из американского штата Орегон поступило 4 партии икры лосося стальноголового. Большая часть оплодотворенной икры попала на Чернореченское форелевое хозяйство. Позже (1973-1974 гг) икра рыбы завозилась из Финляндии [18].

Достаточно высокую эврибионтность стальноголового лосося показало его выращивание в разных хозяйствах СССР. Рыб успешно выращивали в разных термических условиях, на неодинаковых кормах. Особи, созревшие в прудовых условиях, давали полноценное потомство [107]. Лосось стальноголовый характеризуется высокой экологической пластичностью. Рыб этой породы можно смело использовать как объект выращивания при любых климатических условиях [18].

Порода имеет свои отличительные характеристики. Лосось стальноголовый хорошо переносит повышенные температуры до 28 °С, но при этом рыба не уступает радужной форели по темпу роста. Главные морфологические систематические признаки лосося - количество позвонков, другая окраска тела (ярко-серебристая) в период нереста. Нерест происходит зимой-весной.

Плодовитость рыб составляет до 3 тысяч икринок [98].

По внешним признакам лосось стальноголовый имеет схожесть с радужной форелью, отличия наблюдаются только в строении этих пород рыб. Лосось имеет

больше жаберных лучей, укороченные плавники (кроме спинного). В таблице 1 указана детальная характеристика рыбоводно-биологических показателей разных пород форели радужной.

Таблица 1 – Характеристики пород радужной форели

Показатель	Адлер [18]	Адлерская янтарная [18]	Камлоопс [11]	Стальноголовый лосось [18]	Росталь [18]	Рофор [18]	Дональдсона [25,67]
Отличительные особенности породы	Отличается высоким темпом роста и ранним нерестом, который длится 2,5 месяца	Привлекательная золотистая окраска. Длительность нереста 3 месяца	Быстрый рост, за полгода достигает товарной массы 150-200г Ранний осенний нерест.	Высокая температурная пластичность. Выдерживает температуру до 28°C	Выращивается при самых низких температурах среди других форелей. Высокая плодовитость.	Высокая температурная пластичность, сохранение темпов роста даже при неблагоприятных условиях	Отличается высокой плодовитостью, быстрым темпом роста (за год может достигать 1 кг), выращивается в теплой воде, может выдерживать температуру 25°C
Оптимальная температура выращивания, °C	10-14	10-14	3-14	3-28	6-15	6-20	4-23
Сроки нереста	Ноябрь-декабрь	Декабрь-январь	Сентябрь-ноябрь	Декабрь-февраль	Январь-март	Январь-март	Январь-март
Возраст производителей самки; самцы	2	4	2-3; 2	3-4	2	2-3; 2	2; 1
Масса производителей, самки; самцы, кг	2-2,5	2	1,5	2,5	2-2,5	1,5-1	2; 0,5-1
Соотношение самки: самцы	3:1	3:1	3:1	3:1	3:1	10:1	4:1
Рабочая плодовитость, тыс. шт.	2,0-6,2	2,2-3,6	1,9-3,2	0,5-3,4	5,0-8,4	4,3-8,5	4,0-20,0
Масса двухлетков, г	250	250	500	220	400	450	500

Многие практики-исследователи [25, 67, 113] утверждают, что есть существенная разница в скорости роста разных пород рыб даже при одинаковых условиях. Разница наблюдается не только в скорости роста, но и в температурном режиме выращивания различных пород форели радужной. Большое значение имеют максимальные температуры, по которым можно определить пределы толерантности выращиваемых пород (рис. 1).

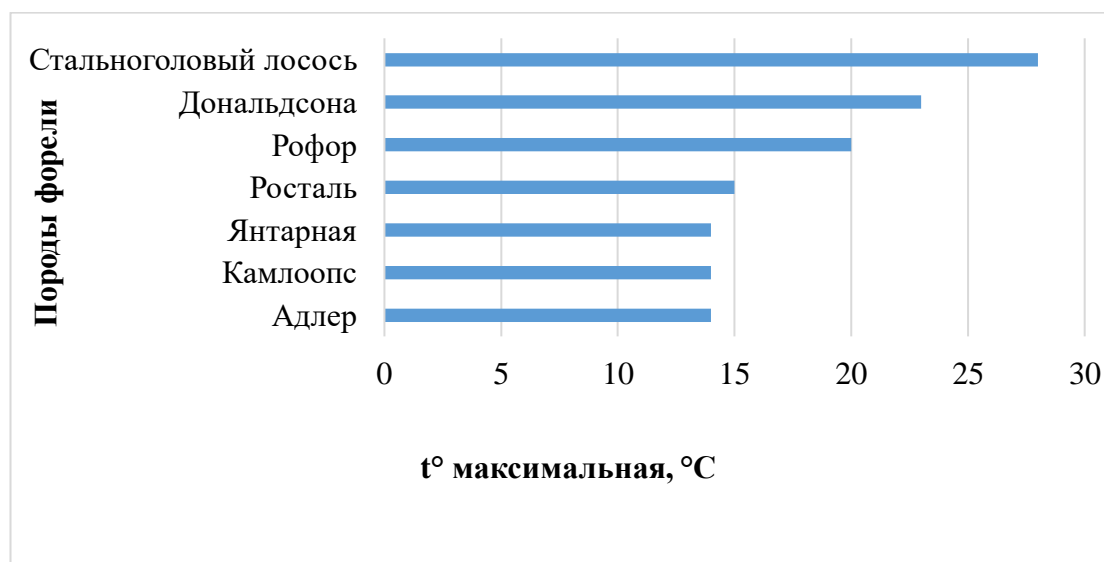


Рисунок 1 – Максимальная температура воды при выращивании различных пород форели

Данные рисунка подтверждают некоторые характеристики стальноголового лосося. Видно, что лосось по сравнению со многими породами форели может выживать при более высоких температурных показателях. Эта отличительная характеристика стальноголового лосося имеет большое значение для фермерских хозяйств. Дело в том, что многие фермерские хозяйства не имеют достаточного количества капитальных средств для обеспечения рыбоводных установок необходимым терморегулирующим оборудованием.

Основное отличие фермерского хозяйства - температурные показатели воды. По этой причине стальноголовый лосось был выбран нами для проведения экспериментов.

## 1.2 Особенности кормления радужной форели

Питание является одной из наиболее важных функций для полноценного существования организма. Энергетические вещества, витамины и минералы в составе пищи обеспечивают жизнедеятельность организма, его рост, физиологическое развитие, отвечают за размножение. Нормальное функционирование организма невозможно без полноценного и сбалансированного питания.

Для полноценного роста и развития рыбы питание имеет большое значение. Их организм, как и любого другого животного, нуждается в регулярном поступлении особого набора питательных веществ. Составляя рацион для кормления рыбы, важно учитывать физиологические особенности организма к усвоению компонентов искусственного питания, пищевые потребности конкретного вида. Важно помнить о том, что организм большинства видов рыб не может самостоятельно синтезировать некоторые питательные вещества, поэтому, необходимо в обязательном порядке вводить их в рацион. В отличие от теплокровных животных, низкая температура обитания и короткий пищеварительный тракт рыбы препятствуют развитию той микрофлоры, которая обеспечивает организм витаминами в полной мере. Для нормального функционирования организма важны многие витамины и микроэлементы, в частности и витамин С, имеющий огромное значение для развития и роста рыбы. Получить витамин С холоднокровные могут исключительно из пищи. Некоторые же потребности в питательных веществах регулируются генетическим уровнем метаболизма [89].

К естественным кормам для рыбы относятся:

- насекомые;
- зоо- и фитопланктон;
- куколки и личинки насекомых;
- зообентос;
- боколавы;
- жуки;

- имаго и мелкая рыба;
- высшие водные растения;
- моллюски;
- водоросли;
- водяные клопы.

В комплексе такие естественные корма являются полноценной пищей. Однако, в условиях форелеводства индустриального уровня, использование подобных кормов ограничено. Производство такой пищи невыгодно по экономическим причинам из-за нерентабельного метода выращивания массового количества живых кормов. Также существенным недостатком естественного корма является подверженность подобного питания сезонным колебаниям, заражению инвазиями и инфекциями [111].

Усвоение организмом питательных веществ из кормов зависит от среды обитания, индивидуальных особенностей обмена веществ, возраста особей и состава питания. В природных условиях для пищи является естественным живой корм, в составе которого присутствует большинство питательных и ростостимулирующих веществ для обеспечения оптимального темпа роста. В связи с этими нюансами, при разработке сбалансированных комбикормов и кормовых смесей для рыб важно учитывать весь спектр питания рыбы в естественных условиях обитания, химический состав получаемой пищи и индивидуальные потребности особей [89].

В зависимости от возраста, вида, времени суток и сезона, рыбы питаются разной пищей. Форель является хищной рыбой по основному характеру питания. Для свободноживущей молоди радужной форели кормовыми объектами являются:

- насекомые;
- организмы бентоса (личинки мошек, ручейников, поденок, хирономид).



Достигнув размеров в 75-80 мм в длину, форель начинает питаться мелкой рыбой. Взрослые особи форели обладают достаточно широким спектром питания, в который входят:

- амфибии;
- наземные и водные позвоночные;
- некоторые мелкие млекопитающие;
- рыбы.

Особое внимание уделяют аминокислотному питанию. В первую очередь, это связано с тем, что основная биологическая ценность белковой доли комбикорма определяется не абсолютной концентрацией белка в составе, а соотношением заменимых и незаменимых аминокислот, их доступностью для организма рыб. Исследования на экспериментальных диетах, включающих синтетические аминокислоты в пропорциях белка, аналогичных икры и куриного яйца, помогли определить степень незаменимости основных восемнадцати протеиногенных аминокислот в рационе радужной форели. Было доказано, что для питания рыб незаменимы те самые десять аминокислот, что и для теплокровных животных:

- гистидин;
- валин;
- аргинин;
- лизин;
- метионин;
- фенилаланин;
- триптофан;
- лейцин;
- треонин;
- изолейцин.

Основным симптомом недостаточности таких аминокислот является задержка в росте. Особи, ограниченные в получении цистина, глицина, глютаминовых и аспарагиновых кислот, тирозина, серина росли аналогично

рыбам, получавшим все 18 аминокислот. Аналогичные результаты отобразили и исследования на морских и некоторых видах теплолюбивых рыб. Таким образом была доказана обязательность наличия в рационе десяти основных аминокислот [71, 73, 100, 101].

Для точного определения количественной потребности в основных незаменимых аминокислотах содержание каждой аминокислоты увеличивают в линейной последовательности. Было установлено, что оптимальный рост особей обеспечивается определенным соотношением и количеством незаменимых аминокислот в рационе при общей концентрации белка в рационе около 40% (таблица 2).

Таблица 2 – Оптимальное соотношение незаменимых аминокислот в диете радужной форели при общем содержании белка в рационе 40%.

Аминокислота	Доля к сухому веществу, % [71, 73]	Доля к белку, %	
		[71, 73]	[90]
Аргинин	2,4	6,0	3,8
Гистидин	0,7	1,8	1,4
Лизин	2,0	5,0	5,3
Валин	1,3	3,2	3,1
Метионин	1,6	4,0	1,6
Триптофан	0,2	0,5	0,6
Фенилаланин	2,1	5,1	1,2
Лейцин	1,6	3,9	1,8
Изолейцин	0,9	2,2	1,0
Треонин	0,9	2,2	1,3

Что касается потребности в белках, нет определенных общепризнанных нормативов. Существуют разные точки зрения, которые подтверждены соответствующими экспериментами. Противоречия объясняются не только

специфическими особенностями основных источников белка, но и количественным соотношением и содержанием аминокислот, а также особенностями взаимосвязей между другими питательными веществами и аминокислотами, обеспеченности белковой части комбикормов энергией.

Согласно экспериментальным данным, полученным в результате введения полусинтетических диет, потребность в белках у лососевых рыб и форели достаточно близка. Она составляет около 50% сухого вещества в рационе в первый месяц диеты. С увеличением массы и возрастом показатели снижаются. Оптимальное количество белка в период 5-12 недель составляет 40%. Далее потребности могут быть удовлетворены меньшим количеством. Сходные зависимости в рационе были обнаружены у канального сома, угря и карпа.

Было доказано, что основная потребность в протеине у рыб меняется в зависимости от:

- условий окружающей среды, которые связаны с повышением и спадом температуры, соленостью воды;
- физиологического состояния особей, так как молодь нуждается в большем количестве протеина, нежели зрелая рыба.

Также установлено, что увеличение калорийности рациона за счет углеводов и жиров у тепловодных и холодноводных рыб оказывает азотсберегающий эффект. Такие особенности диеты приводят к сокращению количества протеина, крайне важного для получения единицы прироста.

В связи с применением в исследованиях несинтетических диет, а кормовых смесей из натурального сырья, доступность и соотношение питательных веществ которых существенно различается, количество необходимого белка для лучшего роста рыб колеблется в широких пределах. По данным И.Н.Остроумовой, изложенным в научных работах 1987-2012 годов, содержание белка в рамках 30-7% может обеспечить оптимальный быстрый рост сеголетков форели [71, 73].

В работах А.А. Канидьева можно обнаружить, что содержание белка для той же возрастной группы составляет 40-45%. Для двухлетков форели оптимум белка по Вурзил составляет 40%, по Дрейеру - от 30 до 45%, по Луке - 30%.

Из-за замены рыбной муки в комбикормах на другие вещества важно учитывать содержание в кормовых смесях незаменимых аминокислот и протеина (таблица 3).

Таблица 3 – Содержание протеина и незаменимых аминокислот в кормовых компонентах животного происхождения, % [73]

Компоненты	Мука				
	рыбная	крилевая	Мясокостная	кровяная	перьевая
Сырой протеин	63-68	53,0	44-50	82	80
Аргинин	3,8-4,0	2,3	3,4-3,1	3,6	6,4
Гистидин	1,0-1,7	0,4	0,6-0,8	5,3	0,4
Лизин	5,4-5,6	3,3	2,4-3,2	6,7	1,6
Валин	3,3-3,4	1,9	1,8-2,3	7,4	7,4
Метионин	1,8-2,0	1,0	0,6-0,8	1,0	0,4
Триптофан	0,7-0,8	0,5	0,4-0,5	1,2	0,4
Фенилаланин	2,7-2,8	5,8	1,3-1,7	5,8	4,0
Лейцин	4,8-5,1	2,5	2,3-2,9	10,0	1,1
Изолейцин	3,0-3,0	1,8	1,1-1,4	1,1	4,6
Треонин	2,7-2,8	1,7	1,2-1,6	3,4	3,9

За последнее время интерес к микрофлоре пищеварительного тракта рыб значительно усилился. Многочисленные исследования утвердили представления о том, что нормальная микрофлора в кишечнике рыбы крайне важна для оптимального развития и роста особи. Взаимоотношения микро- и макроорганизмов кишечника при этом рассматриваются с позиции облигатного симбиоза. Важным компонентом здоровья рыб выступает:

- роль микрофлоры и ферментной базы;
- поступление необходимых микроорганизмов в кишечник;
- трансформация органических веществ из первичной пищи в белки.

Ценными результатами исследований микрофлоры по Уголеву являются следующие наработки:

- С возрастом количество бактерий в кишечнике рыб увеличивается, что было установлено на примере карпа.
- Общее количество бактерий пищеварительного тракта напрямую зависит от интенсивности питания особей. Наибольшие показатели установлены у рыб, обитающих в прудах в период с июля по август, когда прослеживается крайне интенсивное питание.
- Не последнее влияние на микрофлору оказывает состав корма. Наибольшее количество микроорганизмов в одном грамме содержимого кишечника в 1,29-1012 кл было отмечено в период наиболее интенсивного питания линей, взрослых на естественной пище. Меньшее количество было установлено в кишечниках линя и белого амура, выращенных на искусственных комбикормах.
- При изучении секреторных функций микрофлоры в отношении свободных аминокислот (по большей части рода *Pseudomonas*) в кишечнике белого амура, карпа и линя, было установлено, что микрофлора способна самостоятельно синтезировать до тринадцати свободных аминокислот: аланин, валин, аргинин, лейцин, лизин, гистидин, треонин, серин, метионин, фенилаланин, аспаргиновую и глютаминовую кислоту.
- При исследовании линя, карпа, карася и белого амура было установлено, что бактерии, выделенные из пищеварительного тракта, принадлежат к родам микроорганизмов *Sarcina*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Pseudobacterium*, *Bacterium*, *Azotobacter*. Среди них доминируют *Pseudomonas*. Также известно, что бактерии рода *Pseudomonas* характеризуются высокой активностью внутриклеточных и внеклеточных гидролаз и протеолитической активностью в целом. Получены сведения о щелочной и нейтральной протеиназах, эластазе.
- При голодании и различных условиях питания рыб кишечные микроорганизмы способны секретировать до семнадцати свободных аминокислот, кроме аспарагина, триптофана, тирозина и цистеина. Была установлена важная роль кишечной микрофлоры в фиксации молекулярного азота. При интенсивном

питании рыб наиболее высокая нитрогенная активность установлена у толстолоба - до 3,648 нмоль  $C_2H_4$ / (мг белка • ч).

- Кишечные микроорганизмы могут по-разному продуцировать свободные аминокислоты в зависимости от возраста особей: минимальная - у трехлеток, большая - у двухлеток, наибольшая - у сеголеток. Количество отдельных и общих свободных аминокислот в клеточном обменном фонде может меняться в течение развития клетки.
- В кишечнике карповых растительноядных рыб были обнаружены особые виды микроорганизмов - *Bacillus aurantius*. Они способны интенсивно разлагать клетчатку. Такие бактерии, обитающие на поверхности детрита и растений, были обнаружены не только в кишечнике белого амура, но и линя, карпа.
- У плотвы, леща и карпа азотофикация происходит сильнее при интенсивном питании в естественных условиях обитания, чем у хищника щуки, но слабее, чем у толстолобика растительноядного.
- Бактерии играют большую роль в продуцировании витаминов. До 50% витаминов, потребляемых рыбами, продуцируют микрофлорой пищеварительной системы. Также важна роль бактерий в синтезе особых антибиотических веществ, способных подавлять рост патогенной микрофлоры в кишечнике.
- Наибольшая концентрация микроорганизмов в рыбьем кишечнике фиксируется при высоких температурах [100, 101].

Вышеизложенные данные свидетельствуют о том, что микрофлора пищеварительного тракта крайне важна для трансформации и деполимеризации первичной пищи, как у других животных, так и у рыб. Подобные утверждения дают основания предполагать существование вторичного потока нутриентов у рыб, что крайне важно для понимания эффективности питания из естественных ихтиоценозов и анализа механизмов пищеварения особей, а также - коррекции и контроля рациона прудовых популяций рыб.

Для того, чтобы пищеварительные процессы у рыб протекали нормально, особи должны получать с пищей оптимальное количество трудногидролизуемых углеводов в виде балластных веществ, которые усиливают перистальтику

кишечника, придают объемность концентрированным кормам и частично активизируют переваривание важных питательных веществ.

Жиры в комбикормах являются источником фосфатидов, энергии, незаменимых жирных кислот и других органических соединений, способствующих улучшению усвоения жирорастворимых витаминов и питательных веществ корма.

Жиры в свою очередь распределяются на липоиды - сложные жиры, и липиды - простые. Последние включают в себя особые вещества, которые содержат молекулы, состоящие из остатков альдегидов (жирных кислот), триглицеридов, стеридов, спиртов и восков. Такие вещества относятся к запасным липидам, которые являются составной частью тканей. Количество простых жиров, липидов, определяет упитанность рыбы, а состав напрямую зависит от особенностей съеденных рыбой жиров. Функцию энергетического запаса в организме выполняют триглицериды.

Липоиды являются комплексом простых липидов с белками (липопротеидами), сахарами (гликолипидами) и ортофосфорной кислотой (фосфолипидами). Липоиды входят в структуру клеточных оболочек и обладают видовой специфичностью. Фосфолипиды при этом играют огромную роль в функции проницаемости клеточной мембраны, поддержании постоянства внутренней среды клетки и межклеточном обмене.

Мононенасыщенные и насыщенные жирные кислоты способны синтезироваться в организме рыбы из белков и углеводородных остатков. В то же время полиненасыщенные жирные кислоты не могут синтезироваться рыбьим организмом и должны в обязательном порядке поступать с пищей. Данные кислоты важны для организма, так как они входят в состав полярных липидов (фосфолипидов), образующих с белками основу клеточной мембраны.

В сравнении с теплокровными животными, у всех рыб в составе липидов ненасыщенных жирных кислот значительно больше. Такой феномен связан с более низкой температурой в условиях обитания. В соответствии с температурным режимом у рыб разных групп они могут различаться в соотношении

полиеновых кислот ( $\omega 3:\omega 6$ ). Концентрация жирных кислот из линоленового ряда,  $\omega 3$ , с пятью-шестью двойными связями у морских рыб несколько выше, чем у пресноводных. [73, 90]. У холодноводных пресноводных рыб же такой показатель выше, чем у тепловодных.

Высоконеенасыщенные кислоты по типу линоленовой,  $\omega 3$ , придают рыбьему жиру необходимую текучесть. Все растительные жиры в составе комбикормов для рыб богаты на другую разновидность ненасыщенных жирных кислот - линолевую. Абсолютная замена рыбьего жира на растительный может привести к снижению интенсивности роста особей и увеличению заболеваемости вида. В связи с этими данными проводятся поиски по источникам,  $\omega 3$ , в производстве кормов.

В определении потребности рыб в жирах важную роль играет количественное соотношение различных фракций простых жиров в растительных и животных жирах, а также их качественный состав. У форелей, как у некоторых других видов рыб и теплокровных позвоночных, были обнаружены симптомы дефицита жирных кислот. Это является ярким признаком незаменимости данного компонента в питании форели. Как указано в научных трудах Остроумовой, рыбы хорошо переносят значительные концентрации жиров в пище:

- твердые жиры усваиваются на 60-70% за счет меньшей биологической ценности;
- мягкие жиры усваиваются рыбами на 90-95% за счет высокого содержания полиненасыщенных жирных кислот.

Было подмечено, что усвояемость твердых жиров возрастают при обогащении комбикормов полиненасыщенными жирными кислотами.

Важно соблюдать правильные пропорции протеина и жиров. Чем больше корм насыщен протеинами, тем большая концентрация жиров должна в нем присутствовать. Если протеинов будет значительно больше, он будет расходоваться на энергетические затраты, вместо роста, что совершенно не выгодно. Если больше жиров, будет происходить выраженное накопление жира в печени, что чревато развитием такого заболевания, как жировое перерождение



печени. Для лососевых уровень жира должен составлять 15% при уровне протеина в 50%. При концентрации протеина в 30%, жиры должны содержаться не более, чем в 5%. (таблица 4).

Таблица 4 – Рекомендуемое соотношение белка и жира в комбикормах для форели [90]

Возраст рыбы	Белок, %	Жир, %
Молодь	50	15
	45	12
	40	10
	30	8
Взрослая рыба	40	8
	35	6
	30	5

Нарушения жирового обмена могут проявляться в:

- эрозии хвостового плавника;
- чрезмерном отложении жира на внутренних органах, в печени;
- некрозе грудного и спинного плавников у молоди форели;
- снижении числа эритроцитов в крови.

При нехватке жирных кислот из линоленового ряда,  $\omega 3$ , значительно увеличивается смертность молоди и число уродств. Это связано с тем, что жиры способны образовывать токсичные продукты окисления, неблагоприятно влияющие на организм рыб. Такие токсины могут вызвать анемию, перерождение мускулатуры, торможение роста, жировое перерождение почек и печени. Подобные вещества могут являться канцерогенными. Внешне выявить отравление окисленными жирами у рыб можно по побелению жабр. У карповых наблюдается "усыхание" спинки, разрушение и деформация мышц. В качестве антиокислителей жиров в комбикорма добавляют инол, дилудин или сантохин. Сами корма рекомендуется хранить в хорошо проветриваемом и слегка прохладном помещении.

Важно отметить и то, что отложение жиров на внутренних органах может возникать из-за дефицита метионина - важнейшей аминокислоты. Снизить риски

развития анемии и жировой дегенерации печени у рыб можно с помощью обогащения рациона форели подсолнечниковыми фосфатидами, которые содержат антиоксиданты, лецитины, фосфолипиды. Таким образом включение в комбикорма рыбьего жира и растительных жиров является обязательным, в особенности для форели (рисунок 2). В состав рыбьих кормов не включают хлопковое масло из-за высокого содержания в нем циклопропеновых жирных кислот, которые обладают канцерогенным действием и замедляют рост особей [90].

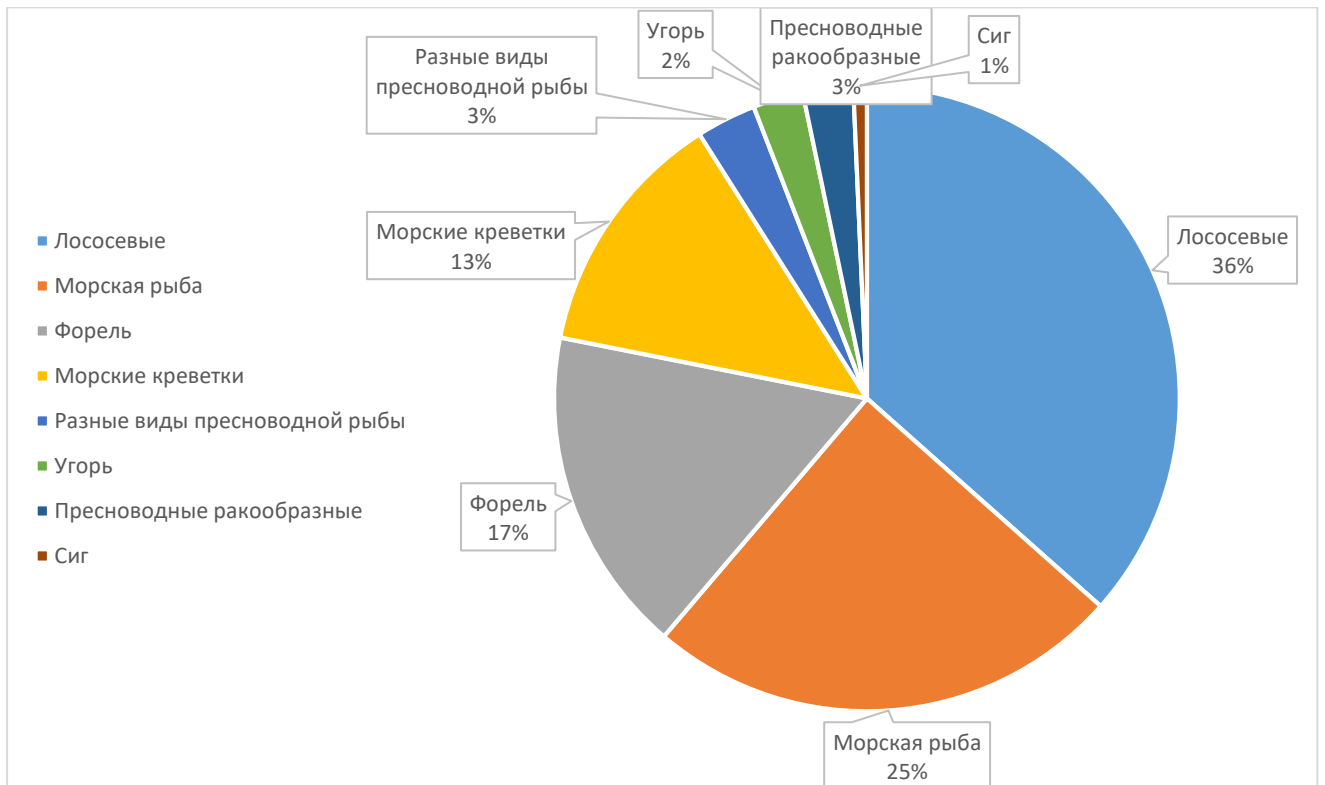


Рисунок 2 – Использование рыбьего жира в кормах для рыб, % от общего объема в комбикорме [135]

Лососевые могут употреблять комбикорма с 57% доброкачественных жиров, в то же время мальки радужной форели могут болеть из-за дефицита жиров в пище. Взрослые особи достаточно эффективно используют значительную концентрацию жиров. Для годовиков допустимо значение в 5%, для двухлеток - не менее 15%. С понижением температуры воды концентрация жира должна уменьшаться.

Источниками жира в рыбьих кормах могут быть компоненты растительного или животного происхождения. Рыба нуждается прежде всего в жидких липидах,

поэтому в кормопроизводстве перечень жиров довольно ограничен. К допустимым относятся следующие:

- фосфатиды;
- растительные масла;
- крилевый жир;
- рыбий жир.

Рыбьему жиру присуща высокая степень неопределенности. Он содержит много фосфолипидов, витаминов А, D и часто входит в составы стартовых кормов для мальковых рыб и личинок. Такой жир окисляется при длительном хранении, а кальциферолы в его составе разрушаются под влиянием ядовитого компонента - токсистерола. Концентрация рыбьего жира в стартовом комбикорме варьируется от трех до двенадцати процентов. Количество зависит от состава компонентов корма и вида рыбы [73].

В связи с тем, что в Республике Татарстан нет производства рыбной муки, то и производство рыбьего жира отсутствует. Однако, рыбий жир является незаменимым и уникальным природным продуктом, который содержится во многих разновидностях морской рыбы: сельди, скумбрии и других жирных видах. Польза рыбьего жира объясняется его богатым составом, в который входят: антиоксиданты, кислоты омега-3, витамин D, витамин А и жирная основа. Дополнительные компоненты в виде фосфора, йода, желчных пигментов, брома и ценных солей не способны оказывать терапевтический эффект за счет малой концентрации.

Крилевый жир добывается вследствие переработки криля - особого вида планктонных ракообразных. Жир криля представляет собой красно-коричневую маслянистую жидкость с ярким запахом. Он богат на витамины, ненасыщенные жирные кислоты и каротиноиды. Крилевый жир в составе комбикорма способствует улучшению физиологического состояния, ускорению роста и снижению кормовых затрат, в отличие от растительных липидов. Желательно включать крилевый жир во все производственные комбикорма для выращивания рыб [73].

Растительные масла также являются важной частью комбикормов в виде источников незаменимых жирных кислот и энергии. Лучше выбирать нерафинированные масла, устойчивые к окислению и богатые на активные биологические вещества. В производстве широко используют такие масла, как: льняное, подсолнечное, кукурузное, соевое [73].

Процентное соотношение растительного жира в комбикорме - от трех до восьми процентов [73].

Фосфатиды используют в производстве рыбных кормов в качестве источника энергии и жиров. Их синтезируют при производстве масла и переработке масличных культур. Фосфатиды богаты на ненасыщенные жирные кислоты, в особенности линолевого типа, фосфор и холин, которые препятствуют анемии и жировому перерождению печени. При составлении рецептуры комбикорма важно отдавать предпочтение фосфатидам жидкой консистенции. Такие вещества могут храниться в закрытой таре до года. Не стоит использовать фосфатиды, полученные из семян хлопчатника, так как они могут привести к отравлению госсиполом. Для более длительного хранения корма смесь обогащают антиоксидантами.

Сберегающая белок роль жиров отмечена многими учеными, в частности - Склярковым и Остроумовой. Такая функция выше у жиров, нежели в углеводах, в особенности в меню холодолюбивых рыб. При низком уровне потребляемых жиров в рационе форелевых важно придерживаться концентрации белка в 40-50%. Количество белка можно снизить до 35%, но при этом важно увеличить долю жира в корме. Современные производственные корма для питания форели содержат до 30% жиров и 38-42% белков.

При повышении температуры в среде обитания появляется острая потребность углеводов в кормах, которые будут выступать белок сберегающим компонентом (у мирных и хищных рыб). В таком случае в рацион форели вводят больше растительных компонентов.

Рыбий углеводный обмен состоит из таких этапов:

1. Гидролиз полисахаридов, поступивших с кормом, до моносахаридов и их последующие всасывание в кровь.
2. Образование гликогена и отложение его в печени.
3. Расщепление гликогена до глюкозы в печени из метаболитов жирового и белкового обмена, поступление их в кровотока.
4. На анаэробном этапе происходит расщепление глюкозы в клетках до пировиноградной и молочной кислоты и их дальнейшее окисление до воды и углекислоты в цикле Кребса на аэробном этапе.
5. Выделение продуктов распада.

Рыбы с дефицитом микроэлементов отличаются разнообразными аномалиями и отклонениями в развитии. Одним из самых частых нарушений при дефиците марганца является развитие глазной катаракты. Это объясняется не только нехваткой марганца, но и нарушениями общего обмена веществ, который страдает от подобного дефицита. Катаракта может свидетельствовать и о дефиците цинка. Исключение данного микроэлемента из питания радужной форели приводит к катаракте в 100% случаев. Нехватка марганца - в 80 % случаев. Дефицит йода чреват упадком темпа роста и снижением аппетита, угнетением роста, вялостью мышц, судорогами и высокой смертностью [73].

Приблизительная потребность особей в минеральных веществах составляет 4-5% от общей массы корма (таблица 5).

Для нормализации энергетических реакций (в форме высокоэнергетического АТФ), урегулирования кислотно-щелочного равновесия необходим фосфор. Он попадает в организм в виде фосфатов, фосфолипидов. Без него невозможно образование нуклеотидов, нуклеиновых кислот. Фосфолипирование необходимо для оптимальной клеточной регуляции, минерализации костных элементов, в том числе и зубов. Дефицит фосфора в организме может привести к патологическим состояниям:

- анорексии;
- рахиту;
- анемии.

Таблица 5 – Потребность молоди радужной форели и карпа в минеральных элементах [73]

Минеральный элемент	Потребность рыбы, мг/кг-сут.	Необходимое содержание в 1 кг корма
Фосфор	20-600	0,4-12 г
Кальций	до 700	до 14 г
Магний	15-30	до 600 мг
Железо	до 8	до 160 мг
Цинк	до 5	до 100 мг
Медь	0,3	6 мг
Марганец	0,1	2 мг

Для полноценного поглощения кальция необходимо соблюдать соотношение кальция к фосфору — 1:1. В различных странах потребление фосфора колеблется от 1110 до 1570 мг в сутки. В Российской Федерации эта доза составляет около 1200 мг в сутки. Рекомендованное количество фосфора от 550 до 1400 мг способно удовлетворить суточную потребность в микроэлементе. Возрастные нормы потребления фосфора составляют:

для детей — 300 — 1200 мг в сутки;

для взрослых — 800 мг в сутки.

Для обеспечения оптимального водно-кислотного электролитного равновесия необходимо присутствие калия — внутриклеточного иона. Калий обеспечивает проведение нервных реакций, регулирует артериальное давление. Среднее потребление калия может варьировать от 2650 до 4140 мг в сутки для жителей разных стран. Для Российской Федерации рекомендована доза 3100 мг в сутки, так как необходимая потребность составляет от 1000 до 4000 мг в сутки. Дети нуждаются в 400 — 2500 мг в сутки, взрослые — в 2500 мг калия в сутки. Медицинская норма установлена в 2009 году [69].

Железо входит в состав различных по своей функции белков, включая ферменты. Оно участвует в транспорте электронов, кислорода, обеспечивает протекание окислительно-восстановительных реакций и активацию перекисного окисления.

Цинк входит в состав более 300 ферментов, участвует в процессах синтеза и распада углеводов, белков, жиров, нуклеиновых кислот и в регуляции экспрессии ряда генов. Недостаточное потребление цинка у людей приводит к анемии, вторичному иммунодефициту, циррозу печени, половой дисфункции, наличию пороков развития плода. Исследованиями последних лет выявлена способность высоких доз цинка нарушать усвоение меди и тем способствовать развитию анемии.

Медь входит в состав ферментов, обладающих окислительно-восстановительной активностью и участвующих в метаболизме железа, стимулирует усвоение белков и углеводов.

Марганец участвует в образовании костной и соединительной ткани, входит в состав ферментов, участвующих в метаболизме аминокислот, углеводов, катехоламинов, необходим для синтеза холестерина и нуклеотидов. Недостаточное потребление сопровождается замедлением роста, нарушениями в репродуктивной системе, повышенной хрупкостью костной ткани, нарушениями углеводного и липидного обмена.

Селен – эссенциальный элемент антиоксидантной системы защиты организма, обладает иммуномодулирующим действием, участвует в регуляции действия тиреоидных гормонов. Хром участвует в регуляции уровня глюкозы крови, усиливая действие инсулина. Его дефицит приводит к снижению толерантности к глюкозе. Молибден является кофактором многих ферментов, обеспечивающих метаболизм серосодержащих аминокислот, пуринов и пиримидинов.

Отдельное внимание в рыбоводстве уделяют вопросам потребности отдельных видов рыб в микроэлементах. Это связано с тем, что большая часть

микроэлементов участвует в регуляции метаболизма и входит в состав групп ферментов.

Количественные и качественные потребности рыбы в микро- и макроэлементах зависят от таких факторов, как:

доступность их для организма;

соотношение и концентрация солей в воде;

формы солей, входящие в состав корма;

качества состава комбикорма и его отдельных ингредиентов;

степени удовлетворения потребностей организма другими веществами, незаменимыми для нормального обмена веществ.

Для обогащения минералами в корма могут добавлять поваренную соль, кормовые фосфаты, известняк, мел и сырье минерального происхождения. Такие компоненты помогут создать необходимое соотношение фосфора и кальция, натрия и калий в комбикормах.

К микродобавкам в комбикорма можно добавить витамины для улучшения обмена веществ и усиления действия ферментов в кишечнике. Введение в рацион витаминов помогает улучшить и рационализировать использование питательных веществ, в том числе и протеинов. Источником витаминов могут выступать естественные продукты или специализированные синтетические препараты [73].

Благодаря широкомасштабным исследованиям японских и американских ученых в сфере разработки экспериментальных диет была установлена точная потребность радужной форели и других объектов холодноводного рыбоводства в водорастворимых витаминах. Концентрация витаминов может выражаться в международных или весовых единицах. В общем виде потребность форели в водорастворимых витаминах представлена в таблице 6.



Таблица 6 – Потребность форели в водорастворимых витаминах  
(мг/кг веса рыбы в сутки) [73]

Наименование	Потребность, мг/кг массы рыбы в сутки
тиамин (В1)	0,13-2,0
рибофлавин (В2)	0,75-1,0
пиридоксин (В6)	0,38-0,43
пантотеновая кислота (В3)	1,3-2,0
холин (В4)	50-70
никотиновая кислота (В5, РР)	5-7
цианкобаламин (В12)	0,0002-0,0003
фолиевая кислота (В9)	0,10-0,15
биотин (Н)	0,03-0,04
Инозитол	18-20
аскорбиновая кислота (С)	2-3

В одной международной единице содержание витаминов следующее:

1. Витамин D - способен регулировать минеральный обмен в организме рыб. Источниками компонента выступают: специальные жировые препараты с витамином D, кормовые дрожжи.
2. Витамин А - способствует росту особей. Вводится к корма в виде каротинов в составе хвойной или травяной муки, стабилизированного витамина А.
3. Витамин В1 - ускоряет рост. Содержится в отрубях и зерновом сырье, может добавляться в комбикорм в виде синтетического витамина В1.
4. Витамин Е - нормализует процессы размножения. Компонент содержится во многих зародышах зерновых культур, гречихе, овсе, кукурузе, а также в виде промышленной синтезированной жидкости.
5. Витамин В12 или цианокобаламин - способен повысить усвояемость растительного белка. Выпускается в виде синтетического кормового препарата.

Также комбикорма часто обогащают такими витаминами группы В, как: фолиевая кислота (В9), холин (В4), пиридоксин (В6).

Микроэлементы зачастую входят в состав этих же витаминов, гормонов и ферментов. Базовыми и незаменимыми для организма рыб считаются такие микроэлементы, как:

- кобальт;
- железо;
- йод;
- цинк;
- марганец;
- медь.

Данные микроэлементы должны входить в состав комбикормов в виде углекислых или сернокислых солей, йодистого калия. Дефицит микроэлементов способен вызвать многочисленные пороки и заболевания.

Премиксы - это смеси антибиотиков, микроэлементов и витаминов. Они качественно улучшают состояние рыб и разработаны специально для каждого вида. Для форели оптимальными являются ПФ-1М, ПФ-1В. Однако для сома, осетровых и карповых применяют другие премиксы, вхожие в сферу птицеводства, в виде П-1-2, П-2-1, П-5-1. Доза введения премиксов составляет 1-2% от массы корма для рациона рыб.

Антибиотики в составе премиксов способны предохранить животных, в особенности молодняк, от отклонений и заболеваний, ускоряют рост особей. Вводят их в рацион в виде кормовых препаратов, разработанных в результате микробиологического синтеза. В состав таких кормовых препаратов могут входить и другие ценные биологические вещества. Наиболее известными антибиотиками в комбикормах для рыб являются:

- пенициллины;
- биомицин;
- тетрацилин.

Для сбалансированности питания в корма вводят незаменимые аминокислоты: валин, лизин, метионин, лейцин, триптофан, треонин, изолейцин, фенилаланин. Это связано с тем, что самостоятельно в организме рыб они синтезироваться не могут.

Динамическое единство биосферы возможно в случае универсальности функциональных и строительных блоков. Доказательства в отношении универсальности строительных блоков в виде моносахаридов, аминокислот и жирных кислот получены уже давно. Однако данные об универсальности функциональных блоков и результаты достоверных исследований появились лишь в последнее время [100].

Согласно теории универсальных функциональных по Уголеву, различные физиологические функции клеток разных органов и тканей тела складываются из элементарных функций. Последние же реализуются функциональными белками, число которых резко ограничено.

Единство существующих функциональных блоков всех бионтов пяти царств организмов обеспечивает:

- усвоение пищи (в виде живого существа из предыдущего трофического звена);
- ресинтезы в последующем трофическом звене.

Такие обстоятельства отображает удивительное сходство всех основополагающих жизненно важных характеристик пищеварительных ферментов, которые обеспечивают все процессы экзогенного питания у живых микроорганизмов на самых разных этапах развития филогенетического спектра.

Не менее поразительным является сходство транспортных систем разных микроорганизмов высших позвоночных, а также простейших животных. Данное сходство обеспечивает перенос сахаров и аминокислот через мембраны клеток. В связи с тем, что биосфера может существовать благодаря потокам энергии и круговороту вещества, важную роль в процессах которых играют гидролазы. Именно гидролазы разрушают органические вещества консументов и продуцентов разного порядка. Подобное явление позволяет полагать, что жизнь

на планете Земля сохраняется именно благодаря единству биосферы в пределах биотических циклов и на уровне трофических взаимодействий [101].

Современная парадигма питания обладает универсальностью, с учетом всей точности физико-химических подходов, которые свойственны классической парадигме. Это позволяет по-новому анализировать основные аспекты трофологии. Определение неизвестных ранее механизмов начальных этапов ассимиляции питания, увеличивающих число биологически активных веществ и потоков нутриентов во внутреннюю среду организма, а также происходящих в пищеварительном тракте, помогает по-новому формировать современный подход к питанию искусственными комбикормами [101].

В последнее время проводится смена структурных принципов в кормопроизводстве для выращивания рыб:

- рыбную муку заменяют на другие структурные компоненты;
- происходит расширение базы ингредиентов в кормопроизводстве;
- добавление в корма компонентов, не характерных для рыбьего питания.

Однако практический опыт ещё недостаточно накоплен. Это связано с отсутствием новых экспериментальных баз, оборудованных согласно современным задач исследований.

Питательность корма измеряется в оптимальном соотношении и количестве питательных веществ и их слагающих, важных для удовлетворения потребностей рыб в энергетическом запасе для развития и полноценного роста особей. Высокой биологической ценностью обладают компоненты животного происхождения, так как ни являются источниками витаминов и полноценного белка, минеральных веществ. К таковым компонентам животного происхождения можно отнести отходы молочной, мясной и рыбной промышленности.

Особенность таких компонентов животного происхождения заключается в высокой усвояемости аминокислот. Витамин B12 содержится исключительно в компонентах животного происхождения.

Для вскармливания мальков и личинок лососевых рыб часто используют говяжью селезенку, которая включает до 18% полноценного белка. Селезенку

часто включают в кормовые смеси совместно с витаминными и мучными кормами. Для обогащения комбикормов можно включать в рацион питания рыб лягушек, моллюсков и мелкую сорную рыбу, пропуская компоненты через мясорубку. Полученный фарш добавляют в сухой корм. Лягушек скармливают сушеными или вареными - до 30% в кормовой смеси. Подобный корм оптимален для двухлеток и сеголеток, он повышает общую рыбопродуктивность [79].

Для современного этапа кормопроизводства характерно сокращение в кормах доли рыбной муки и ее замена на другие компоненты [1].

### **1.3 Использование кормовых добавок в кормлении радужной форели**

Численность населения планеты постоянно растет, что сказывается на ее способности удовлетворять свои пищевые потребности. Если 50-70 лет назад человечеству хватало рыбы на то чтобы удовлетворить свои потребности, то сейчас рыбного ресурса не хватает. В середине 20 в. люди довольствовались тем, что вылавливали в естественных водоемах – озерах, морях, реках. Сейчас традиционного вылова стало недостаточно, природные водоемы не способны дать нужный объем улова. В некоторых из них уменьшились популяции определенных видов рыб, а некоторые виды исчезли. Это привело к активному развитию индустриального рыбоводства, призванного решить проблему обеспеченности человечества рыбными ресурсами.

В основе продуктивного индустриального рыбоводства лежит кормовая база. Необходимы новые виды кормов, способствующие безопасному и быстрому росту рыбы в искусственных водоемах. Современное общество диктует свои рекомендаций по созданию кормовых добавок, которые должны давать больше белка. Ранее количества выпускаемой рыбной муки хватило для удовлетворения потребности в белковой составляющей кормов. Сейчас это стало нерентабельным, поскольку объем рыбной муки напрямую зависит от вылова рыбы в морях, озерах и реках, а он по-прежнему имеет тенденцию к сокращению. Добавлять в корма рыбную муку невыгодно, и на эту меру производители вынуждены идти, так как население планеты нуждается в рыбе и ее компонентах, спрос на рыбную

продукцию растет, а вместе с ним необходимость эффективного и прибыльного кормопроизводства.

Не первый год в этой области проводятся исследования, призванные найти замену рыбной муке в кормовых добавках. Идут поиски нового источника белка для форелеводства.

Согласно диссертации Н.Ф. Шмакова (2000 г.), лучшим вариантом для замены белка может стать растительное сырье (пшеничные зародышевые хлопья (ПЗХ), жмых (витазар). Исследование ставило цель - установить возможность эффективного применения ПЗХ в кормлении радужной форели всех возрастных групп. Так удалось понять, что температура воды оказывает влияние на продуктивное воздействие компонентов. При температуре  $+5+10^{\circ}\text{C}$  -  $+15+18^{\circ}\text{C}$  эффективность витазара и питательных веществ ПЗХ в кормах повышается. Это происходит по причине активизации у рыб обмена углеводами.

Исследования также показали, что оптимальный объем ПЗХ вместо рыбной муки в стандартных комбикормах РГМ-6М и РГМ-5 на ее основе - 40-50%. Темпы роста рыбы сохраняются фактически такими же, как при расходе кормов на единицу прироста. Если в кормах рыбной муки всего 15-25% (РГМ-1ФЭ, 8В, 2ФЭ), замену нужно производить более осторожно, ограничившись 20-30%.

Исследования показали, что выращенные личинки и мальки форели после перехода к внешнему питанию, имея вес около 1 гр., питаясь кормом АК-1ФС с добавкой витазара, ПЗХ по показателям прироста веса, затрат корма, уступают импортному нидерландскому корму "Провими" на 30%, но по экономэффективности его превосходят. Причина – меньший уровень протеина, в том числе животного, а также объема энергии в АК-1ФС.

Далее результаты применения этих видов кормов стали больше приближенными друг к другу. Так, молодь форели весом от 1 гр. показала очень высокую выживаемость – 99%, питаясь АК-1ФС. Затраты кормов для прироста форели в среднем составили 1,0-1,3, 1,1-1,4 и 0,9-1,2 на российских комбикормах, и этот показатель приблизительно был равен или немного ниже, чем на "Провими".

Сравнительная оценка эффективности в результате показала, что корма АК-2ФП, в состав которых входил витазар, и "Провими" идентичны по показателям выращивания форели и в целом дают очень схожий результат [110].

Еще одно исследование в области поиска альтернативных источников белка провел Д. Г. Шевченко. В его диссертации 2005 г. предложено использовать в качестве источника рыбной муки в кормах для форели продукты переработки крабов. В частности, предложено использовать крабовую муку и жир - продукты с очень высоким содержанием питательных веществ. Они могли бы частично решить проблему сокращения вылова рыбы в естественной среде.

В качестве эксперимента было решено на начальном этапе определить, насколько будет эффективно введение разных дозировок крабовой муки в комбикорм для форели. Опыты показали, что много муки, даже такой полезной как крабовая, пагубно влияет на рыбу.

Добавка 5% крабовой муки в корм показала отличный прирост веса форели, который оказался выше контрольного на 10% с затратами корма, сниженными на 7%. Рыба стала более живучей, в отличии от контрольной.

10% крабовой муки в корме показали фактически идентичные результаты с контрольной рыбой по основным рыбоводным показателям.

Но когда в корм попытались добавить 40% муки краба, производственные показатели форели резко упали. На 30% замедлился прирост, на 36% больше стали затраты корма, а отходов стало в 2 раза больше. Шевченко связывает это с переизбытком минеральных солей, хитина и низким содержанием протеина в корме, что оказывает на развитие форели негативное влияние.

Второй этап эксперимента ставил целью определить самый эффективный вариант добавки крабовой муки. Пятипроцентное содержание крабовой муки в корме обеспечило стимулирование роста форели и уменьшение кормовых затрат. 10% крабовой муки рацион форели улучшили. По эффекту роста полученные корма не уступали продуктивности АК-1ФС. Этот рацион показал увеличение веса форели на 13,6% по сравнению с контрольной рыбой. Но добавление 10%

крабовой муки отразились на небольшом снижении продуктивных показателей, а эффективность корма была приближена к контрольному варианту.

Заменой животным источникам белка могут стать источники растительного происхождения, но проблема в том, что хищники, в том числе водные, в природной среде растениями не питаются. Заставить рыбу есть корма с растительными добавками не всегда удается. По этой причине много экспериментов было проведено чтобы найти выход из положения, дать форели то, что она сможет есть регулярно, давая высокие показатели продуктивности [108].

При выращивании форели на фермах много внимания уделяется биологически активным веществам, которые помогают рыбе усваивать растительный белок. Этому посвящены исследования О.С. Максимовой, опубликованные в 2017 г. Максимова предлагает решать проблему добавкой в корма "Абиопептида" [57].

Абиопептид используется для стимуляции белкового обмена у животных в сельском хозяйстве. Добавку также используют в птичьих кормах, для пушных зверей, рыб, собак, кошек. В составе "Абиопептида" есть пептиды, свободные аминокислоты, обладающие сильной биологической активностью. Добавка способна привести в норму всю систему обмена веществ, в том числе белковый обмен, поднять уровень содержания белка, гамма-глобулиновых фракций. Благодаря повышению уровня гемоглобина в крови стимулируется гемопоэз, повышается бактерицидная активность и активность лизоцима. В результате масса форели увеличивается, что удается добиться за счет улучшения работы печени, повышения выживаемости, продуктивности.

В целом, результат исследования оказался таков: прирост радужной форели стал интенсивный, но в разных возрастных группах неравномерный. Так, самый высокий показатель прироста оказался в опытной группе 2. Форель набрала вес на 29,7% больше, чем в группе контроля. В 3-й группе добавка "Абиопептида" была 1,25 мг на 1 кг, а прирост оказался выше контроля на 18,2%, но по сравнению со 2-й группой на 9,7% ниже. Оптимальная норма добавки "Абиопептида" - 1 мл на 1 кг массы форели. Согласно исследованиям Максимовой, именно этот объем



обеспечивает радужной форели продуктивность на 12,17%, способность к выживанию поднимает на 2,26% [57].

Результаты приведенных выше экспериментов были объединены в сводной таблице 7. Здесь представлены ключевые рыбоводно-биологические характеристики кормовых добавок в индустриальном выращивании радужной форели.

Таблица 7 – Сравнение кормовых добавок для радужной форели по рыбоводно-биологическим и экономическим показателям

Кормовая добавка	% в составе корма	Эффективность применения		
		Выживаемость, %	Затраты корма, кг/кг	Увеличение прибыли от продажи рыбы, %
Витазар [110]	10-20	98-100	1,33	25
Крабовая мука [108]	5-10	87,4-91,6	0,73-0,76	20
Абиопептид [57]	1-5	100	1,43	30,4

Анализируя данные вышеуказанные работы, нами были сделаны следующие выводы:

- Основным направлением в области разработок кормовых добавок является замена %-го содержания рыбной муки в кормах в целях снижения затрат на производство комбикормов;
- Основой кормовой добавки часто являются некоторые отходы и побочные продукты сельскохозяйственной или близкой к ней деятельности, что является актуальным в разрезе развития безотходных цепочек производства пищевой продукции, где отходы не утилизируются, а служат началом для нового производства;
- Состав кормовой добавки может отражать в том числе и региональную специфику, а также стимулировать развитие отдельных производств в регионе, однако существующие исследования не адаптированы на особые условия среды

обитания для Радужной форели, работы и эксперименты проводятся в оптимальных для роста и развития рыбы.

## **1.4 Перспективные кормовые добавки в корма для радужной форели**

### **1.4.1. Использование отходов пчеловодства как кормовых добавок**

Форель заслуженно расценивается, как продукт, содержащий важнейшие макро- и микроэлементы, основным из которых является кальций. Он важен для формирования межклеточного вещества костной ткани. Кроме этого, кальций не заменим для регулирования деятельности центральной нервной системы, для нормализации мышечных сокращений. Недостаточность кальция влечет за собой развитие деминерализации позвоночника, тазовых костей, костей нижних конечностей, усиливает вероятность прогрессирования остеопороза.

В Российской Федерации каждый человек употребляет примерно 500 — 750 мг кальция в сутки, в разных странах эта доза составляет от 500 до 1200 мг в сутки. Согласно медицинским рекомендациям допустимо употребление кальция до 2500 мг в сутки. Для разных возрастных групп эти суточные показатели имеют отдельное значение:

- дети — от 400 до 1200 мг;
- взрослые — 1000 мг;
- старше 60 лет — 1200 мг.

Рыбы, как и наземные теплокровные, нуждаются в аминокислотах:

- гистидин;
- аргинин;
- валин;
- лизин;
- триптофан;
- лейцин;
- метионин;
- фенилаланин;
- изолейцин;

- треонин.

Эти элементы не могут вырабатываться в организме животных и рыб самостоятельно, а состав кормов не обеспечивает необходимого количества в рационе. Для обогащения состава белком, в него включают дополнительные аминокислоты. Дефицит протеинов вызывает задержку роста особей. Рыбы, у которых в корме не было аспаргиновой и глютаминовой кислот, а-аланина, цистина, глицина, пролина, тирозина и серина, росли не так быстро, как те, в рационе которых были все необходимые аминокислоты.

В питательные смеси добавляют кормовой лизин и метионин. Лизин является одним из важнейших компонентов в питании рыб. Для беспозвоночных водных он должен составлять от 4,1 до 6,8% сухого вещества. Если корм имеет растительное происхождение, содержание лизина в нем не выше 0,5 — 2,0%. С целью дополнительного источника аминокислоты в рацион рыб может добавляться «Винивет» - альтернативная кормовая добавка.

Кормовая добавка «Винивет» содержит макро- и микроэлементы, необходимые для синтеза и усваивания ферментов, гормонов, витаминов. Для рыб значимы следующие микроэлементы:

- железо;
- медь;
- марганец;
- цинк;
- йод;
- кобальт [6].

Разработка рецептуры комбикормов для рыб зависит от условий, в которых они употребляют кормовые элементы без ухудшения здоровья, потери роста. Особое внимание уделяется вопросам улучшения свойств рыбной продукции в специализированных хозяйствах. Особое значение имеет качество воды, пищевых элементов.

Качество вод и кормовых компонентов в условиях развитой промышленности и высокой антропогенной нагрузки становятся особо

значимыми факторами. Значимой характеристикой компонент кормов является наличие в них тяжелых металлов. В мышечной ткани рыб накапливаются в максимальных концентрациях цинк и медь, при этом допустимые остаточные количества цинка и меди в рыболовной продукции составляют соответственно 40 и 10 мг/кг сырой массы [60]. По свинцу, кадмию и ртути допустимые остаточные количества соответственно составляют в хищной рыбе 1,0, 0,1 и 0,5 мг/кг сырой массы, а в нехищной – 1,0, 0,1 и 0,3 мг/кг сырой массы [60]. Нормы этих токсичных металлов разрабатывались с учетом анализа действующих законодательных актов по гигиеническому нормированию в России и зарубежных странах, международных рекомендаций ФАО/ВОЗ. При этом учитывалось естественное содержание элементов в пищевых продуктах.

Практически по всем тяжелым металлам (кроме ртути) к 2000-ым годам отмечалось превышение допустимых остаточных количеств, рекомендованных ВОЗ о допустимом еженедельном поступлении токсичных тяжелых металлов с пищей и через другие источники [60] (Таблица 8).

Таблица 8 – Среднее содержание тяжелых металлов в образцах в регионе Средней Волги

Образцы	ТМ, мг/кг сырой массы				
	Cu	Zn	Hg	Cd	Pb
Лещ [60]	7,7	20,0	0,14	0,3	1,0
Уклея [33]	42,1	144,9	-	-	-
Рыба (контроль) [33]	1,04	13,89	-	0,31	6,84
Рыба (у сброса сточных вод) [33]	5,77	32,74	-	1,88	10,68
Судак [60]	4,4	22,7	0,17	0,6	1,1
Окунь [37]	68,7	63,7	-	-	-
Окунь из Волжского плеса [37]	47,12	139,89	-	-	-
Кормовая добавка «Винивет» [6]	0,241	59,1	0,0	0,0	0,0
Перга [6]	0,083	18,53	0,00486	0,018	0,14
Субстанция «Мерва» [6]	0,243	59,54	0,00415	0,094	0,531
Перга(фоновые районы РТ) [40]	8,9	27,1	-	0,08	0,60
Перга (загрязненные районы РТ) [40]	6,5	27,5	-	0,07	0,75

Особенности накопления тяжелых металлов в рыбах из разных мест обитания могут быть связаны как особенностями поступления тяжелых металлов в организм рыб (хемосорбция ионов слизистыми оболочками; механический захват взвешенных частиц, содержащих тяжелые металлы; поступление с кормом; поглощение жабрами при дыхании), так и с возрастными особенностями, поскольку с увеличением возраста рыб на концентрацию тяжелых металлов в их органах оказывают влияние две взаимосвязанные тенденции: накопление вследствие увеличения объема потребляемой пищи и снижение удельного содержания вследствие увеличения общей массы тела рыбы. С увеличением возраста рыб содержание тяжелых металлов в организме увеличивается, особенно у рыб с пониженным темпом роста. Качество вод и кормовых компонентов в этих условиях становятся особо значимыми факторами. Необходимо учитывать и возможную разницу в химическом составе тела рыб.

Цель искусственных кормов для радужной форели – обеспечить в сжатые промежутки времени нужное количество рыбы хорошего качества. Корма должны обеспечивать ей прирост, причем довольно высокий, а затраты должны оставаться низкими. Только это позволит искусственной ферме получать прибыль. Также к рыбе предъявляется ряд требований, которые также должны быть учтены при назначении определенных кормовых добавок в рацион:

- повышенная устойчивость организма;
- низкая смертность;
- нормальное формирование воспроизводительной системы;
- экономичность;
- продукт высокого качества.

В современных условиях составам кормов для форели уделяется особое значение, поскольку в индустриальном разведении именно корма служат единственным источником незаменимых веществ для роста рыбы. Повышенный интерес представляют добавки в корма в объемах, необходимых для ускоренного роста форели за счет усиления скорости процесса переваривания компонентов и полного удовлетворения потребности рыбы в микроэлементах [35].

Разработка новых методов и технологий производства эффективных добавок, расширение ассортимента – необходимые условия для повышения темпов роста аквакультуры. Это невозможно сделать естественным путем, поскольку это бы не имело смысла в случае с индустриальным выращиванием форели. Нужно увеличить выпуск кормов, но подойти к процессу, изучив разные варианты. Не бывает кормов, которые дают одинаковые хорошие результаты. Они разнятся по качеству, и если обеспечивают эффективный набор веса и выживаемости, стоят настолько дорого, что выпускать их невыгодно.

Они требуют больших вложений, снижают прибыль, а производители кормов не могут реализовать продукт, поскольку его использование будет нерентабельным. По этой причине на выходе большим спросом пользуется корма средней ценовой категории, и качество у них не всегда самое лучшее. Необходимо разрабатывать новые составы, которые отличались бы доступной стоимостью и гарантированными высокими показателями [6, 35, 106].

#### "Винивет"

Заменителем белка в кормовых добавках для форели может стать "Винивет" – добавка из отходов пчеловодства [6]. Ее активно применяют для кормления сельскохозяйственных животных, рыб, прочих гидробионтов. За основу добавки взят протеин, дефицит которого в кормах обычно составляет порядка 25%. Его недостаток напрямую ведет на ограничение роста живого организма.

В состав "Винивета" входят продукты пчеловодства – мерва и перга [3, 5], а также комплекс витаминов, макро-, микроэлементов, аминокислот. Добавка считается естественным стимулятором физиологических и биохимических процессов в организме, причем не содержит никакой химии, поэтому является возможной альтернативой белку животного происхождения.

Исследования добавки показали, что в птицеводстве она высокоэффективна. Она обеспечивает среднесуточный прирост и продуктивность кур, качество яиц и мяса улучшается, смертность птиц снижается. Исследованиям, проводимым на курах, предшествовали экспериментальные испытания на крысах, которые также зафиксировали влияние добавки на рост. Если использовать добавку в

концентрации 0,5-3% на вес корма, можно получить ростовые, репродуктивные показатели гораздо выше обычных.

Перга - продукт пчеловодства в виде цветочной пыльцы, собранной пчелами и разнесенной по сотам. Сверху соты заполняются медом. Пчелы заготавливают пергу во время цветения для питания своих детей. Но по химическому составу перга очень отличается от пыльцы. Пыльца имеет много белка: 100 г содержат аминокислот, столько же, как 500 гр. говядины или 7 яйцах [127].

Все цветущие растения имеют оригинальный состав пыльцы, поэтому можно говорить о ее составе только очень приблизительно. Также у каждой пыльцы, как и у растения, оригинальные свойства. Перга по химсоставу также отличается.

Преимущества перги в том, что ее аминокислоты живые организмы усваивают лучше, так как кутикулы зерен пыльцы во время образования пчелиного хлеба сильно разрушаются. Под воздействием многочисленных процессов, происходящих в сотах с течением времени, в том числе брожения под действием бактерий, дрожжевых грибов, ферментов, в сотах повышается содержание молочной кислоты, консервирующей пыльцу с медом в пергу. Фактически, в результате получается перга без аллергизации, чего нельзя сказать о пыльце, отличающейся аллергенными свойствами [117].

Перга - источник уникальных соединений: железо, медь, кобальт, витамин В12, С, В9, антиоксиданты, биофлавоноиды, аминокислоты, ненасыщенные жирные кислоты. В продукте благодаря гемопозитической группе сильно выражены и антианемические свойства, и в этом плане перга также намного эффективнее пыльцы. Например, она хорошо показала себя в лечении гипохромной анемии [26, 56].

Что касается витаминов, то здесь есть фактически все водо- и жирорастворимые витамины. Наибольшую эффективность дает применение 4 гр. продукта в день. Этот объем полностью усваивается организмом с полным исключением риска гипервитаминозов [127].

Пчелиный хлеб содержит в себе комплекс аминокислот (заменимых и незаменимых). Кроме того, в нем присутствует примерно 30 микро- и макроэлементов (первостепенно гемопоэтической группы). Их соотношения являются довольно близкими к физиологическим. Они дают эффект благодаря природному соединению с витаминами и аминокислотами [92].

Также пчелиный хлеб имеет в своем составе незаменимые элементы питания, которые считаются предшественниками формирования метаболически активных эйкозаноидов – линолевой, арахидоновой и линоленовой кислоты. Они могут смягчать воспалительный процесс в случае возникновения ревматоидного артрита [131].

Перга обладает ярко выраженным соматопротекторным и иммуномодулирующим эффектом. При этом она лишена аллергенного, кумулятивного и раздражающего действия, благодаря чему может успешно использоваться не только с профилактической, но и с лечебной целью. Перга содействует увеличению концентрации в крови ретикулоцитов, эритроцитов и гемоглобина, гарантирует нормализацию числа лейкоцитов и особой лейкоцитарной формулы, а также наделена антитоксическими качествами [102]. В ходе эксперимента, который предполагал заражение животных гриппом, были собраны данные о важном противовирусном влиянии перги [28]. Очевидно, что она содействует выработке ингибиторов (аналогия интерферону). Также перга способствует активному выведению из организма радионуклидов, солей тяжелых металлов, вредоносных химических веществ и, в общем, заметно улучшает функционирование систем организма и его отдельных органов [118].

Для промышленной переработки значительную ценность составляет и пасечная вытопка (мерва), в которой невозможно различить коконы ячеек. Выделяют два вида мервы – пасечную и заводскую. Так, первый вид пасечной вытопки имеет бурый, темно-коричневый цвет и отличается комковато-рассыпчатой консистенцией. Важно, чтобы она не была поражена плесенью и восковой молью. Содержащаяся в мерве массовая доля воды не должна превышать 10 %, в то время как содержание воска может варьироваться от 30 до



50%. Пасечная вытопка получается после специальной переработки воскового сырья, который сначала разваривается в кипятке, а затем полученный воск спрессовывается. В ходе переработки в воде оказывается значительная часть растворимых веществ.

Заводская мерва – это отход воскоперерабатывающих заводов, полученный после переработки под центрифугами и гидравлическими прессами пасечной мервы вследствие воздействия на нее острого пара. Она имеет черный или коричневый цвет и неплотную комковатую структуру. Массовая доля воды в заводской мерве не превышает 10 %, а доля воска колеблется от 18 до 25 %. Также допускается наличие в ней дренажной соломы (до 5 %) [105].

При получении мервы из воскопресса в отходы попадает до 80% воды. Следует помнить, что мокрая мерва, и в особенности полученная вследствие перетопки суши с молью, обычно быстро плесневеет и портится, а количество содержащегося в ней воска заметно падает [8].

Благодаря наличию в перге и мерве каротиноидов, микроэлементов и прочих биологически активных веществ становится актуальным выполнение оценки действенности их использования в качестве антистрессовых и ростостимулирующих добавок в кормлении яичных и мясных кроссов сельскохозяйственной птицы.

Следовательно, совмещение применения вод, отработанных энергетическими объектами, экологических подходов, а также внедрения инновационных технологий в ходе производства объектов аквакультуры содействует решению многих важнейших задач социального развития. К их числу относится как сохранение здоровья населения, так и достижение его продовольственной безопасности [6].

#### **1.4.2 Применение природных цеолитов в кормлении рыб**

Минеральная цеолитсодержащая кормовая добавка ZEOL для сельскохозяйственных животных и птицы производится на основе природных цеолитов Татарско-Шатрашанского месторождения [137].

Цеолит (в переводе с греческого – «кипящий камень»). Он обладает свойствами адсорбента и донора, возможностью впитывать и отдавать влагу, пролонгировать действие веществ, которыми он насыщен, давать почве и живым организмам необходимые им элементы. В настоящее время цеолит используется практически во всех сферах материальной деятельности человека. Цеолит обладает лечебными свойствами, снижает количество вредных микроорганизмов в желудочно-кишечном тракте животных, очищает кишечник от вредных газов и бактериальных токсинов. В рыбоводстве цеолиты применяются для извлечения аммония из водоемов, что повышает выживаемость мальков, в качестве диетических добавок при их кормлении и для увеличения массы водной кормовой растительности. Добавление цеолита в комбикорма позволяет: повысить выживаемость молоди рыб на 3-4%; повысить скорость роста рыбы, среднесуточные привесы возрастают на 17,2-24%; снизить затраты корма на единицу продукции на 10,1-19,5%. Отмечены положительные результаты по использованию цеолитсодержащих туфов при инкубации икры. Установлено, что в рыбе, выращиваемой в прудах, обработанных цеолитами, в 1,5-2 раза медленнее накапливаются тяжелые металлы, у рыб проявляется более высокая иммунологическая реакция при заболеваниях. К настоящему времени уже накоплен довольно большой опыт применения цеолита в кормлении разных видов рыб – карпа, форели, вьюна, угря, декоративных рыб. В основном отмечают повышение скорости роста рыб, увеличение рыбопродуктивности, снижение затрат корма, повышение выживаемости и зимостойкости рыб, благоприятное влияние на гематологические показатели. Перспективно применение цеолитов в приготовлении лекарственных препаратов в рыбоводстве.

Исследования показали, что наилучший результат был достигнут при введении к основному рациону 4% препарата следующего состава: 98% цеолита, 1,5% тиосульфата натрия и 0,5% метионина. Этот препарат обеспечил максимальный прирост массы рыб (17,4%) по сравнению с контролем. Введение этого препарата улучшало поедаемость корма, повышало утилизацию организмом

азота нитритов, профилактировало интоксикацию и предотвращало развитие морфологических изменений.

Цеолиты представляют собой кристаллические гидроалюмосиликаты каркасного строения, обладающие свойствами тонкопористых молекулярных сит, полярных адсорбентов и ионообменников.

Долгое время многие медики и биологи считали минералы, в том числе и цеолиты, инертными, не участвующими в метаболизме живых систем, но в связи с накоплением научно доказанных фактов, показывающих не только участие минералов в регуляции метаболических процессов в организмах, но даже включение минералов непосредственно в их метаболические пути. Бактерии и губки с помощью специальных ферментов (силикатеинов и силикатов) извлекают необходимый им кремний из силикатов и алюмосиликатов [43, 61, 126].

Применение цеолитов в составе комбикормов для рыб впервые было описано в работах Таратухина В. А. (1984). Цеолиты применяли в виде добавок к кормам при выращивании радужной форели [44].

Разработан и внедрен комплекс лечебно-профилактических мероприятий для рыбоводства, включающих ветеринарно-санитарные требования при выращивании рыбы в условиях загрязнений, рекомендации по диагностике, лечению и профилактике отравлений рыбы. Также авторами были изучены закономерности накопления нитратов и нитритов в воде и рыбной продукции, предложены пути снижения их токсичности путем использования цеолитов и препаратов на их основе [53].

Проводились эксперименты по сорбции цеолитами тяжелых металлов и аммония [76, 119], свободных радикалов [20, 136], продуктов распада и токсинов [123], радиоактивных элементов [9, 116], было показано, в том числе расчетами, что данные сорбционные процессы моделируют функции антитоксической системы организма, прежде всего печени [90].

Цеолит как основной компонент добавки в мировом опыте широко использовался для очистки вод от продуктов распада аммиака, а в Японии еще в конце прошлого столетия проводились исследования по использованию его в

кормах: природные цеолиты использовались в составе белковой кормовой смеси, состоящей из куриного помета, сульфата двухвалентного железа и цеолита, в кормлении карпа без видимых вредных последствий [104].

По данным производителя минеральная добавка ZEOЛ благодаря своим уникальным сорбционным, ионообменным, каталитическим свойствам положительно влияет на организм животных. Добавка содержит порядка 40 химических элементов и является источником для организмов важнейших микро- и макроэлементов, таких как кремний, алюминий, кальций, калий, марганец, железо, титан, магний, натрий, фосфор, цинк, селен и др.

Входящие в состав добавки минералы адсорбируют продукты метаболизма, микотоксины, соли тяжелых металлов, радионуклиды и другие вредные для организма вещества, способствуя профилактике кормовых заболеваний животных и предупреждению массовых желудочно-кишечных заболеваний.

Результатом применения минеральной цеолитсодержащей добавки ZEOЛ является повышение продуктивности, плодовитости, сохранности животных, эффективная профилактика заболеваний, повышение естественной резистентности организма к недоброкачественным кормам и неблагоприятным факторам внешней среды [137].

## Глава 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1. Материал исследований

Экспериментальные исследования по представленной работе были проведены в период с 2015 по 2018 годы на базе лабораторной установки с замкнутым циклом водоснабжения, на кафедре «Водные биоресурсы и аквакультура» Казанского государственного энергетического университета. Блок-схема исследования приведена на рисунке 4.

Объектом исследований служили мальки радужной форели породы стальноголовой лосось, завезенные в установку из Бисеровского рыбокомбината (Московская область, Ногинский р-н, посёлок Рыбхоз).

Материалом для исследования явились гидрологические показатели воды, в которой проводились эксперимент; рыбоводно-биологические показатели: выживаемость, абсолютный прирост, относительный среднесуточный прирост, затраты корма; химический состав корма, кормовых добавок и молоди стальноголового лосося, выращенного на этом корме и добавках.

Температуру и растворенный в воде кислород измеряли анализатором растворенного кислорода Марк 302Э (погрешность  $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ). рН водной среды измеряли рН-метром марки рН-150МИ.

### 2.2. Методика исследований

Было проведено 4 серии экспериментов (таблица 9).

Таблица 9 – Условия экспериментов в четырёх проведенных сериях

Параметр	Серии экспериментов			
	1	2	3	4
Продолжительность, сут.	70	7	70	70
Кол-во экспериментальных групп	1	3	4	2
Кол-во особей в 1 группе	68	102	68	68
Исследуемая кормовая добавка	-	«Винивет»	«Винивет»	«ZEOL»
Нормы ввода кормовой добавки	-	2,5% 5,0%	2,5% 5,0%	5,0%
Температура, °С	21,1-26,2	23,0	21,1-26,2	21,1-26,2

Для проведения экспериментов в корма вносились добавки на основе продуктов пчеловодства «Винивет», производимая ООО «Битайм» в Республике Татарстан и минеральная цеолитсодержащая кормовая добавка Zeol, изготовителем которой является ОАО «Цеолиты Поволжья» в Дрожжановском районе Республики.

Кормовые добавки «Винивет» и «ZEOL» включались в корм из расчёта от 2,5% до 5,0% от общего рациона в сутки методом смешивания в чистом виде, размер гранул кормовых добавок был таким же, как гранулы основного корма ~ 1,5 мм. Молодь стальноголового лосося хватала гранулы кормовых добавок так же, как и гранулы корма. Фото корма и кормовых добавок представлено на рисунке 3.

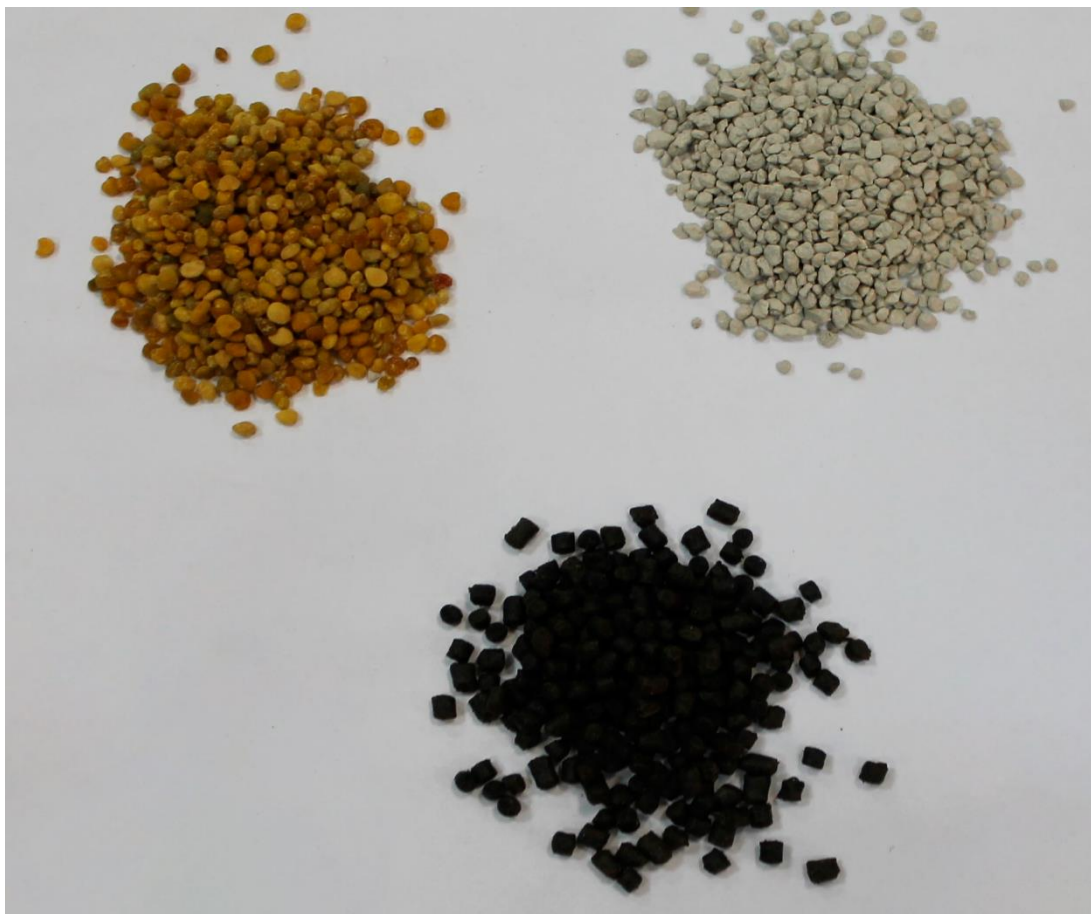


Рисунок 3 – кормовые добавки «Винивет» и «ZEOL» (сверху) и контрольный корм Biomar Inicio Plus (снизу)

Для проведения первой серии эксперимента была сформирована группа из 68 шт. мальков стальноголового лосося. Продолжительность первой серии эксперимента составила 10 недель.

Во 2-й серии эксперимента (таблица 10) мальки были рассажены в 3 аквариума и поделены на 3 группы, первая из которых была контрольной. Кормление контрольной группы (как и во всех сериях эксперимента) осуществлялось полнорационным стартовым кормом Biomar Inicio Plus R, молодь опытных групп – тот же самый корм, но с введением 2,5% кормовой добавки «Винивет» в первой опытной группе и 5,0% кормовой добавки «Винивет» во второй.

Таблица 10 – Условия эксперимента во 2-й серии

Группа	Количество особей	Тип кормления	Продолжительность серии, сут.	Температура, °С
контрольная	68	Віомар	7	23
1 опытная	68	Віомар с кормовой добавкой «Винивет» из расчета 2,5 г добавки на 100 г корма		
2 опытная	68	Віомар с кормовой добавкой «Винивет» из расчета 5,0 г добавки на 100 г корма		

Во 3-й серии эксперимента (таблица 11) в четырех аквариумах были сформированы группы мальков стальноголового лосося, по 68 шт. в каждой.

Таблица 11 – Условия эксперимента в 3-й серии

Группа	Количество особей	Тип кормления	Продолжительность серии, сут.	Температура, °С
контрольная	68	Віомар	70	21,1 – 26,2
1 опытная	68	Віомар с кормовой добавкой «Винивет» из расчета 2,5 г добавки на 100 г корма		
2 опытная	68	Віомар с кормовой добавкой «Винивет» из расчета 5 г добавки на 100 г корма		
3 опытная	68	Віомар с кормовой добавкой «Винивет» из расчета 5 г добавки на 100 г корма		

В 1-м аквариуме содержалась контрольная группа, во 2-м аквариуме – опытная группа, которая питалась кормом Биомар с включением 2,5% кормовой добавки «Винивет», в 3-м аквариуме - опытная группа, которая питалась кормом Биомар с включением 5,0% кормовой добавки «Винивет», в 4-м аквариуме содержались мальки стальноголового лосося, которые были переведены с 2,5%

включения «Винивет» на 5,0% включения. Продолжительность 3 серии эксперимента – 10 недель.

Четвертая серия эксперимента была посвящена изучению влияния на рост и другие рыбоводные показатели стальноголового лосося кормовой добавки «ZEOL», условия эксперимента отражены в таблице 12. В контрольной группе содержалось 68 особей стальноголового лосося, получавшие основной корм, в опытной группе – 68 особей стальноголового лосося, получавшие основной корм с включением 5% кормовой добавки «ZEOL».

Таблица 12 – Условия эксперимента в 4-й серии

Группа	Количество особей	Тип кормления	Продолжительность серии, сут.	Температура, °С
контрольная	68	Биомар	70	21,1 – 26,2
опытная	68	Биомар с кормовой добавкой «ZEOL» из расчета 5 г добавки на 100 г корма		

Объём собранного материала представлен в таблице 13.

Таблица 13– Объём собранного и обработанного материала

Исследуемые показатели	Количество проведенных измерений, шт.			
	1 серия	2 серия	3 серия	4 серия
<i>Исследование рыбоводно-биологических показателей:</i>				
Выживаемость, шт.	70	21	280	140
Средняя масса, г	11	3	40	20
Среднесуточный прирост, %	10	3	40	20
Затраты корма, кг/кг массы	10	3	40	20
<i>Исследование биотических показателей:</i>				
Температура воды, С°	70	7	70	70
рН	70	7	70	70
О <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	70	7	70	70
Окислительно-восстановительный потенциал, мВ	70	7	70	70
<i>Анализ химического состава кормов, добавок и рыб</i>	2	-	2	2





Рисунок 4 – Блок-схема исследований

Установка замкнутого цикла водоснабжения располагается на базе кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО КГЭУ. Установка представлена на рисунке 5, схема работы установки – на рисунке 6



Рисунок 5 – УЗВ на кафедре ВБА ФГБОУ ВО «КГЭУ»

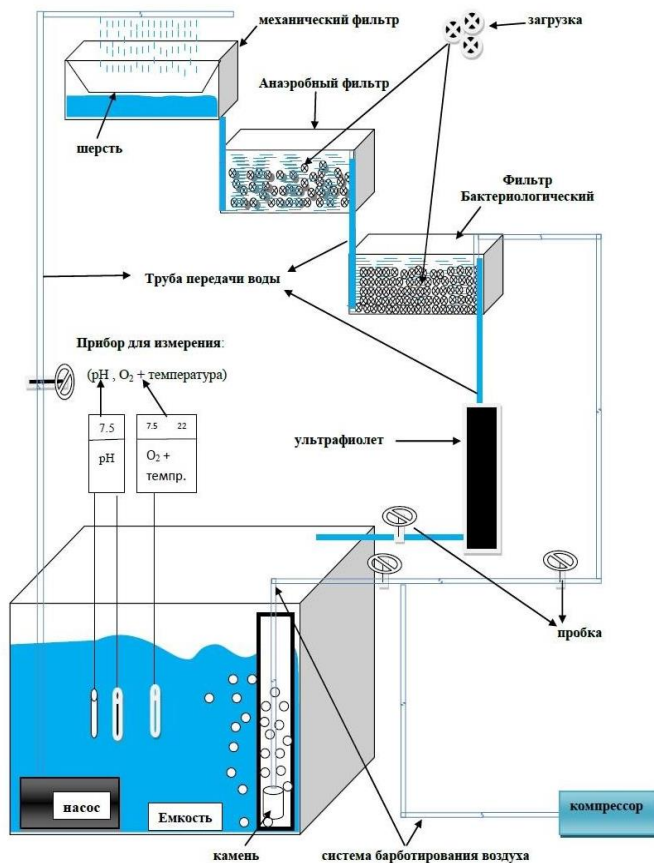


Рисунок 6 – Схема экспериментальной УЗВ

Основные параметры установки замкнутого водоснабжения для выращивания молоди рыб:

- количество аквариумов в системе, шт. – 4;
- объем одного бассейна, л – 40;
- полезный объем биофильтра, л – 140,0;
- объем загрузки биофильтра, л – 100;
- удельная площадь загрузки биофильтра м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>- 200;
- первичная очистка воды – механический фильтр;
- время полного оборота воды в 1 бассейне, мин – 12;
- линейная скорость течения в бассейнах, см/мин – от 15;
- объемная скорость течения в бассейнах, л/сек – от 0,043
- система аэрации бассейнов – пневматическая;
- скорость аэрации, м<sup>3</sup>/мин (л/мин) – 0,07 (70)
- обеззараживание воды – УФ облучение;
- объем воды для подпитки системы, м<sup>3</sup>/сут. – 0,001.

В ходе всех серий экспериментов еженедельно проводились контрольные обловы с целью фиксации средней массы особей в каждом бассейне. Взвешиванию на электронных весах подвергались все особи. Для характеристики интенсивности роста использовались показатели абсолютного, относительного и среднесуточного приростов.

Относительный прирост рассчитывался по формуле:

$$\Delta M = \frac{M_n - M_0}{M_0} 100\% \quad (1)$$

где  $M_0$ ,  $M_n$  – средняя масса рыбы в начале и конце периода соответственно.

Среднесуточный прирост или удельная скорость роста ( $C_w$ ) рассчитывалась по формуле:

$$C_w = \frac{2(M_n - M_0)}{(M_t + M_0)t} 100\% \quad (2)$$

где  $t$  – продолжительность периода в сутках.

В период лабораторных исследований кормление мальков осуществлялось 6 раз в сутки в дневное время. Нормы кормления рассчитывались исходя из температуры воды и массы рыбы по общепринятой методике.

Затраты корма рассчитывали в целом за опыт, как отношение количества корма внесенного в рыбоводную емкость к единице прироста массы [111].

$$Z = \frac{E_B}{R} \quad (3),$$

где  $E_B$  – количество вносимого корма, кг;

$R$  – полученная продукция, кг.

Молодь среднештучной массой 2 г была завезена из Бисеровского рыбокомбината (п. Рыбхоз, Ногинский район, Московская область), представлена на рисунке 7.



Рисунок 7 – Молодь стальноголового лосося

Подготовка материала для химических исследований проводилась по ГОСТ 26929-94. Образцы корма, добавок и мальков высушивались в сушильном шкафу

до полной потери влаги и озолялись в муфельной печи при температуре 400°C. Мокрая, сухая и озоленная масса образцов взвешивалась с помощью электронных весов. Гидрохимические исследования выполнялись на базе лаборатории спектральных методов анализа ФГБОУ ВО "Казанского национального исследовательского технологического университета". Определения элементного состава проводилось рентгенофлуоресцентным методом на приборе СУР-02 «Реном ФВ».

Анализ собранных данных проводился по следующим статистическим показателям:

- стандартное отклонение  $\delta^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}$ ,

где  $x_i$  – значение варианты;  $\bar{x}$  – средняя арифметическая;  $n$  – количество вариант.

- стандартная ошибка  $S_{\bar{x}} = \frac{\delta^2}{\sqrt{n}}$ ,

где  $\delta^2$  – стандартное отклонение;  $n$  - количество вариант.

В работе применялся однофакторный и многомерный корреляционный и регрессионный методы анализа с использованием критерия Стьюдента при уровне значимости  $p < 0,05$ .

Вычисление статистических параметров и построение статистических графиков проводилось при помощи программы Statgraphics Plus 5.1, Microsoft Excel.

### Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### **3.1. Результаты экспериментального выращивания молоди стальноголового лосося при температуре воды более 20°C с использованием кормовых добавок «Винивет» и «ZEOL»**

##### *3.1.1. Результаты экспериментального выращивания в контрольной группе*

В соответствии с законом оптимальности, каждый живой организм может нормально существовать и продолжать свой род только в определенной области значений какого-либо из значимых факторов среды. Этот закон связан с правилом В. Шелфорда: благополучие популяции или вида организмов в определенной среде зависит от комплекса экологических факторов, для каждого из которых существует определенный диапазон выносливости, или толерантности организма (цит. по Акимова, 2001). Совмещение этих зон толерантности образует экологическое пространство существования популяции или вида – его экологическую нишу. Для нормального существования растений, животных и человека существуют и нижние, и верхние пределы температуры, освещенности, концентрации кислорода в воздухе, атмосферного давления и другие факторы, а также оптимальные значения этих факторов [2].

Одно из основных преимуществ технологии выращивания рыбы в УЗВ заключается в поддержании оптимальных для рыбы условий окружающей среды. Нормы кормления и суточного прироста рассчитываются исходя из температур воды и содержания растворенного в воде кислорода, наиболее благоприятных для усвоения корма и темпов набора массы [95, 111]. Производители качественных кормов, в том числе форелевых, дают подробные указания, какие нормы кормления использовать, в зависимости от температуры воды [68, 115, 134].

Анализируя материалы производителей стартовых кормов для радужной форели следует отметить, что в рекомендациях отсутствуют данные по нормам кормления при температурах более 20 °C (таблица 14).

Таблица 14 – Диапазоны нормативных характеристик стартовых кормов в индустриальном форелеводстве

Корм	Температура, °С	Норма кормления, кг/100 кг массы рыбы	Диапазон масс рыб в группах кормления, г
Biomar INICIO PLUS 901 [134]	2-20	1,46-6,43	0,2-50
DIBAQ MICROBAQ 165 [68]	6-20	1,55-4,69	0,2-10
Aller futura EX [115]	2-18	0,85-2,73	0,2-50

В разделе 1.1. данной работы были показаны особенности содержания различных пород форели. Были отмечены породы, которые способны иметь высокие темпы роста только при температурах ниже 20°C (породы Адлер, Адлерская янтарная, Камлоопс, Росталь, Рофор) и особенности стальноголового лосося, который по литературным данным [18] успешно растет при температурах более 20°C (до 28°C). Как видно из данных, приведенных в таблице 16, производителями кормов не даются рекомендации по нормам кормления на диапазон температур более 20°C, как нет и рекомендаций по кормлению разных пород форели.

Рассмотрим построенные нами кривые гипотетического роста молоди форели, включая стальноголового лосося, на разных кормах при максимальных заявленных производителями кормов нормах температуры (рисунок 8). Обратим внимание, что для производителей рыбы не даются рекомендации по отдельным породам форели.

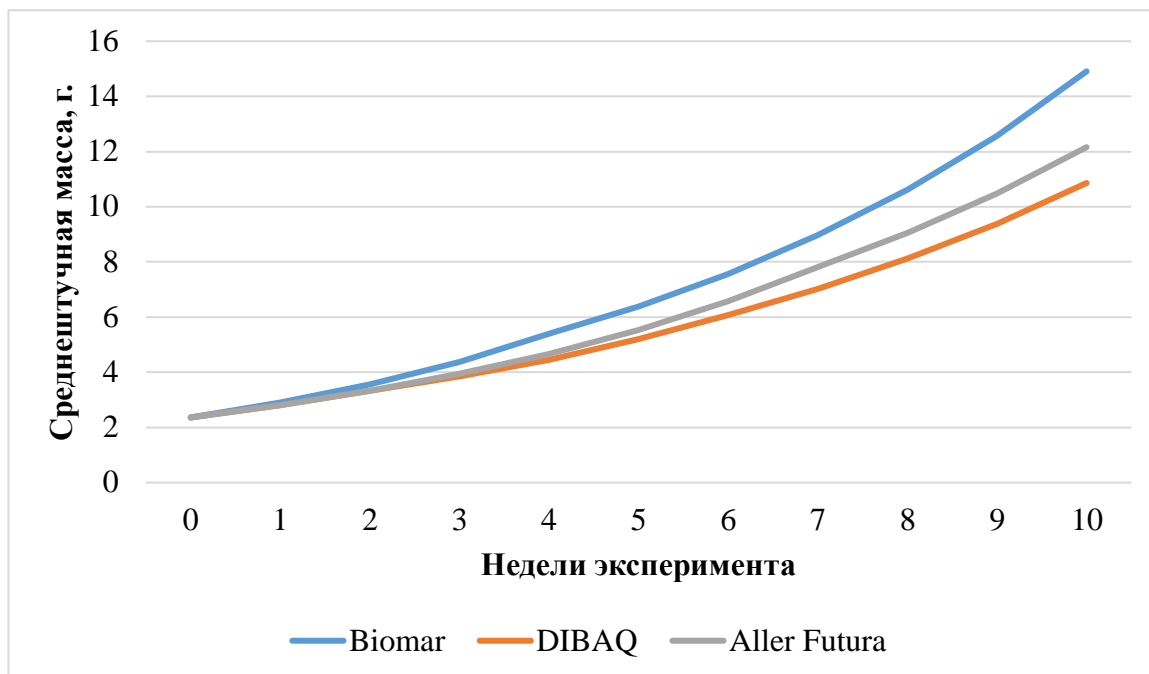


Рисунок 8 – Гипотетический рост молоди радужной форели при заявленных параметрах различных комбикормов: Biomar, DIBAQ, AllerFutura

Поскольку корм марки Биомар использовался производителями – поставщиками молоди в наших экспериментах, и он ориентирован на более высокую скорость роста молоди (рисунок 8) он был выбран для оценки скорости роста в контроле.

Нами была поставлена цель – выявить возможность выращивания молоди форели (на примере стальноголового лосося) в условиях нестабильных показателей окружающей среды.

На протяжении всего периода экспериментального выращивания температура воды в установке была выше 20°C, но не превышала границу толерантности - 28°C. Максимальная температура составила 26,2°C, а минимальное значение температуры - 21,1°C.

На рисунке 9 представлена динамика изменения численности молоди стальноголового лосося в 1 серии эксперимента.



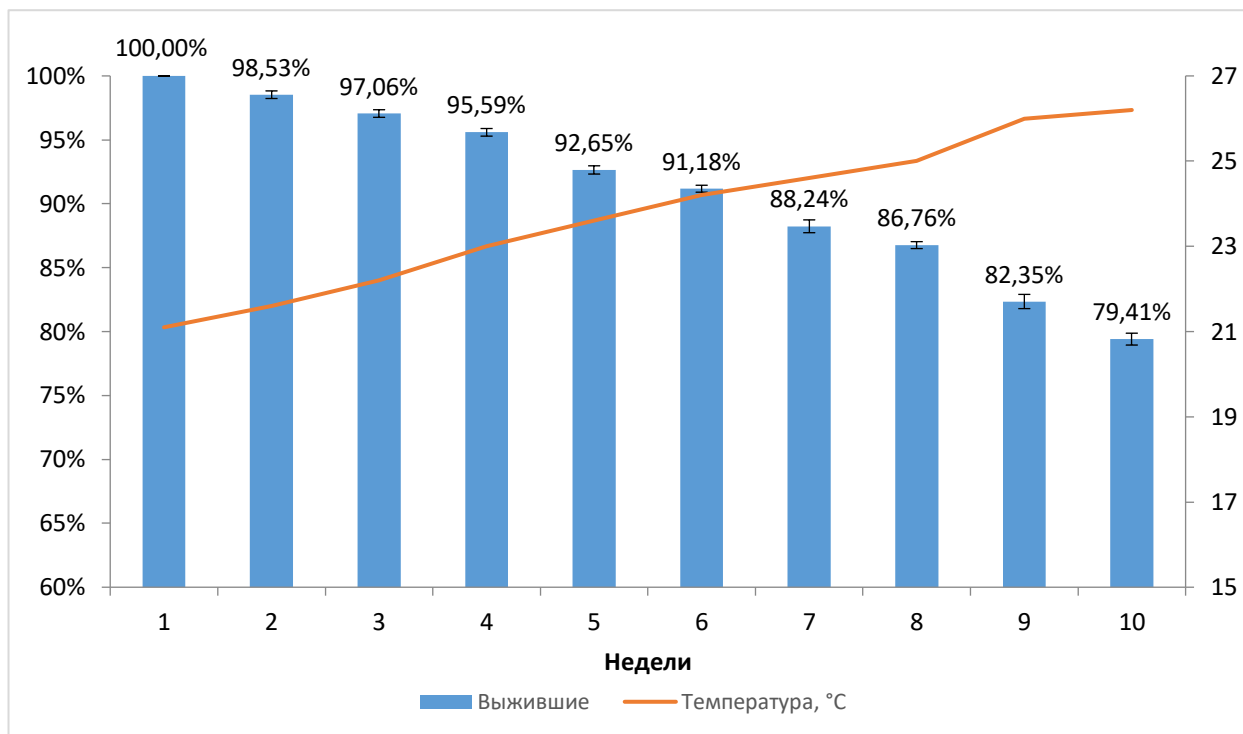


Рисунок 9 – Выживаемость молоди стальноголового лосося в экспериментальной установке в 1-й серии эксперимента

Как видно из материалов, представленных на рисунке 9, отход за период выращивания молоди форели с 2 г до 15 г среднештучной массы составил 20,6%. В соответствии с известными нормативами [84] отход за период выращивания молоди от среднештучной массы 2-3 г до 20 г не должен превышать 20%. Таким образом, отход в экспериментальном содержании молоди стальноголового лосося при температуре более 20°C соответствует принятым нормативам.

Анализируя данные, представленные на рисунке 9, нами было отмечено, что выживаемость стала снижаться при увеличении температуры. В связи с этим, нами был построен график зависимости смертности молоди стальноголового лосося от изменений температуры воды (рисунок 10).

Согласно литературным данным [84] в период выращивания рыбопосадочного материала радужной форели в УЗВ от 1 до 5 г ежедневный отход составляет ~0,4%, по достижении среднештучной массы 5 г норматив отхода составляет ~0,16%. В соответствие с этим, на рисунке 10 проведён сравнительный анализ нормативов смертности и данных смертности, полученных

в нашей экспериментальной установке при содержании молоди в условиях высоких температур.

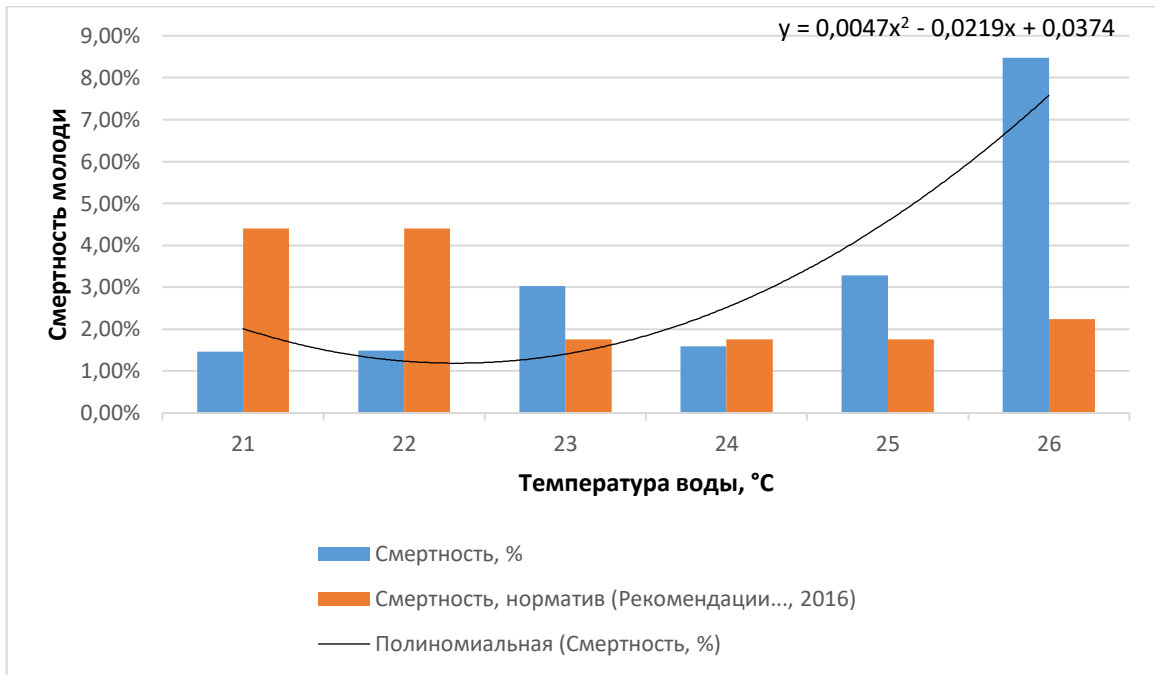


Рисунок 10 – Смертность молоди стальноголового лосося в 1-й серии эксперимента в зависимости от температуры воды

Проведенные эксперименты показали максимальную смертность молоди стальноголового лосося при повышении температуры до 26°C. За период, отмеченный данной температурой отход составил 8,47%, выживаемость – 91,53%. При минимальной зафиксированной в эксперименте температуре 21°C смертность была минимальной и составляла 1,47% (выжило 98,53% особей), при повышении температуры показатели выживаемости снижались, при 22 °C незначительно, до 98,51%, при 23 °C – до 96,97%, при 25 °C – до 96,72%. При температуре 24 °C было отмечено падение смертности (выживаемость 98,41%). Поскольку при средней температуре 26 °C за короткий промежуток времени погибло почти 10% особей, было принято решение температуру больше не повышать.

Стоит отдельно отметить, что фактические показатели смертности оказались в пределах нормы при температурах, 21, 22 и 24 °C, при максимальной температуре 26°C зафиксированная смертность оказалась выше нормативной в 3,78 раза.

Поскольку колебания температуры воды влияет на разные рыбоводные показатели, помимо выживаемости нами так же были исследованы показатели среднесуточного прироста в зависимости от изменений температуры воды (рисунок 11). На рисунке 11 фактический среднесуточный прирост сравнивается с нормативом производителя корма – компании Биомар.

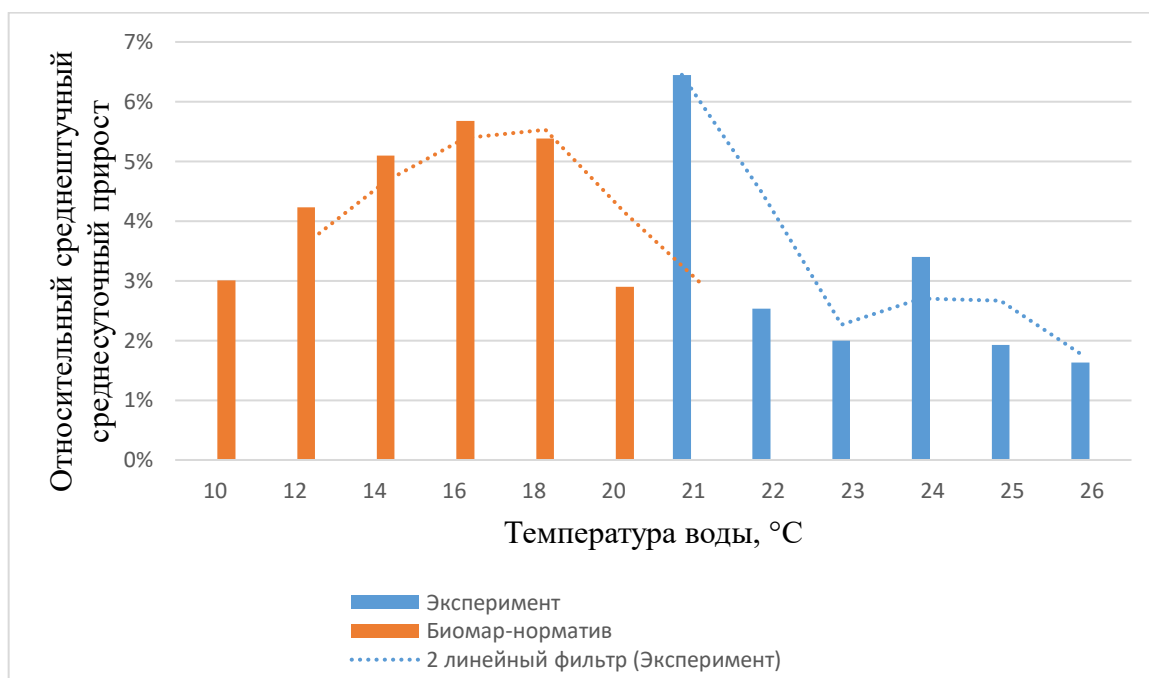


Рисунок 11 – Фактический для температур 21-26 °C и расчетные (для температуры воды 10-20°C) относительные среднесуточные приросты молоди стальноголового лосося за экспериментальный период (70 сут.) при кормлении кормами Биомар в 1-й серии эксперимента, % в зависимости от температуры воды

Как было отмечено выше, максимальная температура, для которой существуют нормативы кормления и прироста - 20 °C. На рисунке 11 представлен среднесуточный прирост стальноголового лосося в экспериментальной установке в сравнении с нормативами, изложенными в руководстве по использованию кормов – для температур 10 - 20 °C. Стоит отметить, что согласно нормативу, максимальный среднесуточный прирост молоди предполагается при температуре воды 16 °C и составляет 5,68%.

Экспериментальные исследования по выращиванию стальноголового лосося при высоких температурах показало дополнительную потенцию роста породы. Даже при увеличении температуры до критических для выживаемости показателей, мальки продолжали питаться и расти. При температуре 21 °С показатель среднесуточного прироста в эксперименте оказался выше нормативов и по максимальной температуре, и по максимальному приросту, он составил 6,45%. При температуре 22 °С среднесуточный прирост резко снизился и составил 2,53%, а при поднятии температуры до 24 °С снова вырос выше норматива для 20 °С и составил 3,4%. При температурах 25 и 26 °С среднесуточный рост вновь стал снижаться и был ниже норматива.

В рекомендациях по кормлению Биомар указаны нормы кормления рыбы для достижения оптимального соотношения между скоростью роста и утилизацией корма, ежесуточные нормы кормления зависят от температуры воды и средней массы рыбы. Нами была поставлена цель – сравнить фактические значения массы рыбы в экспериментальной установке с ожидаемой массой молоди радужной форели, исходя из нормативов производителей корма (рисунок 12).

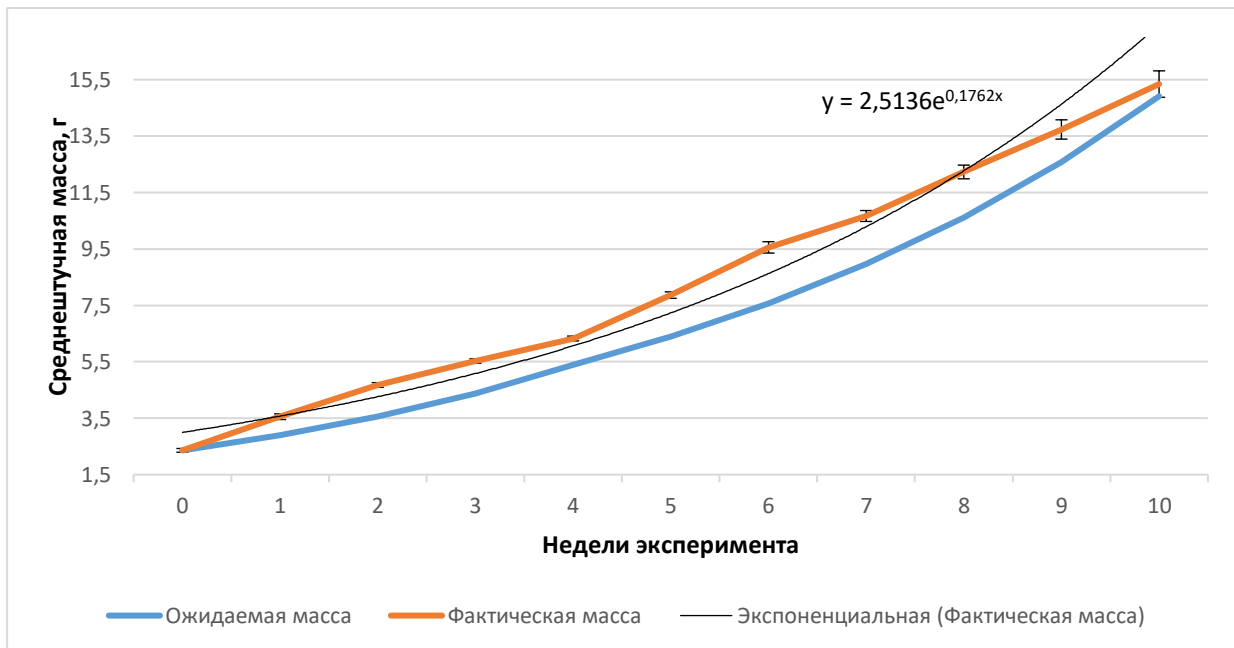


Рисунок 12 – Сравнение расчетного и фактического (с учетом стандартной ошибки среднего) прироста молоди стальноголового лосося

Построив кривую гипотетического роста, в соответствии с нормативами кормопроизводителя [134], нами была построена кривая фактического роста на рекомендованном базовом корме, по результатам 1-й серии эксперимента. Как видно на рисунке 14, в нашей экспериментальной установке при температурах 21,1-26,2 °С удалось добиться показателей набора массы выше, чем при температуре 20 °С, максимальной температуре, указанной в рекомендациях. В результате, можно сделать вывод о возможности выращивания молоди стального лосося в условиях фермерских хозяйств на более высоких температурах.

Анализ полученных данных выявил температурный оптимум содержания молоди в условиях фермерской УЗВ, который составил 23 °С, ежесуточный прирост при котором составил 3,76 %. При достижении температуры 26 °С отмечено повышение смертности молоди.

### ***3.1.2. Результаты экспериментального выращивания с добавлением в рацион кормовой добавки «Винивет»***

Современный корм для ценных пород рыб - это высокотехнологичный многокомпонентный продукт. В его состав кроме базовых компонентов, необходимых для поддержания энергетического баланса и прироста массы рыбы, могут входить и масса других веществ, среди которых витамины, микроэлементы, иммуностимулирующие вещества, ароматизаторы, антиокислители, фитотерапевтические вещества. Эти добавки, несмотря на низкие концентрации в массе корма выполняют целый ряд задач: ускоряют прирост массы, снижают риск заболеваемости, увеличивают срок хранения корма и его поедаемость. Очень важной чертой этих добавок является белок сберегающий эффект, поскольку любое замена рыбной муки на более доступные компоненты является важным стимулом развития производства. Качественные характеристики комбикормов должны соответствовать виду рыб. Кроме того, для каждого вида потребности в питательных веществах изменяются в зависимости от возраста, массы тела и физиологического состояния рыб, а также условий их содержания. В связи с этим работа по оценке использования той или иной кормовой добавки является

многоступенчатой – в соответствии с возрастом, изменением морфофизиологических характеристик рыбы и ее стадии полового созревания.

«Винивет» - кормовая добавка, произведенная из продуктов пчеловодства. Исследования использования кормовой добавки «Винивет» применительно к птицеводству показали её высокую эффективность. Так опыты показали, что применение данной добавки позволяет увеличить среднесуточный прирост, продуктивность кур, повышает качество мяса и яйца, снижает её смертность [3]. Предварительно проводившиеся исследования показали её безвредность в опытах на крысах и курах [3], а также её влияние на рост крыс [5]. Данные исследования продемонстрировали способность добавки благотворно сказываться на ростовых и репродуктивных качествах животных при использовании в концентрациях 0,5-3% от массы корма.

На следующем этапе исследований нами была поставлена цель – определить возможность улучшения рыбоводных характеристик стальноголового лосося при включении в корм кормовой добавки «Винивет». Во 2-й серии эксперимента была проведена оценка выживаемости молоди стальноголового лосося при включении в кормление кормовой добавки «Винивет» в количестве 2,5 и 5% от рациона (рисунок 13).

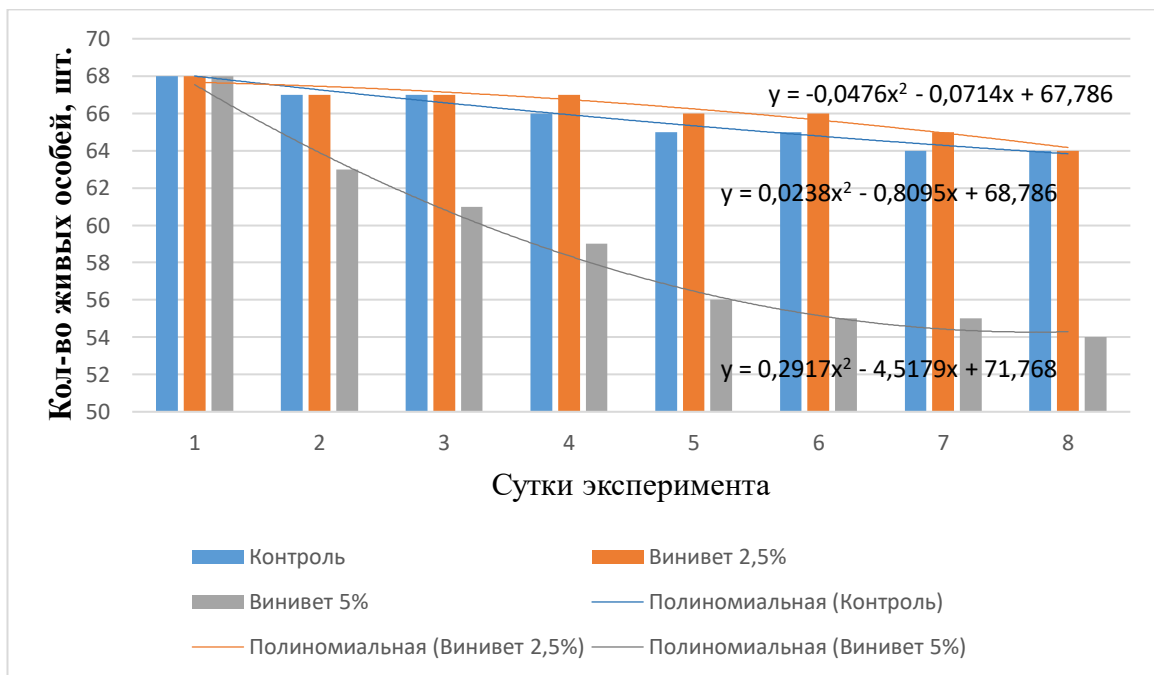


Рисунок 13 – Выживаемость стальноголового лосося во 2-й серии эксперимента

Как видно из данных, приведенных на рисунке 15, во 2-й серии эксперимента самый низкий показатель выживаемости был зафиксирован в группе, которая получала 5% кормовой добавки «Винивет», за первые 7 суток смертность составила 20,6% (14 особей из 68). В контрольной группе и в группе, получавшей 2,5% кормовой добавки «Винивет» отход составил 4 особи (5,9%), что соответствует норме. Ранее в птицеводстве было показано, что оптимальным количеством добавки в кормах является – 0,5-1% от массы задаваемого корма [6].

Таким образом, можно сделать вывод, что кормовая добавка «Винивет» может использоваться в кормлении молоди стальноголового лосося. Для молоди в возрасте до 3 мес. массой до 3 г эффективнее использование в кормах 2,5% кормовой добавки «Винивет». При ее использовании отход составляет не более 6%. При использовании 2,5% кормовой добавки «Винивет» создается возможность постепенного привыкания к новому типу корма. Этот этап, который может считаться адаптационным, в экспериментах составил 7 дней.

Предполагая наличие адаптационного к кормовой добавке периода, в 3-й серии эксперимента групп, которые получали кормовую добавку «Винивет», стало 3 – нами была сформирована экспериментальная группа, которая в первую неделю получала 2,5% добавки, а со второй недели исследований доля добавки была увеличена до 5%. Для оценки технологических пределов, выявления оптимальной зоны по параметрам среды был проведен анализ выживаемости и среднесуточного прироста в условиях увеличения температуры.

В таблице 14 представлены данные по выживаемости в контрольной и трех экспериментальных группах на протяжении 3-й серии эксперимента.

Таблица 15 – Выживаемость молоди стальноголового лосося в третьей серии эксперимента по неделям, %

Неделя	Группа			
	Контроль	«Винивет» 2,5%	«Винивет» 5%	«Винивет» 2,5-5%
1	100	100	100	100
2	98,53	97,06	98,53	98,53
3	97,06	95,59	97,06	97,06
4	95,59	94,12	95,59	95,59
5	92,65	91,18	94,12	94,12
6	91,18	89,71	91,18	92,65
7	88,24	86,76	88,24	91,18
8	86,76	85,29	86,76	89,71
9	82,35	82,35	85,29	86,76
10	79,41	80,88	82,35	85,29

Как видно из данных, представленных в таблице 15, в первую неделю исследований в 3-й серии эксперимента во всех 4 группах была зафиксирована 100% выживаемость. Начиная со второй недели в каждой группе фиксировались умершие особи, причём в каждой группе показатели выживаемости были отличные от остальных, что, ввиду того, что все 4 группы содержались в одинаковых условиях, позволило сделать вывод о влиянии кормовой добавки «Винивет» на выживаемость стальноголового лосося.

На рисунке 14 представлен детальный график выживаемости стальноголового лосося в 3-й серии эксперимента по неделям.



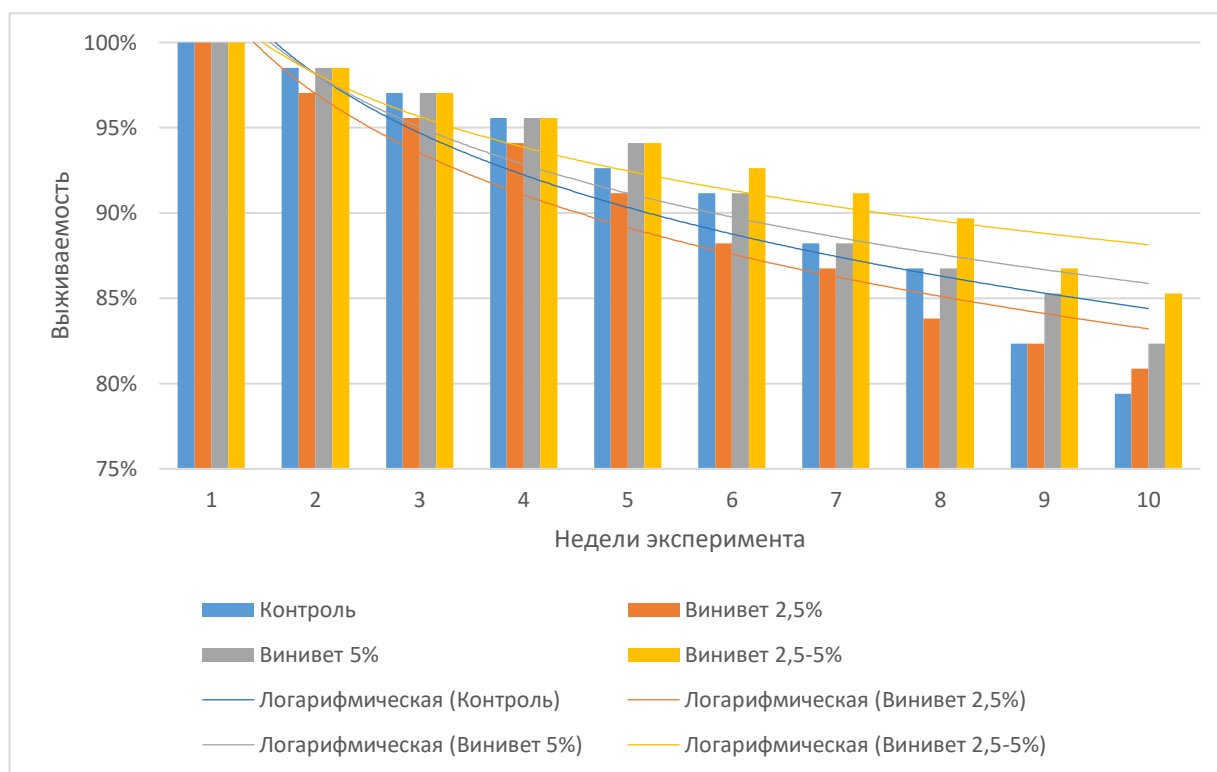


Рисунок 14 – Выживаемость молоди стальноголового лосося в экспериментальной установке в контроле и в экспериментальных группах с добавлением кормовой добавки «Винивет»

В дальнейшем эксперименте (рисунок 14) рыбы, получавшие в кормах «Винивет» отличались большей выживаемостью. Как видно из данных рисунка, после адаптационного периода в течение первой недели и в контрольном и в экспериментальном бассейнах смертности не наблюдалось. После повышения температуры воды, показатели выживаемости стали отличаться.

Как видно из данных на рисунке 14, наивысший показатель выживаемости был отмечен именно в той экспериментальной группе, в которой процент внесения кормовой добавки был повышен после 1 недели до 5% и составил 85,29%, в группе, где в корм вносилось 5% кормовой добавки «Винивет» выжили 82,35% мальков, в группе с 2,5% добавлением «Винивет» выжили 80,88% особей, в контроле показатель выживаемости составил 79,41%. В разделе 3.1. отмечено, что пик смертности в контрольной группе был зафиксирован при повышении температуры воды до 26 °С. В связи с этим, актуально сравнение смертности в экспериментальных аквариумах в зависимости от температуры воды (рисунок 15).

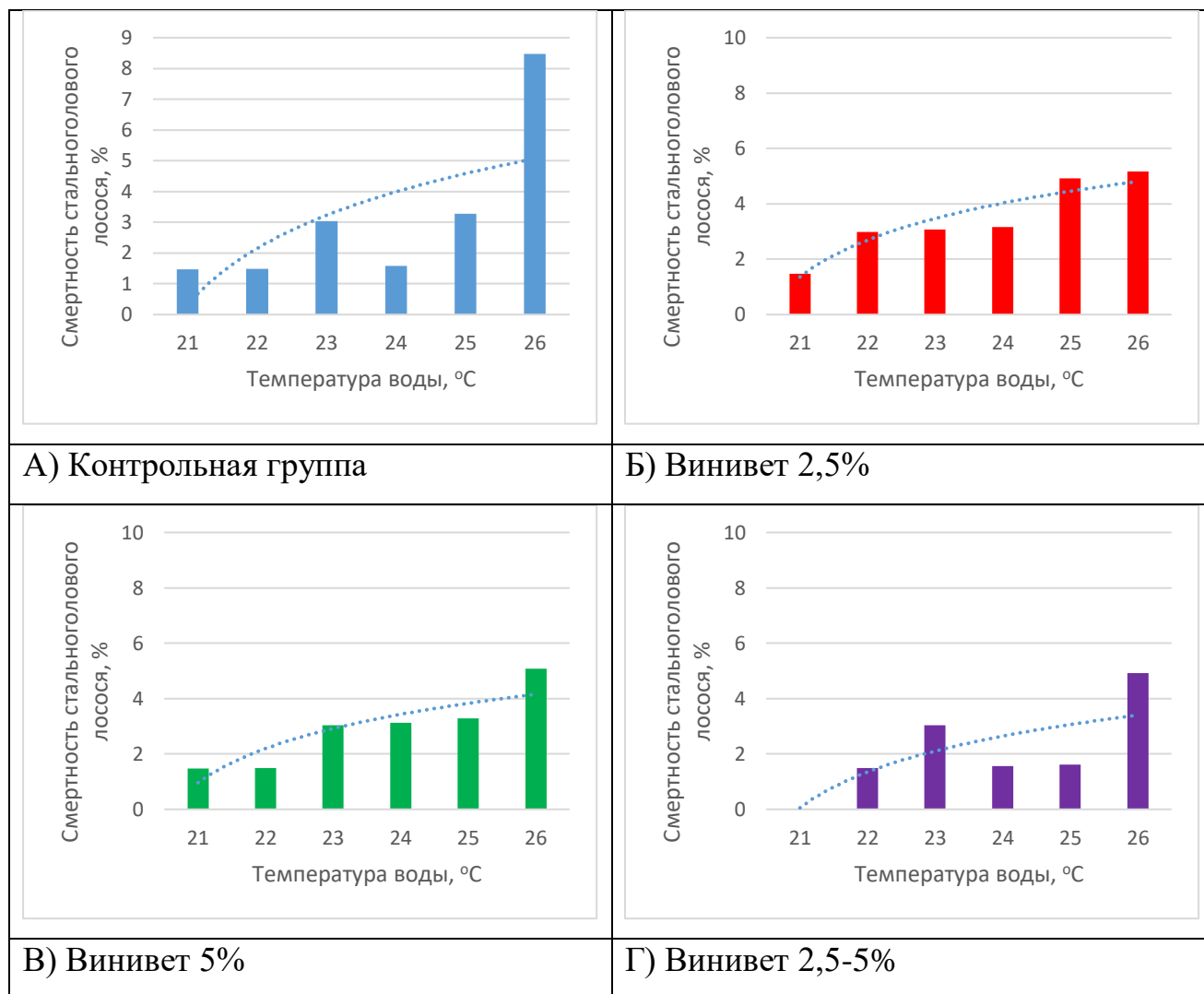


Рисунок 15 – Смертность стальноголового лосося в контрольной и экспериментальной группах при различных температурах в 3-й серии эксперимента

Из данных на рисунке 15 видно, что смертность в контрольной и экспериментальной группах отличаются в зависимости от температуры. Выживаемость в зависимости от температуры в контрольной группе описывается формулой  $y = 0,0265\ln(x) + 0,0031$ . Выживаемость в группе, получавшей корм с внесением 2,5% кормовой добавки «Винивет» описывается формулой  $y = 0,0193\ln(x) + 0,0135$ , при максимальных температурах 25 и 26 °C в данной группе был отмечен рост смертности до 4,92% и 5,17%. В группе, получавшей корм с добавлением 5% кормовой добавки «Винивет» выживаемость при повышении

температуры описывается формулой  $y = 0,0178\ln(x) + 0,0096$ , при температурах 25 и 26 °С выживаемость составила соответственно 3,28% и 5,08%. Мягче всех на повышение температуры отреагировала группа, в которой процент включения кормовой добавки «Винивет» был повышен с 2,5% до 5%, при температуре 25 °С выживаемость составила 1,61%, при температуре 26 °С – 4,92%, выживаемость описывается формулой  $y = 0,0187\ln(x) + 0,0005$ .

Все 3 группы, получавшие кормовую добавку «Винивет» показали высокую по сравнению с контрольной группой выживаемость, что позволяет сделать вывод о повышении жизнестойкости молоди при внесении в корм данных кормовых добавок. Показатели выживаемости в контрольной группе были сопоставимы или равны с экспериментальными при температурах от 21 до 24 °С, но при более критических температурах смертность в контрольной группе оказалась 8,41%, более, чем в полтора раза выше, чем в каждой из экспериментальных групп. Экспериментальная группа 3, в которой присутствовал период адаптации к кормовой добавке «Винивет», показала самые высокие результаты выживаемости, что позволяет сделать вывод о необходимости наличия адаптационного периода при использовании данной кормовой добавки.

Еще одним важным рыбоводным показателем, влияющим на экономическую эффективность рыбоводного предприятия, является относительный среднесуточный прирост живой массы рыбы. Данные по среднесуточному приросту массы молоди стальноголового лосося в 3 серии эксперимента приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Относительный среднесуточный среднештучный прирост в 3 серии эксперимента по неделям, %

Неделя	Группа			
	Контроль	«Винивет» 2,5%	«Винивет» 5%	«Винивет» 2,5-5%
1	8,40±1,43	7,70±0,75	6,88±0,89	7,94±0,84
2	4,51±0,89	3,40±0,58	4,06±0,53	3,55±0,45
3	2,53±0,59	3,08±0,51	2,57±0,40	2,49±0,32
4	2,00±0,61	2,06±0,34	2,14±0,39	2,41±0,4
5	3,67±0,48	3,11±0,38	3,28±0,36	3,52±0,36
6	3,14±0,43	3,08±0,35	3,25±0,37	3,28±0,31
7	1,67±0,25	1,86±0,24	2,38±0,22	2,59±0,27
8	2,18±0,36	1,85±0,21	2,59±0,24	2,53±0,28
9	1,71±0,21	1,94±0,20	2,71±0,29	2,53±0,31
10	1,55±0,4	1,86±0,24	2,19±0,27	2,67±0,25

Как видно из данных таблицы 16, в первую неделю исследований наивысший показатель среднесуточного прироста был зафиксирован в контрольной группе. В дальнейшем данный показатель постоянно снижался. Поскольку на протяжении всей серии эксперимента температура воды постоянно повышалась, необходимо было оценить изменения показателей среднесуточного прироста в зависимости от изменений температуры воды во всех группах. Данные приведены на рисунках 16, 17 и 18.

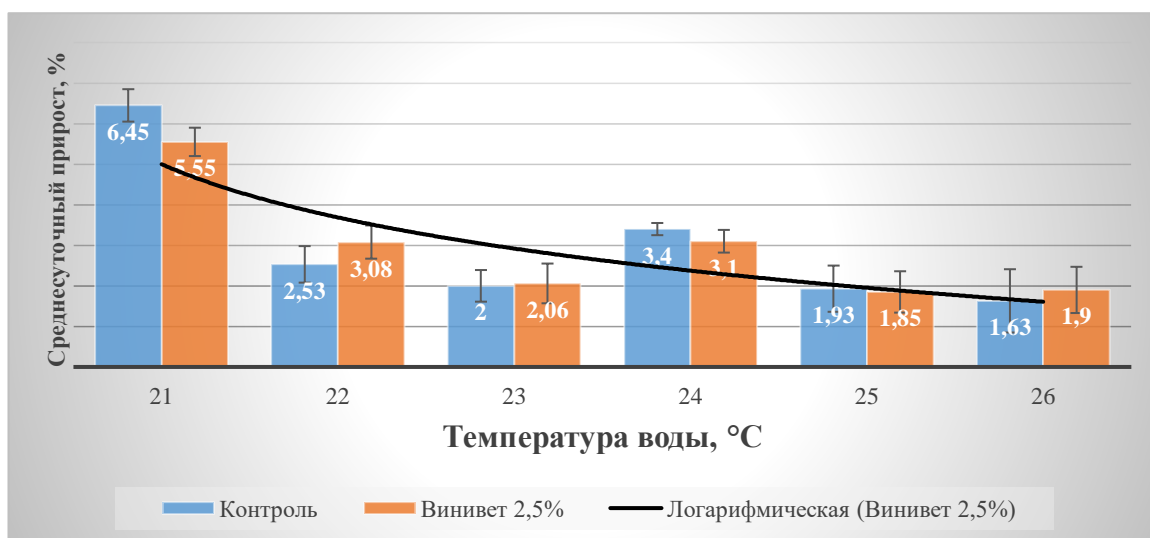


Рисунок 16 – Среднесуточный прирост стальноголового лосося в контрольной группе и в группе, получавшей 2,5% кормовой добавки «Винивет» при температурах от 21 до 26 °C

Показатели относительного среднесуточного прироста 1-й экспериментальной группы, получавшей корм с добавлением 2,5% кормовой добавки «Винивет» оказались максимально близкими к контролю – 2,06% и 1,85% при температурах 23 °C и 25 °C соответственно, при 22 и 26 °C результаты превзошли значения, полученные в контроле, соответственно 3,08% и 1,9% среднесуточного прироста. При температурах 21 и 24 °C показатели оказались ниже контрольных, составив 5,55% и 3,1%. Зависимость изменений показателей среднесуточного прироста от повышения температуры воды описывается уравнением  $y = -1,893\ln(x) + 4,9991$ .

Во 2-й экспериментальной группе, получавшей 5% кормовой добавки «Винивет» при температурах 22 и 24 °C было зафиксировано значение среднесуточного прироста, близкое к контролю – 2,57% и 3,26% соответственно, при средних температурах 23, 25 и 26 °C среднесуточный прирост был выше, чем в контроле и составил 2,14%, 2,48% и 2,45%. При температуре 21 °C среднесуточный прирост составил 5,47%, что на 0,98% ниже, чем в контрольной группе.

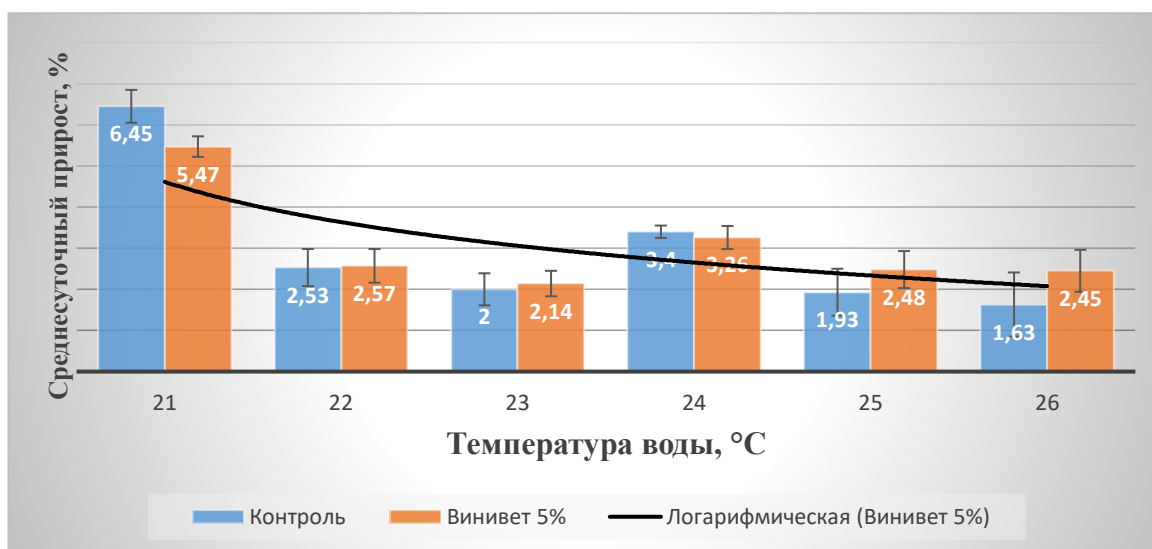


Рисунок 17 – Среднесуточный прирост стальноголового лосося в контрольной группе и в группе, получавшей 5% кормовой добавки «Винивет» при температурах от 21 до 26 °C

Зависимость изменений показателей среднесуточного прироста от повышения температуры воды описывается уравнением  $y = -1,417\ln(x) + 4,6152$  (рисунок 17).

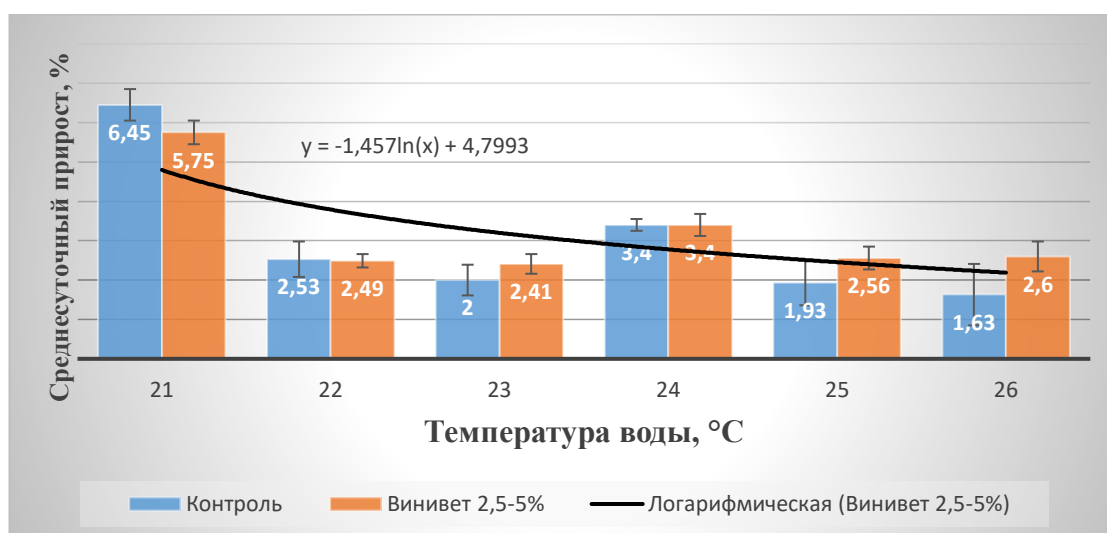


Рисунок 18 – Среднесуточный прирост стальноголового лосося в контрольной группе и в группе, получавшей 5% кормовой добавки «Винивет» (с адаптационным периодом) при температурах от 21 до 26 °C

В 3-й экспериментальной группе, получавшей сначала 2,5%, а потом 5% кормовой добавки «Винивет», зависимость относительного среднесуточного прироста от повышения температуры описывается уравнением  $y = -1,457\ln(x) +$

4,7993. В данной группе были зафиксированы наиболее высокие показатели среднесуточного прироста при максимальных температурах 25 и 26 °С – 2,56% и 2,6%. При 24 °С среднесуточный прирост был соизмерим с показателями контрольной и 2-й экспериментальной группы и составил 3,4%. Как и во всех экспериментальных группах, среднесуточный прирост при минимальной температуре 21 °С оказался ниже контроля и составил 5,75%.

При оценке качества корма важную роль играет осмотр внешних покровов, печени и кишечника рыб, на которых проводились исследования. Примеры результатов осмотра представлены на рисунке 19.

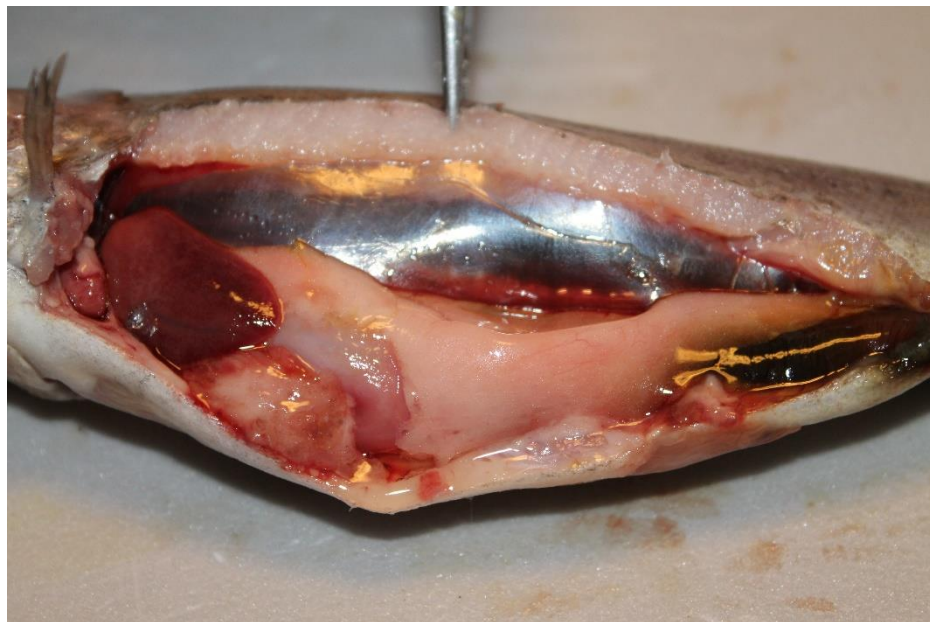


Рисунок 19 – Осмотр внешних покровов, печени и кишечника стальноголового лосося

Осмотр рыб, использованных в экспериментах, показал хорошее состояние внешних покровов, здоровый (розовый) цвет печени, ее плотную консистенцию, отсутствие кровоизлияний или признаков некроза на внутренних органах. Стенки кишечника были плотными, слизистая оболочка бархатистая, розового цвета, содержимое однородное. Желчный пузырь зеленого цвета.

Резюмируя результаты экспериментального выращивания молоди стальноголового лосося с использованием кормовой добавки «Винивет», нами были сделаны следующие выводы:

– Использование 5% кормовой добавки «Винивет» позволяет снизить стрессовую восприимчивость молоди при резких перепадах температур воды, что является актуальным при выращивании стальноголового лосося в условиях фермерских хозяйств. Во всех экспериментальных группах выживаемость была лучше, чем в контроле именно при максимальных температурах воды;

– При использовании кормовой добавки «Винивет» было отмечено наличие адаптационного периода. При добавлении 5% добавки среднесуточный прирост и выживаемость, в том числе при изменениях температуры были выше, чем в остальных экспериментальных группах, однако при такой концентрации добавки в кормосмеси была отмечена низкая выживаемость в первую неделю исследований (79,4%);

– Наилучшие рыбоводные показатели были зафиксированы в группе, где процент внесения кормовой добавки «Винивет» был увеличен после адаптационного периода с 2,5% до 5%, так как это позволило избежать потерь на ранних стадиях выращивания;

### ***3.1.3. Результаты экспериментального выращивания с добавлением в рацион кормовой добавки «ZEOL»***

Согласно В.А. Таратухину (1989) при внесении в корма для карповых и растительноядных рыб цеолитсодержащей кормовой добавки, удаётся достичь улучшения показателей выживаемости как для сеголетков, так и для двухлетков. Упомянутые экспериментальные исследования проводились на отечественном карповом корме ВР-110, в наших же исследованиях контролем служил дорогостоящий корм высокого качества, поэтому в первую очередь на этапе изучения влияния кормовой добавки «ZEOL» на молодь стальноголового лосося нам было необходимо выявить, существуют ли отличия в показателях выживаемости в контрольной группе и в группе, получавшей 5% кормовой добавки «ZEOL».

Данные о выживаемости стальноголового лосося при включении в корм добавки «ZEOL» в сравнении с контрольной группой отражены на рисунке 20.



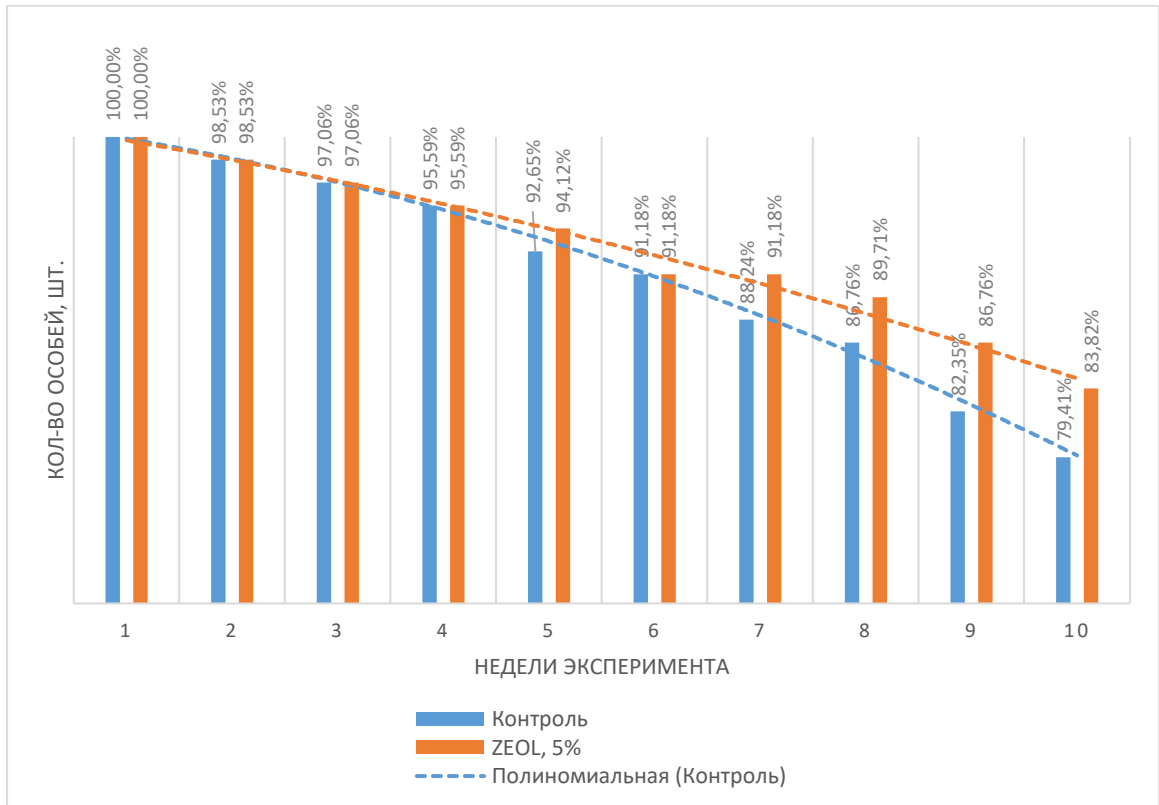


Рисунок 20 – Выживаемость в контрольной и экспериментальной (с включением 5% добавки «ZEOL») группах в 4-й серии эксперимента

В ходе эксперимента контрольная и опытная группа содержались в одинаковых условиях. Выживаемость в опытной группе за время эксперимента (10 недель) составила 83,82%, на 4,41% выше, чем в контроле. Выживаемость в опытной группе в 4 серии эксперимента описывается уравнением  $y = -0,0006x^2 - 0,0109x + 1,0093$ .

Поскольку основным показателем среды, оказывающим воздействие на эффективность фермерских форелевых хозяйств, является температура воды, нами был построен график средненедельной выживаемости в контрольной и опытной группе в зависимости от температуры воды (рисунок 21).

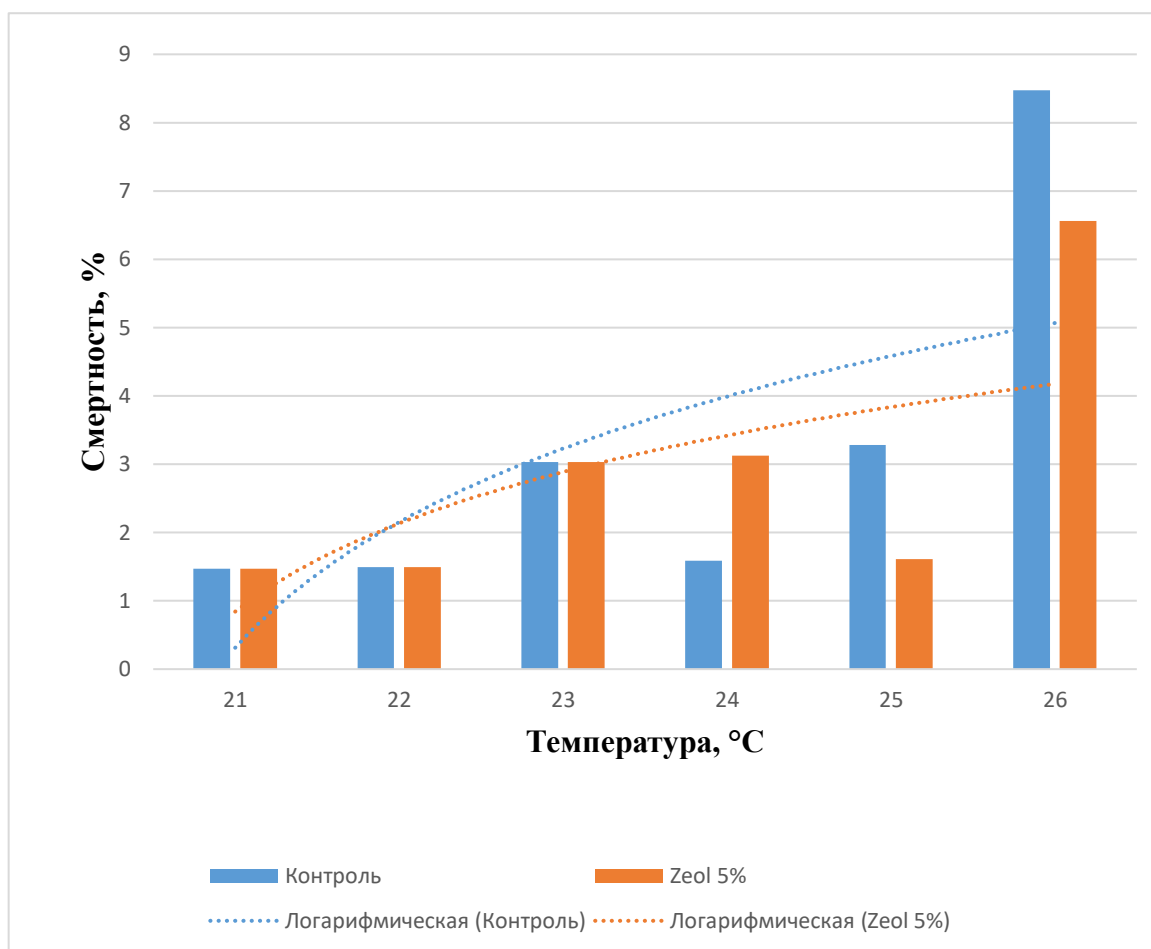


Рисунок 21 – Смертность в контрольном и экспериментальном (с включением 5% добавки «ZEOL») аквариумах в зависимости от температуры ВОДЫ

Как видно из данных, приведенных на рисунке 21, при температурах 21 и 22 °C показатели смертности в контрольной и опытной группах оказались одинаковыми и составили 1,47% и 1,49% соответственно. При дальнейшем повышении температуры до 23 °C смертность так же оказалась равной и составила 3,03% в обеих группах. При температуре 24 °C смертность в опытной группе осталась на прежнем уровне 3,13%, что оказалось выше, чем в контроле на 1,54%. При самых высоких температурах 25 и 26 °C смертность в группе, получавшей 5% кормовой добавки «ZEOL» была ниже на 1,67% и на 1,91% соответственно. По результатам данного этапа исследований нами сделан вывод о том, что в целом кормовая добавка «ZEOL» позволяет снизить смертность при выращивании молоди при критических температурах, при температурах 21-23 °C

группа, получающая корм с добавкой «ZEOL» показывает ту же выживаемость, что и группа, получающая контрольный корм.

Линейный рост среднештучной массы опытной группы в сравнении с ростом в контроле представлен на рисунке 22.

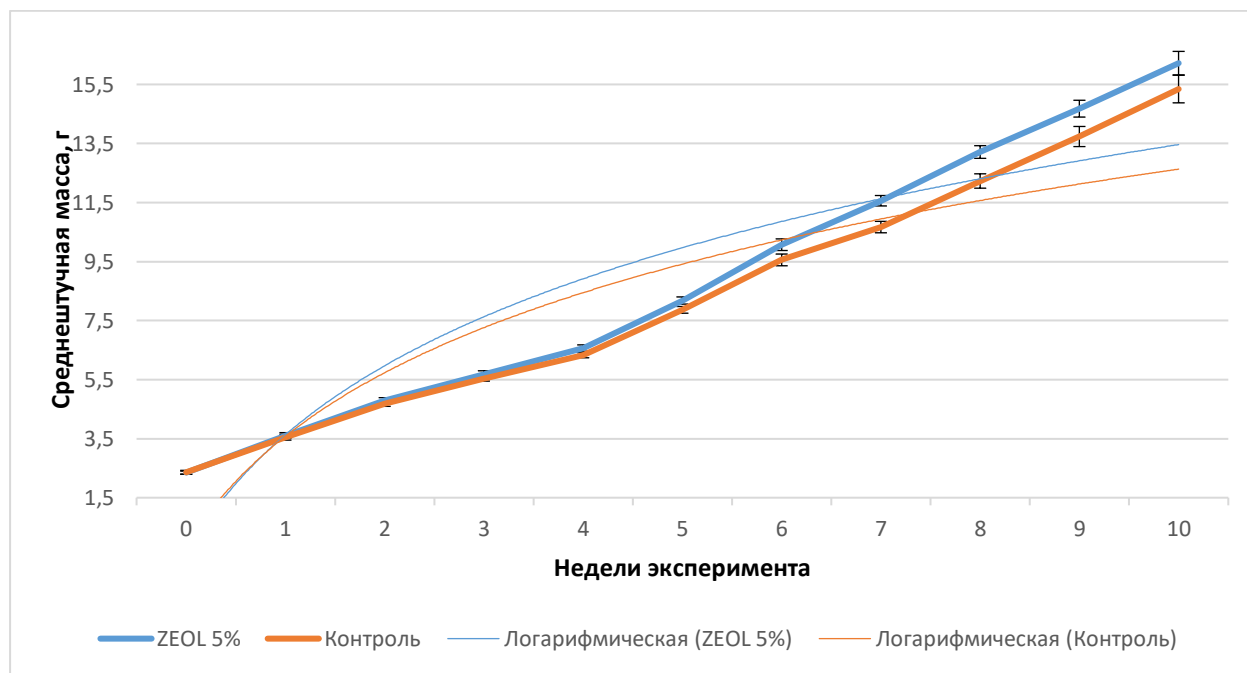


Рисунок 22 – Линейный рост среднештучной массы стальноголового лосося в контрольной и экспериментальной (с включением 5% добавки «ZEOL») группах

Как видно из данных, приведенных на рисунке 22, опытная группа, получавшая кормовую добавку «ZEOL», по итогам 10 недель выращивания выросла лучше, чем контрольная группа. По окончании 4-й серии эксперимента, среднештучная масса молоди в опытной группе составила  $16,22 \pm 3,00$  г, в контрольной –  $15,34 \pm 3,44$  г. В первые 3 недели молодь стальноголового лосося росла приблизительно соизмеримыми темпами, но начиная с 4 недели показатели в опытной группе стали отличаться в лучшую сторону по сравнению с контрольной группой. Линейный рост среднештучной массы в контрольной группе описывается уравнением  $y = 5,3086 \ln(x) - 0,0977$ , в группе, получавшей 5% кормовой добавки «ZEOL» - уравнением  $y = 5,7661 \ln(x) - 0,3637$ .

В работе С.В. Пономарёва и др. [80], рассматривающей возможность применения природных цеолитов в кормлении гибрида русского и ленского

осетра, в работе Ж.А. Панчихиной [75] по оценке эффективности цеолитсодержащих добавок в кормлении бестера выявлено влияние цеолитсодержащих добавок на среднесуточный прирост рыб (на 14,4% выше по отношению к контролю у С.В. Пономарёва и на 21% выше по отношению к контролю у Ж.А. Панчихиной) [75, 80].

В рамках нашего исследования было необходимо в том числе выявить показатели среднесуточного прироста стальноголового лосося в условиях высоких температур и сравнить их с контрольными. Сравнение среднесуточного прироста в контрольном и экспериментальном аквариумах отражены на рисунке 23.

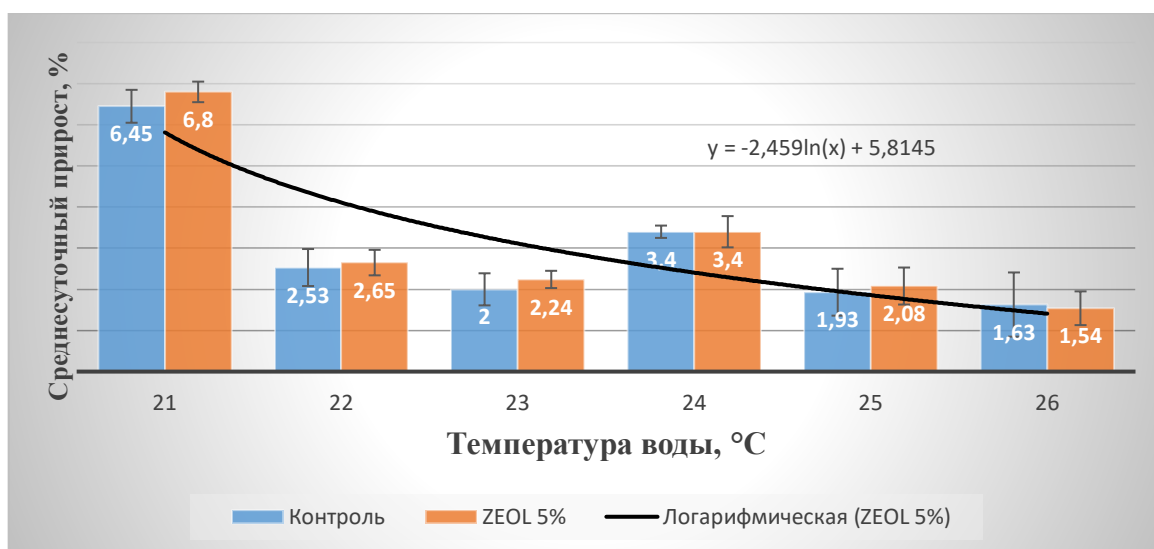


Рисунок 23 – Среднесуточный прирост в контрольном и экспериментальном (с включением 5% добавки «ZEOLO») аквариумах

Как видно из данных на рисунке 23, среднесуточный прирост в опытной группе почти при любых температурах был выше, чем в контрольной. При температурах 21, 22 и 23 °C молодь прирастала в среднем соответственно на 0,35%, 0,12% и 0,24% больше, чем в контрольной группе. При температуре 24 °C в контрольной и опытной группе были зафиксированы равные показатели среднесуточного прироста (по 3,4%), при температуре 25 °C группа, получавшая 5% кормовой добавки «ZEOLO» приросла на 0,15% больше, чем в контроле. Лишь при максимальной температуре 26 °C среднесуточный прирост в опытной группе

был зафиксирован ниже на 0,09%, чем в контрольной группе. Тем не менее, за весь период 4 серии эксперимента (10 недель), среднесуточный прирост в группе, получавшей кормовую добавку «ZEOL» составил 8,43%, в контроле – 7,58%. Среднесуточный прирост молоди стальноголового лосося в условиях повышения температуры с 21 до 26 °С описывается уравнением  $y = -2,459\ln(x) + 5,8145$ .

Ещё одним важным рыбоводным показателем, оказывающим прямое влияние на экономическую эффективность рыбоводного предприятия, является значение затрат корма на единицу произведенной рыбной продукции – кормовой коэффициент. В работе Таратухина по применению цеолитсодержащих добавок в кормлении карпа и растительноядных рыб затраты корма составили 1,4 кг на 1 кг прироста рыбы [94], в работе С.В. Пономарёва и др. показатель затрат корма при выращивании гибрида русского и ленского осетра составил 1,2 кг на 1 кг прироста рыбы [80]. Нами была поставлена цель определения затрат корма на единицу продукции при включении 5% кормовой добавки «ZEOL».

В таблице 17 представлены данные по показателю кормового коэффициента в 4 серии эксперимента.

Таблица 17 – Затраты кормов при кормлении стальноголового лосося контрольным кормом и кормом с добавлением 5% кормовой добавки «ZEOL».

Показатель	Контроль	Опыт
Общая ихтиомасса в начале эксперимента, г	160,48	159,80
Общая ихтиомасса в конце эксперимента, г	828,58	924,54
Прирост общей ихтиомассы	668,10	764,74
Задано кормов, г	1930,99	2078,37
<b>Кормовой коэффициент</b>	<b>2,89</b>	<b>2,72</b>

Из данных таблицы 17 видно, что изначально в опытной и контрольной группах содержались особи примерно равной ихтиомассы, но к концу эксперимента, прирост общей ихтиомассы в опытной группе, получавшей 5% кормовой добавки «ZEOL» оказался выше на 14,46%, чем в контроле. Этому поспособствовал тот факт, что благодаря внедрению кормовой добавки ZEOL

кормовой коэффициент оказался выше на 6,25%. Анализируя эти данные, мы сделали вывод о том, что включение кормовой добавки «ZEOL» в условиях фермерского хозяйства, позволяет повысить эффективность использования корма.

Поскольку эксперимент проводился в условиях экстремальных температур, необходимо было проследить динамику изменения показателей эффективности кормов при включении кормовой добавки «ZEOL» при различных температурах, данные приведены на рисунке 24.

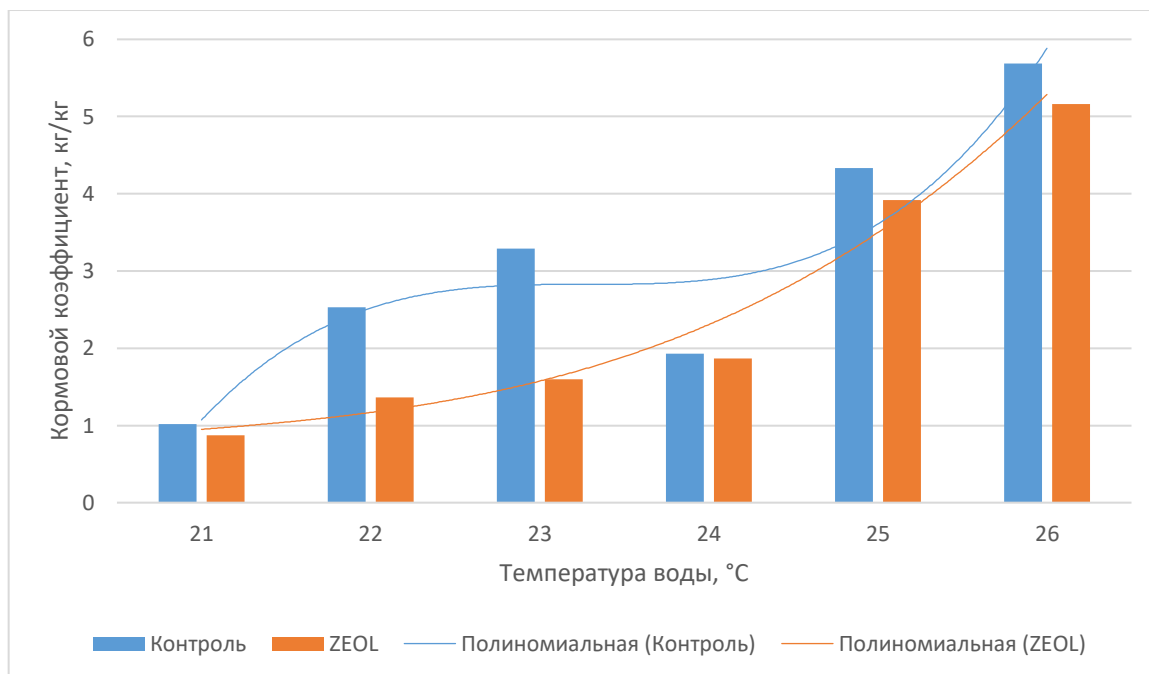


Рисунок 24 – Кормовой коэффициент в контрольной и экспериментальной (с включением 5% добавки «ZEOL») группах в зависимости от температуры воды

Как видно из данных рисунка 24, кормовой коэффициент в опытной группе, получавшей 5% кормовой добавки «ZEOL», был ниже, чем в контрольной группе, на протяжении всех 10 недель эксперимента. В первую неделю, при наиболее благоприятной температуре воды 21 °C в опытной группе был зафиксирован кормовой коэффициент 0,87, в контрольной группе – 1,02. При повышении температуры до 22 и 23 °C в опытной группе показатели кормового коэффициента выросли незначительно – до 1,36 и 1,6 соответственно, в то время, как в контрольной группе кормовой коэффициент при температуре 22 °C поднялся до 2,53, а при 23°C – до 3,29. Важно отметить, что при температуре 24 °C кормовой

коэффициент в контроле почти нормализовался, снизившись до 1,93 (в опытной группе 1,87), что означает, что стальноголовой лосось способен расти и эффективно конвертировать корм при таких температурах. При дальнейшем повышении температуры, кормовой коэффициент в обеих группах стал интенсивно расти и составил при 25 °С 4,33 в контроле и 3,92 в опыте, при 26 °С 5,69 в контроле и 5,16 в опыте. Зависимость изменения кормового коэффициента в контрольной группе описывается уравнением  $y = 0,1499x^3 - 1,4703x^2 + 4,8084x - 2,4167$ . Зависимость изменения кормового коэффициента при включении в корм 5% кормовой добавки «ZEOL» описывается уравнением  $y = 0,0227x^3 - 0,0419x^2 + 0,1854x + 0,7833$ .

Осмотр внешних покровов и внутренних органов рыб, использовавшихся в экспериментах, показал их здоровое состояние, без отклонений от нормальных значений.

Резюмируя результаты экспериментального выращивания молоди стальноголового лосося с использованием кормовой добавки «ZEOL», нами были сделаны следующие выводы:

– Включение 5% кормовой добавки «ZEOL» в рацион молоди стальноголового лосося не вызывает повышенной смертности, так как выживаемость в опытной группе за весь период эксперимента составил на 4,41% выше, чем в контрольной;

– Группа, получавшая кормовую добавку «ZEOL» показала значительно лучшие результаты по затратам кормов, что может означать благоприятное воздействие кормовой добавки на качественные и количественные показатели используемого корма. За период исследования затраты корма в опытной группе были отмечены на 6,25% выше, чем в контрольной группе;

### **3.2. Исследование химического состава корма, кормовых добавок и рыб, выращенных с их применением**

В таблице 21 приведены данные по химическому составу молоди радужной форели (стальноголовой лосось) из рыбоводных установок на замкнутом

водообороте на артезианской воде (Подмосковье) и на воде из городской системы водоснабжения (г.Казань). При этом форель характеризуется одним и тем же происхождением и кормилась весь период одинаковыми комбикормами (БиоМар).

В таблице 18 приведены данные по химическому составу молоди радужной форели, которая была привезена из Москвы, адаптирована на тех же кормах к условиям УЗВ г. Казани на городской воде и кормилась в эксперименте. Данные по составу макроэлементов в сухом веществе радужной форели свидетельствуют об относительном снижении концентрации кальция с возрастом, что закономерно и говорит об увеличении соотношения мышечная ткань – скелет.

Таблица 18 – Особенности соотношения (%) химических элементов

Элемент	Сеголетки форели (стальноголовый лосось)		Корм «БиоМар»	Кормовая добавка «Винивет»
	Подмосковье, артезианская вода	г. Казань, вода из городской сети		
P	1,31	1,77	1,11	1,54
S	0,0043	0,76	-	0,0069
Cl	0,058	0,95	1,31	0,12
K	1,44	1,67	1,26	0,82
Ca	3,41	4,18	3,11	4,86
Fe	0,19	0,4	0,05	0,0076
Mn	0,05	0,45	0,01	0,0027
Zn	0,11	0,91	0,15	0,08
Br	0,001	0,20	0,02	0,0006
Cu	0,0065	0,40	0,005	0,0036
Sr	0,39	0,40	0,03	0,22
V	0,0033	-	-	-
Cr	0,05	0,9	0,0005	0,0001
Ni	0,03	0,10	-	-
Rb	0,0009	0,1	0,0006	0,0008
Pb	0,0003	0,8	0,0001	0,0004



Из данных по составу макроэлементов в сырой разводимой радужной форели видно, что уровень содержания фосфора и калия сохраняется высоким.

Таблица 19 – Содержание макроэлементов в сухом веществе (г/кг) в радужной форели

Храктеристика образца	Макроэлементы		
	Ca	P	K
Молодь форели (целая, контроль, Москва)	34,101	13,127	14,409
Молодь форели (целая, контроль, Казань)	41,757	17,770	16,714
Форель, 6 мес. (целая, контроль, Казань)	17,8	13,02	14,8
Форель, 6 мес. (мышцы, контроль, Казань)	17,37	12,35	14,0

В соответствии с нормами физиологических потребностей [69] рекомендуемая суточная потребность для женщины (1 категории подвижности) в ряде основных макроэлементах удовлетворяется порцией 100 г разводимой сырой форели (таблица 20).

Таблица 20 – Содержание макроэлементов в сырой (г/кг) разводимой радужной форели [69]

Храктеристика образца	Макроэлементы				
	Ca	P	K	Mg	Na
Форель товарная (мышцы)	0,025	0,226	0,377	0,025	0,051

Кальций является ключевым элементом для формирования минерального костного матрикса. Без него невозможно нормальное функционирование нервной и мышечной систем организма.

Максимальная рекомендованная доза не должна превышать 2500 мг в сутки. В разных странах средняя дозировка кальция составляет от 680 до 950 мг в сутки, в России — от 500 до 750 мг в сутки.

Нами было проведено сравнение содержания химических элементов в корме «Биомар», использованном в эксперименте, в кормовой добавке «Винивет»,

а так же в молоди стальноголового лосося, выращенного на корме «Биомар» с включением кормовой добавки «Винивет». Данные приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Результаты анализа содержания химических элементов (мг/кг) в кормах для форели и в выращенной на них форели

Элемент	Рыба (целая)	БиоМар	Винивет	ПДК, мг/кг
Al	2,6	4,4	8,7	
Na	918	424	25	
Mg	101	90	144	
Fe	21,4	30	12	200,0
Mn	1,8	5,2	12,4	
Zn	6,3	7,3	8,0	100,0
Cu	5,2	4,4	3,6	80,0
Pb	0,3	0,3	0,05	5,0
Hg	0,005	0,01	0,004	0,1
Se	0,13	0,09	0,10	2,0
Ag	0,04	0,12	0,09	
As	0,02	0,03	0,04	2,0
B	0,1	0,7	12	
Ba	0,6	0,4	3,5	
Cd	0,007	0,02	0,04	0,4
Co	0,01	0,013	0,02	3,0
Cr	0,01	0,03	0,04	2,0
Li	0,15	0,08	0,04	
Mo	0,04	0,12	0,06	3,0

В таблице 22 приведены данные по химическому составу молоди стальноголового лосося (целого) из рыбоводных установок на замкнутом водообороте на артезианской воде (Подмосковье) и на воде из городской системы водоснабжения (г. Казань), для сравнения приведен состав корма «Биомар» и кормовых добавок на основе цеолитов и отходов пчеловодства.

Как видно из приведенных в таблице 25 данных форель, содержащаяся на одинаковых кормах, но разной воде имеет значительные отличия в химическом составе.

Таблица 22 – Особенности соотношения (%) химических элементов

Элемент	Сеголетки форели (стальноголовый лосось)		Корм «Биомар»	Кормовая добавка «ZEOL»	Кормовая добавка «Винивет»
	Подмосковье, артезианская вода	г. Казань, вода из городской сети			
Al			-	1,53	-
Si			-	28,42	-
P	1,31	1,78	1,11	-	0,32
S	0,0043	0,76	-	-	0,12
Cl	0,058	0,95	1,31	-	-
K	1,44	1,67	1,26	2,53	0,88
Ca	3,41	4,18	3,11	3,72	0,17
Fe	0,19	0,37	0,05	5,96	0,89
Mn	0,05	0,46	0,01	0,19	0,013
Zn	0,11	0,91	0,15	0,28	0,13
Br	0,001	0,18	0,02	-	-
Cu	0,0065	0,42	0,005	0,044	0,0019
Sr	0,39	0,41	0,03	0,43	0,074
V	0,0033	-	-	0,17	-
Cr	0,05	0,08	0,0005	0,24	-
Ni	0,03	0,11	-	0,11	0,029
Ba	-	-	-	-	0,15
Rb	0,0009	0,01	0,0006	0,33	0,56
Pb	0,0003	0,0001	0,0001	0,69	0,0015

Макро- и микроэлементы по уровню значимости для человеческого организма делятся на группы:

- эссенциальные или жизненно важные элементы: относятся все макроэлементы – Н, О, С, N, Са, Cl, F, К, Na, Mg, S, Р и восемь микроэлементов – Cr, Cu, Fe, I, Мо, Mn, Zn, Se;
- жизненно важные или условно эссенциальные элементы, которые в повышенных дозах, могут привести к патологическим изменениям в организме – V, В, Со, Ge, Si, Li;
- потенциально токсичными микроэлементами и ультрамикроэлементами являются многие элементы Периодической системы Д.И. Менделеева – As, Ag, Br, Au, Се, Cs, Dy, Er, Ga, Gd, Hf, Eu, Ho, Ir, La, Nb, In, Ni, Lu, Nd, Pr, Pt, Os, Pd, Rb, Rh, Re, Sb, Ru, Sm, Sr, Sc, Sn, Th, Ta, Te, Tm, Tb, Ti, W, U, Yb, Zr, Y;

➤ токсичные элементы, к которым относятся – Al, Ba, Pb, Be, Cd, Hg, Bi [31].

Поскольку от исходных компонентов кормов и их состава зависит качество товарной рыбы, исследовался аминокислотный, витаминный и макро- и микроэлементный состав полученных продуктов – субстанции «Перга очищенная», субстанции «Мерва» и кормовой добавки для рыбных кормов «Винивет F» на их основе. Результаты исследования отражены в таблицах 23-25.

Сравнительный анализ химического состава пчелопродуктов и биокомплексов на их основе показал, что в процессе технологической обработки пчелиной перги и мервы их первоначальный состав полностью сохраняется.

Таблица 23 – Усредненный аминокислотный состав биологически активных субстанций и кормовой добавки «Винивет F» .

Показатель	Субстанция «Перга очищенная»	Субстанция «Мерва»	Кормовая добавка «Винивет F »
	%		
Аланин	1,84	0,4	0,137
Аргинин	0,89	9,3	3,078
Аспарагиновая кислота	2,10	16	5,326
Валин	1,10	1,2	0,213
Гистидин	0,93	9,1	3,0
Глицин	0,84	18,4	6,073
Глутамин	-	1,4	0,461
Глутаминовая кислота	2,24	5,4	1,80
Изолейцин	0,92	3,6	1,191
Лейцин	1,50	2,3	0,80
Лизин	1,00	3,8	1,27
Метионин	0,62		
О-фосфо-L-серин	Не обнаружено	12	3,956
Триптофан	2,11	2,28	2,01
Пролин	2,05		
Серин	1,05	9,3	3,07
Тирозин	0,65		
Треонин	0,97	1,3	0,429
Фенилаланин	0,88	1,2	0,41
Цистеин	2,44	-	0,0008

Таблица 24 – Усредненный витаминный состав биологически активных субстанций и кормовой добавки «Винивет F».

Показатель	Субстанция «Перга очищенная»	Субстанция «Мерва»	Кормовая добавка «Винивет F»
	мг/кг		
A	0,7	Не обнаружено	0,007
B <sub>1</sub>	8	1,5	1,57
B <sub>2</sub>	5,5	3,5	3,5
B <sub>3</sub>	36	Не обнаружено	0,42
B <sub>5</sub> (PP)	51	Не обнаружено	0,51
B <sub>6</sub>	21	Не обнаружено	0,21
B <sub>12</sub>	2	Не обнаружено	0,02
B <sub>c</sub>	1,2	0,8	0,08
C	1080	Не обнаружено	11,2
D <sub>3</sub>	4	Не обнаружено	0,09
E	12	8,7	8,64
H	0,8	Не обнаружено	0,008
K <sub>3</sub>	39,4	7,1	19

Таблица 25 – Усредненный химический состав биологически активных субстанций и кормовой добавки «Винивет F»

Показатель	Субстанция «Перга очищенная»	Субстанция «Мерва»	Кормовая добавка «Винивет F»
	%		
Влага	6,05	8,2	8,2
Сырой протеин	22,50	33,3	30,1
Сырая клетчатка	2,62	6,1	5,0
М.Д. жира	1,04	2,1	1,9
<b>Углеводы, %</b>			
Глюкоза	23,7	1,78	2
Фруктоза	10,52	3,64	3,71
Сахароза			
<b>Макро- и микроэлементы, мг/кг</b>			
Железо	47,59	102,83	102,3
Цинк	18,53	59,54	59,1
Марганец	19,84	31,77	31,6
Медь	0,083	0,243	0,241
Кобальт			1,2
Молибден			1,2
Фосфор			4,7 г/кг
Калий			0,7 г/кг
Кальций			3,2 г/кг

Как показали исследования в составе кормовой добавки «Винивет F» присутствуют все витамины, как жиро-, так и водорастворимые; широко

представлены макро- и микроэлементы; а выявленный состав незаменимых и заменимых аминокислот в добавке превосходит по своей сбалансированности любой искусственно созданный продукт.

Практическое отсутствие тяжелых металлов, радионуклидов, пестицидов и других вредных веществ не загрязняет аквакультуры водоемов. Более того свойства кормовой добавки «Винивет», обусловленные ее уникальным составом, способствуют ускоренной элиминации токсичных веществ из организма рыбы. В связи с этим повышается качество товарной рыбы, что способствует улучшению здоровья людей.

Нами так же было уделено внимание качественному составу корма «Биомар» и кормовой добавки «Винивет» в сравнении с ГОСТ для форелевых кормов, данные представлены в таблице 26

Таблица 26 – Качественные показатели корма «Биомар» и кормовой добавки «Винивет»

Показатель	Биомар [134]	Винивет [6]	ГОСТ [23]
Влага, %	10	8,2	Не более 13,5
Сырой протеин, %	56	30,1	Не менее 50
Сырой жир, %	18	1,9	Не менее 11
Клетчатка, %	0,3	5,0	Не более 1,5
Зола, %	11,0	10	Не более 11

На рисунке 25 представлено соотношение химических элементов в молоди стальноголового лосося, выращенного на контрольном корме.

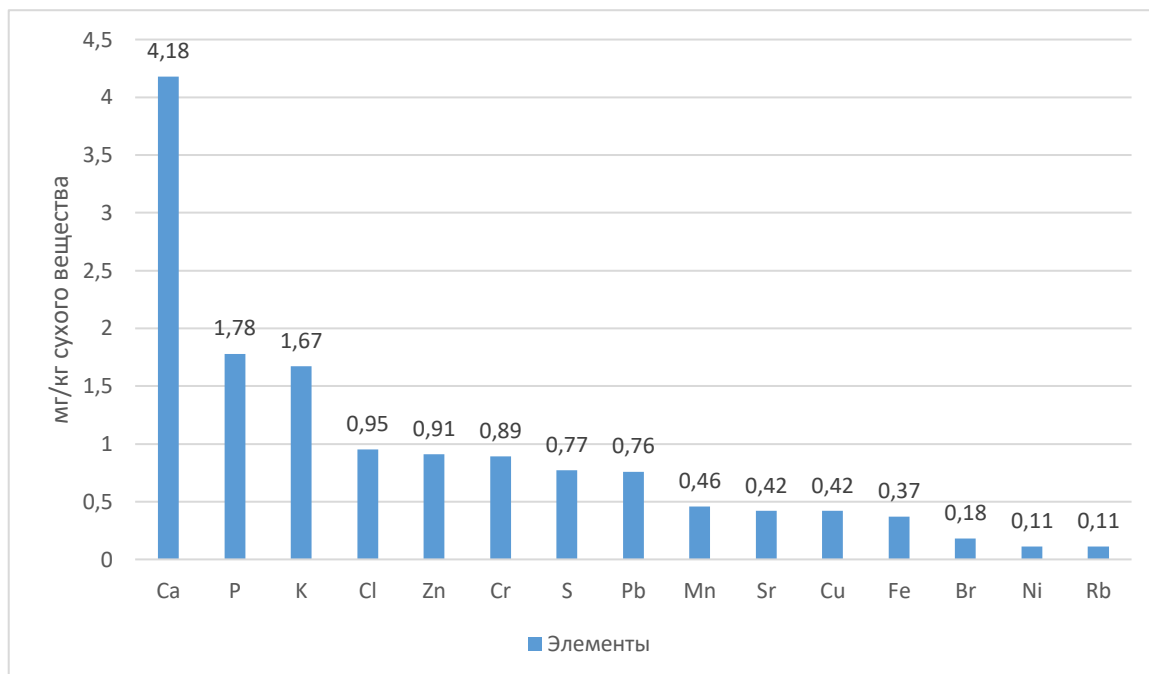


Рисунок 25 – Соотношение (% по сухой массе) химических элементов в молоди стальноголового лосося, выращенного на контрольном корме

Химический анализ выявил в составе 15 элементов, из которых в максимальном количестве в сухом остатке встречается кальций. Отмечены следующие последовательности содержания элементов: Ca>P>K>Cl>Zn>Cr>S>Pb>Mn>Sr>Cu>Fe>Br>Ni>Rb.

Соотношение химических элементов в молоди стальноголового лосося, выращенного на корме с добавлением кормовой добавки «Винивет» представлено на рисунке 26.

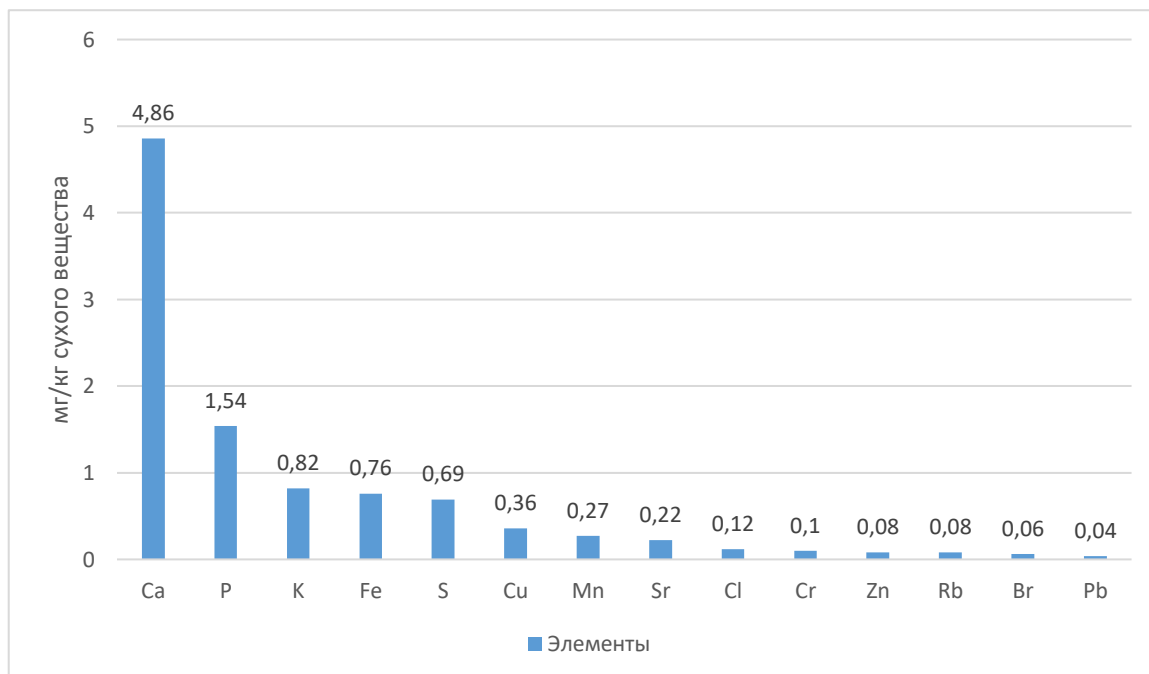


Рисунок 26 – Соотношение (% по сухой массе) химических элементов в молоди стальноголового лосося, выращенного на контрольном корме с включением 5% кормовой добавки «Винивет»

Как видно из данных на рисунке 28, в сухой массе Стальноголового лосося с включением 5% кормовой добавки «Винивет» было выявлено 14 химических элементов, в отличие от контрольных образцов, никель выявлен не был. Последовательность содержания элементов тоже оказалась иной: Ca>P>K>Fe>S>Cu>Mn>Sr>Cl>Zn>Rb>Br>Pb. Отметим снижение, по сравнению с контролем содержание свинца в сухой массе, что может говорить о способности кормовой добавки «Винивет» выводить некоторые токсичные вещества из организма рыбы.

Соотношение химических элементов в молоди стальноголового лосося, выращенного на корме с добавлением кормовой добавки «ZEOL» представлено на рисунке 27.



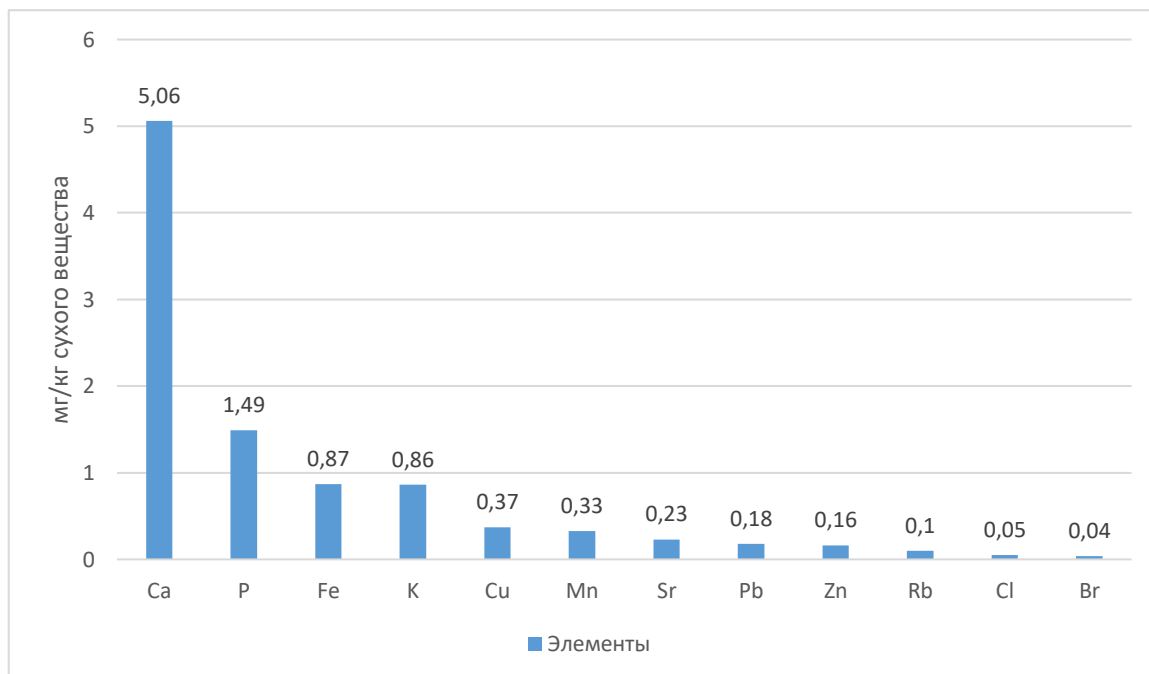


Рисунок 27 – Соотношение (% по сухой массе) химических элементов в молоди стальноголового лосося, выращенного на контрольном корме с включением 5% кормовой добавки «ZEOL»

Химический анализ выявил в сухой массе Стальноголового лосося 12 элементов, на 2 меньше, чем в аналогичных образцах по кормовой добавке «Винивет» и на 3 меньше, чем в контрольных образцах. Химические элементы представлены в следующей последовательности: Ca>P>Fe>K>Cu>Mn>Sr>Pb>Zn>Rb>Cl>Br. Свинец в образцах присутствовал, но отсутствовал хром, другой тяжёлый металл, подлежащий контролю по санитарным нормам.

По многим классификациям, к группе тяжелых металлов относятся более 40 элементов с относительной плотностью более 5 г/см<sup>3</sup> [31]. Металлы, которые находят широкое применение в промышленной деятельности и накапливаются в окружающей среде, представляют серьезную опасность с точки зрения их биологической и химической активности. Классы опасности тяжелых металлов (СанПиН 42-128-4433-87): I класс (высоко опасные) – мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец; II класс (умеренно опасные) – кобальт, никель, молибден, медь, цинк, хром; III класс (мало опасные) – марганец, ванадий, барий, вольфрам, стронций. В России по санитарным нормам СанПиН 2.3.2.1078-1 подлежат

контролю шесть тяжелых металлов: ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, олово и хром.

### **3.3. Экономическая эффективность использования кормовых добавок «Винивет» и «ZEOL» в кормлении молоди стальноголового лосося**

В настоящее время как в Российской Федерации, так и в Республике Татарстан планируется проведение работ по увеличению объемов производства рыбы методами аквакультуры.

Для обеспечения продовольственной безопасности страны, улучшения обеспеченности населения ценными продуктами питания, а перерабатывающей промышленности – сырьем, в ближайшие годы предстоит существенно увеличить объемы производства мяса, рыбы, молока и других продуктов животноводства. Для достижения поставленной цели необходимо обеспечить проявление генетического потенциала продуктивности животных, птицы и рыб, что возможно при полноценном кормлении.

В настоящее время в Республике Татарстан производители, специализирующиеся на выращивании рыбы, вынуждены самостоятельно изготавливать корма или закупать их на стороне. Корма, удовлетворяющие по задачам выращивания рыб, имеют импортное происхождение (Дания, Франция, Финляндия и др.), дороги и не всегда доступны в связи с политическими ситуациями. Отечественные корма часто не удовлетворяют требованиям производства, имеют не стабильный состав и не менее дороги, чем импортные. В связи с этим ухудшаются как экономические показатели (себестоимость) выращивания рыбы, так и возможности стабильного развития рыбоводства в РТ. В рамках общей программы по развитию рыбоводства в Республике Татарстан, производство высококачественных, конкурентоспособных, эффективных кормов в самой республике становится особенно актуальным.

Заключительным этапом анализа эффективности кормовых добавок «Винивет» и «ZEOL» в кормлении стальноголового лосося является расчёт экономической эффективности их включения в корма.

В расчете экономической эффективности включения в кормление стальноголового лосося кормовых добавок «Винивет» и «ZEOL» нами были приняты во внимание условия фермерского хозяйства, характеризующиеся высокой температурой и относительно небольшой мощностью (10 тонн). Иными словами, нами рассчитывался экономический эффект от внедрения кормовых добавок в условиях форелевого хозяйства фермерского типа при производстве 10 тонн посадочного материала среднештучной массой 20 г. Данные представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Экономическая эффективность выращивания стальноголового лосося с использованием кормовых добавок «Винивет» и «ZEOL»

Показатель	Группы		
	Контроль	Контроль+5% «Винивет»	Контроль+5% «Zeol»
Ихтиомасса в начале опыта, кг	1 250	1 176,48	1 190,48
Ихтиомасса в конце опыта, кг	10 000	10 000	10 000
Общий прирост, кг	8 750	8 823,52	8 809,52
Расходы на посадочный материал, руб.	9 375 000	8 823 540	8 928 585
Затраты кормов на 1 кг прироста, кг	2,89	2,84	2,72
Стоимость скормленного корма, руб.	5 057 500	4 761 171,39	4 552 759,94
Стоимость скормленной кормовой добавки, руб.	-	150 352,78	23 961,89
Выручка от проданной рыбы, руб.	16 000 000	16 000 000	16 000 000
Себестоимость рыбы, руб.	14 432 500	13 735 244,2	13 505 306,80
Прибыль от продажи рыбы, руб.	1 567 500	2 264 755,83	2 494 693,17
Дополнительная прибыль, руб.	-	697 255,83	927 193,17
Уровень рентабельности, %	10,86	16,79	18,47

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ и обобщение экспериментальных материалов, полученных в результате наших исследований, позволяют сделать следующие **выводы**:

1. При высоких температурах, свойственных фермерским хозяйствам, не обладающим достаточно технической оснащённостью для охлаждения воды, целесообразно выращивание радужной форели породы стальноголовой лосось, выживаемость в этих условиях остаётся в допустимых пределах (79,6 % при выращивании от 2 до 20 г).

2. Включение в корм кормовой добавки «Винивет» в количестве 2,5% от массы корма в первую неделю (адаптационный период) и 5,0% в последующем оказывает наиболее благоприятное влияние на рыбоводно-биологические показатели при выращивании стальноголового лосося именно в условиях повышения температуры воды: показатели выживаемости оказались выше на 5,88%, среднесуточный прирост при максимальных температурах в опытной группе был в ~ 1,6 раз выше, по сравнению с контролем.

3. Включение в корм кормовой добавки «ZEOL» в количестве 5,0% от массы корма в условиях высоких температур стимулирует улучшение основных рыбоводно-биологических показателей: среднесуточный прирост массы возрастает на 11,2%, выживаемость возрастает на 4,41%, затраты корма снижаются на 6,25%.

4. Кормовые добавки «Винивет» и «ZEOL» не оказывают отрицательного влияния на товарные качества и химический состав тела рыб, все изученные показатели находились в пределах нормы.

5. Включение в корм кормовых добавок «Винивет» и «ZEOL» в количестве 5% от массы корма, позволяет снизить себестоимость рыбной продукции и повысить уровень рентабельности на 5,93% и 7,61% соответственно.

### **Предложения производству**

В условиях индустриальных форелевых хозяйств при температуре 21-24 °С с целью снижения смертности молоди и затрат корма на единицу прироста массы рыбы рекомендуем:

- выращивать породу стальноголовой лосось, ввиду её толерантности к более высоким температурам.

- включать в корм 5% кормовой добавки «Винивет» (с адаптационным периодом в первую неделю выращивания при начальном включении 2,5% кормовой добавки).

- включать в корм 5% кормовой добавки «ZEOL».

### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение влияния кормовых добавок «Винивет» и «ZEOL» на более широкий спектр характеристик выращивания, в том числе для рыб старших возрастов с целью повышения эффективности выращивания лососевых.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аршавский, Д.С. Корма для рыб: особенности состава и технологии / Д.С. Аршавский [Электронный ресурс] // Международная выставка Fishtech-2016, Москва, 2016. – 2016. – URL: [http://www.fishtech-expo.ru/www\\_fishtech/files/5b/5b6ce448-5376-4058-8b10-deda9d5758ae.pdf](http://www.fishtech-expo.ru/www_fishtech/files/5b/5b6ce448-5376-4058-8b10-deda9d5758ae.pdf) (дата обращения - 15.03.2018).
2. Акимова, Т.А. Экология. Природа – Человек – Техника: Учебник для вузов / Т.А. Акимова, А.П. Кузьмин, В.В. Хаскин. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 343 с.
3. Алимов, А.М. Определение безвредности и эффективности препарата «Винивет» в качестве кормовой добавки в птицеводстве / М.Ш. Алиев, Л.Т. Ахметова, Л.Н. Маковецкая, Ж.Ж. Сибгатуллин, И.А. Егоров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2012б. – С. 3-10.
4. Ахметова, Л.Т. Биологически активные добавки на основе продуктов пчеловодства / Л.Т.Ахметова, Ж.Ж.Сибгатуллин, С.Ю.Гармонов, И.В.Зеваков // Сборник материалов 66 конференции по фармации и фармакологии "Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции". – Пятигорск. - 2011. – № 66. – С. 233-234.
5. Ахметова, Л.Т. Изучение состава кормовой добавки «Винивет» и ее влияния на энергию роста / Л.Т. Ахметова, Ж.Ж. Сибгатуллин, А.М. Алимов, Д.Н. Ефимов, Р.Т. Ахметова, Г.Ф. Кабиров // Фундаментальные исследования. 2013. № 1-1. - С. 23-26.
6. Ахметова, Л.Т. Научное обоснование и оценка эффективности применения в птицеводстве кормовой добавки, разработанной на основе сырьевых источников пчеловодства: автореф. дисс. док. биол. наук: 06.02.05, 06.02.03 / Ахметова Лилия Тимерхановна. – Казань. – 2015. – 45 с.
7. Бардач, Дж. Аквакультура / Дж. Бардач, Дж. Риттер, У. Макларни. – М.: Пищ. пром-сть. – 1978. – 291 с.

8. Белик, Э.В. Пчеловод. Словарь-справочник. / Э.В. Белик // Ростов-на-Дону.: Феникс. – 2007. – 125 с.
9. Богатова, Н.П. Модулирующее действие природного цеолита на структуру пейеровых бляшек в условиях накопления цезия / Н.П. Богатова, К.С. Голохваст, А.В. Богатов // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2009. № 3. – С. 74-77.
10. Богданов, А.С. Вопросы ихтиологии, том 7 , выпуск 1 / А.С. Богданов, Дорошев С .И ., А.Ф. Карпевич / М.: Наука, 1967. – 78 с.
11. Богерук, А.К. Каталог пород, кроссов и одомашненных форм рыб России и СНГ. /А.К. Богерук, Н.Ю. Евтихиева, Ю.И. Илясов – М.: ФГУП «Агропрогресс». – 2001. – 206 с.
12. Боровик, Е. А. Радужная форель / Е.А. Боровик. – Минск: Наука и техника, 1969. - 156 с.
13. Воробьев, Д.В. Физиолого-биогеохимические основы применения микроэлементов в аквакультуре / Д.В. Воробьев, Т.Д. Искра, В.Н. Кириллов, В.И. Воробьев – Астрахань: Изд-во ООО «ЦНТЭП», 2008. – 340 с.
14. Воробьев, В.И. Микроэлементы у растительноядных рыб / В.И. Воробьев, Н.С. Самилкин // Роль микроэлементов в жизни водоемов. – М.: Наука, 1980. – С.24-49.
15. Галатдинова, И.А. Фермерская аквакультура: краткий курс лекций для бакалавров 4 курса, профиль подготовки «Аквакультура» / И.А. Галатдинова. – ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014. – 52 с.
16. Гершанович, А.Д. Аквакультура в европейских странах / А.Д. Гершанович // Рыбное хозяйство. – 1988. - №9. – С. 16-19.
17. Голод, В.М. Новая порода форели – Рофор / В.М. Голод // Второй международный симпозиум «Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре». Матер.докл. октябрь 4-7 1999 г. – Адлер, Краснодар. – 1999. – С. 30-31.
18. Голод, В.М. Ропшинская форель / В.М. Голод, Е.Г. Терентьева // Серия: Породы и одомашненные формы рыб. Породы радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* W). – М.: «Росинформагротех», 2006. – С. 3-109.

19. Голод, В.М. К стратегии развития аквакультуры России / В.М. Голод, В.М. Крупкин, А.М. Сахаров и др. // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата. Мат. и докл. международного симпозиума. 16-18 апреля 2007 г. Астрахань. – 2007. – С. 40–42.

20. Голохваст, К.С. О протекторном действии цеолитов на систему местного иммунитета дыхательных путей / К.С. Голохваст, А.М. Паничев // Вестник новых медицинских технологий, 2008. – Т. XV. - №2. – С. 217-218.

21. Гордеева, М.Э. Комплексная оценка состояния экосистемы озер. Урбанизированные территории / М.Э. Гордеева, М.Л. Калайда // Lambert, 2015. – 237 с.

22. Горяинов, А.А. Заводское воспроизводство тихоокеанских лососей в Приморском крае (итоги 20-ти летней деятельности) / А.А. Горяинов, Н.И. Крупянко – М.: Изд-во «Арнест», 2010. – 126 с.

23. ГОСТ 10385-2014 Комбикорма для рыб. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 15 с.

24. Грачева, М.Н. Биологические основы выращивания радужной форели: Автореф. канд. биол. наук, М.Н. Грачева. – М., 1955. – 14 с.

25. Григорьев, С.С. Индустриальное рыбоводство: В 2 ч. Ч. 1. Биологические основы и основные направления разведения рыбы индустриальными методами: Учебное пособие для студентов специальности 110901 «Водные биоресурсы и аквакультура» очной и заочной форм обучения / С.С. Григорьев. Н.А. Седова. – Петропавловск-Камчатский: Камчат ГТУ. – 2008. – 186 с.

26. Дагие, В. Биологическое действие пыльцы в сравнении с пергой /В. Дагие, Н. Николау, М. Яломицяну // Продукты пчеловодства: пища, здоровье, красота. — Бухарест, 1982. – С. 126-130.

27. Дорофеева, Е.А. Сравнительно-морфологические основы систематики восточноевропейских лососей / Е.А. Дорофеева // Вопр. Ихтиологии. – 1967. - Т. 7. – вып. 1. - С. 3-17.



28. Жуку, В. Воздействие прополиса и перги при экспериментальном заражении / В. Жуку, Т. Гэдою, Р. Бабий, Е. Палош // В кн.: Продукты пчеловодства - пища, здоровье, красота. – Бухарест. – 1982. – С. 56-60.

29. Зиланов, В.К. «Три контролера» вместо хозяина / В.К. Зиланов // Рыбацкие новости. – 1999. - №33-34.

30. Ильин, Б.С. Ихтиофауна Северной Америки как источник рекрутов для акклиматизации / Б.С. Ильин. – Труды ВНИРО. – 1960. – Т.43, Вып. 1. – С. 31-36.

31. Ильин, В.Б. Элементарный химический состав растений. / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1985. – 129с.

32. Информация из Регионального доклада о состоянии и использовании земель в Республике Татарстан в 2012 году. Государственный мониторинг земель и землеустройство [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.tol6.rosreestr.ru/upload/to16/files/gos\\_zem.../gos\\_mon.doc](http://www.tol6.rosreestr.ru/upload/to16/files/gos_zem.../gos_mon.doc). (дата обращения – 12.03.2019).

33. Калайда, М.Л. Продукционная характеристика водоемов Среднего Поволжья как базы пастбищной аквакультуры (на примере Республики Татарстан) : Автореф. дис. доктора биологических наук. – Москва. – 1998. – 58 с.

34. Калайда, М.Л. История и перспективы развития рыбного хозяйства Татарстана / М.Л. Калайда. – Казань: Изд-во «Матбугатйорты», 2001. – 96 с.

35. Калайда, М.Л. Биологические основы рыбоводства: учебное пособие / М.Л. Калайда. – Казань: КГЭУ, 2013. – 151 с.

36. Калайда, М.Л. Химические особенности молоди рыб в составе гидробиоценоза мобильного биоплато / М.Л. Калайда, М.Ф. Хамитова // Бутлеровские сообщения. – 2014а. – Т.37. - №3 – С. 90-96.

37. Калайда, М.Л., Хамитова М.Ф. Особенности химического состава молоди окуня в Волжском плесе Куйбышевского водохранилища / М.Л. Калайда, М.Ф. Хамитова // Бутлеровские сообщения. – 2014б. – Т.40. – № 12. – с. 37-41.

38. Калайда, М.Л. Аквакультура как основа для улучшения качества вод в Республике Татарстан / М.Л. Калайда // Вестник НЦ БЖД. – 2016а. - №3(29). - С.115-122.
39. Калайда, М.Л. Современное состояние и задачи развития аквакультуры в Республике Татарстан. Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: материалы национальной научно-практической конференции, Саратов, 4-5 октября 2016 г. – Саратов: изд. «Научная книга». – 2016б. – С .38-45.
40. Калайда, М.Л. Качество вод как важная компонента развития форелеводческих фермерских хозяйств в поволжском регионе / М.Л. Калайда, Д.С. Дементьев // Бутлеровские сообщения. – 2017а. – Т.49. - №1. – С.145-152.
41. Калайда, М.Л. Развитие кормопроизводства – важнейшая задача развития аквакультуры в Республике Татарстан на современном этапе / М.Л. Калайда, Н.Н. Хазипов, Р.Р. Сафиуллин, Р.Г. Набиуллин, Л.Т. Ахметова, А.А. Калайда, Д.С. Дементьев // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: Материалы II национальной научно-практической конференции, Санкт-Петербург , 13-15 сентября 2017 г. под ред. А.А.Васильева. – Саратов. – 2017б. – С. 48-55.
42. Калайда, М.Л. Процессы самоочищения водных экосистем и их регуляция в условиях эвтрофирования / М.Л. Калайда // Глобальное распространение процессов антропогенного эвтрофирования водных объектов: проблемы и пути решения. Материалы международной научно-практической конференции. – Казань. – 2017в. – С.4-12.
43. Калюжная, О.В. Идентификация силикатеинов пресноводной губки *Lubomirskia baicalensis* / О.В. Калюжная, А.С. Беликова, Е.П. Подольская // Молекулярная биология. – 2007. – Т. 41. – № 4. – С. 616-623.

44. Канидьев, А.Н. Инструкция по разведению радужной форели / А.Н. Канидьев, Н.П. Новоженин, Е.А. Гамыгин, Е.Ф. Титарев. – М.: ВНИИПРХ. – 1985. – 59 с.
45. Капица, С.П. Феноменологическая теория роста населения Земли / С.П. Капица // "Успехи физических наук", 1996. – т.166. - №1.
46. Карпевич, А. Ф. Значение адаптации видов при определении их солеустойчивости / А.Ф. Карпевич. – Гидробиологический журнал, 1968. – Т.4. - №2. – С.15-23 .
47. Крайний, А.А. Сила слова [вопросы правового регулирования развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации] / А.А. Крайний // Рыбоохрана России. – 2012. – №3 – С.20–27.
48. Кожин, Н.И. Теоретические основы искусственного рыборазведения / Н.И. Кожин // Теорет. основы рыбоводства. – М., 1965. – С. 85-91.
49. Комплексный план мероприятий по развитию аквабиокультуры в Республике Татарстан на период 2017-2022 гг. Распоряжение кабинета министров Республики Татарстан. [Электронный ресурс]. – 2017. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/446457359> (дата обращения – 10.12.2017)
50. Крупкин, В.З. Комбинированный метод товарного выращивания садковой форели в условиях тепловодных хозяйств / В.З. Крупкин // Рыбохоз. Изуч. Внутр. Водоёмов. – СПб., 1978. – С. 22.
51. Крупкин, В.З. Биотехнические основы комбинированного выращивания форели и карпа в условиях тепловодных хозяйств / В.З. Крупкин // Сб. науч. трудов ГосНИОРХ. – 1982. – Вып. 187.
52. Крымова, Р.В. Применение комплекса микроэлементов при кормлении сеголетков карпа / Р.В. Крымова, Ф.М. Суховеров, М.Н. Егорова, С.В. Летунова, Т.В. Лебедева, Г.Л. Панова //Труды ВНИИПРХ. – М., 1971. – Т.20. – С. 142-150.
53. Кулаев, С.Н. Эффективность использования природных цеолитов в комбикормах для карпа: автореферат кандидатской диссертации / С.Н. Кулаев – К.: МГТА, 2002. – 16 с.

54. Куранов, Ю.Ф. Тенденции развития аквакультуры на Кольском полуострове / Ю.Ф. Куранов // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2011. – №.4. – С.104 –107.

55. Лавровский, В.В. Рекомендации по применению систем с обратным водоснабжением для промышленного выращивания молоди радужной форели / В.В. Лавровский // М.: ТСХА, 1980. – 29с.

56. Леонавичус, Р. Лечение пергой гипохромной анемии / Р. Леонавичус // В кн.: Продукты пчеловодства - пища, здоровье, красота. Бухарест. – 1982. - С. 86-89.

57. Максимова, О.В. Эффективность использования кормовой добавки «Абиопептид» в кормлении радужной форели: дисс. канд. с-х. наук. – Саратов. – 2017. – 122 с.

58. Мамонтов, Ю.П. Современное состояние и перспективы развития товарного форелеводства на предприятиях ассоциации «Росрыбхоз» / Ю.П. Мамонтов // Современное состояние и перспективы развития аквакультуры в России. – М.: ООО «Столичная типография», 2008. – С. 126–133.

59. Маслбойщикова, В.В. Рыбоводно-биологическая характеристика селекционных достижений в форелеводстве РФ / В.В. Маслбойщикова // Тез. Научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященная 125-летию со Дня рождения академика Н.И. Вавилова. – 2013. – С. 56-57.

60. Методические указания по очистке искусственными сорбентами рыбного сырья, загрязненного тяжелыми металлами. – С-П. : Изд-во ГосНИОРХ, 1997. – 26 с.

61. Наймарк, Е.Б. Взаимодействие глинистых минералов с микроорганизмами: обзор экспериментальных данных / Е.Б. Наймарк, В.А. Ерощев-Шак, Н.П. Чижикова, Е.И. Компанцева. – Журнал общей биологии. – 2009. – Т. 70. – № 2. – С. 155-167.

62. Население Земли – счетчик населения мира. [Электронный ресурс]. – 2019. – URL: <https://countrysmeters.info/ru/World> (дата обращения – 10.04.2019)

63. Никандров, В.Я. Создание, совершенствование и поддержание селекционных достижений в племенных хозяйствах / В.Я. Никандров, Н.И. Шиндавина // Серия: Породы и одомашненные формы рыб. Породы радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* W). – М.: «Росинформагротех», 2006. – С. 110-315.
64. Никитина, Е.В. Микробиология: учебник / Е.В. Никитина, С.Н.Киямова, О.А. Решетник. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 368 с.
65. Никольский, Г.В. Экология рыб / Г.В. Никольский. – М.: Высшая школа, 1961. – 335 с.
66. Новоженин, Н.П. Радужная форель как объект поликультуры в прудовом рыбоводстве / Н.П. Новоженин // Рыбохозяйственное использование водоёмов комплексного назначения. Часть 2. – М.: ВНИИР, 2001. – С. 173-179.
67. Новоженин, Н.П. Радужная форель камлоопс как перспективный объект форелеводства / Н.П. Новоженин // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоёмов аридного климата. Междунар. симпоз. 16-18 апреля 2007 г. г. Астрахань, Россия. Материалы и доклады. – 2007. – С. 132-138.
68. Нормы кормления DIBAQ MICROBAQ. [Электронный ресурс]. – 2017. – URL: <https://velesltd.com/startovye-korma-microbaq/normy-kormleniya-dibaq-microbaq> (Дата обращения 25.04.2017).
69. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. МР 2.3.1.2432—08. Издание официальное Москва. – 2009. – 37с.
70. Обзор российского рынка рыбы и рыбной продукции. [Электронный ресурс]. 2019. – URL: <http://www.foodmarket.spb.ru/current.php?article=2295> (дата обращения – 20.03.2019).
71. Остроумова, И.Н. Биохимический состав кормовых беспозвоночных как основа для совершенствования искусственных кормов для рыб / И.Н. Остроумова, М.И. Потапова, В.К. Рыбачук, В.А. Петропавловский, С.А.

Головачев // Гидробиологический Журнал. Депонир. В ВИНТИ. – 1987. - №592. - В.87. – 18 с.

72. Остроумова, И. Н. Биологические основы кормления рыб / И. Н. Остроумова. – Санкт – Петербург, 2001. – 372 с.

73. Остроумова, И.Н. Биологические основы кормления рыб / И.Н. Остроумова. – Санкт – Петербург: ГосНИОРХ, 2012. – 564 с.

74. Павлов, Д.С. Тихоокеанские благородные лососи и форели Азии / Д.С. Павлов – М.: Науч. мир, 2001. – 200 с.

75. Панчихина, Ж.А. Рыбоводно-биологическая эффективность природных цеолитов в комбикормах для молоди бестера. Дисс. на соиск. уч. степени канд.биол. наук. – Ростов-на-Дону, 2001. – 98 с.

76. Папуниди, Э.К. Ветеринарно-санитарная оценка мяса животных при сочетанной интоксикации тяжелыми металлами и применения цеолитов / Э.К. Папуниди Э.К. // Ветеринарный врач. – 2008. - №3. – С. 8-9.

77. Перга пчелиная. [Электронный ресурс]. – 2017. – URL: <http://www.perga.ru/index.htm> (дата обращения – 9.02.2017).

78. Пономарев, С.В. Фермерская аквакультура: Рекомендации / С.В. Пономарёв, Л.Ю. Лагуткина, И.Ю. Киреева. – М: ФГНУ «Росинформагротех». – 192 с.

79. Пономарев, С.В. Корма и кормление рыб в аквакультуре. Учебник / С.В. Пономарев, Ю.Н. Грозеску, А.А. Бахарева. – М.: Изд. «Моркнига». – 2013 – 417 с.

80. Пономарёв, С.В. Использование цеолитов в кормах для осетровых / С.В. Пономарёв, Ю.М. Баканёва, А.П. Бычкова, Н.М. Баканёв, Ю.В. Федоровых // Вестник АГТУ. – 2013. - №5. – С. 24-28.

81. Потребление рыбы в 2016 году по видам. [Электронный ресурс]. – 2017. – URL: <http://varpe.org/analytics/issledovanie-potreblenie-ryby-v-rossii-po-vidam-v-2016-godu/> (дата обращения – 21.05.2017).

82. Привольнев, Т.И. Эколого-физиологические и рыбохозяйственные особенности радужной форели (*Salmo irideus* Gibb.) / Т.И. Привольнев // Изв. ГосНИОРХ. – 1969. – Т.68. – С. 3-32.

83. Пыльца: Понятие, состав, лечебные свойства. [Электронный ресурс]. – 2018. – URL: <http://sampaseka.ru/piltsa.html> (дата обращения – 11.08.2018)

84. Рекомендации по выращиванию рыбопосадочного материала радужной форели в рыбоводных промышленных комплексах (с временными нормативами) / Н.В. Барулин. – Горки: БГСХА, 2016 – 180 с.

85. Ротовская, В.С. Влияние микроэлементов на водные организмы и рыбопродуктивность прудов / В.С. Ротовская, Е.И. Порохонская, К.М. Панченко, Г.Г. Литвинова // Рыбное хозяйство. – 1971. – вып.13. – С.87-90

86. Савваитова, К.А. Камчатские благородные лососи (систематика, экология, перспективы использования как объекта форелеводства и акклиматизации). / К.А. Савваитова. – Воронеж: ВГУ, 1973. – 210 с.

87. Сергеева, Л.С. Результаты выращивания форели Дональдсона в условиях тепловодного бассейнового хозяйства / Л.С. Сергеева, Сб. науч. тр. Промышленное рыбоводство в замкнутых системах // М.: ВНИИПРХ, 1985. – Вып. 46. – С. 75-80.

88. Сергеева, Л.С. Промышленное выращивание сеголетков форели Дональдсона и радужной форели в сетчатых садках / Л.С. Сергеева, А.Е. Титарева // Сб. науч. тр. Комплексная интенсификация прудового рыбоводства. – М.: ВНИИПРХ, 1989. – Вып. 56. – С. 56-80.

89. Складов, В. Я. Биологические основы рационального использования кормов в аквакультуре / В. Я. Складов, Н. А. Студенцова. - М.: Росинфорагротех, 2001. – 56с.

90. Складов, В.Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре. / В.Я. Складов – М.: Изд-во ВНИРО, 2008.- 150 с.

91. Скребнева, Л.А. Оценка закономерностей накопления тяжелых металлов в медоносных пчелах и продуктах пчеловодства для разработки

биоиндикационных критериев загрязнения атмосферного воздуха: Автореф. дис. кандидата биологических наук. – Тольятти, 2016. – 22 с.

92. Смирнов, В.М. Винибис - источник микронутриентов / В.М. Смирнов // Ремедиум Приволжье. – 2003. – С. 42-43.

93. Таратухин, В. А. Корм для карпа с добавкой цеолитового туфа / В.А. Таратухин, Л.К. Шимкульская // Рыбное хозяйство. – 1984. – № 9. – С. 35-36.

94. Таратухин, В.А. Использование природных цеолитов в составе искусственного корма разновозрастных групп карпа / В.А. Таратухин // Материалы Всесоюзной научно-технической конференции по добыче, переработке и применению природных цеолитов. – Тбилиси, 1989 – С. 441-443.

95. Титарев, Е.Ф. Использование бассейнов зимовальных комплексов для выращивания товарной форели / Е.Ф. Титарев // Сб. научн. Тр. ВНИИПРХ Индустриализация биотехники товарного рыбоводства. – М.: ВНИИПРХ. – 1980 а. – Вып. 29. – С. 67-71.

96. Титарев, Е.Ф. Форелеводство. / Е.Ф. Титарев. – М.: Пищевая промышленность. – 1980б. – 168 с.

97. Титарев, Е.Ф. Холодноводная аквакультура. Учебное пособие. – Рыбное. – 2005. – 231 с.

98. Титарев, Е.Ф. Холодноводное форелеводство / Е.Ф. Титарев. – М., 2007. – 280 с.

99. Успехи лососеводства: производство сёмги в России выросло в 4,8 раз – до 14,3 тыс. тонн. [Электронный ресурс]. – 2021. – URL: <https://fish.gov.ru/news/2021/08/06/uspehi-lososvodstva-proizvodstvo-semgi-v-rossii-vyroslo-v-48-raz-do-143-tys-tonn/> (дата обращения – 19.01.2021)

100. Уголев, А.М. Эволюция пищеварения и принципы эволюции функций / А.М. Уголев. Л.: Наука. – 1985. – 554 с.

101. Уголев, А.М. Пищеварительные процессы и адаптации у рыб / А.М. Уголев, В.В. Кузьмина. – СПб.: Гидрометеиздат, 1994. – 239 с.

102. Хисматулина, Н. З. Апитерапия / Н.З. Хисматулина. – Пермь: Мобиле. – 2005. – 43 с.



103. Цуладзе, В.Л. Бассейновый метод выращивания лососевых рыб. / В.Л. Цуладзе. – М.: Агропромиздат. – 1990. – 157 с.

104. Цхакая, Н. Ш. Японский опыт по использованию природных цеолитов / Н. Ш. Цхакая, Н. Ф. Квашали. – Тбилиси: Мецниереба, 1984 – 129 с.

105. Черкасова А.И. Словарь-справочник по пчеловодству / А.И. Черкасова, И.К. Давыденко. – Киев: Урожай. – 1991. – 243 с.

106. Шакир, И. В. Комплексная переработка возобновляемого растительного сырья с получением высокобелковых и пробиотических кормовых продуктов / И.В. Шакир, В.Д. Грошева, Б.А. Кареткин, Д.В. Баурин, В.И. Панфилов // Бутлеровские сообщения. – 2017. – Т.50. - №5. – С. 73–80.

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

108. Шевченко, Д.Г. Эффективность продуктов глубокой переработки крабов в составе комбикормов для радужной форели: автореф. дисс. канд. биол. наук. – М. – 2005. – 32 с.

109. Шиндавина, Н.И. Особенности фенотипа золотисто-желтой окраски у радужной форели (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) / Н.И. Шиндавина // Рыбное хозяйство. Сер. Актуальные науч. - технол. проблемы отрасли: Сб. тр. – ВНИЭРХ. – 2002. – С. 11–32.

110. Шмаков, Н.Ф. Эффективность использования продуктов комплексной переработки пшеницы в комбикормах для Радужной форели (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*): автореф. дисс. канд. биол. наук. Рыбное. – 2000. – 28 с.

111. Щербина, М. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М. А. Щербина, Е. А. Гамыгин. – М.: ВНИРО, 2006. - 364 с.

112. Янковская, В.А. Рыбоводно-биологическая оценка отечественной породы радужной форели Адлер и направления её использования: Дисс. Канд. С-х. наук. – Краснодар. – 1999. – 157 с.

113. Янковская, В.А. Оценка отечественной породы форели Адлер / В.А. Янковская // Рыбоводство и рыболовство. – 1998. – № 3-4. – С. 25–26.
114. Allendorf, F.W. Population genetics of fish / F.W. Allendorf, F.M. Utter // Fish Physiology. – 1979. – Vol. 8. – P. 407-454.
115. Aller futura ЕХ. [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://aquafeed.ru/korma/128/193/214> (дата обращения – 15.09.2018)
116. Bereczk, I. Production of a zeolitic mineral composition for binding radioisotopes and heavy metal ions / I. Bereczk // Hungary Pat. Teljes HU 77955. – 1998. – A2. – P. 1-5.
117. Bogdanov, S. Honey for nutrition and health: a review / S. Bogdanov, T. Jurendic, R. Sieber // Am. J. CollNutr. 2008. – Vol. 27. – P.677 - 689.
118. Chow, C. Biological functions and metabolic fate of vitamin E revisited / C. Chow // J. Biomed. Sci. – 2004. – Vol.11. - №3. – P. 295-302.
119. Cincotti, A., Sardinian natural clinoptilolites for heavy metals and ammonium removal: experimental and modeling / A. Cincotti, N. Lai, R. Orrù, G. Cao // Chemical Engineering Journal. – 2001. - № 84. – P.275-282.
120. Clark, F.H. Allotropic effects on the gene for golden color in rainbow trout / F.H. Clark // Heredity. – 1970. - V. 61. - P. 8-10.
121. Craig, S. Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding / S. Craig, L.A. Helfrich // VirginiaTech. – 2002. – Publication Number 420 – 256 p.
122. Davis, H.S. Culture and disease of game fishes / H.S. Davis // Univ. of California press. – Berkeley and Los Angeles. – 1953. – P. 10-82.
123. Daković, A. Fumonisin B1 adsorption on modified clinoptilolite rich zeoliticuff / A. Daković, M. Tomašević-Čanović, G.E. Rottinghaus, S. Matijašević // Book of abstracts 7th International Conference on the Occurrence, Properties, and Utilization of Natural Zeolites «Zeolite '06», 16–21 July 2006, Socorro, New Mexico, USA. – 2006. – P.90-92.
124. Dobosz, S. Growth and vitality in yellow form of rainbow trout / S. Dobocz, K. Kohlmann, K. Goryczko, H. Kuzminski // J. Appl. Ichtyol. – 2000. – V.16. -№ 3. – P. 117-120.

125. Donaldson, L.R. Development of rainbow trout brood stock by selective breeding / L.R Donaldson, P.R. Olson // *Trans. Am. Fish. Soc.* – 1955. – V. 85. – P. 93–101.

126. Eckert, C. Histochemical and electron microscopic analysis of spiculogenesis in the demosponges *Suberites domuncula* / C. Eckert, H.C. Schröder, D. Brandt // *J. of Histochemistry and Cytochemistry.* – 2006. – Vol. 54. - №9. – P. 1031-1040.

127. Golder, W. Propolis. The bee glue as presented by Graeco-Roman literature / W. Golder // *Wurzburg Medizinhist Mitt.* – 2004. – Vol.23. – P.133-145.

128. Greenberg, D.B. Forellenzucht / D.B. Greenberg. – Hamburg, Berlin: Parey – 1973. – 136 p.

129. Kincaid, H.L. Development of strain registry for trout species used in the management of United States fisheries Proc / H.L. Kincaid // *WorldSym. On Selection, Hybridization, and Genetic Engineering in Aquaculture, Bordeaux, 27-30 May, 1986.* – V. 11. – Berlin. – 1987. – P. 417-430.

130. Oguri, M. On the pituitary remnant in “cobalt” variant of rainbow trout / M. Oguri // *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.* – 1974. – V. 40. – P. 869-875.

131. Ramsley, J. K. Food and Nutritional Supplements / J. K. Ramsley, J. K. Donnelly, N. W. Read (Eds.) Springer // *Verlag Berlin Heidelberg.* – 2001. – P.12.

132. Recommended citation: FAO. 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200 p.

133. Sahinler, N. Natural product propolis: chemical composition / N.Sahinler, O.Kaftanoglu // *Nat Prod Res.* – 2005. – Vol.19. - №2. – С. 183-188.

134. Starter feeds. Biomar. [Электронный ресурс]. – 2017. – URL: <https://www.biomar.com/en/russia/product--species/trout/starter/> (дата обращения – 24.02.2017).

135. Tacon, A.G.J., Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans: trends and prospects / A.G.J. Hasan, M. Metian // *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper.* – Rome – 2011. – No. 564. – 87 p.

136. Zarkovic, N. Anticancer and antioxidative effects of micronized zeolite clinoptilolite / N. Zarkovic, K. Zarkovic, M. Kralj // Anticancer Res. – 2003. – №23 (2B). – P. 1589-1595.

137. Zeol официальный сайт [Электронный ресурс]. URL - <https://zeol.ru/kormovaya-dobavka> (дата обращения - 24.02.2017).