

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

*На правах рукописи*

МАКСИМЕНКОВА АНАСТАСИЯ АЛЕКСАНДРОВНА

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ ПРИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ  
«ЭНЗИМСПОРИН»**

Специальность: 06.02.10 – Частная зоотехния, технология производства  
продуктов животноводства

Диссертация  
на соискание учёной степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
Жигин Алексей Васильевич  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Москва - 2022

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	4
<b>ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>11</b>
1.1. Современные задачи форелеводства .....	11
1.2. Краткая биологическая характеристика радужной форели .....	13
1.3. Отношение форели к абиотическим факторам среды .....	18
1.3.1. Температура воды .....	18
1.3.2. Растворенный кислород .....	20
1.3.3. Органические и азотные соединения .....	22
1.3.4. Другие гидрохимические факторы .....	25
1.4. Корма и кормление радужной форели .....	26
1.5. Пробиотики и их использование в аквакультуре .....	38
1.5.1. Общие сведения о пробиотиках .....	38
1.5.2. Применение пробиотиков в аквакультуре .....	41
1.6. Регистрация пробиотиков в России .....	60
1.7. Способ производства пробиотической кормовой добавки «Энзимспорин» .....	64
<b>ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ .....</b>	<b>66</b>
2.1. Общая схема исследований .....	66
2.2. Оценка общей токсичности препарата «Энзимспорин» .....	70
2.3. Научно-производственная база исследований .....	72
2.4. Схема экспериментального выращивания годовиков .....	75
2.5. Схема производственного выращивания двухлетков .....	76
<b>ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ .....</b>	<b>79</b>
3.1. Оценка общей токсичности препарата «Энзимспорин» .....	79
3.2. Качество водной среды .....	81
3.3. Опытное выращивание годовиков .....	82
3.3.1. Морфометрические показатели годовиков .....	82
3.3.2. Физиолого-биохимические показатели годовиков .....	93
3.3.3. Рыбоводно-биологические показатели годовиков .....	97

3.4. Выращивание товарных двухлетков .....	98
3.4.1. Рыбоводно-биологические показатели .....	98
3.4.2. Морфометрические показатели двухлетков .....	100
3.4.3. Оценка качества товарной продукции .....	103
3.5. Экономическая оценка применения препарата «Энзимспорин» .....	104
3.5.1. Экономическая оценка выращивания годовиков .....	104
3.5.2. Экономическая оценка выращивания двухлетков .....	107
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	109
Выводы .....	114
Предложения производству .....	116
Перспективы дальнейшей разработки темы .....	116
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	118
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	135

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность исследования и степень разработанности темы.**

Большинство развитых стран постепенно заменяют традиционный вылов рыбы и морепродуктов на их выращивание. Последние годы мировое рыболовство подошло к черте, за которой наращивать объемы вылова довольно сложно. В этой связи особое значение приобретает аквакультура – направление рыбохозяйственной деятельности, которое неразрывно связано с разведением, выращиванием разнообразных водных организмов в частично либо же полностью контролируемых человеком условиях, с целью получения ценной пищевой, кормовой и технической продукции. Объектами выращивания могут быть как рыбы, так и моллюски, ракообразные, водоросли и другие группы гидробионтов. Наиболее важными для мировой аквакультуры объектами выращивания являются около 260 видов (Garibaldi, 1996), а всего их выращивается около 430 (Микодина, 2009; Жигин, 2011).

По данным ФАО ООН, общее производство в мировой аквакультуре в 2018 году составило 81 млн. тонн – это около 46% от общего объема добычи и выращивания водных биологических ресурсов. В то же время этот показатель производства рыбы к 2030 г. должен увеличиться до 204 млн тонн, на 15 процентов выше уровня 2018 г. Ожидается, что увеличение будет связано главным образом с долей аквакультуры (Состояние мирового рыболовства..., 2020).

По вылову рыбы Россия входит в пятерку мировых лидеров (5 млн тонн), а по разведению даже не попадает в двадцатку. Необходимо активно развивать аквакультуру. Лидером в аквакультуре выступает Китай (более 40 млн тонн). Россия сегодня производит лишь 0,4% мировой продукции аквакультуры.

По данным Федерального агентства по рыболовству в 2021 году в структуре производства товарной аквакультуры России основную долю составляли карповые рыбы – 41,1% (146,4 тыс. тонн). Выращивание лососевых занимает второе место – 38,4% (137 тыс. тонн). На третьем месте

беспозвоночные и водоросли – около 58,7тыс. тонн (16,5%). Выращивание осетровых составляет примерно 6,2 тыс. тонн (1,7%) и прочие виды – 2,3%, что около 8,2 тыс. тонн (рис. 1) (Объем производства аквакультуры..., 2022).

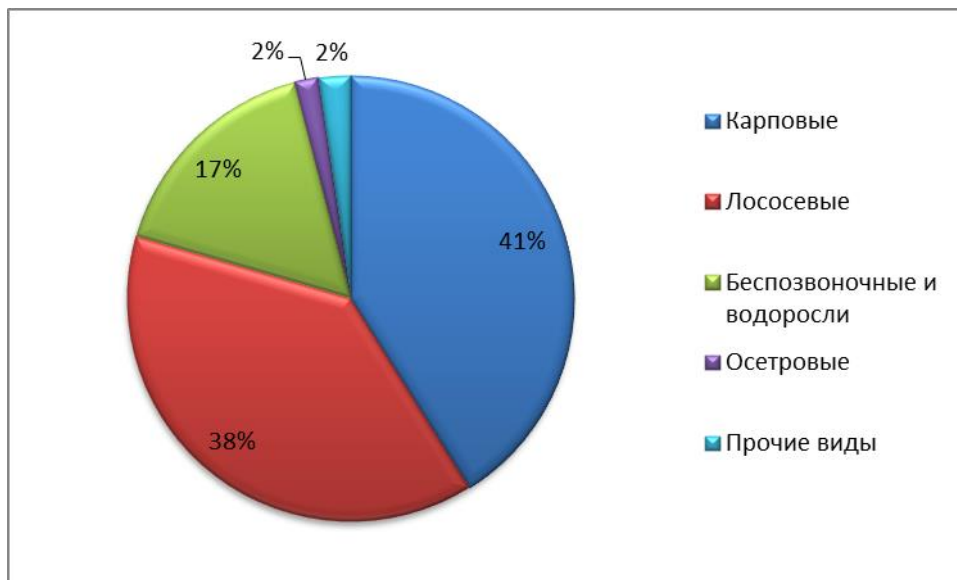


Рисунок 1 - Структура объектов разведения в аквакультуре России в 2021 году

Общее производство рыбы в аквакультуре нашей страны по итогам 2021 г. составило 356,6 тыс. тонн – это на 8,5% больше прошлого года. В то же время производство лососевых, таких как форель, семга -увеличилось на 20,6 тыс. тонн - это на 17 процентов выше составило 137 тыс. тонн.

Проектом стратегии развития отечественного рыбного хозяйства до 2030 года предусматривается увеличить производство товарной продукции аквакультуры почти в три раза, что составит 600 тысяч тонн. В то же время одной из задач, стоящих перед промышленностью, является не только увеличение количественных показателей, но и достижение изменения и расширения видового состава выращиваемых объектов и более активное применение промышленных методов в индустриальной аквакультуре (Стратегия развития..., 2019).

Традиционно самый большой объем продукции аквакультуры в России

принадлежит Южному и Северо-Западному федеральным округам, где в 2021 году выращивали соответственно 79,5 и 122 тыс. тонн. Три лидера включают Дальневосточный федеральный округ с показателем в 57 тысяч тонн и ростом на 15 процентов по сравнению с 2020 годом (Объем производства аквакультуры..., 2022).

Центральный и Южные Федеральные округа сосредоточены на производстве карповых, осетровых, и растительноядных видов. При этом у Крыма есть дополнительная специализация - это мидии и устрицы.

Поддержку развитию аквакультуры еще также оказывает и политика импортозамещения, которая положительно влияет на все ее направления. С тех пор как Россия ввела продуктовое эмбарго против ряда западных стран, мы стали завозить из-за рубежа намного меньше рыбы, чем стимулировали внутреннее развитие аквакультуры, особенно лососеводства. Несмотря на увеличивающуюся поддержку отрасли ее развитие по-прежнему тормозит ряд нерешенных вопросов. Факторы, сдерживающие развитие рыбоводства в России в целом и форелеводства в частности: недостаток отечественного жизнестойкого рыбопосадочного материала и дорогостоящие импортные комбикорма.

Специализированные комбикорма для индустриальной аквакультуры (к которому относится и лососеводство) должны быть сбалансированы по всем питательным веществам, богаты витаминами, аминокислотами, белками. Нужны качественные компоненты для комбикормов. Вопросы безопасности и качества кормов, и их компонентов, являются важнейшей составляющей обеспечения безопасности продукции аквакультуры, а также эффективности выращивания (Бурлаченко, 2008). Объекты аквакультуры не смогут давать эффективный прирост без качественных комбиормов. Их отсутствие увеличивает производимые затраты и в конечном итоге отрицательно влияет на себестоимость и окупаемость выращивания. Вопросы повышения продуктивности объектов аквакультуры крайне актуальны. Требуются более

экономичные корма, затраты на их производство должны быть ниже, чем в настоящее время.

По данным Н.А. Головиной (1987) в балансе основных питательных веществ корма для выращивания физиологически полноценной молодежи рыб большое значение имеют биологически активные вещества, в частности, пробиотики.

Способность пробиотиков заключается не только в повышении устойчивости организма к различным заболеваниям, но и в против аллергенном действии, регулировании и стимулировании пищеварения. Повышается и улучшается усвоение кормов, стимулирующе развитие и рост рыбы (Карасева, Воробьева, Лазарева, 2000; Юхименко, Койдан, Бычкова, 2000; и др.).

При этом следует отметить, что введение в рацион рыб различных биологически активных добавок и других компонентов, таких как: витамины, пробиотики, пребиотики, минеральные вещества и т.д., практикуется довольно широко (Бахарева, 2016; Грозеску, 2016; Гусева, 2019 и др.). Например, Д.В. Артеменковым (2013) было показано положительное влияние пробиотика «Субтилис» на интерьерные показатели внутренних органов клариевых сомов. А.С. Пырсиковым (2017) изучены рост и рыбоводно-физиологические показатели нильской тилляпии при выращивании на комбикормах с добавкой «Метаболит плюс». Были проведены исследования по применению комплексного препарата «Виусид-Вет» в кормлении карпа в садках (Мухаметшин, 2019). А.Д. Жандалгаровой (2017) показана целесообразность использования в кормлении осетровых рыб новых бактериальных препаратов «Ферм-КМ» и «Простор». Также

Как видим, в основном проведенные исследования были осуществлены на карпе и осетровых видах рыб, а также на тилляпиях и африканском клариевом соме. При этом аналогичные исследования при выращивании радужной форели – одного из основных объектов отечественной аквакультуры – являются весьма ограниченными и немногочисленными.

Например, изучение эффективности использования пробиотика ВЕТОМ 1.1 (Нечаева, 2010, 2014).

Основной задачей товарного форелеводства является выращивание ценной пищевой продукции в сравнительно небольшие сроки при минимальных затратах. Сегодня этому способствует все более широкое использование продуктов растительного происхождения в качестве альтернативы дорогостоящему животному белку. Однако, продукты растительного происхождения, служащие источником белка, отличаются от естественной пищи хищных рыб. Поэтому применение биологически активных веществ в кормах при индустриальном выращивании рыбы, способствующих усваиванию растительных белков, приобретает особое значение (Остроумова, 2001; Щербина, Гамыгин, 2006; Максимова, Гусева, Васильев, 2016 и др.).

Одним из таких препаратов является «Энзимспорин», который представляет собой кормовую пробиотическую добавку для оптимизации процессов пищеварения, повышения сохранности рыбы и рыбопродуктивности. В этой связи проведение исследований, направленных на изучение эффективности его использования в составе комбикормов при выращивании форели, представляется достаточно актуальной научной задачей.

**Целью исследования является**— повышение эффективности выращивания радужной форели в садках при использовании в рационе биологически активной добавки «Энзимспорин».

Для достижения указанной цели поставлены следующие **задачи**:

1. Провести токсикологический мониторинг изучаемого препарата;
2. Изучить гидрохимический режим водоема-охладителя Смоленской АЭС в районе установки садков;
3. Выявить влияние кормовой добавки «Энзимспорин» на товарные качества и морфологические особенности радужной форели;



4. Определить физиологическое состояние форели, показатели химического состава мускулатуры при использовании комбикормов с пробиотиком «Энзимспорин»;

5. Установить влияние кормовой добавки «Энзимспорин» на выживаемость, выход рыбопродукции и эффективность использования корма радужной форелью;

6. Определить целесообразную дозировку введения пробиотика «Энзимспорин» в состав продукционного форелевого комбикорма;

7. Обосновать экономическую эффективность выращивания радужной форели с использованием комбикормов с добавлением «Энзимспори́на».

**Научная новизна.** Впервые проведены исследования по садковому выращиванию годовиков и двухлетков радужной форели с включением в комбикорма пробиотической добавки «Энзимспорин». Установлено влияние добавки в комбикорма на рыбоводно-биологические, экстерьерные, физиологические, морфологические, биохимические показатели и товарные качества рыб. Определен целесообразный уровень внесения кормовой добавки в основной рацион форели.

**Теоретическая и практическая значимость.** Полученные результаты свидетельствуют, что пробиотическая кормовая добавка «Энзимспорин» эффективна при выращивании годовиков и двухлетков радужной форели в садках. Морфологическая и топографическая характеристика органов брюшной полости, общий физиологический статус позволяют рекомендовать «Энзимспорин» в качестве кормовой добавки в количестве 0,5 г/кг корма. Доказана экономическая эффективность кормления радужной форели комбикормами с добавкой пробиотика «Энзимспорин».

Результаты исследований позволили рекомендовать к практическому использованию в кормах для форели пробиотическую добавку «Энзимспорин», что практикуется в крестьянском фермерском хозяйстве «Велисто» с 2019 года (приложение 1).

Материалы диссертации могут быть использованы при чтении лекций и практических занятий студентам по специальностям «Биоресурсы», «Водные биоресурсы и аквакультура».

**Методология и методы научного исследования.** Методологической основой работы служит совокупность методов, которые используются в сельскохозяйственных и биологических науках, с применением как современных, так и классических методов исследования (зоотехнические, биохимические, гидрохимические, ихтиологические и статистические). Исследования проведены с применением современного сертифицированного приборного обеспечения в аккредитованных лабораториях.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Определена целесообразная дозировка кормовой пробиотической добавки «Энзимспорин» в составе продукционных комбикормов при выращивании годовиков и двухлетков радужной форели в садках.
2. Использование добавки «Энзимспорин» в рационе положительно сказывается на физиологическом состоянии радужной форели, показателях химического состава мускулатуры, рыбоводно-биологических, морфологических показателях и товарных качествах.
3. Применение добавки «Энзимспорин» при кормлении радужной форели способствует повышению экономической эффективности ее выращивания.

**Апробация результатов.** Основные результаты работы были доложены на международных научно-практических конференциях и симпозиумах: Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Актуальные проблемы молодежной науки в развитии АПК» (Курск, 11-13 декабря 2019 г.); Всероссийской научно-практической конференции (Москва, ВВЦ, 5-7 февраля, 2019 г.); Международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 150-летию А.В. Леонтовича, (Москва, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 3-6

июня, 2019 г.); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Новейшие генетические технологии для аквакультуры», (МВЦ «Крокус Экспо», 29-31 января, 2020 г.); панельной дискуссии «Актуальные ресурсосберегающие системы аквакультуры» в рамках выставки АГРОФАРМ - 2020 (г. Москва, ВДНХ, 4 февраля 2020 г.).

**Личный вклад автора.** Автор принимал личное участие на всех этапах исследования – от постановки проблемы, формулирования цели и задач исследования, разработки схемы опытов до их проведения и обобщения полученных результатов. Полученные данные статистически обработаны автором.

**Публикации.** По результатам проведенных исследований опубликовано 8 печатных работ, в том числе 2 публикации в журналах, рекомендованных ВАК РФ по специальности 06.02.10 (Главный зоотехник и Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса) и 1 публикация в журнале по специальности 06.04.01 (Рыбоводство и рыболовство).

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 135 страницах. Состоит из введения, основной части, содержит 33 таблицы, 8 рисунков, заключения, списка литературы (включает 159 наименований, в том числе 19 – на иностранном языке) и 1 приложение.

## **Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

### **1.1. Современные задачи форелеводства**

В структуре мирового производства аквакультуры среди рыб выращивание лососей занимает третье место в мире после карповых и цихловых и достигло и в 2018 году достигло 3,3 миллиона тонн в год (в том числе 848,1 тысячу тонн составляет радужная форель) (Состояние мирового рыболовства..., 2020). Основными объектами коммерческого промышленного выращивания являются разнообразные виды форелей и сёмга. Их выращивание

относится к холодноводной аквакультуре, которое требует, в свою очередь, довольно большого количества чистой проточной воды.

По утверждению А.В. Жигина (2011): одной из наиболее развитых в технологическом и техническом отношении является форелеводство, способствовавшее восстановлению и развитию индустриальных бассейновых и садковых рыбоводных хозяйств. По значимости в России оно является пока вторым направлением аквакультуры после карповодства.

Быстрое развитие выращивания лососей в таких странах как: Франция, Германия, Италия, Великобритания, Финляндия, Япония, Чили, США происходит, через созданные новые фермы питомников, их специализации в выращивании, как товарной рыбы, так и рыбопосадочного материала, широкое использование гранулированных кормов для всех возрастных групп рыб (Сижажев, 2002).

Лидером в производстве лосося, форели является Европа, где часто форелеводство – это главное направление товарного рыбоводства. Основная доля (более 30%) в структуре продукции аквакультуры принадлежит лососевым, выращиваемым в морских условиях (Есавкин, 2012).

Несмотря на то, что Россия являлась первой в сфере искусственного воспроизводства лососевых рыб и организации выращивания форели, уровень состояния форелеводства в нашей стране долгое время был существенно ниже, чем у стран американского, европейского и азиатского континентов (Скаткин, 1962). В настоящее время лососеводство развивается бурными темпами на базе новых современных технологических решений.

Во всех странах с высоким уровнем развития выращивания форели наблюдается переход к интенсивным методам форелеводства, специализации производства. Особое внимание уделяется селекционно-племенной работе, а также выращиванию рыбопосадочного материала (Выращивание молоди..., 2022). По аналогичному пути начинает двигаться и форелеводство в России.

Сегодня в России промышленное форелеводство - одно из самых перспективных, эффективных и прибыльных направлений рыбного хозяйства.

Природно-климатические особенности нашей страны, наличие квалифицированного научного и производственного персонала, объемный рынок сбыта определяют широкие перспективы этого направления выращивания рыбы. В России находятся крупнейшие в мире озера: Байкал (3030 тыс. га), Ладожское (1813,5 тыс. га), Онежское (972 тыс. га), Чано-Барабинская система озер (328 тыс. га), Псковско-Чудское (225 тыс. га в пределах России), Ильмень (120 тыс. га) (Современное состояние..., 2004). Успехи современного форелеводства основываются на научных достижениях, касающихся таких этапов рыбоводного процесса, как:

- интенсивность водообмена в рыбоводных емкостях,
- селекционно-генетический подбор маточных стад,
- состав искусственного корма и методы кормления.

Каждый из этих этапов имеет самостоятельное значение, но все они взаимосвязаны (Перспективы развития..., 2022).

Получение товарной рыбы на современной форелевой ферме осуществляется полностью за счет полноценного и рационального питания особей. Интенсификация выращивания форели в первую очередь основана на увеличении плотности посадки и использовании искусственных кормов животного и растительного происхождения. Правильное сочетание этих факторов обеспечивает экономически выгодное ведение хозяйства. Искусственные корма в первую очередь должны быть полноценными, т.е. сбалансированными по белкам, жирам и углеводам. Употребление форелью низкокачественных продуктов кормопроизводства приводит к ожирению, перерождению печени и острой анемии, что вызывает массовую гибель рыбы (Максимова, 2017; Корма и кормление..., 2022).

## **1.2. Краткая биологическая характеристика радужной форели**

Подотряд лососевидные (Salmonidei) отряда лососеобразных (Salmoniformes) включает три семейства: лососевые (Salmonidae), сиговые (Coregonidae) и хариусовые (Thymallidae). Самые известные представители

лососей (*Salmonidae*) -горбуша, нерка, кета, сёмга, кижуч, чавыча, кумжа. Также хорошо известны и собирательные названия нескольких разных видов - лосось и форель. Лососевые обитают в Тихом и Атлантическом океанах, а также в пресных водах Северного полушария, в средних и северных широтах. Одним из самых значимых мест для нереста тихоокеанских лососей является Камчатка. Большинство лососёвых - это ценные промысловые рыбы. Их активная добыча происходит не только из-за ценного красного мяса, но и из-за красной икры.

Все лососевые нерестятся в пресной и проточной воде - в реках и ручьях. Большую часть своей жизни проходные формы лососевых проводят в морских водах, а на нерест (который происходит как правило через два - пять лет), возвращаются в реки. Практически все проходные лососи (кета, горбуша, нерка) нерестятся один раз в жизни и погибают после нереста (Моисеев, Вавилкин, Куранова, 1975; Анисимова, Лавровский, 1983). В связи с этим создание их маточных стад в искусственных условиях очень проблематично.

Радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*)-вид, относящийся к роду тихоокеанских лососей (*Oncorhynchus*) семейства лососевых (*Salmonidae*) (рис. 2). Родиной радужной форели являются озера и реки Северной Америки от Аляски до Мексики. В Европу этот вид впервые был завезен в 1880 году в Германию, а оттуда уже в водоемы других европейских стран. В Россию радужная форель была завезена в конце 19 века (в 1890 году). В естественных условиях радужная форель встречается в водоемах Дальнего Востока (Камчатка, побережье Охотского моря, Амурский лиман, Командорские острова).



Рисунок 2 - Радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*)<https://forel-kupit.moscow/data/uploads/front-benefit-4-01.jpg>

Тело у радужной форели умеренно сжатое с боков, прогонистое, имеет торпедовидную форму, чешуя небольшого размера. Кожа покрыта железистыми клетками, которые выделяют слизь, за счет нее уменьшается трение тела о воду при движении, также слизь является барьером, препятствующим проникновению различных паразитов. Кожа форели покрыта циклоидной чешуей. Цвет тела радужной форели имеет довольно переменчивый окрас. Пигментные клетки, находящиеся в коже придают соответствующую окраску. Характерный элемент окраски – это пурпурная полоса, которая идет вдоль всего тела и переливается радугой. Спина различных оттенков: от зеленоватых, жёлто-зеленых до стальных и темно-фиолетовых. Брюшко, как правило, серебристо-белое, иногда с медно-жёлтым блеском. У молодых особей на боках имеются серо-голубые пятна, а у взрослых – многочисленные черные и красные точки. Хвост и непарные плавники покрыты темными пятнами, брюшные плавники жёлтые. Цвет форели очень часто зависит от времени года (во время нереста форель становится темнее) и состава корма. Радужная форель обладает очень хорошим зрением.

Радужная форель растет довольно быстро. По размеру самцы меньше самок. По данным И.М.Анисимовой и В.В.Лавровского: в прудовых хозяйствах сеголетки достигают массы 10-20 грамм, двухлетки – 150-200 грамм, трехлетки - 300-900 грамм. В возрасте пяти – шести лет форель достигает массы 2-3 килограмма, длины 50-65 сантиметров.

Продолжительность жизни составляет около десяти-одиннадцати лет. У радужной форели крупная голова, составляет она порядка 20% от всего тела. Ротовое отверстие крупное, а нижняя челюсть у самцов изогнута вверх. Челюсти довольно мощные и имеют дваряда зубов. Маленькие и острые челюстные зубы позволяют захватывать и удерживать добычу. За полостью рта следует глотка, в которой есть железистые клетки, выделяющие слизь, благодаря чему обеспечивается заглатывание пищи. Глотка переходит в пищевод, который в свою очередь впадает в желудок. Мышцы желудка довольно хорошо развиты. Слизистая оболочка имеет мощный железистый аппарат, занимает он около 80 процентов площади. А также многочисленные продольные складки. Из-за них желудок при заполнении способен сильно растягиваться. Желудочный сок обеспечивает переваривание пищи. Реакция среды (рН) находится в диапазоне - от 7,7 до 8,3. Эпителий всех отделов кишечника состоит из энтероцитов и железистых клеток, продуцирующих слизь, что облегчает прохождению пищевого комка через кишечник. Сразу за передним отделом кишечника следует средний и задний. Слизистая оболочка толстой кишки имеет спиральную складку, которая увеличивает поверхность слизистой и замедляет скорость прохождения пищи. Печень у форели очень компактная с небольшим числом долек. Желчный пузырь расположен на внутренней ее стороне. Поджелудочная железа образует единую структуру с печенью и открывается в желудок. Самый активный фермент в желудке- пепсин. В желудке также обнаружены амилаза, липаза, а также хитиназа, которая расщипляет структурный полисахарид насекомых – хитин (Карооretal., 1975). Пищеварительная система форели быстро отвечает на изменения физико-химических особенностей пищи (Остроумова, 2001). При



кормлении сухим гранулированным кормом, по сравнению с пастообразным, наблюдается удлинение желудочно-кишечного тракта. При преобладании растительных компонентов желудочно-кишечный тракт увеличивает длину на 25 процентов, а животных компонентов - на 12-19 процентов. Быстрая адаптация к качеству корма приводит к более эффективному использованию его для роста рыб за счет увеличения поглащающей поверхности и продления времени пищеварения.

В естественных условиях крупные особи, обитающие как в пресной, так и в соленой воде, питаются рыбой и беспозвоночными. При условиях выращивания форели в прудовых хозяйствах, бассейнах, садках, в рацион обязательно должны входить корма, которые содержат много протеина.

Максимальная масса особи, зарегистрированная в естественных условиях, составляет 23 килограмма. Самцы обычно достигают половой зрелости за два - три года, самки - за три - четыре года. Продолжительность жизни не превышает одиннадцати лет. С возрастом и массой увеличивается и плодовитость самок. Четырехлетние самки выметывают до 2,5 тысяч икринок. Икра варьирует в цвете от темно-жёлтого до ярко-красного. Во многом цвет зависит от качества корма. Диаметр икринок от 4 до 5 миллиметров, а масса от 40 до 125 миллиграмм.

Нерест у радужной форели проходит с октября по май, зависит от района. В южных районах нерест проходит с декабря по март, в центральных и северных – с марта до начала мая, температура воды при этом достигает 7-9<sup>0</sup>С. При данной температуре воды срок инкубации икры составляет порядка 40 дней (360-400 градусодней). Период эмбрионального развития зависит от температуры воды. После рассасывания желточного мешка на 50-70 процентов от первоначально размера личинки поднимаются в толщу воды и начинают активно плавать и питаться. Длительность рассасывания желточного мешка напрямую зависит от температуры воды (6-12<sup>0</sup>С) и обычно составляет 7-8 дней, но может длиться до 10-40 суток. Повзрослевшие особи питаются личинками подёнок, ручейников,

гаммаридами, личинками хирономид, рыбой и моллюсками (Анисимова, Лавровский, 1983; Пономарева, 2002; Гасанова, 2013).

В реестре селекционных достижений нашей страны зарегистрировано несколько пород форели, в частности: «Адлер», «Дональдсона», «Камлоопс», «Лосось стальноголовый», «Рофор» (Богерук, Евтихьева, Илясов, 2001), а также «Росталь», «Адлерская янтарная». По данным А.Н. Канидзева (1984) довольно хорошие результаты при товарном выращивании гибридов были получены от скрещивания самцов радужной форели с самками стальноголового лосося. Гибридная молодежь – более жизнестойка к отрицательным воздействиям среды по сравнению с родительскими формами. У неё росла на 6,0-19,0% устойчивость к кислородному голоданию, выживаемость возрастала до 88-97%. В итоге это позволило существенно ( в 1,3 раза) увеличить объём производства товарной рыбы.

### **1.3. Отношение форели к абиотическим факторам среды**

Радужная форель является довольно распространённым и традиционным объектом аквакультуры, её связь с основными абиотическими факторами водной среды достаточно хорошо изучены.

#### **1.3.1. Температура воды**

Лососевые относятся к эвритермным рыбам: максимальный диапазон температуры выживания их в пресной воде составляет 0,1-30°C и во многом зависит от предварительной акклимации, видовых и возрастных особенностей. В естественных условиях обитания оптимальная температура воды для форели 18-19°C. Максимальная скорость роста наблюдается при температуре 15-18°C. Температура выше 21°C радужную форелью переносится плохо (Линник, 1999, Титарёв, 1980, Щербина, Гамыгин, 2006, Пономарев, 2003, Желтов, 2006).

Интенсивность метаболизма у радужной форели определяется температурой воды. В холодных водах метаболизм медленнее, чем в теплых

водах. С повышением температуры воды увеличивается и потребление пищи, соответственно происходит увеличение и скорости роста. После повышения температура воды с 10 до 18<sup>0</sup>С использование энергии и белков постепенно начинает улучшаться. Лучшее усвоение корма происходит при температуре 10-15<sup>0</sup>С. Максимальный темп роста при наименьшем использовании энергии корма находится в пределах 16-18<sup>0</sup>С (Канидьев, 1984).

Имеются данные, что радужная форель в термоградиентном поле предпочитала температуру 13,6<sup>0</sup>С (Varley, 1970 по Канидьеву, 1984). Оптимальная температура для развития её икры в индустриальных условиях находится в диапазоне 8-10<sup>0</sup>С (Новоженин, Филатов, Петров и др., 1985; Херем, Новоженин, 1985; Аси, Рельве, Херем, 1986; Голуб, 1986). Есть рекомендации, что после достижения икрой стадии глазка, температуру воды можно увеличить до 11-12<sup>0</sup>С, а выдерживание свободных эмбрионов проводить при температуре 10-13<sup>0</sup>С (Новоженин, Аси, Рельве, Херем, 1988).

Пример продолжительности этапов инкубации икры форели в зависимости от температуры представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Время инкубации икры форели в УЗВ на разных этапах (Филатов, Шмаков, Шутов и др., 1989)

Стадия инкубации	Условия инкубации	Момент наступления этапа, градусо-дни
Пигментация глаз	8 <sup>0</sup> С	160-128
	10 <sup>0</sup> С с малахитовой зеленью	180-144
	10 <sup>0</sup> С с формалином	180-144
Начало вылупления	8 <sup>0</sup> С	305-243
	10 <sup>0</sup> С с малахитовой зеленью	290-232
	10 <sup>0</sup> С с формалином	300-240
Массовый вылупление	8 <sup>0</sup> С	344
	10 <sup>0</sup> С с малахитовой зеленью	320
	10 <sup>0</sup> С с формалином	340

Показана возможность выдерживать личинок при низкой температуре

(6°C), что позволяет их «консервировать» вживую, получая несколько партий посадочного материала от одного нереста. Благодаря этому удавалось в течение 3,5 месяцев получить 6 партий выдержанных личинок, которые при дальнейшем подращивании до 1 г не имели аномалий развития, хорошо питались и росли (Голуб, 1986).

Дальнейшее выращивание личинок, а также молоди форели рекомендуется при температуре воды от 14-16 до 16-18°C (Новоженин и др., 1985, 1988; Свистунов, 1986). Последний диапазон температур рекомендован для содержания производителей, ремонтного стада форели и её товарного выращивания, что соответствует с данными о наибольших скорости роста и массонакоплении у радужной форели при температурах 16-19°C (Купинский, Баранов, Резников, 1985; Свистунов, 1986). Известно, что по мере того, как температура воды увеличивается, увеличивается и потребление пищи, а также и ее переваривание. В диапазоне температур 15-19°C суточное потребление пищи радужной форели достигает максимальной величины, далее же начинает снижаться. При температурах 9 и 24°C, как потребление корма, так и прирост одинаковы.

Исследования индивидуального и межсеме́йного разнообразия форели в соответствии с теплоустойчивостью, наследуемости этого признака и корреляционных связей с другими морфофизиологическими и рыбоводными показателями позволили выделить пять термотипов радужной форели: сниженная теплоустойчивость, ниже среднего значения, средняя теплоустойчивость, выше среднего значения (способная переносить 23-25°C), теплоустойчивая (способная переносить 26-28°C) (Голод, 1998). Закономерно, что для выращивания в садках водоемов-охладителей целесообразно использовать особей со средней и более высокой термоустойчивостью.

### **1.3.2. Растворенный кислород**

Как и все холодолюбивые рыбы, форель довольно требовательна к содержанию кислорода. При температуре 20°C и интенсивном кормлении лососевые потребляют до 450 мг кислорода на 1 кг массы тела в час (Ведемейер, Мейер, Смит, 1981). Данные о потребностях форели в кислороде в зависимости от температуры воды, массы особей и некоторых других факторов представлены в трудах Г.Г. Винберга (1956), Л.Б. Кляшторина (1982), А.Н. Канидьева (1984), В.В. Лавровского с соавторами (1987) и др.

Нормальная жизнедеятельность форели происходит при насыщении воды растворённым кислородом порядка 90-100%, то есть при содержании не менее 7-8 мг/л. Содержание кислорода в диапазоне 3,5-6,0 мг/л угнетающе действует на форель, а при 1,2-1,3 мг/л она погибает (Форель радужная..., 2021).

Во время инкубации икры форели концентрация кислорода на вытоке из инкубационных аппаратов должна быть не менее 8 мг/л (Новоженин, Аси, Рельве, Херем, 1988). При выращивании форели других возрастных групп в бассейнах на вытоке из рыбоводных ёмкостей содержание растворённого кислорода не должно опускаться ниже 7 мг/л (Канидьев, 1984; Голуб, 1986; Свистунов, 1986; Филатов, Шмаков, Шутов и др., 1989). Для производителей и ремонтного стада снижение этого показателя возможно до 5,5 мг/л. Наилучшая концентрация кислорода на входе в рыбоводные ёмкости для выращивания, как молоди, так и товарной рыбы составляет 20-25 мг/л (насыщение до 250% от нормального). Если этот показатель увеличивается до 30 мг/л, отмечается гибель молоди (Новоженин и др., 1988).

Удельный расход подаваемой воды при выращивании форели, обеспечивающий требуемый кислородный режим, с ростом рыбы постепенно снижается от 55 л/час на 1 кг молоди массой 500 мг до 14 л/час при средней массе особей 500 г (1 г – 36-53 л/час; 20 г – 26 л/час; 50 г – 22 л/час и 100 г – 18 л/час). С увеличением или уменьшением температуры воды на 1°C (от 16°C) эти величины необходимо корректировать на 5 % (Новоженин, Филатов, Петров и др., 1985; Свистунов, 1986).

### 1.3.3. Органические и азотные соединения

Так как лососевые предпочитают чистую проточную воду, требования к содержанию органических веществ в ней довольно высокие. Для выращивания форели допустимым уровнем предложено принять окисляемость по БПК<sub>5</sub> 10 мгО<sub>2</sub>/л (Аси, Рельве, Херем 1983). При этом для расчётов уровня органического загрязнения воды рекомендуется использовать величину выделения органических загрязнений по БПК<sub>5</sub> молодь форели в количестве 917 мг/кг в час, при товарном выращивании – 208 мг/кг в час (Новоженин, Филатов, Петров и др., 1985).

Лососевые – это одни из самых чувствительных видов по отношению к содержанию аммиака. В то же время радужная форель может выдержать и более высокие концентрации, а атлантический лосось, по-видимому, является одним из наименее толерантных видов. Концентрация 0,3-0,5 мг/л рекомендуется в качестве максимально допустимого уровня общего аммиака во время инкубации икры, при подращивании личинок – 1,0 мг/л, а при выращивании молоди и товарной рыбы – 2,0-2,5 мг/л (Аси, Рельве, Херем, 1983; Новоженнин, Филатов, Петров и др., 1985; Свистунов, 1986; Raiser, 1987; Новоженнин и др., 1988). Зарубежные исследователи также обнаружили, что критическая концентрация аммонийного азота, которая не приводит к снижению потребления и усвоения кормов, составляет 2,0-2,2 мг/л, при этом от 40 до 250 г рыбы вырастали за 105 суток (Смит, 1986; Kaiser, Schmitz, 1988).

Что касается азота свободного (неионизированного) аммиака, то данные о его допустимых значениях различаются. Некоторые исследователи указывают на необходимость довольно строгого регламентирования, указывая, что нормативное значение свободного аммиака для выращивания форели - ниже 0,001 мг/л (Umweltemflub..., 1978; Xu, VMa, Hou, Nan, 1994). Приводятся данные, что неблагоприятное воздействие азота аммиака на

лососевых отражается при длительном пребывании в воде с концентрацией 0,006 мг/л (Уитон, 1985), а у атлантического лосося в пресной воде при содержании аммиака 0,003 мг/л проявляются признаки хронического токсикоза (Овчинникова, 1990).

Икра и личинки оказались наиболее выносливы к действию аммиака, прежде чем перейти на активное питание, затем устойчивость резко снижается и становится самой низкой. Пороговая концентрация азота неионизированного аммиака при развитии икры форели составляет 0,35 мг/л, личинок – 0,025 мг/л и возрастает в мальковый период до 0,44 мг/л. При концентрациях от 0,1 до 0,15 мг/л у радужной форели отмечаются вялость, потеря аппетита и плохой рост (Овчинникова, 1990).

Величина  $LC_{50}$  для радужной форели в течение 96 часов для плавающих и неподвижных рыб составила 32,38 и 207 мг/л, а повышение содержания кальция в воде до 40-100 мг/л снижало токсичность аммиака только при высоких значениях pH среды (Wicks, Joensen, Tang, Randall, 2002). Кроме того, было установлено, что при концентрации азота аммиака 0,3 мг/л содержание кислорода в крови форели резко снижалось (Уитон, 1985) отмечалось острое отравление (Метелёв и др., 1971 по Лавровскому, 1981).

Для успешного выращивания форели необходимо, чтобы уровень аммиака в воде не превышал 0,015 мгN/л. Кроме того, форель массой 20-300 г более устойчива к действию аммиака, чем крупная - массой 2 кг (Овчинникова, 1990).

По данным И.В. Проскуренко (2003) допустимая концентрация неионизированного аммиака для форели и лососёвых рыб составляет 0,025 мгN/л. Соответственно он приводит значения концентраций общего азота аммиака, соответствующие этой величине (табл. 2).

Количество выделяемого аммонийного азота при выращивании молоди форели составляет 167-208 мг/кг в час, а товарными особями - от 12,5 до 33,3 мг/кг в час (Clark, Harman, Forster, 1985; Новоженин, Филатов, Петров и др.,

1985).

Таблица 2- Допустимые концентрации общего азота аммиака (мг/л) в зависимости от температуры и рН

Температура, °С	Активная реакция среды, рН						
	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
5	200,0	63,3	20,0	6,3	2,0	0,66	0,23
10	134,4	42,4	13,4	4,3	1,4	0,45	0,16
15	91,2	28,9	9,2	2,9	0,94	0,31	0,12
20	63,0	20,0	6,3	2,0	0,66	0,22	0,088
25	41,7	13,9	4,4	1,4	0,46	0,16	0,069

По данным немецких исследователей максимально допустимая концентрация азота *нитритов* для форели - 0,13 мг/л (Raiser, 1987). Это пороговая концентрация нитритов, которая не приводит к сокращению потребления и усвоения кормов (Kaiser, Schmitz, 1988). В нашей стране содержание нитритов рекомендуется поддерживать не выше следующих значений: для инкубации икры, выращивания личинок и молоди - 0,1-0,12 мг/л; товарного выращивания - до 0,25 мг/л (Аси, Рельве, Херем, 1983; Новоженин, Филатов, Петров и др., 1985; Свистунов, 1986; Новоженин и др., 1988 и др.). В тоже время кратковременное повышение концентрации нитритов до 0,16 мг/л не вызвало гибели эмбрионов (Херем, Новоженин, 1985).

Рекомендуемое допустимое содержание нитратов азота в воде при инкубации икры форели составляет 5 мг/л, при выращивании личинок – 10 мг/л, молоди – 50-55 мг/л, а товарной рыбы - до 60 мг/л (Аси, Рельве, Херем, 1983; Новоженин, Филатов, Петров и др., 1985; Новоженин и др., 1988). При этом, учитывая низкую токсичность нитратов, предлагалось считать допустимой их концентрацию на уровне 200 мг/л при выращивании форели до массы 1 г (Свистунов, 1986), в более поздних рекомендациях указывается концентрация 100 мг/л (Филатов, Шмаков, Шутов и др., 1989).



Сама форель, по имеющимся данным, на 1 кг ихтиомассы ежедневно выделяет 0,13-0,21 г нитратов в сутки (Clark, Harman, Forster, 1985).

#### **1.3.4. Другие гидрохимические факторы**

*Активная реакция среды* (рН) для всех возрастных групп должна быть близка к нейтральной (6,5-7,5), не выходить за пределы 6,8-8,0 (Новоженин, Филатов, Петров и др., 1985; Новоженин, Аси, Рельве, Херем, 1988; Филатов, Шмаков, Шутов и др., 1989). В более кислой или более щелочной среде особи хуже используют кислород, поэтому в этом случае требуется увеличение содержания растворённого кислорода. Однако при всех условиях существование лососей ограничивается пределами рН от 4,5 до 9,5 (Канидъев, 1984).

Концентрация взвешенных веществ, которая может быть допустима при инкубации икры и выращивании личинок составляет 10 мг/л (Новоженин, Аси, Рельве, Херем, 1988), а при товарном выращивании - 20-25 мг/л (Новоженин, Филатов, Петров и др., 1985). Есть данные, что на 1 кг форели в сутки выделяется 0,80-0,94 г взвешенных веществ и 0,07-0,17 г фосфатов (Clark, Harman, Forster, 1985).

*Солёность.* Радужная форель может жить в пресной и в соленой воде. Икра и личинки выдерживают солёность 5-8‰, мальки и сеголетки – 12-18‰, а годовики и старшие возрастные группы хорошо адаптируются к солёности 20-25‰. Взрослая радужная форель способна переносить океаническую солёность – 30-32‰ (Яржомбек, Лиманский, Щербина и др., 1986).

В морской воде у форели интенсифицируется белковый обмен, в связи с глубокой морфофизиологической перестройкой организма, это способствует усилению обмена веществ и ускорению её роста. Поэтому в период с 70-80 годов прошлого века радужная форель стала традиционным объектом индустриального садкового рыбоводства в прибрежной части Балтийского, Белого и Баренцевоморей (Porter, Duncan, Mitchel, Bromagea,

1999; Taranger, Haux, Hansen, et al., 1999; Endal, Taranger, Stefansson, Hansen, 2000; Kung, Lee, Pankhurst, 2003).

#### **1.4. Корма и кормление радужной форели**

Кормление является важнейшим фактором внешней среды. Питание рыб очень разнообразно. Всех рыб по характеру питания можно разделить на следующие группы: растительноядные или фитофаги, животнойядные или зоофаги и всеядные – зоофитофаги. Эти группы в свою очередь делятся на две подгруппы: хищные рыбы, которые употребляют в пищу исключительно других рыб, вторая подгруппа – мирные рыбы, питающиеся растениями и мелкими животными. От того, чем питается рыба, зависит и строение: рта, зубов и желудочно-кишечного тракта.

Радужная форель относится к первой подгруппе, т.е. является хищной рыбой. В естественных условиях молодь форели питается организмами бентоса, такими как: личинки поденок, ручейников, хирономид. По мере роста, форель переходит полностью на хищный образ жизни и начинает питаться не только рыбой, но также водными и наземными позвоночными (Анисимова, Лавровский, 1983). Естественная кормовая база является полноценной пищей.

Но если говорить об индустриальном форелеводстве, то здесь возникают проблемы, связанные с ограничением рыбы в естественной пище. Воспроизводить естественную кормовую базу экономически невыгодно, в данный момент еще не разработано рентабельного метода выращивания живых кормов. Также естественная пища очень сильно подвержена сезонным изменениям. Естественная кормовая база может нести в себе не только питательные вещества, но еще и инфекции (Щербина, Гамыгин, 2006).

Сегодня иногда применяют влажные корма. Изготавливают их из молотой рыбы, рыбных отходов, отходов птицефабрик, овощей и фруктов, а также, связывающего материала (растительной муки, отрубей, отсева комбикорма). Такие корма являются ценными – это натуральные продукты. В их составе сбалансированные комплексы белков, жиров, углеводов, а так же минеральных

веществ и витаминов. Форель очень хорошо усваивает такой корм. Влажные корма имеют два минуса. Первый минус заключается в том, что они довольно дорогие. Ко второму минусу можно отнести сложность хранения, для правильного хранения необходимы большие холодильные емкости (Канидьеv, 1980; Гамыгин, 1987, 1991; Желтов, 2006; Киянов, 2007).

Радужная форель имеет хорошие приспособительные способности к искусственным условиям содержания, также она очень хорошо усваивает гранулированные корма. Основа таких кормов – сухие белковые составные компоненты (20-60%), в первую очередь это рыбная мука. В нее добавляют кормовые дрожжи; пшеничную, кукурузную, водорослевую, сенную муку, подсолнечный и соевый шрот, а также фосфатиды, рыбий жир, премиксы, антиокислители. Сухие корма по сравнению с влажными более эффективны. На 1 кг массы форели требуется 1-2 кг сухих гранулированных кормов и 3-6 кг влажных. Кроме полноценного состава, комбикорма должны обладать высокой усвояемостью, и как можно меньше загрязнять воду (Канидьеv, 1980; Гамыгин, Канидьеv, Турецкий, 1989; Желтов, 2006; Киянов, 2007; Жигин, Изотова, 2015).

Пищевые потребности форели, очень хорошо изучены. По данным А.Н. Канидьева (1984) - оптимальный состав стартового корма должен включать 45-50% протеина, 10-15% жира, 10-12% минеральных солей, до 20% углеводов и комплекс необходимых витаминов. Продукционный корм отличается меньшим содержанием протеина и жира: 38-42 и 6-9% соответственно (Канидьеv, 1984).

Современные комбикорма, как правило, представлены в виде гранул, экструдатов и капсул. Пастообразные, тестообразные корма сейчас используются очень редко из-за сравнительно низкой эффективности.

Были проведены специальные исследования относительно оптимального агрегатного состояния искусственного корма для личинок и мальков радужной форели. Эти исследования показали, что гранулированные корма (РГМ-3М и РГМ-6М), по сравнению с пастообразным (селезёночный

СП-4М) значительно биологически и экономически преимущественны, особенно, если гранулированный корм имеет красный цвет. Индивидуальный прирост личинок оказался выше в три раза. При снижении кормового коэффициента до 0,97-1,11, затрат протеина и энергии кормов. Вместе с этим при росте температуры воды затраты пастообразного корма на прирост резко возрастали. Это связано с повышением плавательной активности рыб и большими его потерями вследствие размывания. Пастообразные несбалансированные корма ограничивают потенциальные возможности роста и приводят к пониженной жизнестойкости, заболеваниям, гибели рыбы (Канидьев, 1984).

Исследования показали, что оптимальный баланс основных питательных веществ более важен в рационе молоди, чем повышение уровня протеина с 46 до 50%. Для выработки пищевой реакции рекомендуется начинать кормление сухим гранулированным кормом с раннего постинкубационного периода, когда желточный мешок рассосался на 25-30% и свободные эмбрионы ещё не поднялись на плав. Через 10-12 суток после начала кормления молодь переходит на активное потребление корма (Канидьев, 1984).

Так как стартовый корм рекомендуется использовать при выращивании молоди до 5 г, то большая часть кормов, скармливаемых при полноциклическом выращивании рыбы (90-95%) приходится на производственные комбикорма на этапе товарного выращивания. Поскольку корма для форели должны содержать достаточно высокий уровень протеина, возможность замены части дорогостоящего животного белка на растительный является одним из основных путей снижения их стоимости и, в конечном итоге, себестоимости получаемой рыбопродукции. В связи с этим было отмечено, что с уменьшением уровня животного протеина темпы роста рыбы также сокращались, но корм РГМ-8В с минимальным количеством животного протеина (14,33 %) обеспечивал хороший темп роста форели при резком (на 48%) снижении стоимости единицы прироста ихтиомассы.

Скорость роста при этом снижалась всего лишь на 12% по сравнению с контролем (РГМ-5В с содержанием животного протеина 34,21%). Кроме того по мере снижения уровня животного протеина за счёт замены в составе корма растительным, повышалась концентрация протеина в составе тела и уменьшалась в составе экскрементов (Гамыгин, Канидьеv, 1975; Канидьеv, 1984).

Изучались влияние введения в корм жиров животного и растительного происхождения на переваримость и содержание стероинов и стероидов в организме годовиков радужной форели (Жданов, 1984), вопрос о минеральном составе корма РГМ-5В (Сергеева, 1987) и потребность радужной форели в витаминах В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>5</sub> и С (Лемперт, 1987). Кроме того, установлено, что при кормлении форели кормами рецептур РГМ-6М, РГМ-5В и РГМ-8В с повышением концентраций азотсодержащих веществ в воде нарушались метаболические процессы. Это выражалось в раннем жиронакоплении, замедлении роста и цирроидном перерождении печени (Сергеева, Тэн, Жданов, 1984; Сергеева, 1987).

По обобщённым данным А.Н. Канидьева (1984) периодичность кормления личинок и мальков форели, которая рекомендуется гранулами, составляет 12-24 раза, сеголеток – 8 раз, годовиков - 6, а более старших возрастных групп – 4 раза в сутки. Кормление осуществляется с помощью автоматических кормораздатчиков или маятниковых кормушек «Рефлекс» (Лавровский, 1981, 1985, 1987; Alanära, 1992).

Исследователи отмечали снижение интенсивности питания и скорости роста радужной форели при непрерывном световом режиме, который рассматривался как стрессовый фактор исходя из содержания кортизола в плазме крови (Sprague, Talbot, Belletall., 2005).

Рыбная мука - это основной источник протеина. В свою очередь она содержит большое количество аминокислот таких как: метионин, триптофан, лизин и треонин. Также рыбная мука содержит в себе жир, который обладает незаменимыми жирными аминокислотами. Содержится в рыбной муке

довольно большое количество и минеральных веществ (железо, кальций, фосфор), и витамины (витамин А, витамин Б, биотин, цианокобаламин, холин). Главное условие - мука должна быть свежей. Не должно быть затхлого запаха и комков, также она должна быть рассыпчатой, сухой. Цвет светло-серый либо темно-желтый. Содержание рыбной муки: 55% протеина и не более 12% жира, также она должна включать в себя более 5% хлористого натрия и 28% фосфорнокислого кальция. Срок хранения такой муки не должен превышать 6 месяцев (Скляр, 2001; Пономарев, Пономарева, 2003; Щербина, Гамыгин, 2006; Канидьева, Сабодаш, 2007).

Мясная мука - это белковый корм высокого качества. В ней содержится большое количество витаминов группы В (рибофлавин, холин), кальция и доступного фосфора. Мясную муку получают из внутренностей животных. Содержание протеина в ней не должно быть менее 50-60%, жира должно быть не более 12-15%. Очень хороший источник животного протеина - мясокостная мука. Богата она незаменимыми аминокислотами (аргинин и гистидин), но она содержит много быстро-окисляемых жиров. Получают мясную муку из отходов мясного и рыбного производства (не пищевая обрезь от зачистки мяса, малоценные субпродукты). Питательность мясокостной муки зависит от качества исходного сырья. Содержание белка не должно быть менее 43%, жира - не должно превышать 16%. Содержание данной муки в комбикормах не должно быть выше 10% (Скляр, 2001; Пономарев, Пономарева, 2003; Щербина, Гамыгин, 2006).

Кровяную муку - изготавливают из крови, жира и кости. По цвету бывает от красно-коричневого до черного цвета. Содержание протеина порядка 70-85%, жира не более 5%. Но эта мука не является ценной, т.к. имеет дисбаланс по аминокислотному составу. Однако же в небольших количествах является стимулятором пищевой реакции (Скляр, 2001; Канидьева, Сабодаш, 2007).

Также к кормам животного происхождения относится крилевая мука. Она является источником каротиноидов, богата содержанием витаминов и минералов. Крилевая мука создается путем переработки морских

ракообразных. Сырого протеина в ней содержится порядка 58-62%. Мясо рыб, потребляющих крилевую муку приобретает своеобразную красноватую окраску. Как правило, такая мука используется при кормлении как лососевых, так и карповых рыб.

В костной мукесодержится много минеральных веществ таких как - кальций, фосфор. Готовится изизмельченных костей животных. Количество такой муки в кормосмеси не превышает 15% (Пономарев, 2003; Щербина, Гамыгин,2006).

Сухой обрат и сухое обезжиренное молоко являются хорошими источниками сбалансированного белка, содержание его порядка 25%. Но здесь содержится и много лактозы, содержание которой не должно превышать 12% (Wilson, 1989; Скляр, 2001; Сабодаш, 2007).

Корма растительного происхождения.К ним относятся злаковые культуры: пшеница, ячмень, рожь, кукуруза, овес. Пшеница это один из питательных по протеину корм. Используется обычно фуражная пшеница, содержание белка достигает до 15%. Также здесь содержатся ненасыщенные жирные кислоты: линолевая (56%), линоленовая (4%), олеиновая (12%). Довольно высокое содержание витаминов, таких как: А, Д, Е, В. Ячмень – по содержанию питательных веществ приближается к пшенице, но в нем содержится меньше незаменимых аминокислот. Иногда при кормлении карпа или канального сома пшеницу заменяют на ячмень. Рожь – содержит 12-13% протеина. Богата лизином, но содержит очень мало триптофана. Большое содержание витамина В. В отличие от пшеницы, рожь рыбы потребляют не так охотно. Кукуруза – содержит много крахмала и мало протеина. Овес используют в небольших количествах.Он отличается невысоким продуктивным действием. Так же в производстве рыбных комбикормов используют продукты переработки зерновых культур – отруби. Это зерновые оболочки все, кроме овсяных. Содержат большое количество протеина, минеральных веществ и жира. Они богаты фосфором, но его усвояемость ниже, чем у исходного зерна(Щербина, Гамыгин, 2006).

Из бобовых используют: фасоль, горох, люпин, сою, вика, чечевицу. Содержание белка составляет 25-30%, жира в бобовых в 2-3 раза выше, чем в злаковых. Перед тем как вести бобовые в кормосмеси их следует подвергнуть тепловой обработке, для устранения ингибиторного действия (Ketola, 1982; Канидьеv, Складов, 2008). Соя занимает первое место по питательности среди бобовых. Аминокислотный состав сои схож с белками животного происхождения. Такие культуры как чечевица, люпин и вика используются редко. Вика содержит токсичные соли синильной кислоты. В кормах, содержащих эти культуры, большой недостаток метионина, лизина, фенилаланина и изолейцина (незаменимые аминокислоты).

Жмыхи, шроты содержат 35-45% протеина. Это наиболее ценные корма растительного производства. Получают их на маслобойных производствах. Шроты получают при экстрагировании масла органическими растворителями (бензином, дихлорэтаном). Жмых - при отжиме масла на шнековых и гидравлических прессах из очищенных, перемолотых и обработанных теплом и влагой семян масличных культур. Остаток жира в шротах меньше чем в жмыхах, белка больше. Наиболее богаты белками подсолнечниковые и соевые жмыхи и шроты. Соевые и подсолнечниковые шроты и жмыхи наиболее богаты белками. Они отличаются высокой биологической ценностью белков, благодаря высокому содержанию незаменимых аминокислот, в особенности лизина. Подсолнечниковый шрот содержит мало питательных веществ, в нем содержится до 15% клетчатки за счет оболочек. Его широко используют в комбикормах, особенно для карпа и канального сома (Wilson, 1989; Складов, 2001; Пономарев, 2003).

Диетическим продуктом являются льняной шрот и жмыхи они содержат пектиновые вещества. Количество белка 30-33%, жира - 2-3%, клетчатки - 9-10%. Арахисовый шрот содержит около 43% протеина и 11% жира, в нем много лизина, но из-за малого содержания метионина и триптофана, арахисовый шрот сочетают с подсолнечниковым шротом рожью и пшеницей. В хлопчатниковый шрот и жмых входит большое количество



клетчатки за счет остатков оболочек семян и волокна. Также сюда входит госсипол – это ядовитое вещество. Если данный шрот применяется в кормовых целях, то его можно использовать с содержанием госсипола не более 0,1%. А применять его для кормления молоди вообще не рекомендуется (Пономарев, 2003; Сабодаш, 2007).

Пшеничные отруби содержат 15% протеина, немного крахмала и большое количество клетчатки. Состав белка отрубей богат незаменимыми аминокислотами, витаминными группы В и Е, фосфором. Получают отруби во время очистки зерна пшеницы от поверхностной оболочки при производстве муки (Wilson, 1989; Скляр, 2001).

В ржаных отрубях белка и клетчатки содержится меньше, чем в пшеничных, но уровень незаменимых аминокислот: треонина, валина, изолейцина и лейцина выше, чем у пшеничных.

Источниками жира в комбикормах для рыб могут быть компоненты и животного и растительного происхождения. Рыба нуждается в жидких жирах. К таким жирам относятся: рыбий и крилевый, фосфатиды и растительные масла.

В рыбьем жире содержится много витаминов таких как А, Д, фосфолипидов. Он обладает высокой степенью непереносимости. Применяют рыбий жир чаще всего в составе стартовых кормов для личинок и мальков рыб. В случае длительного хранения рыбий жир окисляется, содержащиеся в нем кальциферолы разрушаются с образованием ядовитого вещества токсистерола. Количество рыбьего жира в стартовых кормах составляет от 3 до 12 % в зависимости от вида и состава компонентов (Wilson, 1989; Скляр, 2001; Пономарев, 2003).

В крилевом жире содержится много ненасыщенных жирных кислот, каротиноидов и витаминов. Он способствует ускорению роста, улучшению физиологического состояния и снижению кормовых затрат. Это маслянистая жидкость красно-коричневого цвета с характерным запахом является

продуктом переработки криля (криль-планктонные ракообразные, являющиеся пищей рыб и китов).

В состав фосфатидов входит много ненасыщенных жирных кислот, особенно линолевого типа, так же содержится холин и фосфор. Фосфатида - это продукт переработки масличных культур. Вводятся они в комбикорма как источник жира и энергии, а так же для профилактики развития анемии и жирового перерождения печени.

Растительные масла -это источник энергии и незаменимых жирных кислот. Как правило, используют нерафинированные масла. Они более устойчивы к окислению, а также богаты биологически активными веществами. Чаше всего выбирают подсолнечное масло, в меньшей степени - соевое, льняное кукурузное. Растительные масла включают в комбикорм рыб в количестве 3 - 8 % (Wilson, 1989; Складов, 2001; Пономарев, 2003).

Дрожжи так же являются источником протеина, его содержание составляет 45-65 %, жира 20 - 40 %, углеводов 6-12 % и витаминов 1,5-5. Дрожжи богаты витаминами группы В (В1, В2, РР, В6, Вс, холин), так же в них содержатся витамины Е и Н, ферменты и гормоны, которые благоприятно влияют на обмен веществ рыб. Дрожжи выращиваются на этиловом спирте (эприн) содержат 55 - 59 % протеина 3 - 15 %, нуклеиновых кислот, либо же на метиловом. Дрожжевая биомасса, которая была выращена на природном газе, спирте (метрин) – по питательной ценности такая же, как эприн. В дрожжах могут встречаться живые клетки, такие дрожжи нельзя использовать в составе комбикормов, они вызывают кишечные расстройства.

Паприн - белково-витаминный концентрат БВК - используют для производства комбикормов для рыб. Он содержит около 52 % белка, который похож по питательной ценности на белок рыбной муки. Также содержит много нуклеиновых кислот, хорошо усваивается рыбами. Паприн получают на нефтяных парафинах, и его безопасность еще не доказана. Норма введения БВК в комбикорм для рыб - 20 - 25 % .

Гаприн - содержит белка - 70 - 72 % и жира 7-9 %, способствует росту личинок, в то же время вызывает повышенную смертность, из-за присутствия жирных кислот нечетного ряда. Хороший результат дает включение в корм для карпа и форели гаприна в количестве, обеспечивающем 20 - 25 % протеина.

Микробная биомасса. Содержание белка в ней порядка 50 %, по составу похожа на БВК, но содержит большее количество витаминов В 12. Побочный продукт при производстве БВК (Wilson, 1989; Скляр, 2001; Пономарев, 2003).

Ферментализат БВК - повышенное содержание аминокислот позволяет лучше усваиваться через стенки кишечника. Используется в стартовых комбикормах. Получают в результате обработки БВК ферментными препаратами (протосубтилином ГЗх).

Коро-концентрат лизина (ККЛ) – содержит 17 - 21 % чистого вещества. Его вводят в комбикорма, в которых компоненты животного происхождения заменяются компонентами растительного происхождения. Выпускается в виде коричневого тонкодисперсного порошка.

Витамины являются сложными биологически активными соединениями. Это - незаменимые органические вещества для жизни, которые необходимы для протекания процессов жизнедеятельности и нормального метаболизма. Они не синтезируются в организме и могут поступать непосредственно с пищей. Витамины являются составляющими ферментных систем и являются незаменимыми продуктами питания (табл. 3). При недостатке витаминов нарушается обмен веществ, а так же снижается усвоение пищи, что в свою очередь ведет к нарушению роста и стимуляции заболевания.

Все перечисленные выше витамины присутствуют в комбикормах для рыб, но часто в недостаточном количестве и при современных нормах кормления не удовлетворяют потребности рыб. При изготовлении комбикормов необходимо дополнительное введение витаминов. Витамины

применяются не отдельно, а в виде премиксов - смеси витаминов в составе наполнителя. Наполнитель должен быть химически нейтральным (в том числе по отношению к витаминам), сыпучим, мукообразным, иметь положительный заряд и удерживать на своей поверхности биологически активные вещества. В нашей стране премиксы для рыб были разработаны институтом ВНИИПРХ. В состав премиксов входят все вышеперечисленные витамины, а так же антиокислитель - сантохин. В качестве наполнителя используются мелкие пшеничные отруби.

Таблица 3 - Потребность молоди рыб в витаминах, мг/кг корма  
(Остроумова, 2011)

Витамины	Доза
А (ретинол)	7500
Д (холекальциферол, эргокальциферол)	3000
Е (токоферол)	20-100
С (аскорбиновая кислота)	1000 (2000)
В1 (тиамин)	15-30
В2 (рибофлавин)	30
В3 (ниацин)	50
В4 (холин)	500
В5 (пантотеновая кислота)	175
В6 (адермин)	8
В7 (биотин)	3
В9 (фолиевая кислота)	5

Премиксы ПФ1М (для молоди), ПФ1В (для товарного выращивания), а так же ПФ 2В (без холинхлорида, который вводят на заводах при изготовлении корма) были широко признаны в производстве кормов для рыб. В комбикормах для рыб также используются и премиксы, применяемые в птицеводстве. Однако такие премиксы имеют более низкий уровень витаминов, их количество и соотношение не отвечает потребности рыб.

Для лечения и профилактики заболевания, для улучшения метаболизма и повышения товарного качества и привлекательности рыб в комбикорма вводят добавки (Wilson, 1989; Складов, 2001).

Антибиотики используются для терапевтических или профилактических целей, например, биовит и кормогрин вводят против глистных заболеваний, а тетрациклин и стрептомицин для устойчивости рыб к неблагоприятным условиям. Применять антибиотики стоит очень осторожно и продуманно (Канидьеv, Складов, 2001).

Гормоны являются биологически активными веществами, вырабатываемые железами внутренней секреции. Их употребление должно быть еще более осторожным, чем антибиотиков, из-за негативного воздействия их остаточного количества в теле рыбы как пищевого продукта для человека. Однако гормоны оказывают многостороннее действие на рыбу, например, могут ускорить или замедлить рост, увеличить интенсивность питания (Wilson, 1989; Щербина, Гамыгин, 2006).

Вкусовые и красящие вещества - добавляют для придания корму или мясу рыб привлекательной окраски, запаха и вкуса. В основном рыб привлекает белки, амины, нуклеотиды, бетаины, глюкопротеиды и липиды.

У лососевых рыб стимулируют пищевую активность продукты животного происхождения (за исключением молочных), а у карпа - сухой обрат и сухая молочная сыворотка.

Цвет корма очень сильно влияет на аппетит рыб и эффективность питания. Лососевые предпочитают корм красного цвета (Канидьеv, 1984, Wilson, 1989, Складов, 2001, Пономарев, 2003).

Самые широко используемые антиокислители, предотвращающие окисление жиров и витаминов — токоферол, лецитин, эфиры аскорбиновой кислоты и синтетические: бутилокситолуол, дилудин, сантохин, они. Их добавляют в количестве до 0,02 % к массе кормосмеси.

Для кормления лососевых рыб разработаны специальные гранулированные корма. Промышленностью освоено производство полноценных стартовых и продукционных комбикормов для разновозрастных групп лососевых рыб.

Среди отечественных комбикормов получили распространение

рецепты РГМ-6М, АК 1 ФП, «Акварекс» и др. (Привезенцев Власов, 2004; Козлов, Никифоров-Никишин, Бородин, 2004; Жигин, Мовсесова, 2014).

Успешное развитие рыбоводства основано на использовании полноценных кормов, стоимость которых составляет порядка 50% и более от суммы затрат на этот вид хозяйственной деятельности (Жигин, Мовсесова, 2014). Проблема обеспечения полноценными комбикормами рыбоводных хозяйств, которая особенно обострилась ввиду санкционного режима Европейского Союза, является одной из основных, определяющих экономическую эффективность аквакультуры и требует новых решений от российских производителей.

## **1.5. Пробиотики и их использование в аквакультуре**

### **1.5.1. Общие сведения о пробиотиках**

И.И. Мечников – выдающийся русский учёный, всемирно известный геронтолог, положивший начало исследованиям молочнокислой палочки, ещё в 1907 г. выдвинул теорию долголетия, в которой он особое внимание уделил симбиотическим микроорганизмам, населяющим пищеварительный тракт человека.

Однако, даже учитывая более чем вековой опыт исследований и клинических наблюдений, на сегодня в медицине сложилось не однозначное мнение относительно терапевтической эффективности пробиотиков. Известно, что только с вдыхаемым воздухом в ротовую полость человека, трахею и, благодаря работе эпителия, в пищевод за сутки попадает от  $10^3$ - $10^7$  КОЕ. Обсеменённость продуктов питания значительно выше. Таким образом, ежесуточная бактериальная нагрузка (контаминация) на организм человека даже превышает рекомендуемые нормы дачи пробиотиков. При этом организм человека находится в обычных условиях в т.н. «равновесном» состоянии.

Термин «пробиотик» происходит от греческого *pro* и *bios*, что означает – «*prolife*» (распространяющий или дающий жизнь). В тоже время на

протяжении многих лет термин «пробиотик» подразумевал под собой множество различных значений. На сегодня признано, что термин пробиотик был введен в 1965 г. докторами Лилли и Стилвелл как интерпретация первоначального слова “*probiotika*”.

Согласно ГОСТ Р52349-2005 – пробиотики являются функциональными пищевыми ингредиентами в виде полезных для человека непатогенных и нетоксикогенных микроорганизмов, обеспечивающих при систематическом употреблении в пищу в виде препаратов или составе пищевых продуктов благоприятное воздействие на организм человека в результате нормализации состава и (или) повышения биологической активности нормальной микрофлоры кишечника.

К основным пробиотическим микроорганизмам относят лактобациллы, бифидобактерии, пропионовокислые бактерии, некоторые виды стрептококков и лактококков. Сейчас всё большую популярность в сельском хозяйстве набирают биопрепараты в основе которых применены спорообразующие бактерии рода бациллюс (*Bacillus*).

Пробиотики - это группа препаратов, в том числе и бактерии, которые непатогенны для человека, обладают антагонистической активностью в отношении патогенных и условно-патогенных микроорганизмов и обеспечивают восстановление нормальной микрофлоры (О государственной стандартизации..., 2001). Исходя из всего вышеперечисленного, на настоящий момент пробиотики и пробиотические продукты используют в следующих случаях (Корочинский, 2014):

- лечение заболеваний, связанных с изменением микрофлоры: острые кишечные инфекции;
- коррекция дисбактериоза кишечника;
- регуляция обменных процессов в организме путем повышения активности метаболизма кишечной флоры и собственных обменных процессов пробиотических бактерий при колонизации кишечника;

- оказание позитивного влияния на местный и системный иммунитет, повышение противoinфекционной защиты, иммуномодулирующее действие.

Пробиотики - это препараты, содержащие живые культуры микроорганизмов, способные стимулировать кишечную нормофлору. Существуют также и симбиотики - это препараты, которые состоят из комбинации нескольких видов живых микроорганизмов, а также синбиотики - препараты, состоящие из комбинации живых микроорганизмов и пребиотиков (соединений различного немикробного происхождения, также способные стимулировать симбионтную флору кишечника (World Gastroenterology Organisation, 2017).

По составу пробиотики подразделяются на:

*монокомпонентные* – пробиотики, полученные на основе одного штамма живых микроорганизмов;

*поликомпонентные* – пробиотики, в состав которых входят несколько штаммов микроорганизмов, принадлежащих к одному или нескольким видам или родам, дополняющие или потенцирующие друг друга по ферментативным свойствам, антагонистической активности, продукции биологически активных веществ, механизму действия или другим свойствам;

*сорбированные* – пробиотики, полученные на основе одного или нескольких штаммов микроорганизмов, сорбированных на частицах активированного угля, кремния диоксида коллоидного и других сорбентах;

*комбинированные* – пробиотики, в состав которых помимо одного или нескольких видов микроорганизмов входят активные компоненты иной природы (например, инулин, лизоцим, витамины, микроэлементы, гормоны действующие вещества лекарственных растений, и др.), оказывающие терапевтическое воздействие на организм.

Пробиотики по таксономическим группам микроорганизмов, входящих в их состав, подразделяются на:

*бифидосодержащие пробиотики* – содержат один или несколько видов живых бактерий рода *Bifidobacterium*;



*лактосодержащие пробиотики* – содержат живые бактерии рода *Lactobacillus*, одного или нескольких видов;

*колисодержащие пробиотики* – получены на основе одного или нескольких штаммов живых бактерий *Escherichia coli*;

*споровые пробиотики* – получены на основе одного или нескольких видов живых непатогенных представителей рода *Bacillus*;

*пробиотики других таксономических групп* – содержат живые апатогенные бактерии, принадлежащие к родам *Aerococcus*, *Enterococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Propionibacterium* и дрожжевые грибы – *Saccharomyces cerevisiae* и *S. boulardii* (ОФС.1.7.1.0008.15).

### **1.5.2. Применение пробиотиков в аквакультуре**

Пробиотики - биологические препараты, способствующие росту одних, и подавляющие рост других видов и/или штаммов микроорганизмов находят все более широкое применение в мировой аквакультуре. Эти биопрепараты, как уже было сказано выше, предназначены для профилактики и лечения заболеваний бактериальной этиологии, нормализации кишечной микрофлоры при дисбактериозах различной природы. Они способны повышать противoinфекционную устойчивость организма гидробионта, регулировать и стимулировать пищеварение, смягчать стрессы.

Изменения качественного и количественного состава кишечной микрофлоры называются дисбактериозами, общий признак которых - увеличение числа условно-патогенных бактерий на фоне снижения численности бифидобактерий и лактобацилл.

Современные направления в профилактике и лечении дисбактериозов кишечника базируются на применении пробиотиков - препаратов, в состав которых входят живые, полезные бактерии (Хрусталева и др., 2016). Российскими учеными на сегодняшний день заявлено около 25 наименований препаратов на основе представителей рода *Bacillus* и других

спорообразующих микробов, и часть из них производится для нужд медицины и ветеринарии.

В настоящее время, как в нашей стране, так и за рубежом, производители пробиотиков для сельскохозяйственных животных, в том числе для гидробионтов, представляют свою продукцию в основном в виде лиофилизированной (высушенной) порошкообразной субстанции. При этом клетки пробиотика (споры в покоящемся состоянии, как в случае с *Bacillus*), связываются кормовым субстратом растительного или животного происхождения – кукурузной мукой, рыбной мукой, различными белками, получаемыми при переработке молока и др.

Как исключение, нужно отметить, что готовые «жидкие» биопрепараты применяются в целях искусственного моделирования и нормализации микробного фона воды – в рыбоводных прудах и установках замкнутого водообеспечения (УЗВ), в крупных питьевых водохранилищах и др. В меньшей степени пробиотики применяются для обработки живого материала – травмированных во время перевозок рыб, икры и др. Биологически активные добавки в жидком виде используют при подготовке к хранению и для обработки просроченных или хранившихся в ненадлежащих условиях комбикормов. Своё место биопрепараты заняли на рынке ландшафтного дизайна (где растворы культур пробиотиков используются при обслуживании приусадебных прудов).

Концентрация (титр) – количество колониеобразующих единиц (КОЕ), задаётся производителем на конечном этапе изготовления микробиологического продукта – перемешивания (или закрепления) клеточной биомассы на носителе. Существующие технологии позволяют получать готовый продукт в диапазоне концентраций КОЕ, различающийся в сотни и даже тысячи раз – от  $10^{3-7}$  до  $10 \cdot 10^{11}$  КОЕ/см<sup>3</sup> или КОЕ/г.

К сожалению, менталитет «отечественного рыбовода», как показывает практика, требует внесения некоторых корректив в механизмы применения пробиотиков в аквакультуре России. Например, в Юго-Восточной Азии,

Китае, Вьетнаме, пробиотики на креветочных хозяйствах, или при выращивании тилапии, пангасиуса и других видов успешно вносятся в корма рыбоводами непосредственно на прудах перед кормлением. Обычно пробиотик разводится в небольшом количестве воды и уже готовый маточный раствор равномерно распределяется (распрыскивается) на комбикорм, который тщательно перемешивается. После просушивания в течение 15-30 мин. пропитанный пробиотиком комбикорм задаётся гидробионтам. Внесение пробиотика в корма непосредственно на хозяйствах рыбоводами – рабочими требует строгого контроля за качеством их работы и исполнительностью, особенно в России.

В нашей стране до настоящего времени пробиотики на ветеринарном рынке также в основном представлены в виде порошкообразной массы – отдельно от комбикорма. Рекомендуемый отечественными ихтиопатологами способ «протравливания» комбикорма водным или масляным маточным раствором пробиотика ничем не отличается от зарубежной практики (Головина, 2013). При этом учитывается, что срок использования готового лечебного корма существенно снижается. Это связано с тем, что культурыпокоящихся клеток (спор) могут при контакте с водой активироваться. В тоже время, сам комбикорм, будучи протравленным пробиотиком, дольше сохраняет питательную ценность посредством подавления пробиотическими культурами роста сапрофитной микрофлоры, выделяющей токсины и способствующей порче корма. Всё это отражается на повышении перекисного числа и общей токсичности корма.

Основные надежды на расширение масштабов применения пробиотиков в отечественной аквакультуре возлагаются сегодня на внедрение методов заводского внесения биопрепаратов в комбикорма. Всё это опирается на устоявшиеся технологииизготовлениякомбикормов.

Изготовление комбикорма обеспечивается системой технологических приёмов, которые включают сложные ступени обработки сырья (механическую, термомеханическую, гидротермическую,

гидробаротермическую и т.д.). В разной степени эти приёмы воздействуют не только на физико-механическую структуру и химический состав самого сырья, но и существенно влияют на жизнеспособность и в конечном итоге на физиологическую эффективность культур биопрепаратов (Щербина, Гамыгин, 2006).

Наиболее широко практикуемые технологии изготовления качественных комбикормов для рыб – это методы экструдирования и экспандирования. Важнейший этап приготовления таких комбикормов, который может существенно повлиять на состояние пробиотических культур – баротермическая обработка. Данный процесс подразумевает не только высокий перепад давления до 20-40 бар (1,96-3,92 Мпа), но и резкое повышение температуры до 90-120, и даже 140<sup>0</sup>С.

Во избежание потерь эффективности биопрепаратов (снижение титра, жизнеспособности, прорастания, биоактивности спор и т.д.) в настоящее время предложено два технологических решения (Павлов, Максименкова, 2019).

Первый путь – который можно назвать биологическим, это повышение толерантности и устойчивости культур биопрепаратов к воздействию высокой температуры и давлению. Как известно, в экструдере и экспандере гранулы корма подвергаются интенсивному, но кратковременному воздействию высоких температур и давления в течении 10-20 секунд. Сегодня, благодаря лёгкому ответу бактериальных культур на селекцию, достигнуты результаты по их выживаемости и сохранности покоящихся спор при воздействии температуры в диапазоне 110-120С<sup>0</sup> в течение 20-40 минут. Такие критерии позволяют вносить биопрепараты в сырьё в заводских условиях ещё на самых ранних этапах изготовления комбикормов.

На начальном этапе производства кормов по таким технологиям, как известно, требуется проведение испытаний на термоустойчивость и стабильность пробиотических культур. Это стандартная процедура, подразумевающая посев с последующей инкубацией в термостате на

питательной среде смывов с готового комбикорма, прошедшего экструдер. После чего сотрудниками аккредитованной микробиологической лаборатории даётся официальное заключение производителю комбикормов о жизнеспособности и степени обсеменённости готового корма спорами пробиотика.

Второй путь – внесение культур пробиотиков в момент нормализации готовых гранул комбикормов жиром и витаминами. Этот процесс происходит уже после прохождения готовых гранул этапа экструзии и/или экспандирования. Однако для осуществления этого процесса в технологическую схему кормовой установки должен быть включен дополнительный модуль – «второе окно приёмки». Что не всегда предлагается и реализуется проектировщиками кормозаводов.

Методом вакуумного напыления можно вводить в готовый продукт (комбикорм) различные жиры и масла, дайджесты и другие жидкости. При этом корма подаются в камеру смесителя, где создаётся вакуум при помощи вакуумной установки. Вакуумная система нагнетания впрыскивает жидкости и смеси во все поры экструдированного или экспандированного корма. Впрыск жиров и масел происходит одновременно со снижением вакуума, что приводит к проникновению жидкостей внутрь гранулы. Технология вакуумного напыления предусматривает возможность ввода жира до 35%, а также ввод различных компонентов на водной и жировой основе, включая ферментные жидкие препараты и ароматизаторы (ЛимКорм, 2017).

На западе, некоторые производители пробиотиков проводят дополнительные исследования по оценке влияния кормовых добавок на вкусовые качества и пищевую предпочтительность рыб к лечебным комбикормам (*feeding palatability test*). Для этого проводится ряд опытов по кормлению различных групп рыб комбикормами, включающими кормовые добавки и без них. При сопоставлении результатов, характеризующих потребляемость рыбами таких комбикормов, среднесуточный прирост живой массы, сохранность поголовья и т.д., также выдаётся официальное

заклучение. Результаты подобных исследований впоследствии фигурируют на рекламных проспектах поставщиков кормовых добавок и обычно являются инструментом маркетинга(Павлов, Максименкова, 2019).

Пробиотики используются в аквакультуре для увеличения темпов роста культивируемых видов. Однако до сих пор механизм их действия до конца не объяснён и на самом деле не известно, улучшают ли эти продукты физиологическое состояние выращиваемых гидробионтов, или увеличивают усвояемость корма.

По исследованию пробиотиков опубликовано уже много работ, особенно в течение последнего десятилетия. Однако, так называемые «западные» методологические и этические ограничения исследований на животных осложняют или запрещают проведение значительного количества исследований. Поэтому механизмы действия пробиотиков до сих пор объяснены только частично (Балказар, 2006).

Как известно пробиотики во многих случаях выделяются из эндогенной микрофлоры водных животных, в том числе рыб. Например, грамотрицательные факультативные анаэробные бактерии, такие как *Vibrio* и *Pseudomonas*, получают в основном из эндогенной микробиоты различных видов морских рыб (Onarheim et al., 1994). У пресноводных видов рыб, как правило, преобладают бактерии родов *Aeromonas*, *Plesiomonas*, представители семейства *Enterobacteriaceae*, а также анаэробные бактерии родов *Bacteroides*, *Fusubacterium* и *Eubacterium* (Сатака, 1990). Молочнокислые бактерии широко распространены в кишечнике млекопитающих или птиц. Лактобактерии у свиней, грызунов и птиц. Энтерококки у плотоядных животных (Балказар, 2006).

Важно отметить, что пейзаж эндогенной микробиоты может зависеть от генетического, пищевого и экологического факторов. Однако микроорганизмы, присутствующие в пищеварительном тракте гидробионтов оказывают гораздо большее положительное влияние на общее состояние организма, чем у наземных животных.

Это связано с тем, что микробиоценоз кишечника водных животных сформирован как из коренной, так и из аллохтонной микробиоты, постоянно и в большом объёме поступающей в ротовую полость с водой (в том числе через жабры) (Хансен и Олафсен, 1989). Использование пробиотиков, или полезных бактерий, которые в какой-то мере «контролируют» рост патогенной микрофлоры через разнообразные механизмы, все чаще рассматривается как альтернатива антибиотикам.

Отмечено, что при большом разнообразии испытанных пробиотических бактерий, только немногие из них получили коммерческое распространение. Таким образом, необходимо проводить дальнейшие исследования для расширения практического использования пробиотических культур, описанных пока только на лабораторном уровне.

Антибиотики в аквакультуре применяются для профилактики и лечения бактериальных болезней уже долгое время. Однако сейчас многие авторы указывают на появление таких проблем, как наличие остатков антибиотиков в тканях животных, генерация механизмов бактериальной резистентности, а также дисбаланс в микробиоте желудочно-кишечного тракта гидробионтов, что сказывалось на их здоровье. Фактически, в настоящее время Европейский Союз регламентировал использование антибиотиков в продукции аквакультуры для потребления человеком.

Сегодня потребители требуют натуральные продукты, без добавок, таких как антибиотики; кроме того, наблюдается тенденция к профилактике заболеваний, а не к их лечению. Таким образом, сегодня всё большую популярность набирает мнение об использовании пробиотиков, как хорошей альтернативы для ингибирования патогенов и борьбы с болезнями в аквакультуре.

Некоторые зарубежные препараты, прошедшие клинические испытания и внедрённые в коммерцию, представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Зарубежные препараты, внедрённые в производство (Cruz, Ibáñez, Saad, 2012)

Коммерческое название препарата	Область применения	Примечания (виды/штаммы бактерий, область прим. и др.)
AlCare™	Млекопитающие	<i>Bacilluslicheniformis</i>
Alibio®	Рыбы	для белоногой креветки ( <i>Litopenaeusvannamei</i> )
Bactisubtil®	Человек	<i>Bacillus cereus</i>
Bactocell® PA 10	Рыбы	Иммунология рыб и моллюсков, 2010
BaoZyme-Aqua	Рыбы	<i>Bacillus subtilis</i>
BGY-35	Рыбы	для тилляпии ( <i>Oreochromis niloticus</i> )
Biogrow®	Млекопитающие	<i>subtilis u Bacillus licheniformis</i>
Bio-Kult®	Человек	<i>Bacillus subtilis</i>
BioPlus® 2B	Рыбы	Для радужной форели <i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum)
Biosporin®	Человек	<i>B. subtilis and B. licheniformis</i>
Biostart®	Рыбы	<i>Bacillus spp. u Paenobacillus sp.</i>
Biovicerin®	Человек	<i>B. cereus</i>
Bispan®	Человек	<i>Bacillus polyfermenticus</i>
Cernivet®	Рыбы	для угря ( <i>Anguilla anguilla</i> )
Domuvar	Человек	<i>Bacillus spp.</i>
Ecomarine®	Моллюски	Моллюски(Shellfish)
Esporafeed Plus®	Свиньи	<i>B. cereus</i>
Lactobacil	Рыбы	Иммунология рыб и моллюсков, 2010
Lactopure	Млекопитающие	<i>Lactobacillus sporogenes</i>
Liqualfife®	Рыбы	<i>Bacillus spp.</i>
Neoferm BS 10	Млекопитающие	<i>Bacillus clausii</i>
Neolactoflorene	Человек	<i>Lactobacillus spp. u Bacillus spp.</i>
Promarine®	Моллюски	Моллюски (Shellfish)
SanoCare®	Рыбы	<i>Bacillus spp.</i>
SanoGuard®	Рыбы	<i>Bacillus spp.</i>
SanoLife®	Рыбы	<i>Bacillus spp.</i>
Sporolac Fish	Рыбы	Иммунология рыб и моллюсков, 2010
Sustenex®	Человек	<i>Bacillus coagulans</i>
Toyocerin®	Рыбы	для угря ( <i>Anguilla anguilla</i> )

Пробиотические микроорганизмы обладают способностью выделять химические вещества, обладающие бактерицидным или бактериостатическим действием, на патогенные бактерии, находящиеся в кишечнике хозяина, образуя тем самым барьер против пролиферации



условно-патогенных микроорганизмов. В целом антибактериальное действие обусловлено одним или несколькими из следующих факторов: выработкой антибиотиков, бактериоцинов, сидерофоров, ферментов (лизоцимы, протеазы) и / или перекиси водорода, а также изменением рН кишечника за счет образования органических кислот

Дозы пробиотиков, рекомендуемые в зарубежных источниках, сопоставимы с таковыми в Российской практике. Например, установлено, что концентрации пробиотиков от  $10^6$  до  $10^8$  клеток/г способствуют развитию здоровой микробиоты в желудочно-кишечном тракте декоративных рыб из родов *Poecilia* и *Xiphophorus*, уменьшая количество гетеротрофных микроорганизмов.

В зарубежной аквакультуре пробиотики используются в нескольких направлениях: для ускорения роста, повышения сопротивляемости и резистентности организма водных животных, для борьбы с различными заболеваниями (Kesarcodi-Watson, Kaspar, Lategan, Gibson, 2008; Cruz, Ibáñez, Saad, 2012). В большинстве проведённых опытов авторами отмечается существенное подавление роста патогенных бактерий. При этом зарубежом одним из методов оценки эффективности БАД, является: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, American Public Health Association (2005). В рамках этого метода сотрудниками института Аквакультуры № 2 республики Вьетнам были предложены испытания пробиотика «Энзимспорин» по выявлению его способности стимулировать иммунную систему и иммунитет креветок (что необходимо для регистрации БАД во Вьетнаме).

Отношение зарубежных исследователей к пробиотическим БАД не однозначное, но в основном положительное (Kesarcodi-Watson, Kaspar, Lategan, Gibson, 2008; Cruz, Ibáñez, Saad, 2012). Нужно отметить, что и испытания отечественных препаратов не всегда выявляют их положительное действие. Например, на форелевом хозяйстве «Сходня» проводились исследования по влиянию пробиотиков в составе молочной сыворотки,

добавляемой в комбикорма в дозе – 5%. По результатам этих исследований установлено, что положительный экономический эффект был обусловлен лишь заменой комбикорма эквивалентным количеством молочной сыворотки (Павлов, Максименкова, 2019).

#### ***1.5.2.1. Применение пробиотиков при кормлении карпа***

Семейство карповые – наиболее распространённая пресноводная группа рыб в северном полушарии. Однако в товарное рыбоводство на настоящее время в основном введены такие виды как пёстрый и белый толстолобики, белый и чёрный амур и конечно карп (*Ciprinus carpio*, L). Это теплолюбивые рыбы, оптимальный диапазон выращивания которых колеблется от 20-26<sup>0</sup>С (при выращивании в прудах) и до 27-30<sup>0</sup>С в установках замкнутого водообеспечения (УЗВ). Как известно большинство известных видов бактерий, в том числе пробиотических, проявляют наибольшую активность именно в этом диапазоне температур.

Основной объект прудового рыбоводства карп – бентофаг, однако в его рацион частично входит растительная пища, детрит и зоопланктон. Поэтому в рецептуру карповых комбикормов (как прудовых, так индустриальных) включается достаточное количество белков растительного происхождения. Желудок у карпа не выражен, что характерно для полифагов и растительноядных рыб. Длина кишечника составляет до 1,5-2,0 длинн тела рыбы (*L*). Приём пищи у него осуществляется мелкими порциями, поэтому в кишечнике процесс пищеварения ускоряется (Пышманцева, 2010). Перечисленные факторы дают возможность полагать о целесообразности моделирования симбиотической кишечной микрофлоры этих рыб.

Тяжёлый бич прудового карповодства – восприимчивость этих рыб к аэромонозу и другим бактериальным заболеваниям. Аэромоноз или краснуха проявляется у карпа при резком перепаде температуры воды, особенно весной после распаления льда. Если в хозяйстве зарегистрирована хроническая форма заболевания, то у части ослабленных долгой зимовкой рыб, хроническое течение заболевания переходит в острую форму. Болезнь

не опасна для человека, но поражённые рыбы теряют товарный вид и становятся не пригодны для реализации. При острой форме краснухи отход поголовья карпа в периоды весеннего или осеннего перепада температур может достигать 60-80%.

Хороший пример применения пробиотика для борьбы с аэромонозом - это опыт крупного подмосковного рыбхоза – Бисеровского рыбокомбината. Специалисты данного хозяйства уже несколько лет не используют сильно действующие терапевтические средства, заменив их пробиотиками. Биопрепараты здесь задаются как с кормом рыбе, так и добавляются в воду прудов и бассейнов. При этом у поголовья карпа, выращиваемого в Бисерово, реже отмечаются и вирусные заболевания, также подпадающие под термин «краснуха». Вероятно, это обусловлено повышением иммунного статуса рыб и общего зоогигиенического состояния хозяйства.

Оценка эффективности разных норм ввода пробиотического препарата «Энзимспорин» в рацион карпа была проведена сотрудниками кафедры аквакультуры АГТУ. При этом было показано, что наилучшие показатели роста и выживаемости были характерны для группы рыб, потреблявшей корма с добавлением 0,7 г/кг и 1 г/кг препарата. В данных вариантах наблюдался высокий среднесуточный прирост массы и коэффициент массонакопления. Так, самый высокий показатель среднесуточной относительной скорости роста карпа был 1,39% (1 г/кг «Энзимспорины»), что выше, чем в контрольной группе (1,75%), потреблявшей комбикорм без пробиотика. Выживаемость в опытных группах с 0,7 и 1,0 г/кг пробиотика была 100 %-ной. Также положительное влияние «Энзимспорины» отразилось на кормовом коэффициенте, который уменьшился по сравнению с контролем на 0,2-0,3 ед. (Пономарёв, 2017).

Рыбоводные показатели, как правило, коррелируют с физиологическим состоянием рыб, что подтверждается гематологическими показателями. Это сказывается на повышении уровня гемоглобина, поддержания уровня глюкозы в нормативных значениях, снижению СОЭ, увеличению

сывороточных белков и незначительному снижению холестерина в крови. Всё это свидетельствовало о положительном влиянии кормового компонента на обмен веществ исследуемых рыб (Пономарёв, 2017).

В отечественной аквакультуре, и особенно при выращивании её основного объекта – карпа, широко применяется пробиотик «Субалин». Проведенные в рыбоводных хозяйствах разного типа исследования, показали, что в эпизоотически сложной обстановке, использование «Субалина» дает положительный эффект: у рыб происходит заживление язв, нормализуется образование слизи на поверхности тела, улучшается состояния жаберного аппарата; стабилизируются функции кишечника и улучшается его ферментативная активность; происходит восстановление естественного баланса между нормальной и потенциально патогенной микрофлорой. Из внутренних органов рыб вытесняются контаминантные микроорганизмы. После приема препарата начинают выделяться биологически активные вещества и функционировать системы микробных клеток, которые оказывают как прямое действие на патогенные и условно – патогенные микроорганизмы, так и опосредованное – путем активации специфических и неспецифических систем защиты организма рыб. Одновременно бактериальные клетки пробиотика могут рассматриваться как биокатализатор многих жизненно важных процессов в пищеварительном тракте, активно продуцирующем ферменты, аминокислоты, антибиотические вещества и другие физиологически активные субстраты, дополняющие лечебно-профилактическое действие (Бычкова, Юхименко, Ходак, 2007).

Успешные исследования по влиянию пробиотиков «Пролам», «Моноспорин» и «Бацелл» на сеголетков карпа были проведены в ООО РСП «Ангелинское» Краснодарского края. По результатам этих работ было установлено уменьшение затрат кормов на 1 кг прироста соответственно массе рыб, по сравнению с контролем, во второй группе на 5,6 % («Бацелл» + «Пролам»), в третьей — на 4,8 % («Бацелл» + «Моноспорин»), в четвёртой — на 9,6% («Бацелл» + «Моноспорин» + «Пролам»), в пятой — на 2,8 %

(«Бацел»). Исходя из общего итога исследований, было видно, что в опытных прудах сеголетки карпа росли лучше, чем контрольные сверстники во все периоды выращивания (Пышманцева, 2010).

Анализ экономических показателей также показал положительное влияние исследованных пробиотических препаратов в рационах сеголеток карпа. Уровень рентабельности выращивания рыбы вырос по группам от 2,7 до 10,3% по сравнению с контролем, не смотря на увеличение стоимости комбикормов за счёт ввода пробиотиков (Пышманцева, 2010).

#### ***1.5.2.2. Применение пробиотиков при кормлении осетровых рыб***

Осетровые рыбы – наиболее ценная, но в тоже время долго-циклическая группа рыб в аквакультуре. Как известно, белуга достигает половозрелости в возрасте 12-14 лет, сибирский, русский осетры в 8-10 лет, а стерлядь в 4-5 лет (Анисимова, Лавровский, 1983). В искусственных условиях: УЗВ, бассейнах, садках рыба выращивается на комбикормах. Сегодня, основным экономическим продуктом осетроводства – чёрная икра-сырец на большинстве осетровых хозяйств получается прижизненным способом. Это в свою очередь обуславливается как длительным межнерестовым интервалом, характерным для осетровых рыб, так и низким физиологическим статусом производителей, тяжело переносящих процедуру прижизненного отбора икры. Основная причина, ввиду которой наблюдается высокая элиминация выращиваемых производителей и ремонт осетровых – алиментарные заболевания, хроническая и субхроническая интоксикация, вызываемые несбалансированными комбикормами. Как известно даже самые качественные полнорационные рыбные корма не способны заменить естественную кормовую базу.

При патологоанатомическом вскрытии как у ремонтно-маточного поголовья, так и у более младших возрастных групп осетровых рыб, выращиваемых в искусственных условиях, наблюдаются тяжёлые дистрофические процессы органов брюшной полости – анемия селезёнки и печени; цирроз печени; накопление меланина в печени, приобретающей при

этом угольный цвет; расслоение плавательного пузыря и другие негативные проявления (Кленьшин, Есавкин, Бубунец и др., 2021).

Установлено, что молодь осетровых рыб, по сравнению с другими объектами аквакультуры, наиболее подвержена нарушению функции пищеварительной системы, проявляющейся вздутием кишечника – тимпанией, что, по-видимому, также провоцируется низкокачественными комбикормами.

В результате лечебного курса кормления пробиотиками молоди осетровых рыб, подверженной тимпании, нормализовалась кишечная микрофлора за счет подавления численности дрожжей, плесени и группы кишечной палочки и благоприятного развития амилотических и молочнокислых бактерий. При этом у молоди нормализовался липидный, жирнокислотный, энергетический и другие виды обмена веществ и, как следствие, отмечено снижение уровня гидроперекисей, повышение активности антиоксидантов, наиболее уязвимых при нарушении питания. Данные мероприятия предотвратили массовую гибель молоди осетровых рыб на 1-й и 2-й стадиях тимпании (Абросимова, 2015).

В ряде опытов, по кормлению молоди сибирского осетра с добавлением «Энзимспорина», проведённых на рыбхозе «Смоленский», были достигнуты существенные результаты по повышению выживаемости этих рыб. По словам рыбоводов после добавления в корма пробиотика количество так называемых «перевёртышей» - экземпляров, плавающих у поверхности кверху брюшком, сократилось более чем вдвое по сравнению с контролем.

Использование пробиотиков важно при эксплуатации маточных стад осетровых рыб в целях воспроизводства – выпуска молоди в естественные водные объекты. Формирование ремонтно-маточных стад осетровых также основано на кормлении искусственными кормами. В связи с этим сотрудниками кафедры аквакультуры Астраханского государственного технического университета проведены исследования и опубликованы

соответствующие рекомендации по рационам кормления с добавлением БАД для маточных стад осетровых рыб. Так, показано, что применение в составе преднерестового комбикорма для производителей осетровых рыб пробиотического препарата «Ферм-КМ» в количестве 6 г/кг комбикорма соответствует их физиологической потребности в биологически активных веществах в период формирования и созревания гонад. Отмечено увеличение рабочей плодовитости до 237,6 тыс. шт. икринок и доли оплодотворенной икры до 89,5%. Достигнуто увеличение доли созревания самцов стерляди до 89,8% (Жандалгарова, 2017).

Необходимо обратить внимание на исследования сотрудников кафедры аквакультуры АГТУ по применению БАД при пониженных температурах воды. Молодь бестера выращивали в бассейнах УЗВ при температуре воды от 13,6 до 17,5°C и плотности посадки 13 экз./м<sup>2</sup>. Пробиотическую добавку «Субтилис» вводили в комбикорм из расчета 0,4% от его массы, а добавку «Бацелл» - из расчета 0,2% от массы сухого комбикорма. В процессе опыта установлено, что при использовании полнорационного корма с добавлением пробиотика «Бацелл» содержание сывороточных липидов у опытной группы осетровых было выше в сравнении с контрольной группой особей, выращенных на корме без пробиотика. Одновременно отмечено, что использовать данные пробиотики в кормах для осетровых рыб нецелесообразно, если температура воды ниже оптимальной (Аламдари, Пономарёв, 2013).

### ***1.5.2.3. Применение пробиотиков при кормлении других гидробионтов***

Как уже отмечалось, введение в рацион различных биологически активных добавок и других нутриентов (витамины; пробиотики; пребиотики; минеральные вещества и т.д.) в корма для различных видов рыб практикуется достаточно широко (Бахарева, 2016; Грозеску, 2016; Гусева, 2019 и др.).

В частности было установлено влияние пробиотика «Субтилис» на статистически значимое увеличение печени, сердца, количества внутреннего

жира и другие интерьерные показатели внутренних органов клариевых сомов (Артеменков, 2013).

Получены данные, что введение в комбикорм добавки «Метаболит плюс» в объеме 1–3% от его массы при промышленном выращивании тилляпии повышало скорость роста рыб, оплату корма и выход съедобных частей на фоне улучшения физиологического состояния, экстерьерно-интерьерных показатели рыб (Пырсигов, 2017). Для повышения стрессоустойчивости, сохранности карпа при транспортировке, улучшения рыбоводно-биологических показателей при выращивании карпа в садках, успешно использовали комплексный препарата «Виусид-Вет» (Мухаметшин, 2019).

Цель этих и других аналогичных исследований направлена на улучшение физиологического состояния выращиваемых рыб, повышение рыбопродуктивности и эффективности выращивания.

При выращивании рыбы как продукта функционального назначения исследователи столкнулись с органическим загрязнением воды продуктами метаболизма рыб при высокой плотности посадки и необходимостью снижения уровня условно-патогенной микробиоты в органах и тканях рыб. Перспективным для достижения данных целей ими рассматривалось применение пробиотиков «Споротермин» и «Пролам», как альтернатива антибиотикам. При этом рыбопродукция, обогащенная пробиотиками и адаптогенами, является экологически чистой (Романова, Романов, Любомирова, Мухитова, 2018; Романов, Романова, Любомирова, Мухитова, 2018).

Львиную долю на мировом рынке продукции аквакультуры ракообразных занимают белоногая, гигантская и тигровая креветки, выращиваемые в юго-восточной Азии (в основном во Вьетнаме, Китае, Камбодже и Тайланде). Основная причина использования пробиотиков в этих странах при выращивании креветок - требования, предъявляемые импортёрами, предусматривающие отсутствие антибиотиков в продукции



аквакультуры. К тому же известно, что ракообразные высоко восприимчивы к целому перечню бактериальных заболеваний со сходной этиологией, объединяемых одним названием – ржавая болезнь, или болезнь ржавых пятен. К основным возбудителям можно отнести патогенные бактерии рода - *vibrio*. С возникновением данного заболевания особенно сильно поражаются органы нервной системы, пищеварения, в том числе гепатопанкреас. Поскольку отходы креветок, зараженных этими заболеваниями очень велики, использование пробиотиков для поддержания их физиологического статуса и особенно функции пищеварительной системы чрезвычайно актуально (табл. 5).

Таблица 5 - Нормы внесения зарубежных пробиотиков с кормом для *Whiteshrimps* (Павлов, Макименкова, 2019)

п/п	Наименование культуры	Нормы внесения	Выживаемость креветок, превышающая контрольную, %
1	<i>Bacillus subtilis</i> UTM 126	3*10 <sup>5</sup> КОЕ/кг корма	нет данных
2	<i>Bacillus subtilis</i> E 20	10 <sup>6</sup> КОЕ /кг корма	13,3
3	<i>Bacillus subtilis</i> E 20	10 <sup>7</sup> КОЕ /кг корма	16,6
4	<i>Bacillus subtilis</i> E20	10 <sup>8</sup> КОЕ /кг корма	20,0
5	<i>Bacillus subtilis</i> UTM 126	10 <sup>5</sup> КОЕ /кг корма	32,0

В меньшей степени это кормление искусственными кормами. Как известно сегодня не существует идеально сбалансированных комбикормов способных полностью заместить естественную кормовую базу. Выращиванию гидробионтов, в том числе креветок, на комбикормах, сопутствуют не заразные (т.н. алиментарные заболевания – связанные с расстройством пищеварения).

Высокая плотность посадки (количество креветок, одновременно выращиваемое в прудах), внесение концентрированных кормов влияют на гидрохимические параметры внешней среды. Ввиду тёплого климата и высокой среднесуточной температуры (около 20-25<sup>0</sup>С) вода в прудах, особенно к концу выращивания, сильно «портится», т.е. происходит накопление продуктов обмена: аммиака, фосфатов, нитритов и нитратов – токсичных для креветок.

При выращивании креветок на комбикормах с добавлением пробиотиков преследуются цели, способствующие подавлению всех вышеперечисленных негативных факторов:

- повышается переваримость корма за счёт ферментативной активности полезной микрофлоры – способствуя снижению кормовой конкуренции (каннибализма);

- поддерживается рост естественной микрофлоры, подавляется рост патогенных микроорганизмов;

- повышается иммунитет и устойчивость к низкому качеству воды;

- стабилизируется внешний микробиоценоз воды.

Нужно отметить, что климатические условия во Вьетнаме диктуют вносить пробиотики непосредственно на прудах перед кормлением, едва давая корму пропитаться маточным раствором биопрепарата и просохнуть, не прокиснув при этом.

Имеются данные, что у креветок, при выращивании которых использовались пробиотики, наблюдали более высокий уровень выживаемости (выше 11-17%), а также более эффективное усвоение пищи за счет синтеза пробиотиками амилазы, протеазы и липазы. Кроме того отмечено, что темпы роста и выживаемости креветок не сильно различались при кормлении животных пробиотиками или при добавлении их в воду (Ziaei-Najadetal., 2005 по Богатыренко, 2009). Отсюда можно сделать вывод о возможности моделирования микробного фона воды в водоемах путем использования пробиотиков.

#### ***1.5.2.4. Моделирование микробного фона воды***

Гидробионты, в т.ч. рыбы, обитая в воде – как внешней среде более сильно в отличие от наземных (в т.ч. сухопутных) животных подвержены вероятности контаминации патогенной микрофлоры.

Аэромонады – естественные представители микробиоценоза большинства водных объектов. Однако, в условиях интенсивного рыбоводства, ухудшения гидрохимических показателей, снижения

иммунитета рыб, многие штаммы этих бактерий становятся патогенными. Этому также способствуют сопутствующие стресс факторы, характерные для интенсивной аквакультуры – высокие плотности посадки рыб и кормление искусственными кормами.

Интересно отметить, что в некоторых случаях, например, в замкнутых системах – таких как УЗВ, замещения патогенной и условно-патогенной микрофлоры воды пробиотическими культурами можно достичь посредством введения биопрепаратов в комбикорма. Задаваемые рыбе, выращиваемой в УЗВ, корма, обработанные БАД, также контаминируют воду установок. Так, применение пробиотических препаратов «ПроСтор» - 4 г/кг, «Ферм-КМ» - 5 г/кг корма снижает бактериальную обсемененность оборотной воды в УЗВ с  $1,3 \times 10^5$  до  $1,0 \times 10^4$  КОЕ/мл, а также увеличивает содержание молочнокислых бактерий в комбикормах до  $4,3 \times 10^6$  КОЕ/мл (Жандалгарова, 2017).

В аспекте моделирования микробиоценоза воды можно обратить внимание на отечественный препарат, предлагаемый НПК «Пробиокс». Рекомендуемая схема использования препарата:

- Первое одноразовое внесение в водоём 10 мл/м<sup>3</sup>;
- Второе внесение через месяц - 5 мл/м<sup>3</sup>;
- Третье внесение через 2 недели после второго - 5 мл/м<sup>3</sup>.

Как показано производителем, данные микроорганизмы быстро размножаются и оказывают широкий спектр действий на экосистему водоёма. С экологической точки зрения, пробиотики, попадая в воду, начинают кондиционировать внешнюю среду под свои критерии, которые также благоприятно сказываются на других представителях биоты и в целом на гидробиоценозе. Они быстро разлагают органику: отмершие растения, листву, экскременты рыб и птиц; выступают в роли накопителя и регулятора питательных элементов донного грунта и воды, накапливая макро- и микроэлементы в усвояемой для живых организмов форме. Обладая выраженным антагонизмом по отношению к патогенным, условно-патогенным и гнилостным микроорганизмам, эффективно подавляют

возбудителей заболеваний рыб и растений, гнилостные микроорганизмы-продуценты сероводорода, аммиака, метана и других токсичных веществ. Многократно снижается показатель биологического потребления кислорода, вследствие чего повышается его концентрация в воде. Исчезают цианобактерии, нитчатые водоросли и ряска, начинают лучше развиваться высшие растения, что так же благоприятно отражается на концентрации растворенного кислорода в воде (Технология «Пробиокс»..., 2021). Широко представлены на рынке ландшафтного дизайна такие биопрепараты, как Chrisal; MICROBE-LIFT®; БЕЛОЛИН-ЭКО; BiOWiSH™ и др.

Нормы внесения в воду таких отечественных препаратов как Субтилис, СУБ-ПРО, Олин и другие составляют порядка 1,0-5,0 г/м<sup>3</sup>, в зависимости от титра КОЕ.

### **1.6. Регистрация пробиотиков в России**

Функции контроля и надзора за оборотом лечебных ветеринарных препаратов и кормовых добавок в нашей стране осуществляет Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору.

Использование в аквакультуре кормовой добавки не прошедшей регистрацию является не законным. Правила государственной регистрации лекарственных средств и кормовых добавок для животных утверждены приказом Минсельхоза России от 01.04.2005 № 48 «Об утверждении Правил государственной регистрации лекарственных средств для животных и кормовых добавок» (2005).

К регистрации нового препарата предъявляется ряд требований, в частности к ним относятся данные о степени его токсичности и результаты ветеринарных исследований эффективности для каждой заявленной области применения. Ответам на эти вопросы отчасти были посвящены и наши исследования.

Понятие «эффективность» достаточно обширно и требует пояснений. В первую очередь новый биопрепарат должен показывать экономическую эффективность. Однако в зоотехническом плане экономическая

эффективность зависит от культуры производства – зоогигиенического, эпизоотического и санитарного благополучия. Всё это в первую очередь отражается на темпах роста и сохранности выращиваемого поголовья. Оценка эффективности также может быть представлена с физиологической и биохимической точки зрения. Более детальные исследования предполагают: анализ по приживаемости культур биопрепарата в пищеварительном тракте; патологоанатомические и гистологические исследования тканей и органов; составление биохимического и гематологического профилей крови; определение влияния препаратов на иммунный статус (фагоцитарную активность клеток крови и количество Т-и В-лимфоцитов); для выяснения степени противомикробной активности биопрепаратов проводятся различные микробиологические тесты *invitro*/или *invivo*, например, искусственная контаминация или иммерсия среды (воды), тест на подавление или ингибирование колоний; генетические исследования; токсикологические и другие испытания.

Таким образом, область научных изысканий в отношении применения биологически активных добавок (БАД) очень обширна. В свою очередь, как показывает практика, для аккредитации новых пробиотиков в качестве кормовых добавок бывает достаточно проведения исследований по общим – основополагающим зоотехническим показателям – сохранности поголовья (выживаемости), темпу роста (коэффициенту массонакопления) и затратам кормов на единицу прироста. Именно из этих показателей складывается в конечном итоге экономическая эффективность. Анализ физиологических, биохимических, генетических и других показателей в данном случае можно рассматривать в качестве сопутствующих – обосновывающих, глубоких или детальных исследований (Пономарёв, 2014). В таблице 6 представлены основные сведения о зарегистрированных в России пробиотиках, допущенных к использованию в аквакультуре.

Таблица 6 - Зарегистрированные в России пробиотики для гидробионтов

№ п/п	Наименование препарата	Культуры / состав	Производитель	Норма дачи	Стоимость (2019 г.)
1	ЛипоКар	Источник бета-каротина, иммунопротектор и биокатализатор. На основе липосомальной формы бета-каротина. Витамины (А, В, С)	"Каратон-ЛАД", г. Санкт-Петербург ПВР- 2- 11.9/ 02529 20.04.10-20.04	5-10 г/кг корма	1600 руб./кг
2	Субтилис-С (сухой)	<i>Bacillus subtilis</i> ВКМ В-2250 и/или <i>Bacillus licheniformis</i> ВКМ В-2252, выделенные из почвы и/ или <i>Bacillus subtilis</i> ВКМ В-2287, выделенные из рубца крупного рогатого скота. Содержит 10 <sup>9</sup> КОЕ в 1 г	"НИИ Пробиотиков", г. Москва ПВР- 1- 3.8/ 02164 22.07.08- 22.07.13 г.	300-400 г/т корма	1100 руб./кг
3	Субтилис-Ж (жидкий)	Оральная суспензия «Субтилис-Ж» из микробной массы живых природных штаммов микроорганизмов <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> и воды. 1 доза препарата содержит не менее 5x10 <sup>9</sup> КОЕ. Выпускают в полимерных тубах «Stripmonodoze» объемом 1 мл, в упаковке 5 или 10 шт.	"НИИ Пробиотиков", г. Москва ПВР- 1- 3.8/ 02165 22.07.08- 22.07.13 г.	40-60 мл/тонну корма 0,04-0,06 г/кг корма	400 руб./10 мл в основном для аквариумистики
4	Бацелл	<i>Bacillus subtilis</i> 945 (В-5225) в количестве не менее — 1x10 <sup>8</sup> КОЕ/г, <i>Lactobacillus paracasei</i> (В-2347) в количестве не менее — 1x10 <sup>6</sup> КОЕ/г, <i>Enterococcus faecium</i> М-3185 (В-3491)	ООО "Биотехагро", Краснодарский край ПВР- 1- 4.7/ 02100 12.05.08-12.05.13г.	2 кг/тонну корма	100 руб./кг
5	Протексин Про-Колин+ (суспензия)	( <i>Enterococcus faecium</i> (NCIMB 10415) E1707 2 x 10 <sup>8</sup> CFU/г	ЗАО "ВалтаПетПродактс", г. Москва / "Probiotics International Ltd.", Великобритания ПВИ- 1- 1.8 / 02474 06.07.08- 06.07.13 г. ЗАО "ВалтаПетПродактс",	-	50 мл – 600 руб. для аквариумистики

			г.Москва / "Probiotics International Ltd.", Великобритания ПВИ- 1- 1.8 / 02474 06.07.08- 06.07.13 г.		
6	СУБ-ПРО	<i>Bacillus subtilis</i> в споровой форме. Суммарное количество спор в 1 г препарата составляет не менее $5 \times 10^{10}$ КОЕ	ООО "ВекторЕвро", г. Москва ПВР- 1- 5.6/ 01948 02.05.07г-02.05.12 г.	100-150 г/тонну корма	10 000 руб./кг
7	ОЛИН	<i>Bacillus subtilis</i> (ВКПМ 10172) и <i>Bacillus licheniformis</i> (ВКПМ 10135) $2 \times 10^9$ КОЕ/г	Регистрационный №: ПВР-1-6.12/02816 - Выпускается по лицензии и под контролем MAGNAT VITAL UG (Германия)	1 кг/тонну корма	1100 руб./кг

## 1.7. Способ производства пробиотической кормовой добавки

### «Энзимспорин»

Одним из перспективных направлений в настоящее время для обеспечения оздоравливающего воздействия пробиотиков на желудочно-кишечный тракт является использование препаратов, включающих несколько штаммов микроорганизмов, обладающих синергетическим действием (патенты RU 2015138746, RU2326692 RU 2506810 и др.). Чаще осуществляют раздельное культивирование штаммов с получением жидких культур. После этого проводят их концентрирование с последующим высушиванием полученной биомассы. Недостатком подобных препаратов являются не очень высокая эффективность в повышении резистентности организма к неблагоприятным условиям внешней среды, слабая термоустойчивость, относительно узкий спектр воздействия на организм. Перед разработчиками стояла задача создания нового комбинированного эффективного препарата на основе симбиотических культур, имеющего более выраженную целлюлолитическую и антагонистическую активность по отношению к болезнетворным микроорганизмам, способного храниться и использоваться в широком диапазоне потребительских температур. Для этого авторы использовали новые штаммы бактерий *Bacillus subtilis* ВКМ-В-2998D (полученный из штамма *Bacillus subtilis* ВКПМ В- 314) и *Bacillus licheniformis* ВКМ-В-2999D (полученный из штамма *Bacillus licheniformis* ВКПМ В-8054).

Из штамма *Bacillus subtilis* ВКПМ В-314 с помощью ненаправленного многоступенчатого УФ-мутагенеза и селекции был получен штамм *Bacillus subtilis* с индексом FL 31-14 (под номером ВКМ-В-2998D, депонированный во Всероссийской коллекции микроорганизмов ИБФМ им. Скрыбина РАН), обладающий высокой антагонистической и гликозил-гидролазной активностью, который использовали при создании нового комплексного препарата.



*Bacillus licheniformis* продуцирует ряд белков, пептидов, ферментов и витаминов, способствует выработке организмом интерферона, которые уничтожают патогенные микробы и вирусы, приводя к нормализации микрофлоры кишечника, способствуют перевариванию пищи, купируют пищевые и химические отравления. Описанным выше аналогичным образом из штамма *Bacillus licheniformis* ВКПМ В-8054 был получен штамм *Bacillus licheniformis* с индексом FL 17-11 (также депонированный во Всероссийской коллекции микроорганизмов ИБФМ им. Скрябина РАН под номером ВКМ-В-2999D), обладающий всеми перечисленными ранее свойствами и отличающийся от исходного штамма устойчивостью к действию антибиотика вирджиниамицина, широко используемого в ветеринарии. Эти свойства позволили использовать его при создании нового комплексного препарата.

В качестве добавки используется глюконат кальция - кристаллический хорошо растворимый в воде порошок белого цвета. Он восполняет дефицит кальция в организме – вещества, необходимого для укрепления клеточных мембран, формирования костной ткани, сокращения гладких, скелетных мышц.

Способ получения препарата «Энзимспорин» включает получение штаммов бактерий *Bacillus subtilis* ВКМ-В-2998D, *Bacillus licheniformis* ВКМ-В-2999D и штамма *Bacillus subtilis (natto)* ВКМ В-3057D, последующее раздельное культивирование этих штаммов на мелассно-кукурузной среде при рН 6,8-7,0, концентрирование культуральных жидкостей, сушку, смешивание полученной биомассы штаммов ВКМ-В-2998D и ВКМ-В-2999D в споровой форме между собой в соотношении 1:1 и затем с биомассой штамма *Bacillus subtilis (natto)* ВКМ В-3057D в количестве 0,15% от массы препарата и глюконатом кальция в количестве 0,1 мас.% от массы препарата с последующей добавкой сухой молочной сыворотки до 100% массы препарата (приводящей к получению препарата с содержанием живых микроорганизмов не менее  $5 \times 10^9$  спор/г).

Синтез и выращивание культур бактерий, входящих в «Энзимспорин», осуществляют специалисты ИЦ «Промбиотех» при методической поддержке кафедры микробиологии «Алтайского государственного университета». На производственной базе ведётся непрерывная селекция данных культур под оптимальные температуры воды, в том числе, для выращивания холодолюбивых рыб.

Таким образом достигается получение кормовой пробиотической добавки «Энзимспорин» для оптимизации процессов пищеварения, повышения продуктивности и сохранности рыбы и других гидробионтов. Регистрационный номер в России ПВР 2-8.16/03297 от 26.09.2016 г. Он содержит комплекс спорообразующих бактерий *Bacillus subtilis* ВКМ В-2998D (ВКПМ В-314), *Bacillus licheniformis* ВКМ В-2999D (ВКПМ В-8054), *Bacillus subtilis natto* ВКМ В-3057D (ВКПМ В-12079) и наполнитель - кукурузную муку. В 1 г кормовой добавки содержится не менее  $5 \times 10^9$  КОЕ (колониеобразующих единиц) спорообразующих бактерий рода *Bacillus*.

«Энзимспорин» термостабилен при температуре  $+120^{\circ}\text{C}$  в течение 20 минут, что важно для процесса приготовления рыбных комбикормов. В водной среде устойчив без потери активности при температуре от  $0^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  и при  $\text{pH} = 3-9$ .

## **Глава 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **2.1. Общая схема исследований**

В работе использованы результаты собственных исследований, выполненных с 2016 по 2018 гг. Объектом исследований послужили годовики и двухлетки радужной форели, выращиваемые в садках КРХ «Велисто» на водоеме-охладителе Смоленской АЭС.

Схема проведенных исследований и их объем представлены на рисунке 3, и в таблице 7 соответственно.

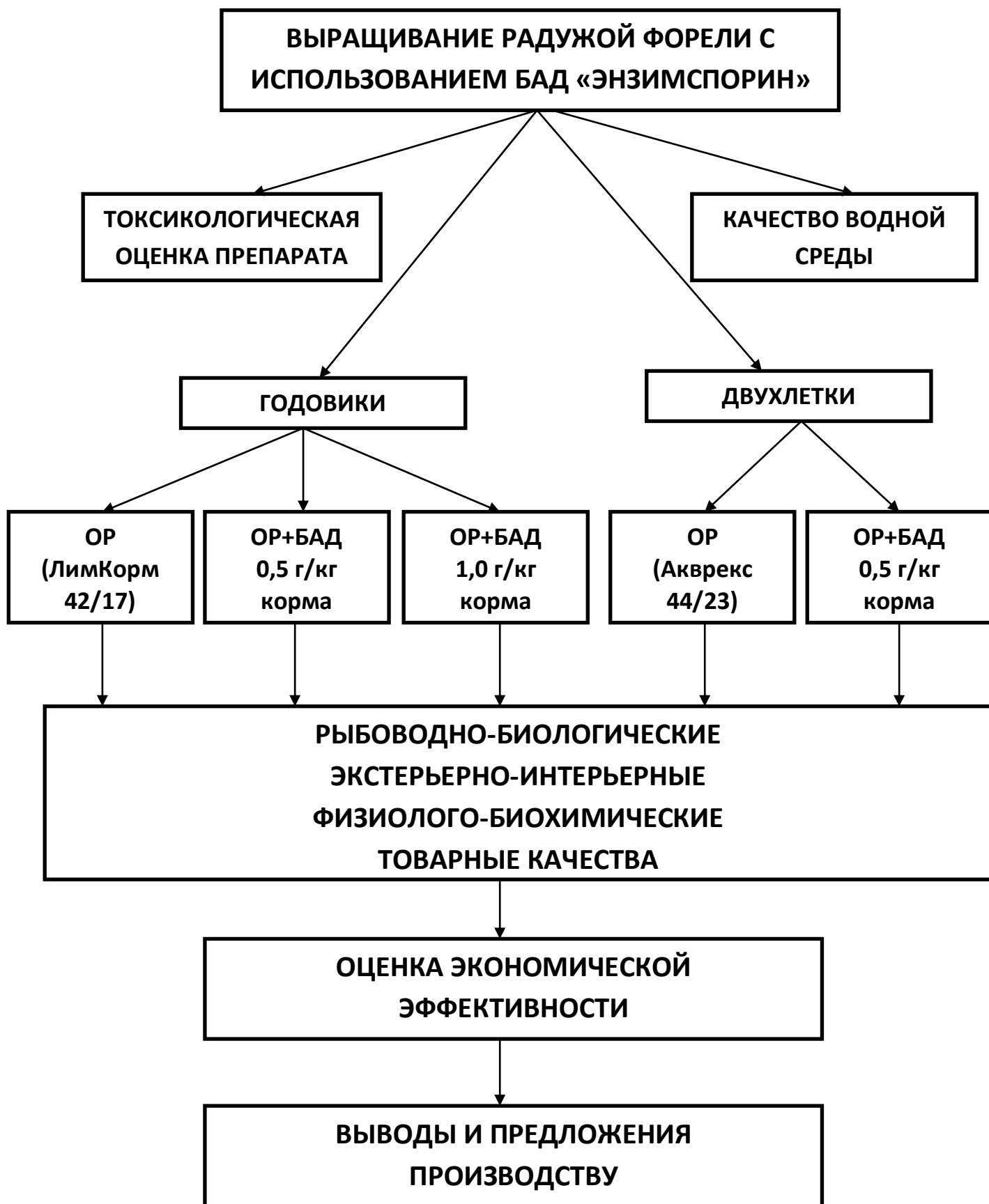


Рисунок 3 - Общая схема исследований (ОР-основной рацион, БАД – биологически активная добавка «Энзимспорин»)

Таблица 7 – Общий объем исследований

Наименование исследований	Количество
Физико-химические показатели воды	155 определений
Токсикологические (на гуппи)	180 экз.
Рыбоводно-биологические	
- годовики	3000 экз.
- двухлетки	4674 экз.
Морфофизиологические	
- годовики	30 экз.
- двухлетки	20 экз.
Биохимические	
- годовики	30 экз.
- двухлетки	20 экз.
Интенсивность обмена у годовиков	450 экз.
Органолептические (двухлетки)	10 экз.

На первом этапе изучили токсичность планируемого к регистрации нового пробиотического препарата «Энзимспорин», который в дальнейшем (после регистрации) использовался в наших исследованиях при выращивании радужной форели.

На втором этапе в рыбоводных садках осуществлялось опытное выращивание двух групп годовиков радужной форели с применением разных дозировок (0,5 и 1,0 г/кг корма) пробиотической кормовой добавки «Энзимспорин», результаты которого сравнивали с контрольной группой аналогичных особей, выращиваемых без использования пробиотика.

На третьем, завершающем этапе исследований, по аналогичной схеме в садках проведена производственная проверка полученных ранее экспериментальных данных при выращивании двухлетков радужной форели до товарной массы. В процессе исследований регулярно осуществлялся контроль за основными гидрохимическими показателями и температурой водной среды в районе установки рыбоводных садков.

Для характеристики уровня изменчивости изучаемых показателей использовали коэффициент вариации (Власов и др., 2005):

$$C_v = 100 \times Q/X, \text{ где:}$$

Q - стандартное отклонение;

X – среднее значение.

Скорость роста рыб отражает уровень общего обмена, прежде всего, пластической его составляющей. Для ювенильных рыб, а также производителей в период межнерестового нагула скорость роста может быть сравнимой по величине общепродукционного коэффициента массонакопления  $K_m$ . Именно этот показатель скорости роста рыб с большей степенью объективности устанавливает закономерности раскрытия ростовой потенции, поскольку отражает объемную функцию весового роста (Баранов и др., 1979; Щербина, Гамыгин, 2006):

$$K_M = \frac{3(M_K^{1/3} - M_0^{1/3})}{\Delta t},$$

где  $K_m$  – общепродукционный коэффициент массонакопления;  $M_k$  - конечная масса,  $M_0$  - начальная масса,  $\Delta t$  - время наблюдения.

То, что коэффициент массонакопления является безразмерной величиной, говорит в пользу его использования как показателя (коэффициента) роста. Размерные коэффициенты дают большую погрешность в оценке той или иной функции (Хрусталева, Курапова, Савина и др., 2016).

Относительный прирост определяли по формуле (Castell, Tiewes, 1979):

$$Cw = [(M_k - M_0) : T \times 0,5 \times (M_k + M_0)] \times 100, \text{ где:}$$

$Cw$  – относительный прирост, %;

$M_k$  – конечная масса рыбы, г;

$M_0$  – начальная масса рыбы, г;

$T$  – период выращивания, сут.

При определении массы органов и живой массы рыб использовали электронные весы.

Морфометрические, морфофизиологические исследования особей, регулярный контроль параметров водной среды осуществлялись по общепринятым в рыбохозяйственной науке методам (Правдин, 1966; Шварц и др., 1968; Привезенцев, 1985 и др.).

Содержание гемоглобина в крови определяли колориметрическим способом (гематиновый метод Сали), в основе которого- образование устойчивого раствора коричневого цвета при взаимодействии гемоглобина с соляной кислотой. Гематологические исследования проводили согласно методикам Н.Т. Ивановой (1983). Химический состав мышц рыб определяли по методикам А.А. Лукашик и В.А. Тащилина (1965).

Для определения интенсивности обмена годовиков форели, выращенных в опытных группах при кормлении комбикормом с различным содержанием «Энзимспорина», использовали метод замкнутых сосудов, в которыми являлись три одинаковых ёмкости объём по 0,1 м<sup>3</sup> для перевозки живой рыбы. В каждую ёмкость высаживали по 50 особей радужной форели, предварительно определив в них исходные концентрации изучаемых гидрохимических показателей. По завершении опыта (через 30 мин.) вновь определяли величину содержания этих показателей в воде. Исследования проведены в трёх повторностях.

Статистическую обработку результатов исследований проводили общепринятыми методами посредством компьютерной программы MicrosoftExcel 2007 (Лакин, 1980;Плохинский, 1980).

На основании полученных данных по общепринятым методам определены основные экономические показатели выращивания радужной форели с использованием пробиотика «Энзимспорин»(Фридман, 1986). Сформулированы выводы и рекомендации производству.

## **2.2. Оценка общей токсичности препарата «Энзимспорин»**

В соответствии с приказом Минсельхоза России от 01.04.2005 № 48 «Об утверждении Правил государственной регистрации лекарственных средств для животных и кормовых добавок» в процессе получения разрешения на распространение таких кормовых биологически активных добавок (БАД) должен быть определён класс их токсичности.

В этой связи была поставлена цель, провести соответствующие исследования нового комплексного пробиотика «Энзимспорин», внедряемого в аквакультуру.

Проведение оценки токсичности «Энзимспорины» для рыб осуществлялось в сотрудничестве со специалистами сертифицированной лаборатории эколога-токсикологических исследований ФГБНУ «ВНИРО» (Максименкова, Оганесова, Ериков, 2019). Образец биопрепарата был представлен в запечатанном бумажном пакете заводского производства, с надписями, оформленными в сопровождении соответствующей документации, массой около 0,25 кг. Исследование его токсичности для рыб было проведено в соответствии с методикой «Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов» (2002).

По результатам биотестирования определяли токсичность «Энзимспорины» для рыб, в соответствии с критериями Приложения 1, п. 1, п.п. «ж» Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ.

В качестве тест-объектов использовали гуппи (*Poecilia reticulata* Peters, 1859), естественным ареалом которой являются пресные и солоноватые водоёмы Венесуэлы, Гвианы, к северу от Амазонки, в северной части Бразилии, на островах Барбадос и Тринидад (Никольский, 1950). В России это распространенная аквариумная живородящая рыбка, которая широко используется в качестве тест-объекта для оценки токсичности различных пресноводных и морских образцов проб, а также при определении предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воде для водных объектов рыбохозяйственного значения (пресноводных и морских).

В проведенных токсикологических исследованиях использовали высокочувствительную стадию развития рыб - мальков в возрасте 1-2 суток, полученных из маточной культуры в лабораторных условиях.

В опытах продолжительностью 96 часов оценивали влияние исследуемого вещества на выживаемость рыб в растворах 6 концентраций в диапазоне от 1,0 до 1000,0 мг/л. Концентрация кислорода в воде, до внесения вещества составляла в среднем 8,8 мг/л (от 8,5 до 9,2 мг/л), температуру воды поддерживали автоматически на уровне  $23 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Концентрацию кислорода измеряли термооксиметром ежедневно. Во время биотестирования рыб не кормили. Ихтиомасса мальков в опыте составляла менее 0,5 г на литр. На каждую исследуемую концентрацию вещества приходилось по 30 экз. рыб.

Физиологическую чувствительность культуры рыб предварительно оценивали по стандартному токсиканту сравнения - бихромату калия ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). ЛК<sub>50</sub> за 24 ч составила 144,5 мг/л, что укладывалось в требуемый диапазон концентраций 106–175 мг/л и свидетельствует о полной пригодности культуры рыб для данного исследования.

Исследования на молоди рыб проведены в 3-х кратной повторности. Каждому опыту соответствовал контроль (без внесения препарата) в аналогичных условиях. По окончании опытов графическим методом (Плохинский, 1980) и методом пробит-анализа (Прозоровский, 1962) рассчитывали полулетальные концентрации вещества (ЛК<sub>50</sub> за 96 часов).

### **2.3. Научно-производственная база исследований**

Изучение эффективности препарата «Энзимспорин» при выращивании годовиков и двухгодовиков радужной форели и его производственную проверку проводили на тепловодной садковой линии рыбоводного хозяйства КРХ «Велисто», расположенной в акватории Десногорского водохранилища Смоленской области (рис. 4).





Рисунок4– Садковая линия форелевого хозяйства КРХ «Велисто», слева, рядом с синими бочками - опытные садки

Десногорское водохранилище — расположено по руслу реки Десна в Европейской части России (рис. 5). Высота над уровнем моря - 193 м. Является водоёмом-охладителем Смоленской атомной электростанции (Смоленской АЭС). Территориально находится в пределах Рославльского, Починковского и Ельнинского районов Смоленской области.

Плотина находится в городе Десногорск. В составе гидроузла железобетонно-земляная плотина длиной 350 метров и высотой 17 метров по гребню, по плотине организован автомобильный переход, водосброс осуществляется с высоты около 12 метров.

Длина водоема - 44 км, максимальная ширина - 3 км, площадь зеркала 44 км<sup>2</sup>. Средняя глубина 7,6 м, наибольшая - 22 м. Площадь водосбора 1250 км<sup>2</sup>, протяжённость береговой линии - 134 км. Заполнение было начато в 1979, закончено в 1984 году. Впадающие притоки: реки Стряна, Соложа. Основной водоток - р. Десна. Расположение - 54°10'33" с. ш. 33°17'19" в. д.

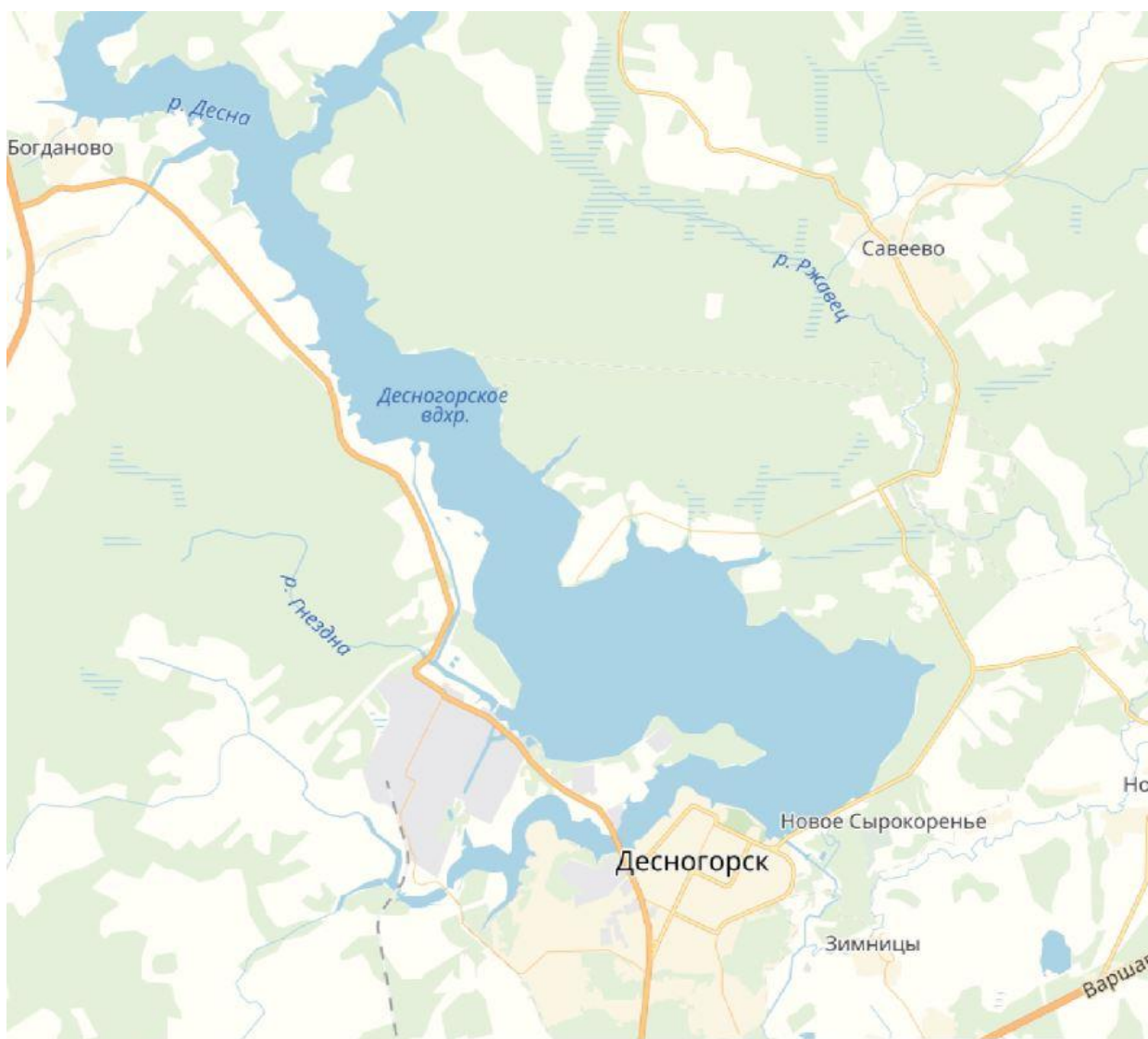


Рисунок 5 - Десногорское водохранилище

Передвижная садковая линия КРХ «Велисто» с 1996 года располагается в акватории верхнего бьефа Десногорского водохранилища и у впадения водосбросного канала в зимний период. Температурный режим в районе расположения садков позволяет успешно выращивать форель в период с октября по май, когда кислородный режим и гидрохимические показатели соответствуют требованиям технологических рыбоводных нормативов (Есавкин, 2012).

КРХ «Велисто» является полносистемным рыбоводным хозяйством, базирующемся на садковой линии, с объемом производства около 100 тонн товарной форели в год.

## 2.4. Схема экспериментального выращивания годиков

Исследования проводили в трех вариантах, при одинаковой плотности посадки и начальной массе сеголетков с октября 2017 по март 2018 г. (в течение 120 сут, в т.ч. 90 сут с применением пробиотического препарата «Энзимспорин») (табл. 8). Площадь каждого садка для содержания форели составляла 10 м<sup>2</sup>, глубина - более 2,5 м.

Таблица 8 - Схема проведения опыта

Вариант	Плотность посадки, шт./м <sup>2</sup>	Средняя исходная масса, г	Ихтиомасса, кг/м <sup>2</sup>	Условия кормления
Контроль	100,0	57,0	5,7	Основной рацион (ОР)
Вариант 1	100,0	57,0	5,7	ОР+0,5 г/кг корма «Энзимспорин»
Вариант 2	100,0	57,0	5,7	ОР+1,0 г/кг корма «Энзимспорин»

В контроле основной рацион рыбы состоял из продукционного корма для товарного выращивания форели «ЛимКорм 42/17». Это эффективный, сбалансированный комбикорм с пониженным уровнем сырого жира, рекомендуемый для использования в условиях повышенных температур воды (табл. 9).

Таблица 9 - Характеристика форелевого корма «ЛимКорм 42/17»

Показатель	Содержание
Протеин, не менее	42 %
Жир, не менее	17 %
Зола, не более	10 %
Клетчатка, не более	2,5 %
Переваримая энергия, не менее	18,9 МДж/кг
Энерго-протеиновое отношение	45,0 кДж/г

Основные ингредиенты корма: рыбная мука, пшеница, экстракты растительного белка (концентрат белка подсолнечника, кукурузный глютен), шрот соевый, рыбий жир, растительное масло, порошок гемоглобин,

премикс, комплекс биологических добавок (Продукционный корм для форели..., 2021).

В варианте 1 к основному рациону (ОР), добавляли 0,5 г/кг корма препарат «Энзимспорин». В варианте 2 кормление осуществляли ОР с добавлением 1,0 г/кг корма препарата «Энзимспорин». Количество скармливаемого корма рассчитывали на основании рекомендаций производителя кормов. Предварительно пробиотик растворяли в небольшом количестве воды (10-15 мл воды на 1 кг корма), так чтобы вода могла полностью быстро впитаться в корм.

Пробиотик «Энзимспорин» вносили в корм широко практикуемым методом протравливания (Головина, Стрелков, Воронин и др., 2007), равномерно распыляя полученную суспензию (раствор) на корм и давая ему просохнуть. Корма с пробиотиком готовили по необходимости, порционно. Всего за период проведения эксперимента было приготовлено три партии корма с пробиотиком для каждой повторности и концентрации препарата (всего 64 кг).

По завершении выращивания из каждого садка отбирали по 10 особей для проведения морфометрических, морфофизиологических, гематологических и биохимических исследований, которые проводились по описанным выше методикам. Рыбоводно-биологические показатели определяли после взвешивания и измерения всех выращенных особей.

Цифровые массивы экспериментальных данных обработаны биометрически с использованием компьютерных программ «MSExcel» и «Статистика».

## **2.5. Схема производственного выращивания двухлетков**

Опытное выращивание товарных двухлетков радужной форели осуществлялось в производственных условиях садков площадью 80 м<sup>2</sup> при глубине 2,5 метра. Исследования проводили при близких плотности посадки

и начальной массе годовиков с июля по ноябрь 2018 года в течение 129 суток (табл. 10).

Таблица 10 - Схема проведения производственного выращивания двухлетков

Вариант	Плотность посадки, шт.		Средняя исходная масса, г	Ихтиомасса, кг		Условия кормления
	садок	м <sup>2</sup>		садок	м <sup>2</sup>	
Контроль	2539	30,0	395,0	1003	11,8	Основной рацион (ОР)
Опыт	2535	30,0	384,0	970	11,5	ОР+0,5 г/кг корма «Форель рост 44/23»

В качестве основного рациона (ОР) для кормления рыбы использовали специализированный производственный комбикорм «Форель рост 44/23» отечественной компании «Акварекс» с содержанием протеина 44,0% и жира - 23,0%, по нормам, рекомендованным изготовителем (Корма для лососевых..., 2021). Раздача корма осуществлялась вручную 2 раза в сутки.

С учетом полученных в первом опыте результатов опытное выращивание осуществлялось только в одном варианте в аналогичном садке, где к основному рациону по методике, описанной выше дополнительно вводили пробиотическую добавку «Энзимспорин» в количестве 0,5 мг/кг корма. Корма с пробиотиком готовили по необходимости порционно.

«Форель рост 44/23» - эффективный среднеэнергетический корм для товарного выращивания рыбы. Рекомендуется для оптимальных и близких к оптимальным условиям выращивания. Характеризуется хорошим балансом протеина и энергии. Обладает высоким продуктивным действием при низких затратах корма на прирост рыбы (табл. 11).

Основные ингредиенты корма: рыбная мука, соевый шрот, полножирная соя, кукурузный глютен, порошковый гемоглобин, рыбий жир и растительное масло, пшеница, витамин В4, премикс.

Таблица 11 - Характеристика форелевого корма «Форель рост 44/23» фирмы «Акварекс» (<http://www.aqua-rex.ru/troutfeeds/troutd/>)

Показатель	Содержание
Протеин, не менее	44,0 %
Жир, не менее	23,0 %
Зола, не более	10,0 %
Клетчатка, не более	2,0 %
Переваримая энергия, не менее	20,4 МДж/кг
Энерго-протеиновое отношение	48,2 кДж/г
Лизин не менее, %	2,1
Массовая доля фосфора, %, не менее	0,8
Массовая доля метионина и цистина, %, не менее	1,2
Витамин А, тыс.и.е./кг	10,0
Витамин Д3, тыс. и.е./кг	3,0
Витамин Е, мг/кг	200,0
Витамин С, мг/кг	250,0

По завершении выращивания из каждого садка отбирали по 10 особей для проведения морфометрических, морфофизиологических, и биохимических исследований, которые осуществлялись по описанным выше методикам. Рыбоводно-биологические показатели определяли путем взвешивания всех выращенных особей.

Образцы контрольной и опытной групп выращенной из двухлетков товарной рыбы были подвергнуты тепловой обработке (горячее копчение), после чего проведена органолептическая оценка их товарных качеств с целью изучения влияния на них кормовой добавки «Энзимспорин» при кормлении радужной форели.

Органолептические исследования мяса проводили методом парных сравнений, который основан на сопоставлении двух подобных образцов со слабовыраженными различиями, представленными в паре.

После вылова провели взвешивание, измерение опытной форели и ее разделку. Далее изучили экстерьерные, морфологические показатели рыбы.

После разделки рыба тщательно промывается проточной водой температурой не выше 20°C от остатков крови, внутренностей, черной пленки и других загрязнений, затем взвешивается.

Содержание влаги в мясе рыбы определяли по ГОСТ 9793-74, белка – по ГОСТ 25011-81, жира – по ГОСТ 23042-86 и минеральных веществ – по ГОСТ 31795-2012.

Все экспериментальные образцы поместили в индивидуальные ёмкости, и залили приготовленным солевым рассолом. Время выдержки в рассоле составило 4 часа при температуре +8°C. После завершения этого процесса, тушки форели разложили на решетку и поместили в термокамеру. Процесс копчения продолжался 1 час, при температуре 80°C.

После остывания все тушки взвесили для расчёта выходов и потерь готовой продукции от термической обработки, отделили мясо рыбы от кости и сняли кожу, после чего осуществили дегустационную оценку всех образцов копченой форели.

Органолептическую оценку копченой рыбы проводили по 9-ти балльной шкале в соответствии с ГОСТ 2623-2013 «Изделия балычные из тихоокеанских лососей и иссук-кульской форели». Были определены такие показатели, как цвет, внешний вид, запах, вкус, консистенция, сочность. После чего была подсчитана средняя оценка баллов для всех исследуемых образцов.

### **Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

#### **3.1. Оценка общей токсичности препарата «Энзимспорин»**

Результаты исследований по изучению выживаемости односуточных мальков гуппи в растворах препарата «Энзимспорин» с различными концентрациями в остром опыте (96 часов) представлены в таблице 12.

Выживаемость рыб во всех исследуемых концентрациях составила 100%, однако в концентрациях выше 100 мг/л препарата у всех особей отмечены признаки гипоксии, проявляющейся в поведении рыб. Мальки

держались у поверхности, частота дыханий была увеличена, а двигательная активность заметно снижена.

Таблица 12 - Выживаемость односуточных гуппи при воздействии «Энзимспорина»

Концентрация, мг/л	Сутки опыта			
	1	2	3	4
	Выживаемость, экз. (среднее значение)			
Контроль	10	10	10	10
1,0	10	10	10	10
10,0	10	10	10	10
100,0	10	10	10	10
500,0	10	10	10	10
1000,0	10	10	10	10
Выживаемость, %				
Контроль	100	100	100	100
1,0	100	100	100	100
10,0	100	100	100	100
100,0	100	100	100	100
500,0	100	100	100	100
1000,0	100	100	100	100

Содержание кислорода в концентрациях выше 1,0 мг/л резко снижалось, и уже на вторые сутки были зафиксированы концентрации этого газа значительно ниже 4,0 мг/л, что, согласно методическим указаниям, говорит о невозможности проведения биотестирования, ввиду необходимости исследования органолептических показателей(табл. 13).

Таблица 13 - Динамика содержания растворённого кислорода (мг/л) в исследуемых растворах препарата

Концентрация, мг/л	Сутки опыта				
	0	1	2	3	4
Контроль	9,1	8,9	9,0	8,9	9,0
1,0	8,9	7,2	6,5	6,2	5,9
10,0	9,0	8,2	6,3	5,8	3,8
50,0	8,9	6,6	5,1	4,0	2,2
100,0	8,8	1,1	0,9	0,5	0,3
500,0	8,9	0,3	0,11	0,12	0,14
1000,0	8,9	0,12	0,10	0,13	0,15



Существенное снижение содержания кислорода в представленных пробах напрямую свидетельствует о высокой активности биопрепарата «Энзимспорин». Кислород, как показано в таблице, снижался по мере увеличения концентрации пробиотика, что было обусловлено его расходом на микробиологический синтез (окисление) (Сапожников, Агатова, Аржанова и др., 2003).

В тоже время, даже предельно высокие концентрации микробиологического препарата «Энзимспорин» в опытных ёмкостях не повлекли за собой гибель тест объектов – односуточных мальков гуппи. Это свидетельствует о том, что препарату может быть присвоен самый низкий (безопасный) уровень токсичности – 4, т.е. препарат не токсичен.

При этом, как показано выше, рекомендуемые нормы внесения пробиотиков в рыбохозяйственные водные объекты в целях улучшения качества среды обитания гидробионтов (искусственного моделирования микробиоценоза) существенно ниже испытанных на гуппи концентраций «Энзимспорины», и не превышают 3-5 г/м<sup>3</sup>.

### **3.2. Качество водной среды**

Абиотические факторы среды оказывают существенное влияние на жизнедеятельность форели, и в первую очередь температура воды. Температура воды в период экспериментальных исследований колебалась от 3,2 до 20,0°C, а содержание кислорода не опускалось ниже 90% насыщения в зависимости от режима работы электростанции.

Кислородный режим и другие гидрохимические показатели в период проведения исследований соответствовали существующим требованиям (табл. 14), а значение общего экологического коэффициента можно признать равным единице.

Таблица 14- Качество воды водоема-охладителя в районе установки садков

Показатель	Водоем	ОСТ 15.372-87*
Температура воды, °С	3,2-20,0	<u>16-18</u> <20,0
Активная реакция среды (рН), ед.	7,3-7,6	<u>7-8</u> < 9,2
Растворенный кислород (O <sub>2</sub> ), мг/л	9-11	<u>9-11</u> >7,0
Углекислота (CO <sub>2</sub> ), мл/л	-	<u>10,0</u> < 30
Аммоний (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), мг N/л	0,3-0,8	<u>0,2-0,5</u> <2,5
Нитриты (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), мг N/л	0,02-0,06	<u>≤0,05</u> 0,1
Нитраты (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) мг N/л	0,2-3,7	<u>≤ 0,5</u> 2,0
Окисляемость перманганатная, мг O/л	4,5-7,1	<u>6,0-10,0</u> 15
Фосфаты (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>-</sup> ), мг/л	0,03-0,09	<u>≤ 0,05</u> 2,0
Железо, (Fe <sub>общ.</sub> ), мг/л	0,2-0,5	<u>0,5</u> 0,5

\* над чертой - технологическая норма; под чертой - допустимые значения

### 3.3. Опытное выращивание годовиков

#### 3.3.1. Морфометрические показатели годовиков

За период исследований было проведено обследование 10 контрольных и 10 опытных экземпляров из каждой группы рыб, выращенных с добавлением пробиотика. При этом установлена средняя наполняемость кишечника, отложение жировой ткани в брюшной полости (жирность) составила 3-4 балла (Прозоровская, 1958). Внутренние органы не были гиперемированы, эксудат в полости тела отсутствовал. Почки наполнены кровью, селезенка не увеличена, края острые, ярко вишневого цвета. Печень не увеличена. У рыб, выращиваемых с добавлением в корм пробиотика «Энзимспорин», цвет печени был более яркий (красновато-кирпичного цвета), у контрольной группы рыб печень бледнее, слабо песочного цвета. Данное обстоятельство может свидетельствовать о начале возникновения

анемичных (патологических) процессов в печени рыб в контроле вследствие потребления полнорационных комбикормов «ЛимКорм 42/17».

Экстерьерные признаки, характеризующие телосложение широко используются в селекции рыб, поскольку в процессе одомашнивания их форма тела может существенно изменяться (табл. 15). Отбор по экстерьерным признакам эффективен, несмотря на большую их зависимость от условий существования. В связи с этим для каждой породы или породной группы характерно свое телосложение (Морузи, Моисеев, Пищенко и др., 2010). Выход за его пределы может привести к изменению продуктивных свойств селекционированных групп животных. При выращивании рыбы в искусственных условиях, так же как и в природе, изменчивость размеров имеет огромное теоретическое и практическое значение (Савваитова, Кузицин, 1998; Павлов, Савваитова, Кузицин, 2001).

Таблица 15 - Экстерьерные показатели годовиков форели (абсолютные значения)

Показатель	$X \pm S_x$	Lim	$C_v, \%$
<b>Контроль</b>			
Масса, г	$88,1 \pm 7,5$	68,3 – 112,0	20,2
Общая длина, см	$19,4 \pm 0,6$	17,0 - 21,5	9,2
Малая длина, см	$17,6 \pm 0,6$	15,2 - 19,5	7,7
Длина головы, см	$3,7 \pm 0,1$	3,1 - 4,1	11,1
Максимальная высота тела, см	$4,4 \pm 0,2$	3,8 – 5,0	7,0
Минимальная высота тела, см	$1,7 \pm 0,06$	1,5 - 1,9	21,8
Толщина тела, см	$2,1 \pm 0,07$	2,0 – 2,5	12,9
Обхват тела, см	$11,8 \pm 0,4$	10,2 - 13,5	8,1
Длина тушки, см	$13,3 \pm 0,9$	10,0 - 16,85	6,3
Длина кишечника, см	$13,4 \pm 0,7$	10,2 - 15,0	4,0
Длина желудка, см	$5,4 \pm 0,5$	3,5 – 7,0	15,8
Коэффициент упитанности, %	$1,1 \pm 0,05$	1,04 - 1,39	7,2
<b>Вариант 1</b>			
Масса, г	$88,5 \pm 8,4$	57,0 - 114,1	23,2
Общая длина, см	$19,3 \pm 0,6$	17,0 – 21,0	8,6
Малая длина, см	$17,2 \pm 0,7$	14,2 – 19,0	10,2
Длина головы, см	$3,5 \pm 0,1$	3,2 – 4,0	8,7
Максимальная высота тела, см	$4,5 \pm 0,1$	3,9 - 4,9	8,6

Продолжение таблицы 15			
Минимальная высота тела, см	$1,7 \pm 0,1$	1,3 - 2,0	15,5
Толщина тела, см	$2,1 \pm 0,1$	1,9 - 2,7	13,1
Обхват тела, см	$12,2 \pm 0,5$	9,8 - 14,1	11,7
Длина тушки, см	$13,0 \pm 0,5$	11,5 - 15,0	10,0
Длина кишечника, см	$14,4 \pm 0,3$	13,0 - 15,2	5,9
Длина желудка, см	$6,7 \pm 0,5$	5,1 - 9,0	20,1
Коэффициент упитанности, %	$1,2 \pm 0,05$	1,06 - 1,42	11,3
Вариант 2			
Масса, г	$69,2 \pm 6,4$	48,4 - 94,2	22,7
Общая длина, см	$17,9 \pm 0,5$	15,6 - 19,6	7,4
Малая длина, см	$16,2 \pm 0,5$	14,0 - 17,6	8,0
Длина головы, см	$3,6 \pm 0,1$	3,2 - 4,1	10,5
Максимальная высота тела, см	$4,5 \pm 0,1$	4,0 - 4,8	6,5
Минимальная высота тела, см	$1,5 \pm 0,10$	1,1 - 1,9	16,8
Толщина тела, см	$2,2 \pm 0,1$	1,9 - 2,5	9,8
Обхват тела, см	$11,1 \pm 0,2$	10,5 - 12,0	5,2
Длина тушки, см	$12,3 \pm 0,5$	11,0 - 14,0	10,8
Длина кишечника, см	$13,3 \pm 0,8$	10,8 - 15,5	14,3
Длина желудка, см	$6,5 \pm 0,5$	5,0 - 8,0	18,4
Коэффициент упитанности, %	$1,2 \pm 0,03$	1,08 - 1,32	7,9

Рост рыб обусловлен изменением не только абсолютных значений различных морфологических структур, но и их соотношением, а, следовательно, и относительными показателями (табл. 16).

Полученные данные свидетельствуют, что существуют некоторые различия в показателях телосложения исследуемых групп форели. При недостоверной разности длины рыбы по Смигу выявлена тенденция отличий по индексам большеголовости, максимальной и минимальной высоты, толщины тела между контрольной и опытной радужной форелью.

Таблица 16 - Экстерьерные показатели годовиков форели (% к общей длине тела)

Показатель	$X \pm S_x$	Lim	$C_v, \%$
Контроль			
Малая длина тела	$90,7 \pm 0,3$	89,4 - 92,1	1,0
Длина головы	$19,0 \pm 0,4$	18,2 - 20,8	4,8
Максимальная высота тела	$22,5 \pm 0,4$	21,4 - 24,0	4,0
Минимальная высота тела	$9,1 \pm 0,2$	8,4 - 9,9	5,8
Толщина тела	$11,0 \pm 0,6$	9,5 - 13,2	13,4
Обхват тела	$60,9 \pm 0,8$	58,1 - 64,3	3,4
Длина тушки	$68,1 \pm 3,0$	58,8 - 78,1	10,9
Длина кишечника	$69,3 \pm 3,0$	55,1 - 74,5	10,7
Длина желудка	$28,0 \pm 2,1$	20,6 - 33,7	18,1
Вариант 1			
Малая длина тела	$89,2 \pm 1,3$	83,5 - 93,1	3,6
Длина головы	$18,2 \pm 0,3$	17,1 - 19,1	4,1
Максимальная высота тела	$23,4 \pm 0,2$	22,9 - 24,0	2,2
Минимальная высота тела	$8,5 \pm 0,3$	7,4 - 10,0	10,7
Толщина тела	$11,8 \pm 0,5$	10,0 - 13,2	10,0
Обхват тела	$63,3 \pm 1,7$	57,6 - 68,6	6,8
Длина тушки	$67,5 \pm 2,4$	60,0 - 74,1	8,7
Длина кишечника	<b><math>74,5 \pm 1,5^*</math></b>	70,0 - 80,0	5,0
Длина желудка	<b><math>34,3 \pm 2,2^*</math></b>	29,1 - 43,9	15,4
Вариант 2			
Малая длина тела	$90,5 \pm 1,1$	88,6 - 96,1	3,1
Длина головы	$19,9 \pm 0,7$	17,8 - 21,8	8,7
Максимальная высота тела	$25,2 \pm 0,9$	22,2 - 28,8	9,1
Минимальная высота тела	$8,6 \pm 0,46$	7,1 - 10,3	13,2
Толщина тела	$12,3 \pm 0,5$	10,2 - 13,9	10,0
Обхват тела	62,61,5	57,6 - 67,3	6,1
Длина тушки	$69,2 \pm 2,4$	61,1 - 75,6	8,8
Длина кишечника	<b><math>74,4 \pm 2,7^*</math></b>	64,4 - 82,1	8,9
Длина желудка	<b><math>36,6 \pm 2,9^*</math></b>	27,8 - 46,1	19,4

Примечание. \* $P \leq 0,05$  - разность достоверна по отношению к контролю

Особенно следует отметить отличия по индексам длины кишечника и желудка у исследуемых групп. Как правило, эти различия по относительной длине, связывают с характером питания рыбы и ее видовыми особенностями (Сентищева, 1985). У форели в опытных вариантах их значения достоверно

больше, чем в контроле. Эти различия видимо, обусловлены использованием кормов, отличающихся по составу. Другие пластические показатели у изучаемых групп различаются не достоверно (табл. 15, 16, рис. 6).

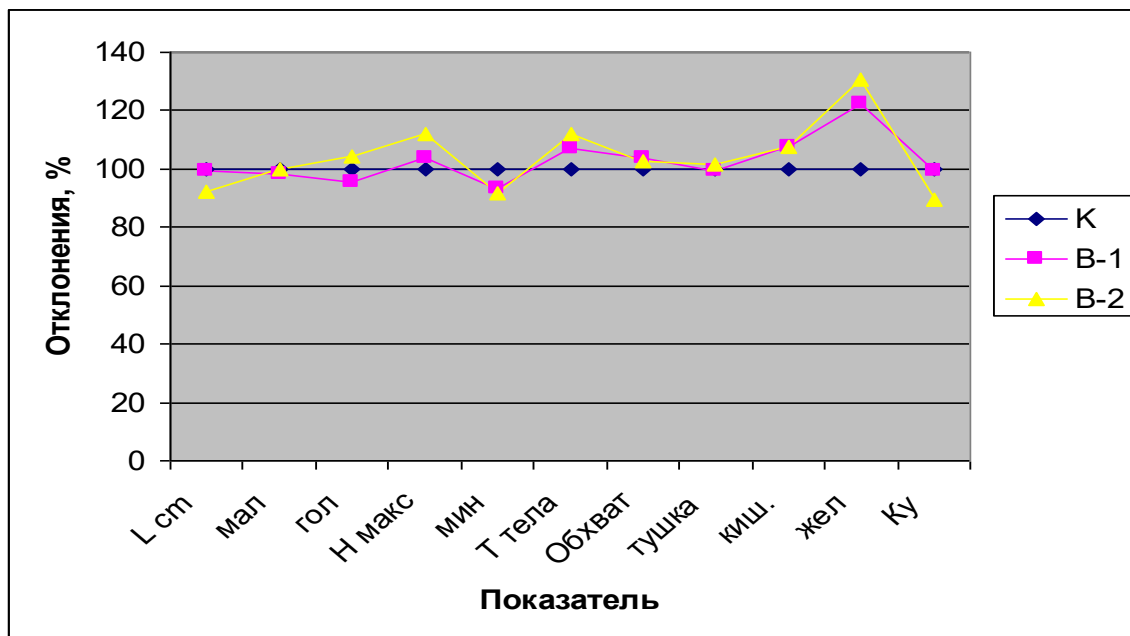


Рисунок 6 - Профиль экстерьерных признаков годовиков

Выращивание в искусственных условиях обычно сопровождается дифференциацией размеров и пропорций тела рыб. Морфологические показатели показывают, что относительная масса большинства показателей у опытной форели различается не достоверно. Исключением является относительная масса жабр у форели, получавшей 1,0 г/кг корма БАД (вариант 2), по сравнению с контролем и вариантом 1 (0,5 г/кг корма БАД). Эти различия обусловлены усилением интенсивности обмена в данном варианте (табл. 17, 18, рис. 7).

Таблица 17 - Морфологическая характеристика годовиков форели  
(абсолютные показатели, г)

Показатель	$X \pm S_x$	Lim	$C_v, \%$
Контроль			
Масса рыбы	$88,1 \pm 7,5$	68,3 – 112,0	20,9
Порка	$70,1 \pm 8,0$	40,5 - 92,2	28,0
Тушка	$56,3 \pm 7,0$	30,2 - 74,7	30,3
Голова	$12,2 \pm 1,3$	8,6 – 17,4	26,5
Жабры	$2,2 \pm 0,26$	1,5 - 3,0	29,3
Кожа	$7,0 \pm 1,0$	2,8 - 9,7	35,8
Мышцы	$43,0 \pm 5,3$	24,0 - 58,5	30,5
Плавники	$1,18 \pm 0,15$	0,7 - 1,5	31,4
Вариант 1			
Масса рыбы	$84,4 \pm 6,7$	57,0 – 105,0	19,5
Порка	$70,3 \pm 7,1$	38,9 - 86,9	24,7
Тушка	$58,5 \pm 4,5$	40,0 - 70,1	18,9
Голова	$11,3 \pm 0,8$	9,8 - 14,8	16,8
Жабры	$2,0 \pm 0,3$	1,0 – 3,2	41,2
Кожа	$6,9 \pm 0,7$	5,4 - 9,9	22,9
Мышцы	$45,6 \pm 3,9$	28,8 – 56,0	21,1
Плавники	$1,3 \pm 0,1$	0,8 - 1,7	26,2
Вариант 2			
Масса рыбы	$69,2 \pm 6,4$	48,4 - 94,2	22,7
Порка	$55,4 \pm 5,3$	37,0 - 76,3	23,5
Тушка	$45,5 \pm 4,3$	30,1 - 60,5	23,1
Голова	$8,6 \pm 0,8$	4,7 - 10,8	24,8
Жабры	$2,1 \pm 0,2$	1,7 - 3,2	26,8
Кожа	$6,9 \pm 0,7$	5,1 - 9,8	27,5
Мышцы	$31,8 \pm 3,5$	19,0 - 42,5	27,1
Плавники	$0,9 \pm 0,1$	0,5 - 1,2	29,8

Таблица 18 - Морфологическая характеристика годовиков форели (% к массе рыбы)

Показатель	$X \pm S_x$	Lim	$C_v, \%$
Контроль (а)			
Масса рыбы, г	88,1 ± 7,5	68,3 – 112,0	20,9
Порка	82,4 ± 1,2	79,0 - 86,4	3,6
Тушка	66,6 ± 0,6	64,6 - 68,8	2,3
Голова	13,8 ± 0,6	12,3 - 16,3	10,8
Жабры	<b>2,5 ± 0,2* в</b>	1,9 - 3,2	18,7
Кожа	8,5 ± 0,2	7,8 - 8,9	5,1
Мышцы	50,0 ± 0,8	47,4 - 52,3	3,9
Плавники	1,4 ± 0,2	1,0 - 2,2	32,0
Вариант 1 (б)			
Масса рыбы, г	84,4 ± 6,7	57,0 – 105,0	19,5
Порка	85,3 ± 1,3	82,0 - 90,1	3,8
Тушка	69,5 - 1,6	64,4 - 76,4	5,9
Голова	13,6 ± 0,8	11,0 - 17,2	15,1
Жабры	<b>2,3 ± 0,2* в</b>	1,4 – 3,0	29,8
Кожа	8,2 ± 0,3	7,1 - 9,8	10,8
Мышцы	<b>52,6 ± 1,3*ав</b>	48,5 - 58,4	6,3
Плавники	1,5 ± 0,2	1,1 - 2,3	33,2
Вариант 2 (в)			
Масса рыбы, г	69,2 ± 6,4	48,4 - 94,2	22,7
Порка	79,9 ± 2,2	75,3 - 90,2	7,0
Тушка	65,2 ± 2,1	59,7 - 78,7	10,0
Голова	12,5 ± 1,0	9,7 - 16,7	20,1
Жабры	<b>3,4 ± 0,4* аб</b>	2,1 - 5,1	31,5
Кожа	10,3 ± 1,2	7,8 - 13,6	26,5
Мышцы	49,1 ± 3,0	44,3 - 57,4	12,2
Плавники	1,3 ± 0,1	1,1 - 1,7	16,7

Примечание: \*P ≤ 0,05- разность достоверна; а, б, в – группа, относительно которой разность достоверна



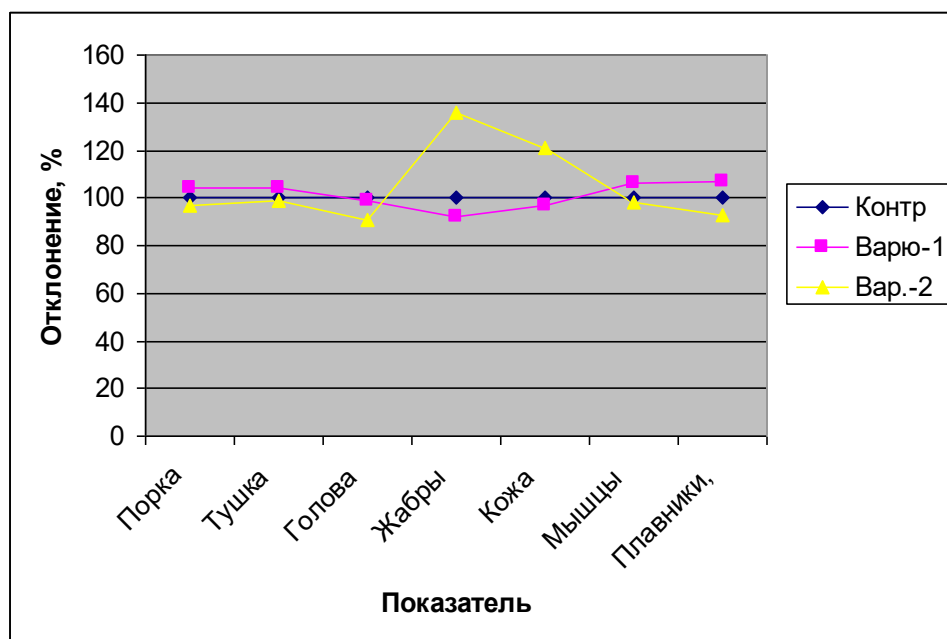


Рисунок 7 - Профиль морфологических показателей годовиков

Работами многих исследователей, показано, что относительная масса (индекс) отдельных органов и тканей четко отражает физиологическое состояние животных, в частности рыб, на различных этапах онтогенеза, и поэтому может быть использована для прогнозирования характера их развития, роста и созревания (Шварц, Смирнов, Добринская, 1968; Смирнов, Божко, Рыжков, Добринская, 1972). Определение состояния популяции посредством сравнения индексов внутренних органов получило название «метод морфофизиологических индикаторов» (Шварц, Смирнов, Добринская, 1968). Широкое распространение этот метод получил при исследованиях различных популяций рыб в естественных условиях, а также при физиологической и генетической оценке прудовых рыб (Яржомбек и др., 1982 по Золотова, Панов, Есавкин, 2011). Соответствующие данные представлены в таблицах 19 и 20.

Установлено, что введение препарата в комбикорма для радужной форели способствует увеличению относительной массы селезенки, накоплению полостного жира, однако по этому показателю разность была не достоверна по сравнению с контролем (табл. 19).

Таблица 19 - Масса внутренних органов годовиков, г

Показатель	$X \pm S_x$	Lim	Cv, %
Контроль			
Сердце	0,14 ± 0,03	0,09 - 0,30	57,3
Селезенка	0,10 ± 0,02	0,03 - 0,15	46,5
Печень	0,97 ± 0,16	0,6 - 1,6	42,4
Плавательный пузырь	0,32 ± 0,046	0,2 - 0,54	35,1
Желудок	2,36 ± 0,31	1,6 - 3,63	32,8
Кишечник	3,70 ± 0,79	2,0 - 6,4	53,1
Внутренний жир	0,97 ± 0,19	0,6 - 1,9	49,3
Химус	1,90 ± 0,43	1,1 - 2,6	60,1
Почки	0,75 ± 0,18	0,3 - 1,4	39,7
Вариант 1			
Сердце	0,120 ± 0,011	0,10 - 0,17	23,6
Селезенка	0,120 ± 0,010	0,10 - 0,19	28,1
Печень	0,89 ± 0,19	0,20 - 1,48	53,0
Плавательный пузырь	0,330 ± 0,035	0,20 - 0,45	27,1
Желудок	2,48 ± 0,37	1,5 - 4,0	36,7
Кишечник	3,77 ± 0,82	1,9 - 7,0	53,5
Внутренний жир	1,18 ± 0,23	0,6 - 2,2	49,1
Химус	0,60 ± 0,18	0,3 - 1,4	73,0
Почки	2,00 ± 0,26	1,6 - 2,5	22,9
Вариант 2			
Сердце	0,150 ± 0,018	0,1 - 0,2	29,3
Селезенка	0,12 ± 0,02	0,07 - 0,19	34,2
Печень	0,96 ± 0,16	0,40 - 1,48	41,1
Плавательный пузырь	0,290 ± 0,052	0,10 - 0,45	43,9
Желудок	2,50 ± 0,35	1,7 - 4,0	35,1
Кишечник	3,20 ± 1,04	0,3 - 7,0	79,9
Внутренний жир	1,12 ± 0,25	0,5 - 2,2	56,5
Химус	0,63 ± 0,18	0,1 - 1,4	69,7
Почки	4,40 ± 0,47	3,7 - 5,3	18,6

Особое внимание привлекает достоверное увеличение индекса наполнения желудочно-кишечного тракта у опытной форели по сравнению с контролем. Также можно отметить, что увеличение дозы препарата в два раза привело к достоверному увеличению потребленного корма в варианте 2 (1 г/кг корма) по сравнению с вариантом 1 (0,5 г/кг корма). Эти отличия позволяют предположить, что данный препарат способствует усилению аппетита у рыб и интенсивности обмена. Другие морфофизиологические

показатели находились в пределах физиологической нормы и существенно не различались (табл. 19, 20 и рис. 8).

Таблица 20 - Интерьерные индексы годовиков (% к массе рыбы)

Показатель	$X \pm S_x$	Lim	Cv, %
Контроль (а)			
Сердце	0,160 ± 0,025	0,11 - 0,28	40,5
Селезенка	0,11 ± 0,02	0,04 - 0,22	54,7
Печень	1,12 ± 0,18	0,75 - 1,93	39,9
Плавательный пузырь	0,360 ± 0,032	0,28 - 0,48	21,9
Желудок	3,23 ± 0,47	1,87 - 4,85	36,0
Кишечник	4,13 ± 0,78	2,43 - 7,11	46,2
Внутренний жир	1,07 ± 0,14	0,65 - 1,70	32,9
Химус	<b>1,50 ± 0,45* (б, в)</b>	0,65 - 2,23	53,3
Почки	0,84 ± 0,14	0,33 - 1,31	42,3
Вариант 1 (б)			
Сердце	0,140 ± 0,009	0,11 - 0,17	16,7
Селезенка	0,14 ± 0,01	0,11 - 0,17	20,5
Печень	0,94 ± 0,15	0,35 - 1,41	41,1
Плавательный пузырь	0,360 ± 0,016	0,32 - 0,43	11,0
Желудок	2,92 ± 0,37	2,23 - 4,76	31,8
Кишечник	3,75 ± 0,34	2,98 - 5,23	22,8
Внутренний жир	1,28 ± 0,15	0,94 - 1,93	28,3
Химус	<b>2,6 ± 0,17* (а, в)</b>	2,23 - 2,81	11,7
Почки	0,64 ± 0,14	0,32 - 1,23	52,5
Вариант 2 (в)			
Сердце	0,18 ± 0,027	0,11 - 0,28	38,2
Селезенка	0,14 ± 0,01	0,11 - 0,16	13,0
Печень	1,15 ± 0,11	0,83 - 1,61	25,4
Плавательный пузырь	0,32 ± 0,03	0,21 - 0,43	24,8
Желудок	3,34 ± 0,43	2,02 - 4,6	31,5
Кишечник	3,56 ± 0,95	0,62 - 6,4	65,9
Внутренний жир	1,43 ± 0,23	0,7 - 2,13	39,5
Химус	<b>6,4 ± 0,63* (а, б)</b>	5,62 - 7,64	17,4
Почки	0,69 ± 0,13	0,21 - 1,14	47,4

Примечание: \*P≤0,05- разность достоверна; а, б, в – группа, относительно которой разность достоверна

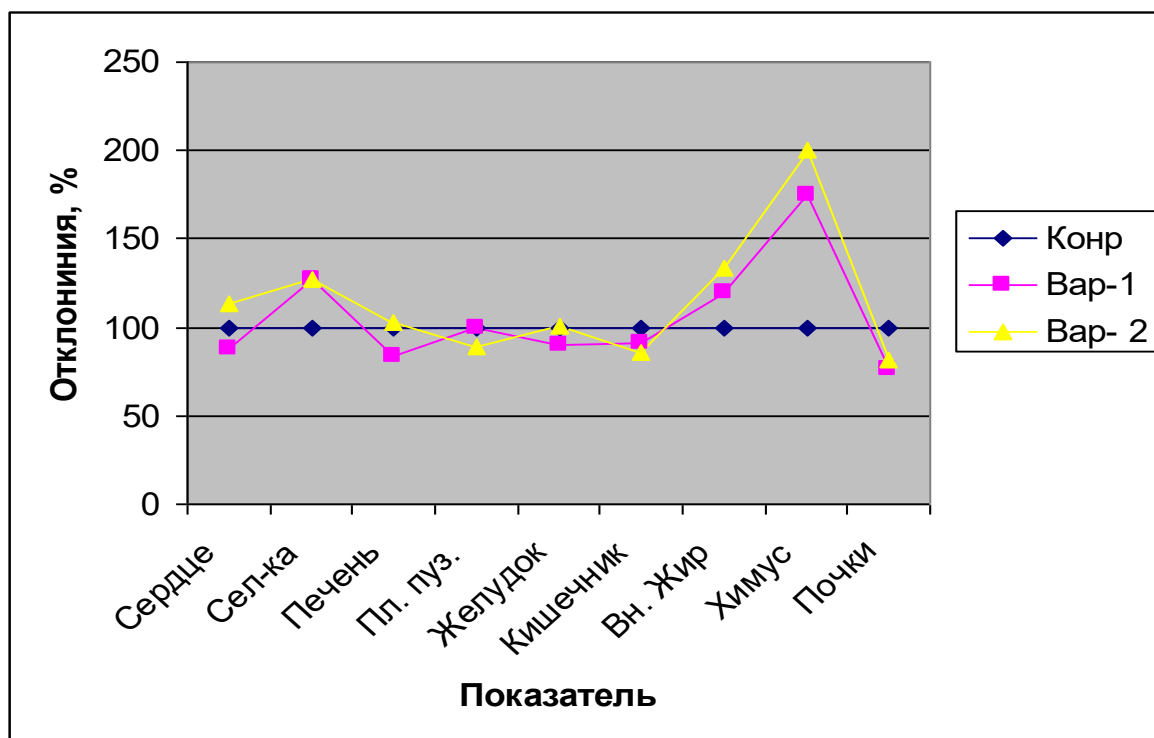


Рисунок 8 - Профиль интерьерных признаков годовиков

Анализ общего физиологического статуса, морфологической и топографической характеристик органов брюшной полости показывает, что препарат «Энзимспорин» в качестве кормовой добавки в составе полнорационных комбикормов (0,5-1,0 г/кг корма) эффективен при кормлении радужной форели.

При этом многочисленных различий по изучаемым показателям между опытными вариантами практически не выявлено, за исключением относительной массы жабр у рыб, получавших 1,0 г/кг корма БАД, и относительной массы мышц, которая была наибольшей в первом варианте опыта при скармливании 0,5 г/кг корма БАД. Исходя из этого можно предположить, что первый опытный вариант кормления форели видимо предпочтительней, имея ввиду вдвое меньшие затраты на кормовую добавку при близких результатах исследования.

### 3.3.2. Физиолого-биохимические показатели годовиков

Известно, что общее содержание гемоглобина тесно связано с количеством эритроцитов в крови, и соответственно, с общим объёмом переносимого кислорода – основного элемента окислительно-восстановительных реакций.

Полученные данные (табл. 21) показали увеличение концентрации гемоглобина в крови форели из опытных групп на 9,5% не зависимо от вносимых доз препарата по сравнению с контролем, хотя разность оказалась не достоверна. Однако можно полагать, что увеличение концентрации гемоглобина в крови рыб из опытных групп подтверждает усиление обменных процессов в организме и повышение устойчивости к стрессу.

Таблица 21 - Содержание гемоглобина в крови форели, г/л

Вариант	$X \pm S_x$	Lim	Коэффициент вариации (Cv), %
Контроль (OP)	<b>63,3 ± 3,3</b>	60,0 – 70,0	9,1
Вариант 1 (OP+0,5 г/кг БАД)	69,3 ± 3,5	64,0 - 76,0	8,8
Вариант 2 (OP+1,0 г/кг БАД)	69,3 ± 2,9	64,0 - 74,0	7,3

Интерес представляет изучение особенностей интенсивности обмена у форели, выращенной на различных кормах. Полученные данные показывают, что дополнительное введение в промышленные корма испытанных концентраций БАД способствует усилению потребления кислорода на 7-16 мг/кг в час по сравнению с контролем (табл. 22). Доза препарата 1,0 г/кг корма (вариант 2) способствует усилению кислородного обмена на 9 мг/кг в час и по сравнению с вариантом 1 (доза БАД 0,5 г/кг корма). Также установлено, что применение «Энзимспорина» при кормлении форели способствует увеличению концентрации растворенных в воде, как анионов, так и катионов, что указывает на усиление интенсивности обмена (сумма анионов увеличилась на 3,9 и 4,5 мг/л в первом и втором вариантах опыта соответственно).

Таблица 22 - Изменение концентрации растворенных веществ при выдерживании опытной форели в ёмкостях для перевозки

Показатель	Вариант			± вариант 1 к контролю	± вариант 2 к контролю	± вариант 1 к варианту 2
	Контроль (ОР)	1 (ОР+0,5 г/кг БАД)	2 (ОР+1,0 г/кг БАД)			
pH	7,5-7,0	7,5-7,0	7,5-7,0	-	-	-
УПК, мг/кг в час	76,0	83,0	92,0	+7,0	+16,0	-9,0
Сумма анионов, мг/л	26,2	30,1	30,7	+3,9	+4,5	-0,6
Сумма анионов, мг/кг в час, в т.ч.:	111,1	204,0	168,6	+92,3	+57,5	+34,8
F <sup>-</sup>	-0,76	-0,79	+0,18	+0,3	+0,42	-0,12
Cl <sup>-</sup>	47,5	85,7	63,7	+38,2	+16,2	+22,0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	+16,7	+20,8	+16,7	+20,8	-4,1
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	+59,4	+93,0	+94,6	+33,6	+35,2	-1,6
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	31,4	44,9	23,0	+13,5	-8,4	+21,9
Сумма катионов, мг/л	77,6	83,7	94,5	+6,1	+16,9	-10,8
Сумма катионов, мг/кг в час, в т.ч.:	40,7	198,8	185,5	+158,1	+144,8	+13,6
Li <sup>+</sup>	-0,14	-0,15	-0,15	+0,01	+0,01	0
Na <sup>+</sup>	17,5	30,5	29,6	+13,0	+12,1	+0,9
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	29,2	96,1	71,5	+66,9	+42,2	+24,7
K <sup>+</sup>	13,7	24,5	20,6	+10,8	+6,9	+3,9
Mg <sup>+</sup>	-2,9	+9,3	+11,8	+12,2	+14,7	-2,5
Ca <sup>+</sup>	-16,8	+45,2	+61,3	+62,0	+78,1	-16,1

Примечание: УПК – удельное потребление кислорода рыбой

Особенно следует отметить, что увеличение концентрации препарата в варианте 2 по сравнению с вариантом 1 снижает интенсивность выделения суммы анионов форелью на 34,8, хлоридов на 22,0, фосфатов на 21,9 мг/кг в час. При этом усиливается интенсивность выделения фторидов, нитратов и сульфатов (табл. 22).

Аналогично анионам, введение «Энзимспорина» в корма для форели усиливает выделение и катионов рыбой. Сумма катионов, растворенных в воде, возрастает на 6,1 и 16,9 мг/л в первом и втором вариантах опыта соответственно. Интенсивность выделения суммарной величины катионов усиливается в 1,4-1,5 раза по сравнению с контролем. Особенно интенсивно выделяется основной продукт белкового обмена – аммоний, а также кальций. Количество выделения натрия, калия и магния различается незначительно, и их величина существенно уступает таковой аммония и кальция. Что касается интенсивности обмена катионов в зависимости от концентрации препарата, то установлено, что в варианте 2 увеличивается общая сумма растворенных в воде веществ на 10,8 мг/л. При этом интенсивность обмена в этом варианте ниже, чем в варианте 1. Исключением является усиление интенсивности выделения кальция и магния.

Содержание общей влаги, сухого вещества, белка, жира, минеральных веществ в теле рыб – важные технологические показатели, указывающие на соотношение и выход съедобных частей, а также качество рыбопродукции.

Результаты биохимических исследований показали, что по содержанию влаги и минеральных веществ существенных различий в опытных и контрольной группе не выявлено (табл. 23). Однако содержание жира в теле рыб, в рацион которых включён пробиотик «Энзимспорин», ниже, чем в контрольной группе, а содержание белка, напротив, выше на 0,8-1,1%. Данное обстоятельство может свидетельствовать о более высокой скорости прохождения обменных процессов у молоди форели, выращиваемой с добавлением пробиотика. Кроме того, при патологоанатомическом вскрытии отмечено, что дистрофические процессы в печени у подопытных рыб были менее выражены, чем у контрольных.

Таблица 23 - Химический состав мышц годовиков форели

Показатель	Влага, %	Жир, %	Белок, %	Минеральные вещества, %
Контроль - ОР				
$X \pm S_x$	$73,9 \pm 0,23$	$5,3 \pm 0,52$	$18,2 \pm 0,38$	$1,2 \pm 0,01$
Lim	73,5 - 74,3	4,4 - 6,2	17,6 - 18,9	1,19 - 1,21
Вариант 1 –ОР + 0,5 г БАД				
$X \pm S_x$	$74,6 \pm 0,5$	$4,8 \pm 0,50$	$19,3 \pm 0,02$	$1,2 \pm 0,01$
Lim	74,1 - 75,1	4,3 - 5,3	19,2 - 19,4	1,19 - 1,21
Вариант 2 – ОР +1,0 г БАД				
$X \pm S_x$	$71,7 \pm 1,5$	$5,1 \pm 0,57$	$19,0 \pm 0,02$	$1,3 \pm 0,01$
Lim	70,2 - 73,2	4,1 - 6,1	18,9 – 19,1	1,29 - 1,31

Визуальное наблюдение за кормлением форели позволило определить пищевую активность рыб. Во всех вариантах первую порцию корма, раздаваемую в ручную, форель потребляла активно, а затем последующие порции - неохотно. Особенно это наблюдалось в контроле. После схватывания гранул корма рыба не проглатывала их, а выплёвывала. Эти наблюдения свидетельствуют о невысоких вкусовых, пищевых качествах использовавшегося заводского корма. Введение в корма дополнительно препарата «Энзимспорин» способствовало повышению пищевой активности опытной рыбы. Об усилении пищевой активности рыбы (варианты 1 и 2) свидетельствуют данные о достоверном увеличении индекса наполнения желудочно-кишечного тракта опытной форели ( $2,6 \pm 0,17$  и  $6,4 \pm 0,63\%$  к массе рыбы соответственно) по сравнению с контролем ( $1,5 \pm 0,45\%$ ). При этом разность была достоверна между всеми вариантами опыта ( $p \leq 0,05$ ).

Анализ результатов проведённых исследований показывает, что введение пробиотической кормовой добавки «Энзимспорин» в количестве 0,5-1,0 г/кг корма «ЛимКорм 42/17» способствует росту содержания гемоглобина в крови форели на 9,5%, увеличивает пищевую активность рыб, интенсивность обменных процессов в организме, снижает содержание жира в мясе при одновременном увеличении доли белка. При этом статистически значимых различий по исследуемым показателям между опытными группами



не выявлено. В этой связи, видимо, наиболее целесообразно использовать при кормлении форели меньшую дозировку препарата - 0,5 г/кг корма.

### 3.3.3. Рыбоводно-биологические показатели

Результаты 90-суточного выращивания годовиков форели на кормах с разным содержанием «Энзимспорина» показали, что при равном количестве заданного корма рыбоводные показатели существенно различались. Наибольшая скорость роста, как в абсолютных, так и в относительных показателях отмечена в первом варианте опыта по сравнению с контролем (табл. 24).

Таблица 24 - Рыбоводно-биологические показатели выращивания годовиков

Показатель	Вариант кормления			± вариант 1 к контролю, %	± вариант 2 к контролю, %
	Контроль (ОР)	1 (ОР+0,5г/кг БАД)	2 (ОР+1,0г/кг БАД)		
Исходная плотность посадки, шт./м <sup>3</sup>	100	100	100	0	0
Общее кол-во, шт.	1000	1000	1000	0	0
Выживаемость, шт. %	909 90,9	956 95,6	946 94,6	+5,2 +4,7	+4,1 +3,7
Средняя масса, г: исходная конечная	57,0 88,4	57,0 <b>107,3</b>	57,0 91,8	0 +21,4	0 +3,8
Абсолютный прирост массы особи, г	31,4	<b>50,3</b>	34,8	+ 60,2	=10,8
Общая ихтиомасса, кг: исходная конечная	57,0 80,4	57,0 <b>102,6</b>	57,0 86,8	0 +27,6	0 +8,0
Абсолютный прирост ихтиомассы, кг	23,4	<b>45,6</b>	29,8	+94,9	+27,4
Коэффициент массонакопления, Км	0,015	<b>0,023</b>	0,017	+53,3	+13,3
Среднесуточный прирост, г/шт.	0,35	<b>0,56</b>	0,39	+16,7	+11,5
Относительная скорость роста, %	0,37	<b>0,53</b>	0,40	+43,2	+8,1
Расход корма, кг	64,0	64,0	64,0	-4,8	-3,8
Затраты корма, кг/кг	2,74	<b>1,40</b>	2,15	-48,9	-21,9
Затраты протеина, г/кг	1150,8	<b>588,0</b>	898,8	-48,1	-21,9
Рыбопродуктивность, кг/м <sup>3</sup>	8,4	<b>10,3</b>	8,7	+28,8	+8,8

В сочетании с ростом выживаемости на 4,7% эти различия привели и к увеличению итоговой рыбопродуктивности, при этом в первом варианте опыта она закономерно была наибольшей и оказалась выше на 28,8% по сравнению с контролем. При этом на 48,9% сократились затраты корма на прирост массы форели по сравнению с контролем.

Увеличение дозы исследуемого препарата до 1 г/кг корма не привело к дальнейшему улучшению рыбоводных показателей и к росту рыбопродуктивности. Ее увеличение по сравнению с контролем составило только 8,8%, не смотря на рост выживаемости на 3,7%. И хотя в целом результаты выращивания оказались лучше, чем в контроле, они существенно уступали таковым в первом варианте опыта.

Таким образом, наиболее целесообразно включать в рацион 0,5 г пробиотика «Энзимспорин» на 1 кг корма, поскольку дальнейшее увеличение дозы препарата не ведет к соответствующему улучшению итогов выращивания форели.

### **3.4. Выращивание товарных двухлетков**

#### **3.4.1. Рыбоводно-биологические показатели**

Анализ температурного, кислородного режимов, других изучаемых гидрохимических параметров при выращивании товарных двухлетков радужной форели с применением препарата «Энзимспорин» показал, что их значения находились в диапазоне биологических требований форели (табл. 14, с. 82) и соответствовали технологическим нормативам.

В результате выращивания двухлетков форели показано, что использование пробиотической добавки «Энзимспорин» способствовало более высокой скорости роста рыбы по сравнению с контролем (табл. 25). Средняя масса особей в конце опытного выращивания превышала таковую в контроле на 20 г (или на 2,4%), не смотря на то, что исходная средняя масса особей в опытном садке была ниже, чем в контрольном почти на 3%. В опыте существенно (на 6,7%) возросла выживаемость рыб по отношению к

контролю. В результате абсолютный прирост ихтиомассы в опытном садке оказался выше на 22,2% и достиг 1121,6 кг. Соответственно было выращено 2095 кг товарной рыбы, что на 174 кг (на 9,1%) больше, чем в контроле.

Таблица 25 - Рыбоводно-биологические показатели выращивания двухлетков

Показатель	Контроль (ОР)	Опыт (ОР+0,5г/кг БАД)	± опыт к контролю, %
Исходная плотность посадки, шт./м <sup>2</sup>	31,7	31,7	0
Общее количество, шт.	2539	2535	- 0,16
Выживаемость, шт.	2260	2408	-
%	89,0	95,0	+ <b>6,7</b>
Средняя масса рыбы, г:			
исходная	395,0	384,0	- 2,8
конечная	850,0	870,0	+ 2,4
Абсолютный прирост, г/шт.	455,0	486,0	+ 6,8
Общая ихтиомасса, кг:			
исходная	1002,9	973,4	- 2,9
конечная	1921,0	2095,0	+ 9,1
Абсолютный прирост ихтиомассы, кг	918,1	1121,6	+ <b>22,2</b>
Коэффициент массонакопления, Км	0,048	0,051	+ 6,3
Среднесуточный прирост, г/шт.	3,53	3,77	+ 6,8
Относительная скорость роста, %	0,57	0,60	+ 5,3
Израсходовано корма, кг	1260	1379	+ 9,4
Затраты корма, кг/кг	1,37	1,23	- <b>10,2</b>
Рыбопродуктивность, кг/м <sup>2</sup>	24,0	26,2	+ 9,2

Полученные положительные результаты опытного выращивания были достигнуты на фоне роста поедаемости комбикорма, что, однако, не привело к росту кормовых затрат на прирост массы. Напротив, затраты корма в опытном садке на 1 кг прироста ихтиомассы сократились по сравнению с контролем на 10,2% и составили 1,23 кг/кг, против 1,37 кг/кг в контрольном варианте. В итоге наибольшая рыбопродуктивность также была достигнута в опытном варианте и составила 26,2 кг/м<sup>2</sup>, что выше на 9,2%, чем в контроле.

### 3.4.2. Морфометрические показатели двухлетков

По экстерьеру определяют индивидуальные особенности телосложения и направление продуктивности рыб. Экстерьерные показатели опытной и контрольной групп двухлетков форели представлены в таблице 26.

Таблица 26 - Экстерьерные показатели двухлетков форели (% к общей длине тела)

Показатель	$X \pm S_x$	Lim	$C_v, \%$
Контроль			
Масса рыбы, г	691,7±37,7	410 - 1000	29,7
Длина рыбы (по Смитту), см	33,2±1,01	30 - 38	9,2
Коэффициент упитанности (по Фультону)	1,3 ± 0,07	0,97 - 1,56	7,4
% от длины по Смитту			
Малая длина тела	88,5 ± 0,90	84,9 - 92,1	3,1
Длина головы	19,6±0,96	19,1 - 27,8	13,0
Максимальная высота тела	23,3±1,00	22,9 - 24,0	2,2
Минимальная высота тела	8,2±0,41	5,1 - 9,1	15,0
Толщина тела	11,1 ± 0,48	7,7 - 12,5	13,2
Обхват тела	<b>61,9±2,03*</b>	51,4 - 68,6	9,9
Длина кишечника	64,7±4,12	38,2 - 72,4	18,0
Длина желудка	38,8±2,20	32,4 - 48,5	16,0
Опыт			
Масса рыбы, г	795,4 ± 38,1	490 - 1200	25,2
Длина рыбы (по Смитту), см	34,1±0,82	29,5 - 39,0	8,0
Коэффициент упитанности (по Фультону)	1,4 ± 0,03	1,25 - 1,63	7,8
% от длины по Смитту			
Малая длина тела	89,5±0,53	86,1 - 92,3	2,0
Длина головы	19,1±0,37	16,0 - 20,6	6,6
Максимальная высота тела	26,7±0,48	24,7 - 30,8	6,1
Минимальная высота тела	8,5±0,18	7,7 - 9,7	7,1
Толщина тела	12,2±0,48	10,8 - 16,8	13,3
Обхват тела	<b>66,7±0,98</b>	60,8 - 71,8	4,9
Длина кишечника	71,8±2,45	61,1 - 86,0	11,3
Длина желудка	40,6±1,28	34,0 - 48,5	10,5

Примечание: \*  $P \leq 0,05$  - разность достоверна по отношению к контролю

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в опытном варианте установлена тенденция увеличения коэффициента упитанности,

относительной длины желудка, кишечника и индекса обхвата тела. Однако разность достоверна только по показателю обхвата тела. Эти изменения косвенно свидетельствуют о стимулирующем воздействии препарата на развитие организма форели.

Морфологические показатели опытной и контрольной групп двухлетков форели представлены в абсолютных и относительных величинах в таблицах 27 и 28 соответственно. Абсолютные показатели изучаемых рыб соответствуют живой массе. В опытном варианте живая масса рыб вследствие более быстрого роста была больше, но разность не достоверна (табл. 27).

Таблица 27 - Морфологическая характеристика двухлетков (абсолютные показатели, г)

Показатель	$X \pm S_x$	Lim	Cv, %
Контроль			
Масса рыбы	680,6±69,7	410,0 - 1000,0	30,7
Масса рыбы без химуса	659,0±70,3	405,6 - 983,2	32,0
Порка	558,3±58,2	330,0 - 855,0	31,3
Тушка	432,9±49,1	250,0 - 680,0	34,1
Голова	77,7±11,4	10,9 - 122,0	44,3
Жабры	15,1±1,4	10,5 - 23,3	27,0
Кожа	38,3±9,6	23,2 - 56,4	43,8
Мышцы	340,2±57,0	268,0 - 452,8	29,0
Плавники	19,7±3,0	10,7 - 34,0	43,7
Опыт			
Масса рыбы	795,4 ± 38,1	490,0 – 1200,0	25,2
Масса рыбы без химуса	755,7 ± 58,7	451,5 - 1150,7	25,8
Порка	647,7 ± 50,2	405,0 - 990,0	25,7
Тушка	510,4 ± 41,0	315,0 - 800,0	26,6
Голова	80,3 ± 4,7	61,2 - 113,8	19,2
Жабры	17,5 ± 1,0	12,3 - 22,8	19,6
Кожа	45,8 ± 8,5	28,6 - 68,8	37,0
Мышцы	478,2 ± 66,2	300,0 - 700,0	31,0
Плавники	15,9±1,2	9,6 - 20,7	26,2

Относительные показатели характеристики морфологического состава форели позволили установить достоверную разность между контролем и

опытом по двум показателям. В контроле достоверно больше относительная масса рыбы без химуса (содержимое желудка и кишечника) и плавников. Первый показатель указывает на более низкую пищевую активность. Уменьшение индекса относительной массы плавников можно предположительно объяснить тем, что увеличение скорости роста рыбы в опыте привело к снижению устойчивости форели к условиям обитания, которые вызвали незначительное развитие некроза плавников.

Таблица 28 - Морфологическая характеристика двухлетков (относительные показатели, % к массе рыбы)

Показатель	$X \pm S_x$	Lim	Cv, %
Контроль			
Масса рыбы без химуса	97,5±0,5	96,4 - 98,8	1,1
Порка	82,4 ± 0,8	80,5 - 85,5	2,3
Тушка	63,8 ± 1,2	61,0 - 68,0	4,1
Голова	11,1 ± 0,2	10,9 - 12,2	4,9
Жабры	2,3 ± 0,08	2,2 - 2,6	7,5
Кожа	5,6 ± 0,3	4,6 - 6,4	11,5
Мышцы	52,0 ± 3,6	45,3 - 65,4	15,6
Плавники	3,0 ± 0,2	2,6 - 3,6	14,5
Опыт			
Масса рыбы без химуса	<b>94,9±0,9*</b>	92,2 - 97,8	2,3
Порка	81,8±0,9	78,2 - 83,3	2,6
Тушка	64,6±0,8	61,9 - 66,7	2,9
Голова	10,4±0,5	6,5 - 12,4	11,0
Жабры	2,2±0,09	1,9 - 2,5	9,6
Кожа	5,8±0,2	5,1 - 6,5	8,6
Мышцы	59,7±1,8	54,4 - 65,3	8,6
Плавники	<b>1,9±0,07*</b>	1,7 - 2,0	7,8

Примечание: \*  $P \leq 0,05$  - разность достоверна по отношению к контролю

Особенно следует отметить тенденцию увеличения относительной массы мышц в опытном варианте. Видимо применение препарата способствует усилению роста мускулатуры за счет гиперплазии или гипертрофии. Необходимо выполнить дополнительные исследования.

### 3.4.3. Оценка качества товарной продукции

Результаты биохимических исследований показали, что также, как и при выращивании годовиков, по содержанию влаги и минеральных веществ у двухлетков форели не выявлено существенных различий в опытной и контрольной группах (табл. 29). Однако содержание жира в теле рыб, в рацион которых включён пробиотик «Энзимспорин» на 1,5% больше. Следовательно, мясо форели в этом варианте более питательное.

Таблица 29 - Химический состав мяса свежей форели, %

Вариант	Влага	Белок	Жир	Зола
Контроль	72,1	19,1	7,4	1,4
Опыт	71,6	18,2	8,9	1,3

Изучен морфологический состав тушки после копчения (табл.30). Относительные показатели состава готовой продукции показывают, что в опытном варианте достоверно больше относительное количество мякоти в тушке и меньше кожи. Эти различия свидетельствуют о более высокой пищевой ценности товарной продукции при использовании препарата «Энзимспорин».

Таблица 30 - Морфологический состав тушки после термообработки (копчения)

Показатель	$X \pm S_x$	Lim	Cv, %
<b>Контроль</b>			
Масса готовой тушки, г	328,3 ± 56,1	245,0 – 435,0	29,6
Кожа, %	13,8 ± 0,6	12,6 - 15,0	8,7
Мякоть, %	78,2 ± 0,2	78,1 - 78,6	0,4
Кости, %	7,2 ± 0,4	6,6 – 8,0	10,3
<b>Опыт</b>			
Масса готовой тушки, г	340,0 ± 41,2	250,0 – 450,0	24,3
Кожа, %	<b>12,5 ± 0,7*</b>	10,7 - 14,2	11,9
Мякоть, %	<b>80,1 ± 1,0*</b>	78,3 - 82,6	2,5
Кости, %	6,6 ± 0,2	5,9 - 7,2	8,1

Примечание: \*  $P \leq 0,05$  - разность достоверна по отношению к контролю

Химические и технологические методы исследования мяса рыбы позволяют определить состав, входящих в него питательных веществ. Для

определения вкусовых качеств проводят органолептическую оценку готового продукта после термической обработки (например, копчения). Органолептический анализ заключается в выявлении качественных отличий или определении общего, или частичного качества готовой рыбопродукции с помощью органов чувств. Метод субъективный, но является завершающим этапом при определении качества пищевых продуктов, в том числе и рыбы.

Проведенная органолептическая оценка готового продукта (табл. 31) показала, что мясо радужной форели опытной группы имело более приятный вкус, сочность и нежную консистенцию. Эти различия отразились на общей средней оценке продукта. Средний балл в варианте с использованием препарата достоверно превосходит контроль.

Таблица 31 - Органолептическая оценка готового продукта, баллы

Критерий оценки	Вариант	
	Контроль	Опыт
Внешний вид	8	8
Цвет	8	8
Запах	8	8
Вкус	7	8
Консистенция	7	8
Сочность	7	8
Средняя оценка	7,5±0,2	<b>8,0±0,0*</b>

Примечание: \*  $P \leq 0,05$  - разность достоверна по отношению к контролю

### 3.5. Экономическая оценка применения препарата «Энзимспорин»

#### 3.5.1. Экономическая оценка выращивания годовиков

Выше изложенные результаты позволили нам определить экономическую эффективность применения препарата двумя методами: первый - по уровню рентабельности и второй - по разности полученной продукции.

Основное внимание привлекают к себе при одинаковом расходе комбикорма, не только коэффициент массонакопления (Км) и относительная скорость роста, но и различия по показателю - выживаемость выращиваемых



рыб. Как показано в таблице 32, выживаемость рыб, потребляющих «Энзимспорин», на 4,0 – 5,0 % выше.

Таблица 32 - Экономическая эффективность по затратам

Показатель	Вариант		
	Контроль (ОР)	1 (ОР+0,5 г/кг БАД)	2 (ОР+1,0 г/кг БАД)
Посажено, шт.	1000		
Выживаемость, %	90,9	95,6	94,6
Реализовано, шт.	909	956	946
Всего затрачено кормов, кг	64,0		
Стоимость комбикормов + БАД, руб./кг	90,00	90,37	90,75
Затраты на комбикорма + БАД, тыс. руб.	5,760	5,784	5,808
Реализационная стоимость годовика форели, руб./шт.	50		
Общая сумма выручки от реализации, тыс. руб.	45,45	47,80	47,30
Стоимость сеголетка форели, руб./шт.	20		
Себестоимость годовика форели с учётом сохранности сеголетков, руб./шт.	22,00	20,80	21,05
Общая стоимость годовиков, тыс. руб.	22,0	20,8	21,05
Общие затраты, тыс. руб.	27,760	26,584	26,858
Прибыль, тыс. руб.	17,690	<b>21,216</b>	20,442
Уровень рентабельности, %	63,73	<b>79,81</b>	76,11

Ниже приведен расчет эффективности применения препарата «Энзимспорин» по разности полученной рыбопродукции(Фридман, 1986).

Исходные данные:

1. Начальная масса радужной форели в опыте и контроле – 57,0 г;

2. Конечная масса форели в опыте:
  - вариант 1 –107,3 г,
  - вариант 2 -91,8 г;
3. Конечная масса форели в контроле –88,4 г;
4. Площадь садка S – 10 м<sup>2</sup> (2,5м×4м).
5. Начальная плотность посадки форели в опытах и контроле, N шт. – 1000;
6. Плотность посадки в конце выращивания, N шт.:
  - вариант 1 - 956 шт.,
  - вариант 2 – 946 шт.,
  - контроль – 909 шт.

Расчет ведется по формуле:

$$\text{Ээ} = [(\text{П}_к * \text{N} * \text{S}) - (\text{П}_{1,2} * \text{N} * \text{S})] * \text{Ц}, \text{ где:}$$

Ээ – экономическая эффективность, руб.,

Ц – цена 1 кг годовиков форели – 400 руб.

П<sub>к</sub> – прирост массы форели в садках в контроле:

$$(0,0884 \text{ кг} * 909 \text{ шт.} * 10 \text{ м}^2 - 0,057 \text{ кг} * 1000 \text{ шт.} * 10 \text{ м}^2) = 23,3 \text{ кг};$$

П<sub>1</sub> – прирост массы форели в садках в варианте 1:

$$(0,1073 \text{ кг} * 956 \text{ шт.} * 10 \text{ м}^2 - 0,057 \text{ кг} * 1000 \text{ шт.} * 10 \text{ м}^2) = 46,6 \text{ кг};$$

П<sub>2</sub> – прирост массы форели в садках в варианте 2:

$$(0,0918 \text{ кг} * 946 \text{ шт.} * 10 \text{ м}^2 - 0,057 \text{ кг} * 1000 \text{ шт.} * 10 \text{ м}^2) = 29,6 \text{ кг}.$$

Экономическую эффективность при выращивании находим по разности полученной рыбопродукции:

$$\text{П}_1 - (46,6 \text{ кг} - 23,3 \text{ кг}) * 400 \text{ руб.} = 9320 \text{ руб./}10 \text{ м}^2;$$

$$\text{П}_2 - (29,6 \text{ кг} - 23,3 \text{ кг}) * 400 \text{ руб.} = 2520 \text{ руб./}10 \text{ м}^2.$$

Проведенный анализ экономической эффективности использования разных доз препарата «Энзимспорин» при кормлении годовиков радужной форели показывает, что наиболее предпочтительным является первый опытный вариант кормления (0,5 г/кг корма БАД), при котором достигнуты наибольшая прибыль (21216 руб.) и уровень рентабельности (79,81%), а

также экономическая эффективность по разности полученной рыбопродукции, составившая 6800 руб. на 10 м<sup>2</sup> рыбоводного садка.

### 3.5.2. Экономическая оценка выращивания двухлетков

Экономическая эффективность применения препарата «Энзимспорин» по результатам выращивания двухлетков также определялась нами по уровню рентабельности (табл. 33) и по разности полученной продукции.

Таблица 33 - Экономическая эффективность по затратам

Показатель	Вариант кормления		± Опыт к контролю
	Контроль (ОР)	1 (ОР+0,5 г/кг БАД)	
Посажено, шт.	2539	2535	- 4
Выживаемость, %	89,9	95,0	+ 5,1
Средняя масса выращенной рыбы, кг	850,0	870,0	+ 20
Реализовано, шт.	2260	2412	+ 152
кг	1921	2095	+ 174
Всего затрачено кормов, кг	1260	1379	+ 119
Стоимость комбикормов + БАД, руб./кг	110,00	110,37	+ 0,37
Затраты на комбикорма + БАД, тыс. руб.	138,6	152,2	+ 13,6
Реализационная стоимость товарной форели, руб./кг	495,0	495,0	0
Общая сумма выручки от реализации, тыс. руб.	950,90	1037,03	+ <b>86,13</b>
Стоимость годовика форели, руб./шт.	50	50	0
Общая стоимость годовиков, тыс. руб.	126,95	126,75	- 0,2
Себестоимость товарной форели с учётом сохранности годовиков, руб./кг	138,00	<b>133,15</b>	- <b>4,85</b>
Сумма затрат (годовики+корм+БАД), тыс. руб.	265,55	278,95	+ 13,4
Общие затраты на выращивание, тыс. руб.	531,92	545,32	+ 13,4
Прибыль, тыс. руб.	418,98	<b>491,71</b>	+ <b>72,73</b>
Уровень рентабельности, %	78,8	<b>90,2</b>	+ <b>11,4</b>

Установлено, что за счет увеличения скорости роста рыбы и ее выживаемости в опытном садке по сравнению с контролем общее количество реализованной рыбы возросло на 174 кг, соответственно и выручка от реализации продукции была выше на 86,13 тыс. рублей.

При этом, не смотря на увеличение общего расхода кормов и затрат на них (в том числе с учетом стоимости препарата), себестоимость товарной форели снизилась на 4,85 руб./кг, что позволило увеличить доход от реализации форели из опытного садка на 72,73 тыс. рублей.

Ниже приведен расчет эффективности применения препарата «Энзимспорин» по разности полученной рыбопродукции (Фридман, 1986).

Исходные данные:

1. Начальная масса радужной форели в опыте – 384,0 и контроле – 395,0 г;
2. Конечная масса форели в опыте: – 870,0 г,
3. Конечная масса форели в контроле – 850,0 г;
4. Площадь садка  $S$  – 80 м<sup>2</sup>;
5. Начальная плотность посадки форели в опыте и контроле,  $N$  шт. – 31,7 шт./м<sup>2</sup>;
6. Плотность посадки в конце выращивания,  $N$  шт./м<sup>2</sup>:
  - опыт – 30,1 шт./м<sup>2</sup>,
  - контроль – 28,3 шт./м<sup>2</sup>

Расчет ведется по формуле:

$$Ээ = [(П_k * N * S) - (П_1 * N * S)] * Ц, \text{ где:}$$

Ээ – экономическая эффективность, руб., Ц – цена 1 кг форели – 495 руб.

П<sub>к</sub> – прирост массы форели в садке в контроле:

$$(0,850 \text{ кг} * 28,3 \text{ шт./м}^2 * 80 \text{ м}^2 - 0,395 \text{ кг} * 31,7 \text{ шт.} * 80 \text{ м}^2) = 922,7 \text{ кг};$$

П<sub>1</sub> – прирост массы форели в садке в опыте:

$$(0,870 \text{ кг} * 30,1 \text{ шт./м}^2 * 80 \text{ м}^2 - 0,384 \text{ кг} * 31,7 \text{ шт.} * 80 \text{ м}^2) = 1121,2 \text{ кг};$$

Экономическую эффективность при выращивании находим по разности полученной рыбопродукции:

$P_1 - (1121,2 \text{ кг} - 922,7 \text{ кг}) * 495 \text{ руб.} = 98257,50 \text{ руб./80 м}^2$ .

Проведенный анализ использования препарата «Энзимспорин» при кормлении двухлетков радужной форели также показывает, что наиболее предпочтительным является опытный вариант кормления (0,5 г/кг корма БАД) по сравнению с контролем, при котором достигнута наибольшая прибыль, а также экономическая эффективность по разности полученной рыбопродукции, составивший 98257,50 руб. на 80 м<sup>2</sup> рыбоводного садка.

Сопоставление результатов анализа экономической эффективности применения препарата «Энзимспорин» на разных возрастных группах показывает, что наиболее эффективно этот метод проявил себя при выращивании годовиков в дозировке 0,5 г/кг корма БАД, увеличивая уровень рентабельности на 16,1% по сравнению с выращиванием двухлетков, где данный показатель возрос на 11,4%.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Основной задачей товарного форелеводства является выращивание рыбы в наиболее короткий срок и с минимальными затратами. При этом вопросы безопасности и качества кормов и их компонентов, являются важнейшей составляющей обеспечения безопасности продукции аквакультуры, а также эффективности выращивания (Бурлаченко, 2008).

Сегодня экономически выгодным, альтернативным животному, источником белка служат продукты растительного происхождения, которые, однако, не характерны для естественной пищи хищных рыб. В связи с этим при индустриальном выращивании рыбы, в том числе и радужной форели, большое значение приобретает применение биологически активных веществ, способствующих усваиванию растительных белков (Остроумова, 2001; Щербина, Е.А. Гамыгин, 2006; Максимова, Гусева, Васильев, 2016 и др.).

В балансе основных питательных веществ корма для выращивания физиологически полноценной молоди и товарной рыбы большое значение имеют биологически активные вещества, в число которых входят пробиотики

(Головина, 1987), особенностью которых является повышение резистентности организма, проявление против аллергенного действия, и способность регулировать и стимулировать пищеварение.

Анализ доступных нам литературных источников показал, что проведенные исследования по использованию пробиотиков в кормлении рыб, особенно в нашей стране, были осуществлены в основном на карпе и осетровых видах рыб, а также на тилапиях и африканском клариевом соме. При этом аналогичные исследования при выращивании радужной форели – одного из основных объектов отечественной аквакультуры – являются весьма ограниченными и немногочисленными.

Одним из перспективных на наш взгляд препаратов является «Энзимспорин», который представляет собой кормовую пробиотическую добавку для оптимизации процессов пищеварения, повышения продуктивности и сохранности рыбы и других гидробионтов. В этой связи проведение исследований, направленных на изучение эффективности его использования в составе комбикормов при выращивании форели, представляется достаточно актуальной научной задачей.

Исследования по изучению действия препарата «Энзимспорин» при выращивании годовиков и двухлетков форели были проведены в период с 2016 по 2018 гг. в условиях садковой линии полносистемного форелевого рыбоводного хозяйства КРХ «Велисто», расположенной в акватории Десногорского водохранилища - водоема-охладителя Смоленской АЭС.

Однако на первом этапе исследований, в соответствии с приказом Минсельхоза России от 01.04.2005 № 48 «Об утверждении Правил государственной регистрации лекарственных средств для животных и кормовых добавок» для получения разрешения на распространение препарата «Энзимспорин» должен быть определен класс его токсичности.

Проведение оценки токсичности «Энзимспори́на» для рыб осуществлялось нами в сотрудничестве со специалистами сертифицированной лаборатории эколого-токсикологических исследований

ФГБНУ «ВНИРО». По итогам данного этапа исследований было показано, что выживаемость тест объектов (односуточных мальков гуппи) в концентрациях препарата «Энзимспорин» от 1,0 до 1000,0 мг/л составила 100%, что свидетельствует о возможности присвоения препарату самого низкого (безопасного) уровня токсичности – 4, т.е. препарат не токсичен и может быть без ограничений использоваться и в аквакультуре.

На следующем – втором этапе исследований в рыбоводных садках осуществлялось опытное выращивание годовиков радужной форели с применением пробиотической кормовой добавки «Энзимспорин». При этом регулярно осуществлялся контроль над основными гидрохимическими показателями и температурой водной среды в районе расположения рыбоводных садков. Было установлено, что температура воды в период экспериментальных исследований колебалась в зависимости от времени года и режима работы станции от 3,2 до 20,0°C, а содержание кислорода не опускалось ниже 90% насыщения. Другие гидрохимические показатели в период проведения исследований также находились в пределах допустимых значений и соответствовали существующим требованиям (ОСТ 15.372-87).

В процессе экспериментальной работы в контроле основной рацион рыбы состоял из продукционного корма для товарного выращивания форели «ЛимКорм 42/17». Это сбалансированный комбикорм с пониженным уровнем сырого жира, рекомендуемый для использования в условиях повышенных температур воды. В 1 опытном варианте к основному рациону (ОР), добавляли 0,5 г/кг корма препарат «Энзимспорин». В опытном варианте 2 кормление осуществляли ОР с добавлением 1,0 г/кг корма данного препарата.

По результатам 90 суток исследований у 1 и 2 опытных групп были выявлены достоверные отличия ( $P \leq 0,05$ ) от контрольной группы по индексу длины кишечника: 74,5, 74,4 против 69,3% соответственно, а также по индексу длины желудка: 34,3, 36,6 против 28,0% соответственно. Статистически значимых различий между опытными группами не

установлено. Другие пластические показатели у всех изучаемых групп различались не достоверно, так же, как и относительная масса большинства внутренних органов у опытных и контрольной групп форели. Исключением стали относительная масса жабр ( $P \leq 0,05$ ) у рыб, получавших 1,0 г/кг корма БАД (3,4%), по сравнению с контролем (2,5%) и вариантом с 0,5 г/кг корма БАД (2,3%). Эти различия обусловлены усилением интенсивности обмена в данном варианте опыта. Кроме того, выявлены статистически значимые различия ( $P \leq 0,05$ ) относительной массы мышц в первом варианте опыта (52,6%) по сравнению с контролем (50%) и вторым вариантом опыта (49,1%).

Отмечена тенденция к увеличению концентрации гемоглобина в крови форели из опытных групп на 9,5%, не зависимо от вносимых доз препарата (69,3 г/л) по сравнению с контролем (63,3 г/л), хотя разность оказалась не достоверна. Это дает возможность полагать, что тенденция к увеличению концентрации гемоглобина в крови рыб из опытных групп подтверждает усиление обменных процессов в организме и повышение устойчивости к неблагоприятным факторам среды.

Это предположение также подтверждается усилением потребления кислорода на 7-16 мг/кг в час по сравнению с контролем. При этом доза «Энзимспорина» 1,0 г/кг корма (вариант 2) способствовала усилению кислородного обмена на 9 мг/кг час и по сравнению с вариантом 1 (доза препарата 0,5 г/кг корма).

Анализ морфологической и топографической характеристик органов брюшной полости, ихтиопатологических и токсикологических показателей общего физиологического статуса, также позволяет рекомендовать «Энзимспорин» в качестве кормовой добавки.

Результаты биохимических исследований мяса рыб не выявило существенных различий в опытных и контрольной группе по содержанию влаги и минеральных веществ. Однако содержание жира в теле рыб, в рацион которых включён пробиотик «Энзимспорин», оказалось ниже, чем в



контрольной группе, а содержание белка, напротив, выше на 0,8-1,1%. Данное обстоятельство может свидетельствовать о более высокой скорости прохождения обменных процессов у молоди форели, выращиваемой с добавлением пробиотика.

При сопоставлении рыбоводно-биологических показателей по итогам выращивания было установлено, что наибольшая скорость роста отмечена в первом варианте опыта по сравнению с контролем: среднесуточный прирост составил 0,56 г/шт., против 0,35 г/шт.; относительный прирост - 0,53%, против 0,37% соответственно. В сочетании с увеличением выживаемости на 4,7% эти различия привели и к большей итоговой рыбопродуктивности на 28,8%. При этом на 48,9% сократились затраты корма на прирост массы форели по сравнению с контролем. Увеличение дозы исследуемого препарата до 1 г/кг корма не привело к дальнейшему улучшению рыбоводных показателей и росту рыбопродуктивности.

Анализ и обобщение всего комплекса полученных результатов морфологических, физиологических, биохимических и рыбоводно-биологических исследований показывают, что дозировка пробиотической кормовой добавки «Энзимспорин» в количестве 0,5 г/кг корма является оптимальной, поскольку ее увеличение до 1,0 г/кг корма не дает существенного улучшения изучаемых показателей. Более того - в некоторых случаях отмечено ухудшение ряда показателей относительно первого опытного варианта на фоне двукратного (с 0,5 до 1,0 г/кг корма) увеличения дозы препарата.

Расчет основных экономических показателей выращивания радужной форели с использованием пробиотика «Энзимспорин» также показал, что наибольшие прибыль (21216 руб.) и уровень рентабельности (79,81%), а также экономический эффект по разности полученной рыбопродукции, составивший 6800 руб. на 10 м<sup>2</sup> рыбоводного садка, достигнуты в первом опытном варианте кормления форели - 0,5 г препарата «Энзимспорин» на 1 кг корма.

На третьем, завершающем этапе исследований, по аналогичной схеме в садках при выращивании двухлеток радужной форели проведена производственная проверка полученных ранее экспериментальных данных, в результате которых они были полностью подтверждены. Проведена дегустационная оценка двухлетков форели после копчения, которая выявила более высокие потребительские качества рыб опытной группы.

На основании всего комплекса проведенных исследований были сформулированы выводы и рекомендации производству. Последние заключаются в том, что для повышения рентабельности и рыбопродуктивно-биологических показателей выращивания радужной форели в садках на теплых водах добавку «Энзимспорин» рекомендуется вводить в основной рацион в количестве 0,5 г/кг корма.

Данные рекомендации были приняты к внедрению в форелевом хозяйстве КФХ «Велисто» (приложение 1) и могут быть использованы в других форелевых хозяйствах.

## **ВЫВОДЫ**

1. Выживаемость тест объектов (односуточных мальков гуппи) в концентрациях препарата «Энзимспорин» от 1,0 до 1000,0 мг/л составила 100%, что свидетельствует о возможности присвоения препарату самого низкого (безопасного) уровня токсичности – 4, т.е. препарат не токсичен.

2. Температура воды в период экспериментальных исследований колебалась от 3,2 до 20,0°C, а содержание кислорода не опускалось ниже 90% насыщения. Другие гидрохимические показатели в период проведения исследований находились в пределах допустимых значений и соответствовали существующим требованиям (ОСТ 15.372-87).

3. У годовиков, получавших в рационе «Энзимспорин», выявлены статистически значимые различия от особей, не получавших эту добавку по индексу длины кишечника: 74,5, 74,4, против 69,3% соответственно, а также

по индексу длины желудка: 34,3, 36,6, против 28,0% соответственно (разность достоверна при  $p \leq 0,05$ ).

У двухлетков форели, получавших в рационе «Энзимспорин», выявлено увеличение индекса обхвата тела (66,7% против 61,9% при  $p \leq 0,05$ ). Отмечается тенденция увеличения коэффициента упитанности, относительной длины желудка и кишечника.

4. Усиление интенсивности обмена веществ в организме у всех групп форели достоверно увеличивает относительную массу жабр ( $p \leq 0,05$ ) у годовиков, получавших «Энзимспорин» в количестве 1,0 г/кг корма (3,4%), по сравнению с контролем (2,5%) и с особями, получавшими 0,5 г/кг корма данного препарата (2,3%). У особей, получавших 0,5 г/кг корма «Энзимспорины» по сравнению с рыбой в контроле и форелью, получавшей добавку в количестве 1,0 г/кг корма выявлены статистически значимые отличия по относительной массе мышц: 52,6%, 50% и 49,1% соответственно. Разность достоверна при  $p \leq 0,05$ .

У двухлетков, потреблявших только основной рацион, оказались больше относительная масса рыбы без химуса (содержимое желудка и кишечника) на 2,6% и плавников на 1,1% ( $p \leq 0,05$ ). Первый показатель указывает на более низкую пищевую активность.

5. Отмечена тенденция к увеличению концентрации гемоглобина на 9,5% в крови годовиков форели из групп, получавших «Энзимспорин», независимо от вносимых доз препарата (69,3 г/л) по сравнению с контролем (63,3 г/л). Можно полагать, что увеличение концентрации гемоглобина в крови рыб, получавших «Энзимспорин», показывает усиление обменных процессов в организме.

6. Введение в корм испытанных дозировок «Энзимспорины» способствовало усилению потребления кислорода годовиками на 7-16 мг/кг в час, по сравнению с особями, получавшими только основной рацион. Увеличение дозы «Энзимспорины» с 0,5 до 1,0 г/кг корма приводит к усилению кислородного обмена на 9 мг/кг час.

7. Содержание жира в теле годовиков, в рацион которых включён пробиотик «Энзимспорин», ниже, чем в группе, потреблявшей только основной рацион, а содержание белка, напротив, выше на 0,8-1,1%, что свидетельствует о более высокой скорости прохождения обменных процессов у молоди форели, выращиваемой с добавлением пробиотика. У двухлетков регистрируется обратная тенденция: содержание жира в теле рыб при использовании пробиотика на 1,5% больше. Следовательно, мясо форели в этом варианте имеет более высокую пищевую ценность.

8. Наибольшая скорость роста годовиков отмечена при скармливании 0,5 г/кг корма «Энзимспорины»: среднесуточный прирост составил 0,56 г/шт., против 0,35 г/шт. при выращивании без добавки к основному рациону; относительный прирост - 0,53%, против 0,37% соответственно. В сочетании с ростом выживаемости на 4,7% увеличивается итоговая рыбопродуктивность на 28,8%, сокращаются затраты корма на прирост массы форели на 48,9%. Увеличение дозы исследуемого препарата до 1 г/кг корма не привело к дальнейшему улучшению рыбоводных показателей и росту рыбопродуктивности. Улучшение результатов выращивания получено и при выращивании двухлетков при добавлении к основному рациону 0,5 г/кг корма «Энзимспорины»: среднесуточный прирост увеличился на 6,8%, выживаемость – на 6,7%, рыбопродуктивность на 9,2% при сокращении кормовых затрат на 10,2%.

9. Результаты морфологических, физиологических биохимических и рыбоводно-биологических исследований показывают, что дозировка пробиотической кормовой добавки «Энзимспорин» в количестве 0,5 г/кг корма является наиболее целесообразной.

10. Мясо двухлетков радужной форели, выращенных с применением кормовой добавки «Энзимспорин», после копчения имело более приятный вкус, сочность и нежную консистенцию, что отразилось на общей средней дегустационной оценке продукта, средний балл в варианте с использованием препарата достоверно превосходил контроль (8,0 против 7,5 при  $p \leq 0,05$ ).

11. Наибольшие прибыль (21216 руб.) и уровень рентабельности (79,81%), а также экономическая эффективность по разности полученной рыбопродукции, составившая 6800 руб. на 10 м<sup>2</sup> рыбоводного садка, достигнуты при кормлении годовиков форели с использованием 0,5 г препарата «Энзимспорин» на 1 кг корма, у двухлетков - 98,3 тыс. руб. на 80 м<sup>2</sup> рыбоводного садка соответственно.

#### **Предложения производству**

Для повышения эффективности выращивания радужной форели в садках на теплых водах рекомендуется вводить в ее основной рацион пробиотическую кормовую добавку «Энзимспорин» в количестве 0,5 г/кг корма.

#### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

В перспективе представляется целесообразным изучить влияние пробиотика «Энзимспорин» на рыбоводно-биологические и репродуктивные качества ремонтного и маточного поголовья радужной форели, а также его использования на выращивание других видов лососевых рыб.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимова, К.С. Оптимизация кормов и кормления молоди осетровых рыб для профилактики и лечения тимпани в интенсивной аквакультуре: дис...канд.биол.наук: 06.02.10 / К.С. Абросимова. - Ростов-на-Дону, 2015. - 125 с.
2. Анисимова, И.М. Краткая биологическая характеристика радужной форели /И.М. Анисимова, В.В. Лавровский // Ихтиология М.: Высшая школа, 1983.- 255 с.
3. Артеменков, Д.В. Выращивание клариевого сома (*Clarias gariepinus*) на комбикормах с добавками пробиотика «Субтилис» в условиях УЗВ: дисс... канд. с.-х. наук: 06.04.01 / - Д.В. Артеменков. - Москва, 2013.- 140 с.
4. Аси А. Выращивание радужной форели Дональдсона в 1983 году / А. Аси, П. Рельве, Х. Херем // Колхоз им. С.М. Кирова.- Науч. отч. № 11, 1983.
5. Аси, А.А. Определение максимальной производительности рыбоводной установки с замкнутым циклом водоснабжения / А.А. Аси, П.Ф. Х. Рельве // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ.- 1985.- № 46.- С. 10-14.
6. Багров, А.М. Стратегия развития аквакультуры во внутренних водоемах России / А.М. Багров, Г.Е. Серветник, Н.П. Новоженин // Вестник Россельхозакадемии. - 2004.- № 3.- С.17-20.
7. Багров, А.М. Стратегия развития аквакультуры России / А.М. Багров, Ю.П. Мамонтов // Рыбоводство. - 2006. - № 1. – С. 6-9.
8. Баранов, С.А. Основные уравнения роста биологических объектов / С.А. Баранов, В.Ф. Резников, Е.А. Стариков, Г.И. Толчинский // Биологические ресурсы внутренних водоемов СССР. М.: Наука. - 1979.- С. 156-168.
9. Баранов, С.А. Основные уравнения роста биологических объектов / С.А. Баранов, В.Ф. Резников, Е.А. Стариков, Г.И. Толчинский // Биологические ресурсы внутр. вод в СССР.- М.: Наука, 1979.- С. 156-168.

10. Бахарева, А.А. Научно-обоснованные методы повышения продуктивности ремонтно-маточных стад осетровых рыб за счет оптимизации технологии кормления и содержания в условиях рыбоводных хозяйств Волго-Каспийского бассейна: дисс... докт. с.-х. наук: 06.02.08; 06.02.10 / А.А. Бахарева –Усть-Кинельский, 2016.- 32 с.
11. Богатыренко, Е.А. Пробиотики и их применение в марикультуре / Е.А. Богатыренко // Изв. ТИПРО.- 2009.- Т. 157.- С. 189-195.
12. Богерук, А.К. Каталог пород, кроссов и одомашненных форм рыб России и СНГ / А.К. Богерук, Н.Ю. Евтихиева, Ю.И. Ильясов. - М., 2001. – 206 с.
13. Богерук, А.К. Мировая аквакультура: опыт для России / А.К. Богерук, И.А. Луканова // ФГНУ «Росинформагротех». - М.:, 2010. - 363 с.
14. Борисенко, Е.Я. Разведение сельскохозяйственных животных: учебник / Борисенко Е.Я. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1967. - 463 с.
15. Боровик, Е. А. Радужная форель. Минск: Наука и техника, 1969. - 156 с.
16. Бурлаченко, И.В. Актуальные вопросы безопасности комбикормов в аквакультуре рыб / И.В. Бурлаченко // М.: ВНИРО, 2008.- 183 с.
17. Винберг, Г.Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб / Г.Г. Винберг - Минск: Белгосуниверситет, 1956.- 250 с.
18. Власов В.А., Практикум по рыбоводству / В.А. Власов, Ю.А., Привезенцев, А.П. Завьялов // М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2005 – 106 с.
19. Выращивание молоди черноморской кумжи. [Электронный ресурс].- Режим доступа: [https://revolution.allbest.ru/agriculture/01208452\\_0.html](https://revolution.allbest.ru/agriculture/01208452_0.html)(Дата обращения: 04.01.2022)
20. Гамыгин, Е.А., О возможности замены протеина животного происхождения растительным в кормах для мальков-сеголетков радужной форели / А.Н. Канидьева, Е.А. Гамыгин // Сб.: Биотехника индустриального

форелеводства.- М., ВНИИПРХ.- 1975.- Вып. 14.- С. 129-139.

21. Глобальные практические рекомендации Всемирной Гастроэнтерологической Организации. Пробиотики и пребиотики // World Gastroenterology Organisation, 2017 [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://ru.scribd.com/document/426885974/probiotics-and-prebiotics-russian-2017-pdf> (Дата обращения: 04.10.2020).

22. Головина, Н.А. Итоги и перспективы гематологических исследований в ихтиопатологии / Н.А. Головина // Труды зоологического института АН СССР Вопросы паразитологии и патологии рыб под ред. О.Н. Бауера – Л., 1987.- Т. 171. – С. 115-125.

23. Головина, Н.А. Ихтиопатология / Н.А. Головина, Ю.А. Стрелков В.Н. Воронин и др. - М.: Мир, 2003. - 448 с.

24. 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.

25. ГОСТ 23042-2015 Мясо и мясные продукты. Методы определения жира.

26. ГОСТ 25011-2017 Мясо и мясные продукты. Методы определения белка.

27. ГОСТ 2623-2013 Изделия балычные из тихоокеанских лососей и иссык-кульской форели холодного копчения. Технические условия.

28. ГОСТ 31663-2012 Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот.

29. ГОСТ 31795-2012 Рыба, морепродукты и продукция из них. Метод определения массовой доли белка, жира, воды, фосфора, кальция и золы спектроскопией в ближней инфракрасной области.

30. ГОСТ 9793-74 Продукты мясные. Методы определения влаги



31. ГОСТ Р 52349-2005 Продукты пищевые функциональные. Термины и определения //М.: Стандартиформ, 2005.[Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200039951> (Дата обращения: 04.10.2020).

32. ГОСТ Р 55577-2013 «Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности» (с изменением № 1).

33. Грибанов, Л.В. Перспективы рыбохозяйственного использования водоемов-охладителей тепловых электростанций / Л.В. Грибанов, А.Н. Корнеев, Л.А. Корнеева // Тр. ВНИИПРХ. – 1970. – Т. XVII. - С. 144-147.

34. Грозеску, Ю.Н. Инновационные методы повышения эффективности кормления осетровых рыб на основе использования в рационах нетрадиционного кормового сырья и биологически активных препаратов: Автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук: 06.02.08 – Усть-Кинельский, 2016.- 33 с.

35. Гусева, Ю.А. Формирование научных основ использования панкреатического гидролизата соевого белка в питании рыб в индустриальных условиях: Автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук: 06.02.08 - Саратов, 2019.- 39 с.

36. Джавахия В.В., Глаголева Е.В., Воинова Т.М., Карташов М.И., Овчинников А.И. Патент № 2015138746 Россия МПК МПК С12N 1/00 (2006.01) Комбинированный пробиотический препарат на основе спорообразующих бактерий рода *Bacillus* для использования в животноводстве, способ его производства. Заявл. № 2015138746, 11.09.2015; Оpubл. 16.03.2017.- Бюл. № 08.

37. Есавкин, Ю.И. Пресноводное форелеводство / Ю.И. Есавкин, В.П. Панов, А.В. Золотова // LAP Lambert Academic Publishing.. - 2014.- 245 p.

38. Есавкин Ю.И. Интенсивная технология пресноводного форелеводства: дис...доктора с.-х. наук: 06.02.10 / Ю.И. Есавкин.- Москва, 2012.- 295 с.

39. Есавкин, Ю.И. Повышение эффективности выращивания форели в садках на теплых водах / Ю.И. Есавкин, С.А. Грикшас, В.П. Панов, Д.С. Шеховцов, А.В. Жигин // Рыбное хозяйство. - 2018.- № 5.- С. 97-101.
40. Есавкин, Ю.И. Стимуляция роста молоди радужной форели дополнительным освещением.- Рыбное х-во.- 1979.- № 5.- С. 21-23.
41. Жандалгарова, А.Д. Использование бактериальных препаратов «Ферм-км» и «Простор» в кормлении осетровых рыб: Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.02.08 - Усть-Кинельский, 2017.- 19 с.
42. Жданов, Ю.И. Влияние введения в корм для рыб жиров животного и растительного происхождения на переваримость и содержание стероидов и стероидов в организме годовиков радужной форели, выращиваемой в рециркуляционной установке // Тез. докл. Всес. конф. мол. учёных.- М., 1984.- 71-73.
43. Жигин, А.В. Замкнутые системы в аквакультуре // М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011.- 664 с.
44. Золотова, А.В. Биология двух фенотипических форм форели / А.В. Золотова, В.П. Панов, Ю.И. Есавкин // LAP Lambert Academic Publishing. - 2011.- 145 p.
45. Иванова, Н.Т. Атлас клеток крови рыб. Сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб // М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1983.- 80 с.
46. Канидьеv, А.Н. Биологические основы искусственного разведения лососевых рыб // М.: Лёгкая и пищевая пром-ть, 1984.- 216 с.
47. Канидьеv, А.Н. Инструкция по разведению радужной форели/А.Н. Канидьеv, Н.П. Новоженин, Е.А. Гамыгин, Е.Ф. Титарев - М.: ВНИИПРХ.- 1985. -59 с.
48. Карасева, Т.А. Влияние препарата "сухая бактериальная культура ацидофильной палочки" на здоровье и рост радужной форели / Т.А. Карасева, Н.К. Воробьева, М.Л. Лазарева // Тез докл науч практ конф.: Марикультура Северо-Запада России - Мурманск, 2000. – С. 22 -23.

49. Киселёв, А.Ю. Биологические основы и технологические принципы разведения и выращивания объектов аквакультуры в установках с замкнутым циклом водообеспечения: дисс. ... докт. биол. наук: 03.00.10 / А.Ю. Киселёв. – Москва, 1999. - 62 с.
50. Кленьшин, С.А. Результаты выращивания молоди ленского осетра (*Acipenser baerii* Brandt) в УЗВ на различных рецептурах кормов / С.А.Кленьшин, Ю.И.Есавкин, Э.В. Бубунец, А.В. Жигин, В.П. Панов, С.А. Грикшас, А.В. Золотова // Рыбное хозяйство – 2021.- № 5.- С. 89-96.
51. Кляшторин, Л.Б. Водное дыхание и кислородные потребности рыб / Л.Б. Кляшторин - М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1982.- 168 с.
52. Козлов, В.И., Аквакультура / В.И. Козлов, А.Л. Никифоров-Никишин, А.Л. Бородин // М.: МГУТУ, 2004. - 433 с.
53. Корма для лососевых [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.aqua-rex.ru/troutfeeds/> (Дата обращения: 24.03.2021).
54. Корма и кормление радужной форели в аквакультуре [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://arktifikfish.com/index.php/vyrashchivanie-ryby/313-korma-i-kormlenie-raduzhnoj-foreli> (Дата обращения: 14.01.2022).
55. Кривобок, М.Н. Весовые индексы органов и тканей рыб как показатели их физиологического состояния / М.Н. Кривобок, // Экологическая физиология рыб. - М., 1973. - С. 195-197.
56. Кублицкас, А.К. Методика изучения жировых запасов, мясистой и весовых соотношений частей тела рыб / А.К. Кублицкас – Вильнюс, Мокслас. -1976. - ч.11. -С.104-109.
57. Кудрявцев, А.А. Гематология животных и рыб / А.А. Кудрявцев, Л.А. Кудрявцева, Т.И. Привольнев. – М.: Колос, 1969. – 320 с.
58. Купинский, С.Б., Радужная форель – *Salmo irideus* (Gibb.) – предварительные параметры стандартной модели массонакопления / С.Б. Купинский В.С. Баранов В.Ф.Резников // Сб.: Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах.- М.: ВНИИПРХ, 1985.- Вып. 46.- С. 109-115.

59. Лавровский, В.В. Бионические основы управления замкнутыми рыбоводными системами // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ.- 1985.- № 46.- С. 30-36.
60. Лавровский, В.В. Бионический метод кормления рыб. Рыбохозяйственное использование внутренних водоёмов.- М.: ЦНИИТЭИРХ, 1987.- 24 с.
61. Лавровский, В.В. Пути интенсификации форелеводства. - М.: Легкая и пищевая промышленность. - 1981. - 167 с.
62. Лавровский В.В. Перспективы применения оксигенации воды для интенсификации форелеводства / В.В.Лавровский, Ю.И.Есавкин, В.П. Панов // Тез. докл. всес. семинара по интенсификации форелеводства, 16-18 нояб., 1987.- М., 1987.- С. 27-28.
63. Лакин, Г.Ф. Биометрия // М.: Высшая школа, 1980.- 293 с.
64. Лемперт, О.Т. Потребности радужной форели, выращиваемой в установке с замкнутым водоснабжением, в витаминах В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>5</sub> и С // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ.- 1987.- № 52.- С. 20-34.
65. Лукашик, А.А. Определение содержания питательных веществ в корме / А.А. Лукашик, В.А. Тащилин. Практикум. — М.: Колос, 1965. — 225 с.
66. Максименкова, А.А. Оценка действия высоких концентраций пробиотической биологически активной добавки (БАД) «Энзимспорин» на рыб / А.А. Максименкова, Е.В.Оганесова, Н.А. Ериков // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, 5-7 февраля 2019 г., Москва, ВВЦ, Том 2.- С. 108-112.
67. Максимова, О.С. Интенсивность роста радужной форели при использовании в составе рациона гидролизата соевого белка / О.С. Максимова, Ю.А. Гусева, А.А. Васильев // Аграрный научный журнал. - 2016. - № 10. - С. 19-23.
68. Максимова, О.С. Эффективность использования кормовой добавки «Абиопептид» в кормлении радужной форели: дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.02.08 - Саратов – 2017.- 122 с.

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

70. Микодина Е.В. Динамика развития аквакультуры // Рыбное х-во, его роль в современной экономике, факторы роста, риски, пробл. и персп. разв.: Тез. докл. науч.-практ. конф. в рамках междунар. выставки «Интерфиш-2009».- Москва, 21-22 окт. 2009г., МВЦ «Крокус-Экспо», пав. 2. М.: ВНИРО, 2009.- С. 32-33.

71. Моисеев, П.А. Ихтиология и рыбоводство / П.А. Моисеев, А.С. Вавилкин, И.И. Куранова // М.: Пищевая промышленность.- 1975.- 280 с.

72. Мухаметшин, С.С. Эффективность использования препарата «Виусид-Вет» в кормлении карпа: дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.02.08 - Саранск – 2019.- 19 с.

73. Нечаева, Т.А. Применение в форелеводстве витаминно-аминокислотного комплекса гемобаланс в комбинации с пробиотиком ВЕТОМ 1.1 / Т.А Нечаева // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии.- 2010.- № 3.- С. 50-53.

74. Нечаева, Т.А. Применение пробиотика ВЕТОМ 1.1 при выращивании молоди форели в установках с замкнутым циклом водоснабжения (УЗВ) / Т.А Нечаева // Актуальные вопросы ветеринарной биологии.- 2014.- № 1 (21).- С. 65-69.

75. Никольский Г.В. Частная ихтиология: Учебное пособие. - М.: Государственное издательство «Советская наука», 1950. - 428 с.

76. Новоженин Н.П. Итоги первого этапа рыбохозяйственного освоения форели Дональдсона // Сб.: Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах.- М.: ВНИИПРХ, 1985.- Вып. 46.- С. 115-121.

77. Новоженин, Н.П. Рекомендации по разведению и выращиванию форели Дональдсона с использованием установок с замкнутым циклом

водообеспечения / Н.П. Новоженин, А.А. Аси, П.Ф. Рельве, Х.-Я.Э. Херем // М.: ВНИИПРХ, 1988.- 33 с.

78. Новоженин, Н.П. Рыбоводно-биологические нормативы по выращиванию карпа, форели в установках с замкнутым циклом водообеспечения / Н.П. Новоженин, В.И. Филатов, Ф.А. Петров и др. // М.: ВНИИПРХ, 1985.- 14 с.

79. Об утверждении Правил государственной регистрации лекарственных средств для животных и кормовых добавок // Приказ Минсельхоза России от 01.04.2005 № 48 [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://base.garant.ru/5216791/> (Дата обращения:03.03.2021).

80. Объем производства аквакультуры в России вырос на 8,5% — до 357 тыс. тонн // [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://fish.gov.ru/news/2022/02/09/obem-proizvodstva-akvakultury-v-rossii-vyros-na-85-do-357-tys-tonn/> (Дата обращения:09.02.2022).

81. Овчинникова, Т.И. Воздействие аммиака на рыб / Т.И.Овчинникова // Рыбное хозяйство. Сер. Рыбохозяйственное использование внутренних водоёмов: Экспресс-информация ВНИЭРХ.- М., 1990.- Вып. 11.- С. 31-35.

82. ОСТ 15.372-87 Охрана природы. Гидросфера. Вода для прудовых форелевых и карповых хозяйств. Общие требования // М.: ВНИИПРХ, 1987.- 14 с.

83. Остроумова, И.Н. Биологические основы кормления рыб / И.Н. Остроумова // С-Пб.: ГОНИОРХ, 2001. - 372 с.

84. ОФС.1.7.1.0008.15 Пробиотики [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-7-1-0008-15-probiotiki/> (Дата обращения: 04.10.2020).

85. Павлов, А.Д. Пробиотики в Российской и зарубежной аквакультуре / А.Д. Павлов, А.А. Максименкова— Инновационные решения для повышения эффективности аквакультуры: Материалы Всероссийской

научно-практической конференции, 5-7 февраля 2019 г., Москва, ВВЦ, Том 2.- С. 128-139.

86. Павлов, Д.С. Тихоокеанские благородные лососи и форели Азии / Д.С. Павлов, К.А. Савваитова, К.В. Кузицин и др. – М.: Научный мир. - 2001. – 200 с.

87. Перспективы развития индустриального форелеводства [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://helpiks.org/4-11342.html>(Дата обращения: 14.01.2022).

88. Плохинский, Н.А. Биометрия. – Изд. МГУ, М., 1980. - 367 с.

89. Пономарев С.В. Технологии выращивания и кормления объектов аква-туры юга России / С.В. Пономарев, Е.А. Гамыгин, С.И. Ноконов, Е.Н. Пономарева, Ю.Н. Грозеску, А.Н. Бахарева - Астрахань: Нова плюс, 2002. - 264 с.

90. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин - М.: Изд-во Пищевая промышленность. - 1966. - 376 с.

91. Привезенцев, Ю.А. Использование теплых вод для разведения рыбы / Ю.А. Привезенцев.- М.: Агропромиздат. - 1985. -176 с.

92. Привольнев, Т.И. Ускорение роста радужной форели и предохранение ее от цероидной дегенерации печени введением в кормовые смеси фосфатидов/Т.И. Привольнев, С.В. Стрельцова, П.Н. Бризинова // Известия ГосНИОРХ. - 1969. - Т. 68. - С. 35-47.

93. Приказ МЗ РФ № 388 от 01.11.01 «О государственной стандартизации качества лекарственных средств», 2001г.

94. Применение методов морфофизиологических индикаторов в экологии рыб / В.С. Смирнов, А.М. Божко, Л.П. Рыжков, Л.Н. Добринская // Тр. СевНИОРХ. - Петрозаводск: Карелия. - 1972. - Т. 7. - 168 с.

95. Продукционный корм для форели (Форель 42/17) [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://limkorm.ru/korma-dlya-foreli/produkcionnyj-korm-dlya-foreli-forel-42-17/> (Дата обращения: 24.03.2021).

96. Прозоровская, М.А. К методике определения жирности воблы по количеству жира на кишечнике / М.А Прозоровская // Докл. ВНИРО. – С. 75-78.
97. Прозоровский, В.Б. Использование метода наименьших квадратов для пробит-анализа кривых летальности / В.Б. Прозоровский // Фарм. и токсикология.- 1962.- Т. 25, Вып. 1.- 115 с.
98. Проскуренко, И.В. Замкнутые рыбоводные установки / И.В. Проскуренко.- М.: ВНИРО.- 2003.- 152 с.
99. Пырсигов, А.С. Рост и рыбоводно-физиологические показатели тилляпии при выращивании на комбикормах с добавкой «Метаболит плюс» / А.С. Пырсигов: дисс... канд. с.-х. наук: 06.04.01.- Москва, 2017.- 162 с.
100. Решетников, Ю.С. Атлас пресноводных рыб России. В 2 т. Т. 1. Под ред. Ю.С. Решетникова. – М.: Наука, 2002. – 379 с.
101. Романов, В.В. Конструирование функционального рыбного продукта в условиях индустриальной аквакультуры / Романов В.В., Е.М.Романова, В.Н.Любомирова, М.Э. Мухитова // Вестник ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.- 2018.- № 1 (41).- С. 151-156.
102. Романова Е.М. Инновационные технологии производства продуктов функционального назначения в индустриальной аквакультуре / Е.М. Романова, В.В.Романов, В.Н.Любомирова, М.Э. Мухитова // Рыбоводство и рыбное хозяйство.- 2018.- № 5 (148).- С. 54-59.
103. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. Утверждено Минприроды России 27 апреля 2001 г. // Изд-во: РЭФИА, НИА-Природа.- 2002.[Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://gostinform.ru/normativnye-dokumenty-po-ekologicheskomu-nadzoru/rukovodstvo-obj54559.html>(Дата обращения: 04.03.2021).
104. Рыбоводство / И.В. Морузи, Н.Н. Моисеев, Е.В. Пищенко и др. // М.: КолосС, 2010. – 295 с.



105. Савваитова, К.А. Тенденции в изменении морфометрических показателей проходной формы микижи из рек северо-западной Камчатки / К.А. Савваитова, К.В. Кузицин // *Вопр. ихтиол.* 1998. –Т. 38- №2.- С. 218-230.
106. Савостьянова, Г.Г. Происхождение, разведение и селекция радужной форели в СССР и за рубежом / Г.Г. Савостьянова // *Изв. ГосНИОРХ.* - 1976. – Т. 117. – С. 3-13.
107. Сапожников, В.В. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоёмов и перспективных для промысла районов Мирового океана / В.В. Сапожников, А.И. Агатова, Н.В. Аржанова и др. // М.: Изд-во ВНИРО, 2003. - 202 с.
108. Свистунов, В.И. Предложения к технологии выращивания молоди форели массой 1 г в установках с оборотным использованием воды / В.И. Свистунов // *Тез. докл. всес. совещания по рыбоводству в замкнутых системах (25-27 фев.)*- М., 1986.- С. 31-32.
109. Сентищева, С.В. Морфофизиологические показатели молоди радужной форели при разном уровне кормления производителей / С.В. Сентищева // *Сб. научн. Тр. ГосНИОРХ.* – 1985. – Вып. 235. – С. 83-92.
110. Сергеева, Н.Т. К вопросу о минеральном составе корма РГМ-5В для форели, выращиваемой в установке с замкнутым водоснабжением // *Сб. науч. тр. ВНИИПРХ.*- 1987.- № 52.- С. 18-23.
111. Сергеева, Н.Т. Эффективность использования кормов РГМ в рециркуляционных условиях / Н.Т. Сергеева, В.В. Тэн, Ю.И. Жданов // *Биологические основы индустриальной аквакультуры.*- Калининград, 1984.- С. 65-72.
112. Серова, Е.С. Альтернативы применению антибиотиков в аквакультуре / Е.С.Серова / *Электронный научно-практический журнал «Молодёжный научный вестник» Санкт-Петербург.* – 2017, С- 1-5.

113. Сижажев, В.В. Современное состояние, аспекты биотехнологии и перспективы развития форелеводства в Кабардино-Балкарии: дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04 / В.В. Сижажев. - Краснодар – 2002.- 28 с.
114. Скаткин, П.Н. Биологические основы искусственного рыборазведения / П.Н. Скаткин // М.: Изд-во АН СССР, 1962.- 244 с.
115. Смирнов, В.С. Применение методов морфофизиологических индикаторов в экологии рыб / В.С. Смирнов, А.М. Божко, Л.П. Рыжков, Л.Н. Добринская // Тр. СевНИОРХ. - Петрозаводск: Карелия. -1972. - Т. 7. - 168 с.
116. Смит Л.С. Введение в физиологию рыб // М.: Агропромиздат, 1986.- 168 с.
117. Современное состояние рыбного хозяйства на внутренних водоемах России / под ред. Д.И. Иванова, А.С. Печникова. – СПб: ГосНИОРХ, 2004. – 580 с.
118. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры 2008 // Департамент рыболовства и аквакультуры ФАО. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций: Рим, 2010. – 225 с.
119. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. Меры по повышению устойчивости // Рим: ФАО ООН, 2020.- 206 с.
120. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 26 ноября 2019 года № 2798-р.
121. Технология «Пробиокс» для очистки водоемов и рыборазведения [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://probiox.pro/probiox-aqua/?v=f9308c5d0596> (Дата обращения: 03.03.2021).
122. Титарев, Е.Ф. Типовая технология разведения и выращивания разных форм радужной форели // Е.Ф. Титарев, А.В. Линник, Л.С. Сергеева. – М.: ВНИИПРХ. - 1991. – 91 с.
123. Титарев, Е.Ф. Форелеводство. М.: Пищевая пром-ность. - 1980. – 168 с.
124. Титарев, Е.Ф. Холодноводное форелеводство. - М., 2007. - 280 с.

125. Тихоокеанские благородные лососи и форели Азии / Д.С. Павлов, К.А. Савваитова, К.В. Кузищин и др. – М.: Научный мир. - 2001. – 200 с.

126. Тремасов М.Я., Матросова Л.Е., Иванов А.В., Титова В.Ю., Тремасова А.М., Иванов А.А. Патент № 2326692 Россия МПК А61К 35/00(2006.01) Способ профилактики микотоксикозов и желудочно-кишечных заболеваний животных. - Заявл. № 2012106990/15, 27.02.2012г.; Оpubл. 10.09.2013г.

127. Уитон Ф. Техническое обеспечение аквакультуры // М.: Агропромиздат.- 1985.- 528 с.

128. Ушакова Н.А., Павлов Д.С., Правдин В.Г. Кравцова Л.З., Пономарев С.В., Ратникова И.А., Гаврилова Н.Н. Патент № 2506810 Россия МПК А23К 1/165(2006.01) Способ получения комплексной биологически активной кормовой добавки для осетровых рыб. – Заявл. № 2012141979/13, 03.10.2012г.; Оpubл. 20.02.2014г.

129. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ [Электронный ресурс].- Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_15234/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/)(Дата обращения: 04.03.2021).

130. Филатов, В.И. Технология выращивания молоди канального сома и форели в установках с замкнутым циклом водоиспользования / В.И. Филатов, Н.Ф. Шмаков, В.А. Шустов и др. - М.: ВНИИПРХ, 1989. - 16 с.

131. Форель радужная *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://pisciculture.ru/fishpedia?id=1> (Дата обращения: 04.03.2021).

132. Форель рост 44/23 [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.aqua-rex.ru/troutfeeds/troutd/> (Дата обращения: 24.03.2021).

133. Фридман А.А. Методические рекомендации по определению экономического эффекта мероприятий по рыбоводству и сырьевой базе пресноводных водоемов / А.А. Фридман // Л.: ГосНИОРХ, 1986.- 87 с.

134. Херем, Х.-Я.Э. Установка с замкнутым циклом водоиспользования для инкубации икры форели / Херем Х.-Я.Э., Н.П. Новоженин // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ.- 1985.- № 46.- С. 103-109.
135. Хрусталева, Е.И. Корма и кормление в аквакультуре / Е.И. Хрусталева, Т.М. Курапова, О.Е. Гончаренко, К.А. Молчанова // С-Пб.: Лань, 2016.- 384 с.
136. Хрусталева, Е.И., Товарное лососеводство / Е.И. Хрусталева, Т.М. Курапова Л.В. Савина, О.Е. Гончаренко, К.А. Молчанова // С-Пб.: Лань, 2016.- 369 с.
137. Шварц, С.С. Метод морфо-физиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных / С.С. Шварц, В.С. Смирнов, Л.Н. Добринская // Тр. Ин-та экологии растений и животных УФ АН СССР. - 1968. - Вып. 58. -387 с.
138. Щербина, М.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин // М.: Изд-во ВНИРО, 2006. - 360 с.
139. Юхименко, Л.Н. Перспективы использования субалина для коррекции микрофлоры кишечника и профилактики БГС / Л.Н. Юхименко, Г.С.Койдан, Л.Я. Бычкова // Тезисы докл науч практ конф "Проблемы охраны здоровья рыб в аквакультуре" – М. МИК, 2000. – С. 133 -136.
140. Яржомбек, А.А., Лиманский В.В., Щербина Т.В. и др. Справочник по физиологии рыб; Под ред. канд. биол. наук А.А. Яржомбека.- М.: Агропромиздат, 1986.- 192 с.
141. Alanärä A.A. Demand-feeding as a self-regulating feeding system forrainbow trout in not-pens: [Pap.] // Ist. Symp. Rainbow Trout, Stirang, 4-7 Sept. 1990: Aquaculture. - 1992. - 100, № 1-3. - P. 167-174.
142. Castell J.D. Report of the EIFAC, IUNS and ICES Working Group on the standardization of the methodology in fish nutrition research / J.D. Castell, K. Tiews // Hamburg (Federal Republic of Germany, March 21-23, 1979) EIFAC Tech. pap.- 36.- 1979.- P. 1-24.

143. Clark E.R., Harman J.P., Forster J.R.M. Production of metabolic and waste products by intensively farmed rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson // *J. Fish Biol.* - 1985. - 27, № 4. - P. 381-393.
144. Cruz P.M., Ibáñez A., Saad H.C.R. Use of Probiotics in Aquaculture // *Biology, Medicine.*- 2012.- 13 p.
145. Endal H.P., Taranger G.L., Stefansson S.O., Hansen T. Effects of continuous additional light on growth and sexual maturity in Atlantic salmon, *Salmo salar*, reared in sea cages // *Aquaculture.*- 2000.- 191, № 4.- P. 337-349.
146. Garibaldi L. List of animal species used in aquaculture // *FAO Fish Circ.*- 1996.- № 914.- C. I-IV.- P. 1-38.
147. Kaiser H., Schmitz O. Water quality in a closed recirculating fish culture system influenced by addition of a carbon source in relation to feed uptake by fish // *Aquacult. And Fish. Manag.*- 1988.- 19, № 3.- P. 265-273.
148. Kesarcodi-Watson A., Kaspar H., Lategan M.J., Gibson L. Probiotics in aquaculture: The need, principles and mechanisms of action and screening processes // *Elsevier Aquaculture.*- 2008.- 274.- P. 6-8.
149. Ketola H.G. Amino acid nutrition of fishes: requirements and supplementation of diets // *Comp/ Biochem. Physiol.*- 1982.- V/ 73B, Iss. 1.- P. 17-24.
150. Kung H.R., Lee P.S., Pankhurst N.W. Photoperiod – induced precocious male sexual maturation in Atlantic salmon (*Salmo salar*) // *Fish. Physiol. And Biochem.*- 2003.- № 1.- P. 427-428.
151. Porter M.J.R., Duncan N.J., Mitchell D., Bromage N.R. The use of cage lighting to reduce plasma melatonin in Atlantic salmon (*Salmo salar*) and its // *Aquaculture.*- 1999.- 176, № 3-4.- P. 237-244.
152. Raiser H. Steuerung der Wasserqualität nach N-Bilanzierung durch Puffering oder Denitrifikation in einer Anlage mit Wasserruchführung zur Forellen-mast: Diss. Dokt. Landwirt.- Hohen Landwirt. Fak. rhein.- Friedrich-Wilhelms-Univ., Bonn.- 1987.- 153 s.

153. Spraque M., Talbot C., Bell G. et al. Investigating the salmonid growth dip: to feed or not to feed, light is the question / Internacional Conference: Lesson from the Past to Optimise the Future.- Trondheim, 5-9 Aug, 2005 // Eur. Acuaqult. Soc. Spec. Publ.- 2005.- № 35.- P. 423-424.

154. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater // American Public Health Association, 2005.- 1200pp. ISBN 0875530478, 9780875530475.

155. Taranger G.L., Haux C., Hansen T. et al. Mechanisms underlying photoperiodic effects on age at sexual maturity in Atlantic salmon, *Salmo salar* // Aquaculture.- 1999.- 177, № 1-4.- P. 47-60.

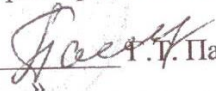
156. Umweltemflub und Umweltbeeinflussung bei Urtirtschaftsfischen der Teichwirt.- 1988.- 39, № 2.- S. 34-40.

157. Wicks B.J., Joensen R., Tang Q., Randall D.J. Swimming and ammonia toxicity in salmonids: The effect of sub lethal ammonia exposure on the swimming performance of coho salmon and the acute toxicity of ammonia in swimming and resting rainbow trout // Aquat. Toxicol.- 2002.- 59, № 1-2.- C. 55-69-745.

158. Wilson, R. Amino acids and protein / R. Wilson // In: Halver J.E. ed., Fish nutrition., 2nd ed. Academic Press, San Diego (USA), 1989. - P. 111-151.

159. XuJingbo, MaXunfeng, HouWenli, HanXiaoyu // Влияние температуры и аммиака на некоторых пресноводных рыб // Zhongguohuanjingkexue = China Environ. Sci.- 1994.- 14, № 3.- P. 214-219.

«УТВЕРЖДАЮ»  
 Директор КФХ «Велисто»

  
 Т.В. Панченков  
 «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

**АКТ**

**научно-технической комиссии о реализации научных положений и выводов кандидатской диссертации Максименковой Анастасии Александровны**

Комиссия в составе главного рыбоведа КФХ Н.А. Кирпичёвой, нач. садкового участка О.С. Смирнова, профессора кафедры аквакультуры и пчеловодства ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева» Ю.И. Есавкина, старшего научного сотрудника ФГБНУ «ВНИРО» А.Д. Павлова констатирует, что диссертационная работа Максименковой А.А. на тему «Эффективность выращивания радужной форели при использовании биологически активной добавки «Энзимспорин», посвященная повышению эффективности выращивания товарной форели в садках за счет введения в рацион данного препарата, по своему содержанию рассматривает вопросы производственного характера, свойственные рыбководному предприятию КФХ «Велисто».


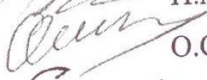
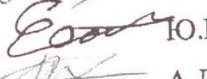

Автор, в результате проведенных исследований, научно обосновал перспективность использования пробиотической кормовой добавки «Энзимспорин», показав ее эффективность при культивировании годовиков и двухлетков радужной форели в садках.

Результаты работы по использованию в кормлении радужной форели пробиотической кормовой добавки «Энзимспорин» в дозировке 0,5 г/кг корма приняты к внедрению на садковой линии КФХ «Велисто».

Экономический эффект от внедрение результатов работы составляет 2,9 тыс. рублей на каждую тонну выращиваемой рыбы.

Председатель комиссии:

Члены комиссии:

 Н.А. Кирпичева  
 О.С. Смирнов  
 Ю.И. Есавкин  
 А.Д. Павлов