

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

На правах рукописи

Японцев Алексей Эдуардович

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБИКОРМОВ
ИМПОРТНОГО И ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ**

06.02.08 – кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных
и технология кормов

Диссертация

на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
профессор
Шаповалов С.О.

Волгоград – 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	13
1.1 Краткая история отечественного производства кормов для рыб.....	13
1.2 Технологические особенности производства экструдированных кормов	15
1.3 Особенности протеинового питания форели	27
1.4 Изменения подходов к использованию уровня сырого протеина потребности форели в незаменимых аминокислотах в рамках современной концепции аминокислотного питания рыб	30
1.5 Краткая характеристика и биологические особенности форели, выращиваемой в индустриальных условиях	41
1.6 Значение качества воды для рыбы при интенсивном рыбоводстве	44
1.7 Заключение по обзору литературы	46
2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	49
2.1 Место проведения и объект исследований.....	49
2.2 Методика проводимых исследований, расчёт экономической эффективности и биометрической обработки результатов	50
3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	53
3.1 Расчёт рецептов опытных кормов	53
3.1.1 Обоснование выбора и использования кормового сырья с результатами анализов фактического качества компонентов	53
3.1.2 Принципы расчётов рецептов опытных комбикормов для форели.....	65
3.2 Результаты научно-хозяйственных опытов.....	72
3.2.2 Интенсивность роста подопытной молоди радужной форели	75
3.2.3 Гематологические показатели радужной форели	78
3.2.4 Бактериологические исследования особей радужной форели для оценки влияния изучаемых комбикормов на микрофлору кишечника.....	82
3.2.5 Химический и биохимический состав мяса подопытной форели.....	87
3.2.6 Результаты органолептической оценки мышечной ткани	89
3.2.7 Интерьерные показатели подопытной форели	91
3.2.8 Результаты опыта № 2	93
3.2.9 Рост и развитие подопытной форели	96
3.2.10 Экстерьерные особенности подопытной форели	99
3.2.11 Гематологические показатели подопытной радужной форели.....	100
3.2.12 Химический состав мяса радужной форели.....	101

3.2.13 Экономическая эффективность производства ихтиомассы радужной форели	102
3.2.13.1 Экономический эффект опыта № 1	102
3.2.13.2 Экономический эффект опыта № 2	104
2.4.14 Результаты производственного испытания	106
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	110
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	114
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАБОТЫ	114
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	115

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Важной проблемой агропромышленного сектора Российской Федерации остается обеспечение населения страны высококачественными продуктами животного происхождения, в том числе и аквакультуры. Продукция из рыбы, выловленной в естественной водной среде, или выращенной в каких-либо направлениях аквакультуры, является одной из важнейших составляющих здорового и полноценного питания людей. На протяжении более полутора десятилетий избыточный вылов рыб из естественных популяций всё более способствует развитию рыбоводных ферм и хозяйств по товарному выращиванию рыб в условиях, контролируемых человеком. Поэтому повышение биологической продуктивности рыб, выращиваемых в искусственно созданных условиях, является одной из главных задач дальнейшего развития рыбного хозяйства России [1, 32].

Ежегодно в России отмечается рост производства товарной рыбы на предприятиях аквакультуры. Наиболее быстрыми темпами развивается выращивание таких видов рыб, как форель, лосось, различные виды осетров и клариевый сом. Согласно официальным данным Росрыболовства, по состоянию на начало 2021 года, объём производства продукции товарной аквакультуры в России составил 328 тысяч тонн. Из числа лососевых особь интерес для выращивания представляет радужная форель, от которой получают деликатесную рыбную продукцию [62, 99].

Современное промышленное рыбоводство основано на выращивании рыб в регулируемых условиях и настоятельно требует серьёзного внимания к процессу производства и использованию полноценных и экономически выгодных кормов для всех возрастных групп объектов разведения и выращивания [22]. Продвижение в этом направлении неотъемлемо связано с выпуском высококачественных экструдированных комбинированных кормов для тех видов рыб, которые традиционно выращиваются в нашей стране [37].

В настоящее время несколько крупных российских предприятий по производству комбикормов выпускают специализированные корма для рыб промышленного выращивания ценных видов (для лососевых, осетровых и сомовых) с использованием экструзионной технологии.

Следует признать, что экструдированные корма отечественного производства в силу ряда причин как объективного, так и субъективного характера, удовлетворяют запросам российских рыбоводов лишь частично, что отражается на объёмах закупки кормов зарубежных компаний. По данным таможенной статистики за 2020 и 2021 годы в Россию официально было завезено, соответственно, более 115 и 125 тысяч тонн кормов западных компаний, где наиболее массовым сегментом являются корма для лосося и форели. В то же самое время объём производства кормов на российских предприятиях в 2021 году составил около 18 тысяч тонн, что в несколько раз меньше по отношению к импортной продукции. При этом, суммарный возможный объём производства кормов для рыб на существующих технологических линиях в РФ может позволить отказаться от поставок зарубежной продукции на 70-80 %. А открытие новых производств в ближайшие 2-3 года способно полностью обеспечить отечественных рыбоводов кормами российского производства[11].

Однако масштабное развитие предприятий аквакультуры, технологии производства кормов и строительство новых комбикормовых заводов до настоящего времени не смогли компенсировать существующий недостаток научных исследований в России в области кормов для рыб. В отличие от ведущих мировых лидеров в производстве кормов для аквакультуры, обладающих десятками научно-исследовательских центров по всему миру, ни один из российских заводов не обладает такой инфраструктурой, а специалисты вынуждены пользоваться достаточно ограниченным объёмом информации, существующей в данной сфере. В виду того, что затраты зарубежных компаний на все виды исследований в области аквакультуры составляют ежегодно сотни миллионов долларов или евро, полученные результаты являются коммерческой тайной и не публикуются в массовых изданиях. К этим результа-

там необходимо отнести оптимальные уровни аминокислот в кормах на различных стадиях выращивания рыб, исследования по степени усвояемости аминокислот из различных белковых компонентов и использование различных источников протеинов во взаимосвязи с технологией производства кормов [27, 109].

Отдельно следует отметить исследования по снижению ввода в корма рыбной муки и рыбьего жира с заменой этих компонентов на другие виды кормового сырья (включая нетрадиционные и альтернативные виды сырья) и растительные жиры без потери продуктивности рыбы и её вкусовых характеристик [67, 133]. Параллельно с этим ведутся работы по определению экономически оправданного сочетания необходимого уровня аминокислот и уровня энергии корма для снижения себестоимости выращивания рыбы.

Степень разработанности темы. Большинство исследований российских учёных было связано преимущественно с оценкой компонентов по питательности и усвояемости для производства карповых кормов и, в меньшей степени, для производства форелевых и осетровых кормов. Для таких актуальных на сегодня объектов аквакультуры, как клариевый сом и тилапия, первые объективные данные исследований появились в конце первого десятилетия 2000-х годов.

Наиболее известными научными работами по сырьевому составу современных рыбных кормов и экструзионной технологии их производства, а также изучению возможности использования в составе комбикормов различных компонентов животного и растительного происхождения с целью повышения их продуктивности и снижения стоимости кормов стали труды Гамыгина Е.А., Щербины М.А., 2004, 2014, Сергеевой Н.Т., 2006, Пономарёва С.В., 2013, Складорова В.Я., 2008, Остроумовой И.Н., 2012, Николаева С.И., 2019, 2022 и других учёных.

Важным существенным изменением для новых работ по кормам для рыб стало объединение отраслевых рыбохозяйственных институтов в одно мощное федеральное бюджетное учреждение - ФГБНУ «ВНИРО», произо-

шедшее в 2018 году. Это создало возможность объединить все научные работы, проводимые по направлению кормопроизводства и за короткое время значительно продвинуться по вопросам технологии производства полнорационных кормов для различных объектов, выращиваемых в аквакультуре.

Отсутствие важной информации по уровню аминокислот в кормах для аквакультуры от кормовых компаний в научной литературе частично компенсируется исследовательскими работами компаний, специализирующихся на производстве кормовых добавок для этой сферы. Одной из таких компаний является германский химический концерн Evonik. С 2010 года в компании Evonik существует подразделение Global Aquaculture Team, занимающееся разработкой оптимальных профилей аминокислот для представителей аквакультуры. Автор диссертационной работы являлся членом этой группы специалистов с 2012 по 2022 год.

Цель и задачи исследований. Целью исследований является разработка рецептур и последующее использование кормов для форели на основе современных концепций «идеального протеина» и «низко-протеиновых рационов», с использованием различных видов белкового сырья и рыбной муки различного качества, с применением существующих форм кристаллических аминокислот для балансирования профиля основных незаменимых аминокислот, а также с использованием различных уровней содержания жира и энергии в корме. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Провести научно-обоснованный подбор сырьевых компонентов для целей дальнейшего производства корма;
2. Провести лабораторный анализ сырьевых компонентов по уровню основных зоотехнических показателей и валовому уровню незаменимых аминокислот;
3. Разработать оптимальную рецептуру комбинированных кормов для кормления форели с учётом оптимальных уровней незаменимых аминокис-

лот по минимальной стоимости с учётом современных подходов к структуре и питательности рационов;

4. Проанализировать фактическое качество экспериментальных кормов на соответствие заявленным показателям;

5. Определить влияние изучаемых комбикормов на физиолого-биохимические показатели радужной форели;

6. Установить влияние изучаемых комбикормов на физико-химические показатели воды в бассейне;

7. Изучить динамику экстерьерных и интерьерных показателей подопытной форели;

8. Определить влияние изучаемых комбикормов на гематологические показатели подопытной форели;

9. Изучить влияние различных комбикормов на состав микробиоты кишечника рыб;

10. Выявить влияние изучаемых комбикормов на качественные показатели мяса подопытной форели;

11. Обосновать экономическую целесообразность использования изучаемых комбикормов для радужной форели.

Научная новизна исследований. Впервые, в условиях УЗВ, была изучена сравнительная эффективность импортных и опытных кормов для различных весовых кондиций форели (от 100 до 950 и от 950 до 3200 г соответственно), разработанных в соответствии с современными тенденциями в кормопроизводстве. Научная новизна работы заключается в целостности применяемых подходов с точки зрения полной лабораторной аналитики кормовых компонентов и готовых кормов по уровню аминокислот, отказ от использования при балансировании рецептов кормов минимального уровня сырого протеина с параллельным использованием оптимального уровня незаменимых аминокислот, включение максимально возможного перечня кристаллических форм аминокислот, использование рыбной муки различного качества (по уровню сырого протеина и аминокислот) и в количествах, суще-

ственно более низких по отношению к вариантам рецептур, используемым более 15-20 лет назад, а также использование различных уровней жира и энергии корма в процессе выращивания.

Практическая значимость работы. Новые рецептуры экструдированных комбинированных кормов для радужной форели, отвечающих всем физиологическим потребностям рыб, меняют вектор своего формирования и не содержат прежних критериев их создания: баланса минимального уровня сырого протеина, обязательный ввод высокого количества рыбной муки в корма (более 30%), использование минимального процента белка животного происхождения в рецептах (не менее 60 %), предпочтение ввода рыбной муки только с уровнем сырого протеина от 70 % и выше, использование только 3-х незаменимых аминокислот при балансировании рецептов (лизина и суммы метионина с цистином), необоснованно низкое использование кристаллических форм аминокислот, отсутствие в расчётах новых и научно-обоснованных уровней незаменимых аминокислот для разных фаз выращивания рыбы.

Испытуемые корма прошли весь цикл аналитических исследований, включающих в себя анализы фактического качества сырья и качество готовой продукции. Рецепты рассчитаны по уровню десяти (10) самых важных для роста и развития форели аминокислот (лизин, метионин с цистином, треонин, триптофан, аргинин, лейцин, валин, изолейцин, гистидин), который был разработан группой специалистов по аквакультуре Evonik Global Aquaculture Team, членом которой являлся автор диссертационной работы.

Корма показали положительное влияние на жизнеспособность форели и физиологическое состояние форели. Рыбоводно-биологические показатели испытаний свидетельствуют о том, что по содержанию основных питательных веществ, в том числе незаменимых аминокислот, витаминов и минеральных веществ, опытные рецептуры полностью удовлетворяли пищевым потребностям форели.

Экономический эффект от выращивания рыбы на новых форелевых кормах, полностью сопоставим с результатами, полученными при использовании кормов иностранного производства.

Основные положения, выносимые на защиту.

В настоящей работе на защиту выносятся следующие материалы:

1. Разработаны оптимальные рецептуры опытных кормов для радужной форели по уровню ключевых для максимальной продуктивности и здоровья аминокислот.

2. Использование экспериментальных кормов положительно отразилось на рыбоводно-биологических показателях выращивания форели.

3. Применение экспериментальных кормов способствовало увеличению интенсивности роста, сохранности рыбы, а также эффективности использования корма.

4. Скармливание экспериментальных кормов не оказало отрицательного влияния на гематологические и экстерьерные показатели выращивания форели;

5. опытные образцы комбикормов не оказали негативного влияния на микрофлору кишечника форели.

6. Использование опытных комбикормов, разработанных на основе современных научных подходов к структуре и питательности кормов экономически обосновано.

Реализация результатов исследований. Основные результаты исследований используются на предприятиях, занимающихся разведением ценных пород рыб, в частности радужной форели, различных организационно-правовых форм собственности.

Апробация результатов исследований. Основные положения и результаты доложены, обсуждены и одобрены на конференциях различного уровня: национальной научно-практической конференции с международным участием «Аграрная наука и инновационное развитие животноводства - основа экологической безопасности продовольствия» (Саратов, 2021); международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в

агропромышленном комплексе в современных экономических условиях» (Волгоград, 2021), XXV региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области (Волгоград, 2020), национальной научно-практической конференции «Научное обоснование стратегии развития АПК и сельских территорий в XXI веке» (Волгоград, 2020), международной научно-практической конференции «Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий» (Волгоград, 2020).

Результаты исследований по теме диссертационной работы внедрились на предприятии «ИП Калмыков» Быковского района Волгоградской области и Центре разведения ценных пород осетровых ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ.

Степень достоверности. Достоверность результатов исследований основывается на достаточно большом поголовье рыб, использованных в опытах, адекватном уровне результативности соответствующим теоретическим данным, а также согласованности с результатами ведущих авторов, полученными в опытах по использованию комбикормов разного состава в форелеводстве, с применением статистических методов при обработке цифрового материала, полученного в экспериментах на ПК с помощью программы Microsoft Office Excel и определение порога достоверности рациона по Стьюденту при трех уровнях вероятности.

Публикации результатов исследований. По материалам диссертации опубликовано 7 работ, из них 2 - в изданиях, включенных в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов, утвержденных ВАК Министерства образования и науки России и рекомендованных для публикации основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа написана компьютерным текстом на 151 страниц. В работу включены следующие разделы: введение, обзор литературы, материал и методика исследований, результаты собственных исследований и их обсуждение, заключение, предложения производству, перспективы дальнейшего исследования и список ис-

пользованной литературы. Было проанализировано 158 источника литературы, из которых 68 зарубежных авторов. В работе имеется 42 таблицы, рисунков – 11 и приложений –15.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Краткая история отечественного производства кормов для рыб

До середины прошлого столетия в мировом индустриальном форелеводстве, в том числе и в России, применялись лишь влажные пастообразные корма. В лаборатории физиологии рыб ГосНИОРХ под руководством профессора Т.И. Привольнева разрабатывались рецепты пастообразных кормовых смесей для радужной форели, основанные на отходах мясокомбинатов и рыбных промыслов, с добавлением сухих животных и растительных компонентов, а также физиологически активных веществ – кормовых дрожжей, фосфатидов. Несмотря на хорошую результативность использования пастообразных кормов, это являлось сдерживающим фактором интенсивного развития форелеводства [59, 120].

С конца 60-х - в начале 70-х годов прошлого века в западноевропейских странах и Америке появились и быстро распространились сухие гранулированные корма для лососевых и радужной форели заводского производства. Прямое перенесение опыта производства иностранных компаний оказалось невозможным по причинам различий в ассортименте используемых кормовых компонентов, выпускаемых в разных странах, в их технологической обработке, а также из-за шифровки фирмами рецептуры кормов [78, 79].

Для кормления радужной форели были созданы различные рецептуры отечественных полноценных гранулированных кормов, разработаны методические рекомендации и инструкции [15].

Производство большинства видов рыбных кормов в СССР и в России до последнего времени базировалось преимущественно на традиционном методе сухого прессования кормовой смеси – гранулировании. Гранулирование, как вид технологической обработки сырья с помощью температуры, влаги и давления, способствует повышению питательной ценности кормов за счёт частичной желатинизации крахмала зерновых компонентов и продуктов их переработки, а также уничтожению до 95 % колоний плесневых грибов [46].

Рецептуры производственных гранулированных кормов отечественного производства для выращивания форели массой более 50 г представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Рецепты отечественных гранулированных производственных кормов для форели, %

Ингредиенты	Наименование корма						
	РГМ-8В	114-1	Р-3а	Р-5с	Ф-3	Ф-4	Ф-5М
	Масса рыбы, г						
	Более 50	30-300	30-300	30-300	30-300	30-300	30-300
Мука рыбная	19,6	45	15	-	30	-	-
Мука мясокостная	2	13	2	-	3	10	7
Мука костная	-	-	-	3	-	-	-
Мука кровяная	2	-	3	3	-	-	-
Пшеничная дерть	7,6	21	7	7	10	7	24
Травяная мука	-	-	1	1	-	2	5
Водорослевая мука	1	-	1	1	-	-	-
Сухое молоко обезжир.	2	-	-	-	-	-	-
Шрот подсолнечный	25	-	54	54	48	50	-
Шрот соевый	26	-	-	-	-	-	32
Дрожжи на этаноле	-	-	-	-	-	14	17
Дрожжи гидролизные	8	15	10	24	8	10	14
Меласса	-	3	-	-	-	-	-
Фосфатиды	5,8	3	6	6	-	6	-
Премикс	1	1	1	1	1	1	1
Лизин	-	-	1,4	1,5	-	-	-
Метионин	-	-	0,3	0,38	-	-	-
Амилосубтилин ГЗх	-	-	-	-	0,05	0,05	-
Качественная характеристика кормов							
Сырой протеин	38-39	44,7	41,1	39,9	41,2	39,9	40,6
Сырой жир	7-8	10,6	8,8	8	3,4	7,1	3
Сырая клетчатка	5-6	0,9	4,3	4,8	4,6	6,8	4,6
Сырая зола	9-10	13	9-10	6-8	12,6	5-7	5-7
БЭВ	25-26	20,8	29,1	31,6	32,8	36,1	34,1

Из приведённых параметров, а также из данных рецептов других отечественных и зарубежных гранулированных кормов следует, что для указанного типа кормов, предназначенных для выращивания форели, оптимальными были следующие параметры питательности: сырой протеин – 40–45 %, сырой жир – 7–14 % и 25–36 % общих углеводов (БЭВ).

Такой состав гранулированных кормов существенно отличался от состава той пищи, которой форель может питаться в естественных условиях обитания. Отечественная практика работы с данным типом кормов показала, что при нормированном кормлении полноценными гранулированными кормами скорость роста форели была намного выше скорости роста рыб в природных водоёмах при хорошей естественной кормовой базе [27, 82]. Это объясняется в первую очередь подбором искусственных кормосмесей, высоким уровнем протеина и оптимальным соотношением аминокислот, биологически активными веществами, а также повышенной энергетической ценностью [42].

Выпуск сухих комбинированных кормов с использованием процесса экструдирования стало новым этапом в развитии производства кормов для рыб промышленного выращивания [50]. Технологический процесс обработки кормов при помощи экструзии применяется уже более 60 лет. Впервые при производстве сухих кормов для рыб процесс экструдирования был использован в начале 1950-х годов прошлого века. Экструзионная обработка кормовых смесей существенно повышает усвояемость питательных веществ, снижает удельные расходы кормов на единицу прироста рыб, повышает экономический эффект рыбоводства [55, 61, 143, 150]. Главным положительным эффектом экструзии в рыбных кормах является, по мнению М.А. Щербины и др. [86], изменение кристаллической структуры крахмала и перевод её в более доступную форму для действия пищеварительных ферментов рыб.

1.2 Технологические особенности производства экструдированных кормов

В основе экструдирования лежат два процесса: механохимическая деструкция на всех этапах обработки кормовой смеси и «взрыв» или «декомпрессионный шок» – на выходе. В результате экструзии происходит декстри-

низация и желатинизация крахмала, деструкция целлюлозо-лигнинных комплексов, стерилизация продукта, создание микропористой системы [84, 107].

Состав высокоэффективных кормов для ценных видов рыб (лососевых, осетровых) всегда базировался на основе современных представлений о пищевых потребностях рыб. Такие корма характеризуются высоким содержанием протеинов и жиров, а потому традиционно, на протяжении достаточно длительного времени, их основу составляли рыбная мука и рыбий жир, которые и поставляют легко усваиваемые белок и жир [4,44, 97].

Применение новых технологий экструзии кормовой смеси и повышенного ввода жидких жиров позволило повысить уровень содержания сырого жира в корме и понизить содержание общих углеводов, степень усвоения которых ниже, чем протеинов и жиров [2, 18, 45]. Жиры (липиды) по сравнению с протеинами и углеводами (безазотистыми экстрактивными веществами) являются самым концентрированным источником энергии: при полном окислении 1 г сырого жира выделяется 9,45 ккал тепловой энергии. Аналогичное количество протеина и углеводов дают соответственно 5,65 ккал и 4,10 ккал. Распределение энергии в кормах различается в зависимости от возраста рыбы: протеины составляют от 31 до 76 % от общего содержания энергии, жиры – от 17 до 60 %, углеводы – от 5 до 29 % [129, 130].

Примеры продукционных кормов западного производства представлены в таблице 2 (по данным с этикеток кормов, 2006 г.). Приведённые данные свидетельствуют о существенных изменениях в подходах к формированию рецептур для форели.

Наиболее значимыми элементами эффективного производства экструдированных кормов для рыб являются дробление, смешивание, экструдирование с совокупности с кондиционированием кормовой смеси, сушка и финишное напыление жидких компонентов. Те компоненты, которым требуется уменьшение величины частиц до необходимого размера, подвергаются измельчению с помощью молотковых дробилок. Размер частиц сырья сильно влияет на текстуру и однородность конечного продукта. В процессе экструзии

дирования используется широкий спектр размола ингредиентов. Однако желательно, чтобы частицы были одинаковы по размеру и по плотности, что в свою очередь позволит увеличить качество экструдированных продуктов. Однородность частиц сырья обеспечивает однородность конечного продукта. Если размер частиц сырья слишком велик, то это может повлиять на снижение поедаемости готового корма рыбами. Также важным является тот факт, что одинаковый размер всех ингредиентов будет способствовать однородному распределению в них влажности в них [3, 165, 183].

Таблица 2 – Состав и показатели питательности импортных производственных кормов для радужной форели, %

Ингредиент	Производитель		
	«BioMar», Дания	«Rehu Raisio», Финляндия	
Мука рыбная	36	44	41
Пшеница	5	10	11
Пшеничный глютен	16	4	3
Пшеничный крахмал	-	-	2
Соевые бобы	8	-	-
Бобы кормовые	14	-	-
Горох	4	-	-
Соевый шрот	-	4	4
Соевый белок	-	8	9
Жир рыбий	9	19,5	20
Масло рапсовое	7	4,3	4,4
Премиксы	1	4,2	5,6
Сырой протеин, не менее	43,0	43,0	40,0
Сырой жир, не менее	26,0	28,0	30,0
Сырая клетчатка, не более	1,5	1,0	1,5
Сырая зола, не более	7,5	7,0	6,2

Согласно рекомендациям компании Wenger (США), для производственных кормов для рыб оптимальным является 100%-й проход размолотых частиц сквозь сито с размером ячеек 750 микрон. При этом идеальным будет содержание не менее 70 % частиц с размером от 400 до 450 микрон [140].

Ряд компонентов не требует прохождения процедуры дробления. Такими являются продукты с очень малым диаметром частиц (пшеничный глютен) и микрокомпоненты, дробление которых может нарушить их каче-

ство и стабильность (витамины, соли микроэлементов, пробиотические и пребиотические комплексы, иммуномоделирующие и другие специальные добавки). Эти компоненты вводятся напрямую в смеситель перед процессом экструдирования.

После смешивания используемых сырьевых компонентов порции кормовой смеси поступают в прекондиционер, где смешиваются, нагреваются и увлажняются, путем впрыскивания горячей воды (70 °С) и/или пара. Интенсивность смешивания воды и пара, вводимых в сухую смесь компонентов, и возможность удлинения времени удерживания (в процессе прекондиционирования) позволяет сохранить оптимальный уровень влажности. При сохранении оптимального уровня влажности значительно снижается износ оборудования, поэтому процесс прекондиционирования дает возможность увеличивать производительность экструдера. В дополнение к этому используются жидкие жиры (растительные масла или рыбий жир) [27, 52].

В результате увлажнения образуется тестообразная смесь с определённой степенью пластичности. По утверждению ряда авторов [56, 118, 131], при содержании жира в сухой смеси свыше 8 % начинают ослабевать прочность и структурные свойства тестообразной смеси, снижается способность к разбуханию. Свыше 17 % содержания жира в смеси приводит к полному спаду разбухаемости, а свыше 22 % - происходит потеря прочности конечного продукта.

Использование рыбной муки и ряда растительных компонентов (подсолнечный жмых, соевый жмых или шрот, рапсовый жмых), содержащих относительно высокий уровень жиров, позволяют получать на различных рецептурах кормов содержание жира в сухой смеси на уровне от 6 % до 9 %, что является близким к оптимальному уровню. Введение в рецептуру кормов экструдированной полножирной сои увеличивает процент содержания сырого жира в смеси, но не оказывает отрицательного влияния на её структуру [28, 34, 58, 104].

Анализ рецептуры кормов иностранного производства, представленных на российском рынке, показывает, что в процессе экструдирования можно эффективно использовать соевые бобы, которые предварительно тостируются, для избавления от антипитательных факторов, и измельчаются.

Крахмал, содержащийся, в первую очередь, в зерновых культурах, либо добавляемый в чистом виде как вид сырья, в условиях высокого давления и высокой температуры образует жидкий гель, – происходит процесс «желатинизации» крахмала. При этом поглощается значительное количество влаги (гидратация), что в свою очередь увеличивает вязкость смеси. Именно крахмал придает конечному продукту такие свойства как разбухание и связывание [154].

В кормах для рыб крахмал в чистом виде не усваивается и не представляет особой питательной ценности. После прохождения процесса желатинизации и изменения углеводной структуры крахмал становится одним из источников энергии. Процентное содержание крахмала может меняться, в зависимости от требуемой питательности и объемной плотности конечного продукта. Одним из факторов, обуславливающих плавучесть корма, является высокое содержание в нем крахмала. Минимальное содержание крахмала в тонущих кормах для рыб составляет 10 %, а в плавающих кормах для рыб – выше 12 % [9, 88].

Основным источником крахмала в рецептурах кормов для форели является пшеница. Также могут быть использованы пшеничная мука или нативный (чистый) крахмал. Использование этих компонентов является актуальным при выработке кормов с содержанием жира выше 30 % и содержанием сырого протеина ниже 38-40 %. Ввод зерна пшеницы является технологически самым оптимальным, так как помимо крахмала пшеница даёт до 5 % сырого протеина от его валового содержания в корме и облегчает прохождение кормовой смеси по технологической линии производства. Таким образом, одним из основных условий создания рецептуры тонущего корма для

форели является определённый процентный ввод пшеницы, обеспечивающий содержание крахмала в сухой смеси на уровне 10 %.

Ввиду того, что современные подходы к расчёту рецептов кормов подразумевают детальную оценку всех параметров питательности, определение качества растительных компонентов полностью совпадает с критериями, применяемыми для сырья животного происхождения. Как и все остальные данные по питательной ценности комбикормового сырья, информацию по пшенице можно получить из таких отечественных источников, как «Методические рекомендации для расчёта рецептов комбикормовой продукции», 2003 и «Руководство по оптимизации рецептов комбикормов для сельскохозяйственной птицы», 2014. Показатели, приведённые в 2014 году, полностью совпадают с показателями 2003 года, но при этом они дополнены несколькими аминокислотами. Также следует отметить, что указанные значения являются усреднёнными и не содержат какой-либо информации о вариативности показателей ни по территориальности, ни по временным промежуткам (урожаем).

Таблица 3 – Основные параметры питательности образцов пшеницы по данным ВНИТИП, ВНИИКП (2014)

Показатели	Пшеница полновесная	Пшеница щуплая	Показатели	Пшеница полновесная	Пшеница щуплая
Обменная энергия, ккал/100 г	295,00	291,00	Лизин, %	0,30	0,39
Обменная энергия, МДж/кг	12,35	12,18	Метионин, %	0,16	0,20
Сухое вещество, %	88,00	88,00	Мет.-цистин, %	0,34	0,57
Сырой протеин, %	11,50	13,00	Треонин, %	0,30	0,43
Сырой жир, %	1,60	1,30	Триптофан, %	0,15	0,16
Линолевая кислота, %	0,99	0,90	Аргинин, %	0,50	0,71
Сырая клетчатка, %	2,70	4,30	Валин, %	0,56	0,62
Сырая зола, %	1,80	1,90	Гистидин, %	0,23	0,30
БЭВ, %	70,40	67,50	Глицин, %	0,42	0,56
Крахмал, %	54,85	52,60	Изолейкин, %	0,46	0,55
Сахар, %	2,11	2,04	Лейцин, %	0,74	0,97
Безазотистый остаток, %	16,14	17,16	Фенилаланин, %	0,53	0,65
			Тирозин, %	0,32	0,45

В отличие от приведённых данных, показатели по российским образцам пшеницы, проанализированные в лаборатории компании Evonik (Германия) за период с 2010 по 2014 г. и представленные в программе AMINODat 5.0 (2016) [94], средний уровень содержания сырого протеина и аминокислот имеет более высокие значения (рисунок 1). Следует особо отметить тот факт, что минимальное количество незаменимых аминокислот в половине случаев соответствует средним значениям, публикуемым в российских источниках, а в половине случаев ощутимо превосходит их. Учитывая тот факт, что анализы, проводимые компанией Evonik, проводились методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) и обладают максимальной точностью в сравнении с другими существующими методами, эта разница указывает на большой риск применения табличных значений для практических расчётов рецептов кормов.

Name ^	n	DM	Lys	Met	Cys	M+C	Thr	Trp	Arg	Ile	Leu	Val	His	Phe	Crude Protein	
→ Пшеница RU, 2010-2014	12	88	\bar{x}	0,33	0,19	0,27	0,46	0,34	0,15	0,55	0,40	0,80	0,51	0,26	0,55	12,03
			Min	0,31	0,16	0,23	0,39	0,30	0,15	0,50	0,32	0,68	0,43	0,23	0,46	10,40
			Max	0,38	0,24	0,34	0,58	0,41	0,15	0,66	0,52	1,00	0,63	0,33	0,69	15,02

Рисунок 1 – Содержание сырого протеина (crude protein) и незаменимых аминокислот в образцах пшеницы по результатам анализов компании Evonik за период 2010-2014 гг. (скриншоты программы AMINODat 5.0 Platinum, 2016)

Возможности современной аналитики позволяют проводить массовую и малозатратную систему оценки качества кормовых ингредиентов посредством инфракрасного анализа (ИК-анализ). Метод является расчётным и основан на построении калибровочных уравнений, базирующихся, в свою очередь, на результатах анализов, проведённых методом ВЭЖХ. В российской лаборатории компании Evonik в г. Подольск ИК-методом только по образцам урожая за 2019 год на приборе инфракрасного анализа было проанализировано 464 образца пшеницы (рисунки 2 и 3), что является более точной факти-

ческой информацией по сравнению с табличными данными, искажающими процесс оптимизации корма.

		СП	Мет	Цис	Мет + Цис	Лиз	Тре	Трп	Арг	Иле	Лей	Вал
Центральный (n = 292)	Ср	11,77	0,17	0,25	0,43	0,32	0,32	0,16	0,55	0,38	0,75	0,49
	Мин	9,04	0,14	0,21	0,35	0,28	0,27	0,12	0,45	0,29	0,59	0,39
	Макс	16,85	0,24	0,35	0,59	0,42	0,44	0,20	0,77	0,56	1,08	0,68
	CV	10,49	9,85	8,34	8,84	8,41	9,35	7,68	9,37	11,17	10,12	9,85
Урал (n = 54)	Ср	11,76	0,18	0,26	0,44	0,34	0,33	0,16	0,56	0,39	0,76	0,50
	Мин	8,87	0,13	0,17	0,34	0,28	0,26	0,12	0,42	0,28	0,56	0,38
	Макс	15,55	0,24	0,34	0,57	0,43	0,44	0,20	0,75	0,54	1,03	0,67
	CV	12,49	12,12	12,57	11,22	8,91	10,58	10,21	12,21	13,10	12,43	11,21
Сибирь (n = 13)	Ср	11,71	0,18	0,26	0,44	0,32	0,33	0,14	0,55	0,39	0,76	0,50
	Мин	9,50	0,16	0,23	0,40	0,28	0,28	0,11	0,47	0,32	0,63	0,41
	Макс	13,45	0,21	0,30	0,51	0,36	0,37	0,16	0,62	0,45	0,86	0,57
	CV	9,75	7,86	7,28	7,36	6,44	7,79	8,95	7,52	9,59	8,89	9,05
Приволжский (n = 50)	Ср	12,66	0,19	0,27	0,45	0,34	0,35	0,15	0,59	0,41	0,80	0,52
	Мин	9,77	0,15	0,23	0,38	0,29	0,28	0,12	0,45	0,32	0,63	0,42
	Макс	16,16	0,23	0,33	0,56	0,41	0,43	0,18	0,74	0,54	1,03	0,65
	CV	10,79	8,81	8,17	8,28	8,28	9,24	9,80	10,13	10,66	10,28	9,54
Южный (n = 55)	Ср	11,86	0,18	0,26	0,45	0,33	0,33	0,15	0,56	0,40	0,77	0,50
	Мин	9,37	0,15	0,22	0,37	0,29	0,28	0,12	0,46	0,31	0,61	0,41
	Макс	16,68	0,25	0,36	0,61	0,41	0,45	0,18	0,76	0,57	1,09	0,69
	CV	13,85	12,46	12,24	12,16	9,15	11,67	10,23	12,46	14,65	14,01	12,67
В среднем по России, урожай 2019 г. (n = 464)	Ср	11,88	0,18	0,26	0,44	0,33	0,33	0,15	0,56	0,39	0,76	0,49
	Мин	8,87	0,13	0,17	0,34	0,28	0,26	0,11	0,42	0,28	0,56	0,38
	Макс	16,85	0,25	0,36	0,61	0,43	0,45	0,20	0,77	0,57	1,09	0,69
	CV	11,34	10,75	9,52	9,74	8,82	10,02	8,78	10,28	11,97	11,02	10,54

Рисунок 2 – Содержание сырого протеина (СП) и незаменимых аминокислот в образцах пшеницы по результатам анализов компании Evonik за 2019 г. (неопубликованные собственные данные компании)

В случае с пшеницей необходимость использования фактических данных по сырью подтверждается вариабельностью содержания крахмала (рисунок 3): российские источники указывают на содержание в 54,85 %, а по данным Evonik, за 2019 год колебания по этому технологическому параметру составили от 52,1 % до 65 %. Простой математический расчёт показывает, что для создания медленно тонущего корма для форели, с содержанием крахмала в 10 % в сухом веществе корма, требуется ввод 18,23 % пшеницы (при использовании российских показателей) и 19,19 % - 15,38 % пшеницы (при использовании показателей от Evonik) соответственно.

	СП	Сырой Жир	Сырая Клетчатка	Сырая Зола	Крахмал	КДК	НДК	Сахар	Фосфор	Фитиновый фосфор	
Центральный (n = 292)	Ср	11,67	2,06	2,57	1,50	59,58	3,62	13,28	1,77	2,70	1,75
	Мин	9,04	1,70	1,40	1,20	53,40	2,10	8,50	1,10	1,84	1,19
	Макс	16,85	2,60	3,40	2,00	65,00	4,80	18,30	3,50	3,61	2,35
	CV	10,07	6,41	12,97	10,10	3,39	12,95	10,71	18,82	11,96	11,96
Урал (n = 54)	Ср	11,78	2,18	2,81	1,72	57,22	3,92	14,23	2,12	3,10	2,02
	Мин	8,87	1,40	1,90	1,30	52,30	2,40	9,00	0,70	1,72	1,12
	Макс	15,55	2,80	3,90	2,10	64,00	5,40	18,80	5,70	4,00	2,60
	CV	12,58	13,14	18,16	12,16	4,84	20,09	18,53	41,06	17,41	17,41
Сибирь (n = 13)	Ср	11,71	2,13	2,15	1,45	61,35	2,87	11,72	1,78	2,28	1,48
	Мин	9,50	1,70	1,80	1,20	57,70	2,30	10,30	1,40	1,77	1,15
	Макс	13,45	2,40	3,10	1,70	64,00	4,20	14,90	2,30	2,66	1,73
	CV	9,75	8,22	16,87	10,36	3,46	18,74	12,42	14,92	12,10	12,11
Приволжский (n = 50)	Ср	12,64	2,04	2,40	1,55	59,56	3,41	12,64	1,81	2,65	1,72
	Мин	9,77	1,70	1,60	1,20	52,10	2,30	8,70	0,90	1,86	1,21
	Макс	16,16	2,60	3,90	2,40	64,10	5,50	20,30	2,60	4,08	2,65
	CV	10,86	10,34	21,70	15,52	3,79	20,62	19,80	18,93	19,96	19,95
Южный (n = 55)	Ср	11,89	2,16	2,63	1,60	58,89	3,66	13,71	2,13	2,69	1,75
	Мин	9,37	1,80	2,10	1,30	52,70	2,70	10,30	1,40	1,96	1,27
	Макс	16,68	2,50	3,80	2,20	63,90	5,00	18,00	3,20	4,08	2,65
	CV	13,74	7,69	13,95	13,13	4,08	14,93	15,13	18,09	17,34	17,34
В среднем по России, урожай 2019 г. (n = 464)	Ср	11,83	2,09	2,57	1,54	59,34	3,60	13,29	1,85	2,72	1,77
	Мин	8,87	1,40	1,40	1,20	52,10	2,10	8,50	0,70	1,72	1,12
	Макс	16,85	2,80	3,90	2,40	65,00	5,50	20,30	5,70	4,08	2,65
	CV	11,22	8,27	15,64	12,41	3,87	15,91	13,95	23,87	15,33	15,33

Рисунок 3 – Основные показатели питательности в образцах пшеницы по результатам анализов компании Evonik за 2019 г. (неопубликованные собственные данные компании)

Существующие расхождения демонстрируют реальную картину изменений как по качеству самого сырья, так и последующие изменения процентного ввода. По этой причине, производство рецептов кормов с неизменным процентным вводом сырья (если такие варианты применяются на производстве) будет способствовать как колебаниям по фактическому качеству готовых кормов, так и изменениям удельной плотности гранул корма, имеющей прямую взаимосвязь с плавучестью, пористостью, последующим жиропоглощением, а также со себестоимостью готовой продукции [5, 24, 41].

В отличие от пшеницы, продукты переработки зерновых – пшеничный и кукурузный глютен – обладают очень малой долей содержания крахмала. Однако данные белковые компоненты при гидратации влияют на упругость и содержание газа в смеси, поэтому тестообразная смесь компонентов становится клейкой. Именно это полезное качество с успехом можно использовать для придания готовому корму оптимальных физико-механических свойств, в особенности, по крошимости и водостойкости. В противоположность этому, источники протеина, обладающие низкой растворимостью белков (рыбная, мясная мука), практически не имеют склеивающих свойств.

Все белковые компоненты, которые применяются при производстве экструдированных кормов для форели, обладают рядом особенностей. Протеины животного происхождения характеризуются: низким коэффициентом растворимости азота (КРА), низкой абсорбцией воды и низкими связывающими свойствами, но при этом обладают хорошим аминокислотным составом, лучшим влиянием на привесы живой массы по сравнению с протеинами растительного происхождения [38, 51, 130, 158,]. Белки животного происхождения, как правило, не проявляют структурных свойств в процессе экструдирования кормов. Они не увеличиваются и не соединяются с другими ингредиентами, в отличие от крахмалосодержащих компонентов и протеинов растительного происхождения [57, 92]. Этот факт обуславливает высокую температурную обработку протеинов животного происхождения для получения соответствующего сырья. Источники протеинов животного происхождения – рыбная мука, мясная мука, кровяная мука – обладают высокой стоимостью.

Протеины растительного происхождения имеют свои характерные особенности: высокий коэффициент растворимости азота, превосходная абсорбция воды и связывающие свойства, низкая стоимость источников протеина, но при этом они обладают некоторыми ограничениями по аминокислотному составу. Белки растительного происхождения являются неотъемлемой частью структурных и питательных элементов корма [157].

Таким образом, включение оптимального количества компонентов животного и растительного происхождения в рецептуры кормов для форели напрямую связано с получением необходимой доли сырого протеина и незаменимых аминокислот, обеспечением нормального течения технологического процесса экструдирования и получением минимально возможной стоимости готового корма [19].

Кормовые смеси после прохождения процесса прекондиционирования разгружаются прямо в экструдер, состоящий из цилиндра и шнека. В экструдере происходит трансформация кормовой смеси, влияющая на характеристики конечного продукта. Процесс экструзии условно разделяют на следу-

ющие технологические этапы: загрузка, сжатие, гомогенизация, собственно экструзия. Наиболее важные изменения происходят в зоне экструзии, при быстром перемещении сырья из зоны высокого давления в область атмосферного. На этом этапе происходит «взрыв», «декомпрессионный шок», когда продукт выходит из зоны высокого сжатия в атмосферу. При этом гранулы корма вспучиваются, приобретают пористость. За короткое время прохождения экструдера кормовая смесь претерпевает существенные структурные изменения, которые не могут происходить при обычном гранулировании кормов: разрываются клеточные оболочки тканей, разрушаются крупные молекулярные структуры. Установлено, что такая гидробаротермическая обработка сырья способствует гибели патогенных микроорганизмов, инаktivации токсинов и антипитательных факторов (ингибитора трипсина) [16, 43, 63].

Кормовая смесь – экструдат, проходя через отверстия матрицы определённого диаметра, с помощью ножей, вращающихся с определённой частотой в плоскости параллельной передней части матрицы, превращается в гранулы. Режущие пластинки ножа располагаются очень близко к передней части матрицы. Относительная скорость ножей и линейная скорость экструдата в результате даёт желаемую длину продукта. Оптимальным значением для экструдированных рыбных кормов является отношение длины гранулы к диаметру не более чем 1-1,5 [17, 155].

Длина гранул корма зависит от количества лопастей ножа и напрямую связано с заданным диаметром гранул. В процессе производства экспериментального корма с диаметром 6,5 мм был использован нож с 6 лопастями. Использование данного ножа при выпуске корма с диаметром 4,5 мм повлекло за собою получение гранул с длиной равной 2-2,5 диаметрам. Такой результат нельзя считать удовлетворительным, поэтому 6-ти лопастной нож был заменён на 12-ти лопастной, что привело к получению гранулы длиной, превышающей диаметр в 2–2,5 раза.

Давление в матрице является вторым важнейшим фактором после уровня крахмала в сухой смеси для создания тонущего корма для форели.

Необходимой и оптимальной величиной давления, установленной в процессе производства тонущих кормов для форели, стала величина в 35 Бар. Изменение данного показателя в сторону уменьшения создаёт более пористую структуру гранул и повышает их плавучесть. В противоположность этому, при повышении давления происходит существенное снижение пористости гранул корма, что препятствует последующему вводу необходимого количества жидких жиров.

После процесса экструдирования происходит процесс сушки готовых гранул с помощью горячего воздуха. При этом удаляется излишняя влага. Уровень влажности экструдированных кормов напрямую связан с эффективностью последующего хранения готового продукта. В условиях повышенной влажности (более 9 %) экструдированные продукты представляют собою благоприятную среду для возможного развития патогенной микрофлоры, в том числе плесеней. Плесенное поражение кормов приводит к развитию ряда заболеваний (микотоксикозов). В настоящее время известно свыше 250 видов микроскопических грибов, продуцирующих более 150 токсических метаболитов. Наиболее распространены афлатоксины и фузариотоксины (трихотецены), к которым форель очень чувствительна [11, 34].

Следующим важным этапом производства кормов является нанесение на гранулы жидких жиров с помощью вакуумного напылителя. Использование данной технологии в России до момента открытия производства кормов для рыб на ЗАО «Гатчинский ККЗ» в 2006 году не применялось по причине отсутствия технологических линий по вводу жиров с помощью вакуума [36, 47, 105].

Вакуумное напыление жиров имеет принципиальное отличие от системы ввода жиров с использованием дражировочного барабана. При использовании вакуума впитывание жиров происходит равномерно по всей поверхности гранулы, - как внешней, так и внутренней. Это позволяет напылять до 30 % жидких жиров и масел, в то время как на дражировочном барабане не более 17 % [3, 30, 105].

Невозможность ввода на дражировочном барабане более высокого количества жиров объясняется тем, что в процессе желатинизации крахмала образуется множество воздушных микрополостей в структуре гранул корма, которые препятствуют полному проникновению жидких жиров внутрь гранул. Поэтому попытка ввода большего количества жира приводит к последующему вытеканию (стеканию) жиров из гранул кормов. Данное обстоятельство снижает потребительские качества кормов и способствует загрязнению водоёмов, так как выделяющийся из гранул жир образует нерастворимую плёнку на поверхности водоёмов.

1.3 Особенности протеинового питания форели

Рыбы отличаются высокой потребностью в протеине, которая существенно превышает таковую у высших позвоночных. Впервые эта особенность питания рыб была замечена при составлении кормовых рационов в условиях искусственного разведения рыб [7, 25, 43].

В ранних работах ошибочно назывались сравнительно низкие цифры потребностей лососевых в протеине – 14 %. Такой уровень поддерживался в пастообразных кормах, т. е. в кормах, содержащих большое количество воды. В пересчете на сухое вещество сырой протеин составлял в них около 25 % от всей массы корма. В более поздних работах в пастообразные корма лососевым рыбам рекомендовалось вводить до 28 % протеина, что по сухому веществу составляло уже более 50 % [7, 66]. В дальнейшем, при появлении сухих гранулированных кормов, многие исследователи подтвердили необходимость высокого уровня протеина в рационах форели и лосося разного возраста – 40-60 % [60], что сначала связывали с хищническим питанием лососевых рыб. Но затем выяснилось, что и такая мирная рыба, как карп, также требует для оптимального роста высокого уровня протеина в корме – 40-50 % для сеголетков и 30-40 % – для годовиков карпа [54, 68, 96]. Сходные цифры потребности в протеине указывались для лосося, чавычи, кумжи, радужной и

ручьевой форели. При этом оптимальное содержание белка для молоди было выше, чем для старших возрастных групп рыб.

Потребность рыб в высокобелковой пище сложилась исторически и связана с их питанием в природе преимущественно животными организмами. Всякие попытки кормить рыб дешевыми растительными рационами, предназначенными для сельскохозяйственных животных, были неэффективными. Применение несбалансированных низко-протеиновых кормов в рыбоводстве не позволяет выявить истинные возможности индустриальных методов разведения рыб, резко снижает рост, истощает иммунную систему, увеличивает затраты кормов на единицу прироста, загрязняет воду неперевавшими остатками, а в целом пагубно отражается на экономической эффективности работы рыбоводных хозяйств [8, 63, 100]. Сравнительные показатели потребности в белке рыб представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Потребности в сыром протеине у рыб (в % к СВ корма)

Вид рыб	Возраст и масса рыб			
	Личинки и ранняя молодь, 1 мг – 1 г	Сеголетки, 1–40 г	Годовики и двухлетки, 40–100 г	Свыше 100 г
Форель	55–60	55–60	55–60	55–60

Рыбы переходят на внешнее питание при очень малых размерах и должны расти чрезвычайно интенсивно, чтобы в сравнительно короткий период достичь дефинитивной массы. Суточный прирост личинок форели, например, в первые дни достигает 15-20 % к массе тела. Это подтверждает общебиологическую закономерность: более высокий темп роста мелких и молодых организмов по сравнению с животными больших размеров и старших возрастов [6, 28, 39]. Многие рыбы отличаются продолжительным периодом интенсивного роста, который с возрастом постепенно снижается. Ранняя молодь рыб после резорбции желтка вынуждена добывать необходимое количество пластического и энергетического материала только за счет внешнего питания. Известно, что период начала экзогенного питания является

наиболее уязвимым в жизни рыб и смертность личинок происходит в основном от недостатка соответствующей пищи [8, 40, 48, 76, 93].

Большинство рыб обладает чрезвычайно коротким пищеварительным трактом. Так, относительная длина кишечника большинства рыб-хищников обычно превышает длину тела не более чем в два раза, равна длине тела или меньше ее. Короткий пищеварительный тракт рыб адаптирован к утилизации легкопереваримой животной пищи и не приспособлен к переработке труднопереваримой растительной. Длина кишечника рыб изменяется в зависимости от возраста, характера пищи, температуры воды. После выклева у молоди всех видов кишечник представляет собой прямую трубку, которая значительно короче тела. Это соответствует потребляемому мелкому зоопланктону, содержащему большое количество растворимого диспергированного белка. В дальнейшем с переходом на другую пищу рост кишечника опережает линейный рост рыб. Более сильно это выражено у растительноядных [90, 102, 154].

Переход с влажного пастообразного корма на сухой гранулированный приводил к удлинению желудочно-кишечного тракта форели во всех его отделах, причем на гранулах с преобладанием растительных компонентов относительная длина его повысилась на 25 %, а с преобладанием животных – на 12-19 %. В целом колебания длины пищеварительного тракта форели не выходили за пределы 0,7–1,0 по отношению к длине тела [12, 26, 40, 69].

Большую роль играют белки в качестве источников энергии и при голодании рыб – физиологическом и вынужденном. Показано, что при длительном голодании рыб в зимний и летний периоды энергетические расходы во многом покрываются за счет белка [64, 75, 98].

А. Филлипс, обобщая свой обширный опыт работы с форелью, заключает, что для получения 1 кг товарной форели (при средней массе рыбы 450 г) требуется 560-670 г протеина и 4000 ккал энергии в корме. В таблице 5 показаны уровни белка и энергии корма, необходимые для прироста 1 кг живой массы форели [127].

Потребность лосося в белке при температуре 15 °С составляет 52-55 %, а при температуре 8 °С снижается до 40-42 %. Эти данные подтвердились в опытах, проведенных на других лососевых рыбах – кижуче, нерке, форели [21, 65, 156].

Таблица 5 – Количество белка и энергии корма, необходимое для прироста 1кг живой массы у форели (по Philips A.M., 1970)

Вид рыбы	Средняя масса	Прирост в сутки, %	Переваримый протеин, г	Лизин, г	Обменная энергия		Затраты корма, кг по сухому веществу
					ккал	КДж	
Радужная форель	80 г	2,3	450	35,2	4200	17598	1,0
	130 г	2,1	540	34,9	4900	20531	1,2
	200 г	1,4	520	33,7	4940	20280	1,3
В среднем		2,2	532	34,4	4858	20356	1,3

Для форели при температуре 15 °С потребность в белке составила 45 %, при более низкой температуре – 35-40 %. Характерно, что и при температуре выше оптимальной для форели (18-22°) потребность в протеине также снижается. Для молоди массой 4,5 г она не превышает 40 % [156].

1.4 Изменения подходов к использованию уровня сырого протеина потребности форели в незаменимых аминокислотах в рамках современной концепции аминокислотного питания рыб

Уровень сырого протеина компонентов кормов или самого корма рассчитывается путем умножения количества азота на полученный эмпирическим путем коэффициент преобразования 6,25, который, в свою очередь, основан на оценке того, что белок содержит 16 % азота, хотя в действительности он варьируется от 12 до 19 %. Хотя значение сырого протеина дает хорошую оценку уровня протеина корма, оно не позволяет ученым различать азот, происходящий из аминокислот (АК), и азот, происходящий из небелковых источников. Таким образом, сырой протеин бесполезен для оценки профиля АК, а также питательных качеств протеина в ингредиентах и диетах.

Недостаток незаменимых аминокислот (НАК) в корме прежде всего резко тормозит рост рыб, снижает усвояемость пищи, негативно отражается на аппетите и жизнестойкости [40]. Дефицит некоторых аминокислот вызывает патологические отклонения: например, удаление триптофана из рационов чавычи, нерки, радужной форели через 4 недели привело к искривлению позвоночника (лордоз, сколиоз) более чем у половины особей [49, 70, 91]. Эти признаки исчезли после включения триптофана в диету.

В более поздних работах [13, 123] было подтверждено возникновение сколиоза у радужной форели при недостатке триптофана и обнаружено аномальное отложение кальция в костных тканях и почках, а при дефиците метионина у радужной форели наблюдалась катаракта глаз и снижалась жизнестойкость рыб. Недостаток в рационе метионина и цистина [96] вызывал увеличение размеров печени у форели – индекс 4,22 % (при норме до 2,0 %). О влиянии на рыб дефицита лизина данные противоречивы: повышенную смертность и эрозию хвостового плавника у форели наблюдали одни исследователи [9, 99] и не отмечали каких-либо отклонений от нормы другие [53].

Неоднократно отмечалось участие аминокислот, особенно заменимых, в энергетическом обмене рыб и использование их углеводородных остатков в качестве субстрата для глюконеогенеза – образования глюкозы из неуглеводных соединений [54]. К важным глюкогенным аминокислотам у форели, угря, линя относят такие заменимые аминокислоты, как аланин, серин, глицин [20].

С возрастом у лососевых рыб снижается потребность в незаменимых аминокислотах. В работе Мурай проанализированы данные многих авторов по оптимальному уровню аргинина, лизина, триптофана в рационах сеголеток радужной форели, расположив их по массе рыб. Была получена четкая картина снижения потребностей с увеличением массы молоди от 1-2 до 14-26 г.

Таким образом, для создания кормов требуется не только оптимальный уровень сырого протеина, но и балансирование аминокислотного состава в

соответствии с потребностями рыб с помощью кормовых компонентов, содержащих разное количество незаменимых аминокислот. Ряд исследований показывает, что рационы радужной форели, дополненные всеми лимитирующими незаменимыми аминокислотами, позволяют снизить уровень сырого протеина корма с 45 % до 35 % без ущерба для производительности и даже повысить эффективность отложения белка в теле рыб с 35 % до 50 %, снижая выброс азота в окружающую среду. В своем исследовании на радужной форели в 2009 году Гейлорд и Барроуз также показали, что при сохранении аналогичного энергетического уровня и добавлении в рацион метионина, лизина и треонина на идеальной белковой основе уровень сырого протеина в рационе можно снизить с 46 % до 40,9 % без ущерба для роста, и даже повысить эффективности отложения белка в теле.

Снижение уровня сырого протеина в рационе и добавление в рацион некоторых незаменимых аминокислот является хорошо зарекомендовавшим себя методом составления рационов для сельскохозяйственных животных для достижения идеального профиля аминокислот [19, 70, 89]. Верстеген и Джонгблоед (2003) [156] продемонстрировали, что он снижает экскрецию азота у свиней и птицы. Хотя аквакультура кажется более экологически эффективной, чем свиноводство или птицеводство, в плане обеспечения питательными веществами для потребления человеком (Итрестойл и др., 2012) [138], тенденция к снижению уровня сырого протеина в любых кормах для аквакультуры наблюдается по всему миру.

Точные данные об уровне незаменимых аминокислот необходимы для оптимального баланса питательности кормов для рыб, обеспечивающих максимальный экономический эффект при выращивании и минимальное негативное воздействие на окружающую среду от неусвоенной части корма. Анализ существующих литературных данных указывает на большую вариативность в оценках относительной потребности в незаменимых аминокислотах как для лосося и форели, так и в пределах одного вида (5).

Таблица 6 - Имеющиеся данные о потребностях в незаменимых аминокислотах (% в рационе) атлантического лосося и радужной форели

	Атлантический лосось	Радужная форель
Лизин	1,5-1,8 ¹ 2,0 ² 2,3 ³ 2,4 ⁴ 2,7-3,1 ⁵	1,3 ⁶ 1,4-2,5 ⁷ 1,8-2,3 ^{8,9} 1,9 ^{10,11} 2,1-2,7 ^{12,13} 2,9 ¹⁴
Метионин	0,7 ¹⁵ 0,87 ¹⁶ 1,14 ¹⁷ 1,54 ⁴	0,4-0,9 ¹⁸ 0,5 ¹⁹ 0,5-1,0 ²⁰ 0,55-0,75 ²¹ 0,7 ¹³ 0,8 ²²
Треонин	1,1 ²³ 1,21 ⁴ 1,54 ²⁴	1,04 ²⁵ 1,1 ²³ 1,4 ¹³
Триптофан	0,33 ⁴	0,1-0,2 ^{13,23,28} 0,3 ^{11,27,28}
Аргинин	1,6 ²⁹ 1,82 ⁴ 2,0-2,2 ³⁰	1,2 ²⁵ 1,4 ^{13,31,32} 1,4-1,7 ³³ 1,6-1,8 ^{11,34} 2,5-2,8 ¹⁴
Изолейцин		0,7-1,4 ²⁶ 1,0 ¹³
Лейцин		1,1-1,4 ²⁶ 1,8 ¹³ 3,4 ³⁵
Валин	1,41 ⁴	0,8-1,6 ²⁶ 1,2 ¹³
Гистидин	0,67 ⁴ 0,81 ¹⁷	0,5-0,6 ²⁶ 0,6 ¹³
Фенилаланин		0,7 ³⁶ 1,2 ¹³

¹Берге и др., 1998; ²Андерсон и др., 1993; ³Эспе и др., 2007; ⁴Роллин и др., 2003; ⁵Грисдейл -Хелланд и др., 2011; ⁶Ким и др., 1992b; ⁷Родехутсгорд и др., 1997; ⁸Ченг и др., 2003; ⁹Энкарначао и др., 2004; ¹⁰Уолтон и др., 1984b; ¹¹Уолтон и др., 1986; ¹²Ванг и др., 2010; ¹³Огино, 1980; ¹⁴Кетола, 1983; ¹⁵Эспе и др., 2008; ¹⁶Швейер и др., 2001; ¹⁷Скотт, 1998; ¹⁸Родехутсгорд и др., 1995a; ¹⁹Ким и др., 1992a; ²⁰Уолтон и др., 1982; ²¹Рамсей и др., 1983; ²²Коуэй и др., 1992; ²³Бодин и др., 2008; ²⁴Хелланд и Грисдейл-Хелланд, 2011; ²⁵Родехутсгорд и др., 1995b; ²⁶Родехутсгорд и др., 1997; ²⁷Постон и Рамсей, 1983; ²⁸Уолтон и др., 1984a; ²⁹Лалл и др., 1994; ³⁰Берге и др., 1997; ³¹Ким и др., 1992b; ³²Чо и др., 1992; ³³Чуи и др., 1988; ³⁴Фурнье и др., 2003; ³⁵Чу и др., 1991; ³⁶Ким, 1993.

Приведённое сравнение показывает, что для большинства незаменимых аминокислот опубликованные оценки относительных потребностей лососевых рыб сильно различаются. В работе Грисдейл-Хелланд и др. (2011) [123] уровень лизина в корме, необходимый для роста смолтов атлантического ло-

сося, составлял от 2,7 % до 3,1 % в зависимости от ряда факторов, но в любом случае выше, чем потребность в лизине, оцененная для лосося в более ранних работах и на более поздних фазах жизни [10].

Минимальная потребность в метионине смолтов лосося составляет 1,1 % от сухого вещества корма, тогда как для 1 кг лосося в морской воде, по-видимому, требуется 0,9 % метионина. Также было обнаружено, что потребность в треонине варьирует на протяжении производственного цикла для атлантического лосося и составляет 1,54 % рациона смолтов 1,21 % и 1,1 % у мальков и пресмолтов лосося, соответственно [26]. Таким образом, потребность в треонине, по-видимому, возрастает от стадий мальков до смолтификации и достигает кульминации в течение первых двух месяцев в морской воде. Высокая потребность молодежи рыб в треонине может быть реакцией рыбы на то, чтобы справиться со стрессами в окружающей среде и физиологическими проблемами, возникающими при переносе из пресной воды в морскую. Не только диетический уровень треонина, но и гистидина, по-видимому, играет важную роль в реакции лосося, перенесенного в морскую воду, и он превышает потребность в росте. Исследование Ваагбё и др. (2010) [204] показывает, что риск развития катаракты у взрослых особей атлантического лосося через 1 год после переноса смолтов лосося из пресноводных водоемов в морскую воду, можно избежать, если в рационе должно быть не менее 1,3 % гистидина. Ремё и др. (2014) подтвердили, что потребность в гистидине с кормом для снижения риска и тяжести катаракты выше, чем потребность в росте смолтов атлантического лосося.

Потребность в определённых аминокислотах для поддержания жизни может составлять большую долю от общей потребности (поддержание жизни + рост), поскольку они могут участвовать в широком спектре других метаболических реакций помимо синтеза белка или подвергаться значительным эндогенным потерям [14, 23]. Вместе с тем считается, что относительная доля потребности в аминокислотах на поддержание жизни в общей потребности

рыб, выращиваемых в аквакультуре, невелика (от 5 до 20 %), и, вероятно, больше у медленнорастущих, чем у быстрорастущих животных [29, 77, 106].

На потребности рыб в незаменимых аминокислотах могут влиять такие факторы, как возраст и размер рыбы, температура воды, соленость и фотопериод, частота кормления и уровень кормления [117, 144]. Таким образом, использование данных по рыбам разного физиологического возраста, содержащихся в разных условиях выращивания, приведет к значительным различиям в результатах [151]. Зависимость частоты кормления от температуры воды и навески рыбы является ещё одним значимым фактором, влияющим на рекомендации по аминокислотам для конкретной стадии выращивания. Помимо температуры, аппетит также зависит от наполнения кишечника и скорости эвакуации пищи из кишечника. Современные автоматические кормушки, а также графики кормления, разработанные производителями кормов на основе массы рыбы, температуры воды и энергетической ценности корма, обеспечивают соответствующие условия для достижения максимального роста и использования корма в различных условиях окружающей среды. Как правило, кормление мальков и молоди сокращается с 8-12 и более раз в день до 3-4 раз в день [104].

Известно, что наиболее полный набор данных о потребностях в незаменимых аминокислотах был предоставлен только Родехутсгордом и др. (1997) [137] для радужной форели и Хелландом и др. (2010) [124] для пост-смолтов атлантического лосося. Необходимые исследования для определения факторов, влияющих на потребность лососевых рыб в незаменимых аминокислотах, и оптимальные профили незаменимых аминокислот, безусловно, проводились и проводятся ведущими мировыми производителями кормов для рыб в специализированных научно-исследовательских центрах, но при этом являются интеллектуальной собственностью этих компаний и не публикуются в научных изданиях.

Если рассматривать традиционные подходы, то потребность в аминокислотах выражалась в процентном содержании в рационе [33] или в соот-

ношении с уровнем сырого протеина в корме (г/16 г азота). Если первый подход подразумевает, что состав рациона не влияет на использование первых лимитирующих аминокислот для отложения белка во всем организме, то второй основан на предположении, что эффективность использования первых лимитирующих аминокислот снижается с увеличением уровня сырого протеина, или, что неизбежные потери аминокислот связаны с общим уровнем катаболизма (Ковей и Чо, 1993) [124]. Однако в ряде исследований начала 2000-х годов установлено, что потребность рыбы в аминокислотах не зависит от уровня сырого протеина в рационе [74]. В различных экспериментах с радужной форелью, с использованием аналогичных диетических моделей, но с разным содержанием белка в рационе были получены аналогичные темпы роста и аналогичные оценки потребности в лизине (2.3), выраженные в % от рациона [134]. Более того, как описано выше, показатель «сырой протеин» редко соответствует истинному качеству протеина корма [35].

В исследовании, проведенном в сотрудничестве между Evonik Industries и Nofima, доказано, что уровень пищевого белка можно снизить с 50 % до 44 %, не влияя на эффективность использования аминокислот для роста пост-смолтов атлантического лосося [73].

По мнению Хелланда с соавторами [135], проведенное их группой исследование представляет собой первую попытку оценить возможность снижения уровня сырого протеина в кормах для пост-смолтов лосося. Эффективность использования аминокислот для прироста помимо поддержания жизни, была определена путем скармливания изоэнергетических рационов, схожих по соотношению незаменимых аминокислот / Лизин (Лиз), но различающиеся по содержанию сырого протеина (диеты с низким (44 %) или высоким (50%) содержанием сырого протеина). Тот факт, что в более позднем исследовании конечная масса тела рыб, удельная скорость роста или отложение протеина и незаменимых аминокислот в тканях, не были затронуты снижением сырого протеина с 50 % до 44 %, подтверждает, что лосось, как и другие животные организмы, имеет потребность в незаменимых аминокис-

лот, а не в уровне протеина в корме [30]. При аналогичных соотношениях незаменимых аминокислот /Лиз между рационами снижение концентрации протеина не оказало отрицательного влияния на эффективность использования перевариваемой энергии, валового количества протеина, лизина, метионина + цистина или любой другой незаменимой аминокислоты. Эти результаты в целом согласуются с исследованиями на радужной форели, показывающими, что рационы, дополненные всеми лимитирующими незаменимых аминокислот, позволяют снизить уровень сырого протеина без ущерба для производительности и даже повысить эффективность удержания протеина [31].

Также очень важно иметь в виду, что, хотя соотношение ПП:ПЭ является более рациональным способом выражения потребности в протеине, чем потребность в валовом сыром протеине корма, его нельзя принимать как фиксированное или точное значение. Поскольку калорийность рациона определяет потребление корма рыбой, в ряде других исследований авторы предположили, что высококалорийные диеты потребуют более высокой концентрации незаменимых аминокислот, чтобы компенсировать более низкое потребление корма, и, таким образом, потребности в незаменимых аминокислотах следует выражать на единицу перевариваемой энергии рациона (г/МДж ПЭ) [81, 83]. Серия исследований на радужной форели показала, что небелковые источники энергии влияют на эффективность использования лизина, но не связаны с потребностью в лизине для роста [87]. Однако в более поздней работе Картер и Хаулер (2011) [117] не обнаружили каких-либо различий в использовании лизина у атлантического лосося под влиянием соотношений Переваримый Протеин (ПП) / Переваримая Энергия (ПЭ) в рационе.

Несколько исследований демонстрируют, что добавление в корма для аквакультуры таких «функциональных» аминокислот, как аргинин и триптофан, представляет собой многообещающий подход для улучшения, помимо других параметров, иммунного ответа рыб на стресс. Это неудивительно, поскольку функциональность аминокислот выходит за рамки синтеза белка.

Физиологическая реакция на стресс и тревогу включает сигнальную систему серотонина, которая в значительной степени реагирует на доступность триптофана, предшественника серотонина. Связь между триптофаном и серотином объясняет, почему добавление незаменимых аминокислот снижает агрессивное поведение и вызванный стрессом отказ от приёма корма у многих животных организмов. Недавно было показано, что добавление к рациону смолтов лосося триптофана сверх рекомендуемого уровня может подавить их реакцию кортизола после воздействия стресса в условиях выращивания [71]. Рыбы также особенно нуждаются в диетическом аргинине, который напрямую связан с уровнем креатина и креатинфосфата, напрямую связанного с уровнем АТФ в клетках мышечной ткани. Комбинация аргинина и глутамата положительно повлияла на скорость кормления и рост атлантического лосося в первую осень после переноса в море [85]. Также было показано, что диетический аргинин улучшает сопротивляемость болезням и модулирует врожденные иммунные механизмы рыб. Кроме того, повышенное содержание аргинина в рационе, по-видимому, активизирует обмен полиаминов и β -окисление в печени молоди атлантического лосося и форели может способствовать улучшению метаболического статуса рыб [80]. Хотя это требует дальнейшего подтверждения, добавление в корма для аквакультуры функциональных аминокислот, таких как аргинин и триптофан, представляет собой многообещающий подход для снижения стресса, связанного с методами аквакультуры, и, в конечном итоге, для улучшения показателей роста рыб.

На основании проведённых исследований по всему миру, издание NRC «Nutrient requirements for fish and shrimp» в 2011 году опубликовало оценочную факториальную модель аминокислотных профилей для различных навесок лосося и форели на основании стандартизированного уровня перевариваемой энергии в 20 МДж (таблица 7 и 8).

Компания Evonik в издании AMINONews (2015) опубликовала сводную информацию об анализах более 100 гомогенатов из цельного организма фо-

рели на содержание азота и АК, что позволило получить достоверную информацию об аминокислотном профиле организмов этой рыбы.

Таблица 7 - Уровень незаменимых аминокислот для лосося на основании факториальной модели (в % от сухого вещества рациона), на 20 МДж ПЭ

Аминокислота	Массы рыбы, г			
	0,2-20	20-500	500-1500	Более 1500
Аргинин	1,79	1,82	1,70	1,46
Гистидин*	0,80	0,80	0,75	0,64
Изолейцин	1,32	1,32	1,22	1,04
Лейцин	2,31	2,31	2,14	1,82
Лизин	2,55	2,54	2,35	2,00
Мет+Цист	1,28	1,30	1,21	1,03
Фен+Тир	2,71	2,68	2,46	2,09
Треонин	1,55	1,60	1,51	1,30
Триптофан	0,35	0,37	0,35	0,30
Валин	1,75	1,79	1,67	1,44

Прим.* - Уровень является оптимальным для роста, но не оптимальным против развития катаракты

Таблица 8 - Уровень незаменимых аминокислот (в % от сухого вещества рациона) на основании факториальной модели для форели, на 20 МДж ПЭ

Аминокислота	Масса рыбы, г		
	0,2-20	20-500	500-1500
Аргинин	1,91	1,77	1,62
Гистидин*	0,83	0,77	0,69
Изолейцин	1,27	1,19	0,98
Лейцин	2,26	2,11	1,78
Лизин	2,47	2,31	1,92
Мет+Цист	1,32	1,23	1,10
Фен+Тир	2,49	2,33	1,82
Треонин	1,77	1,63	1,60
Триптофан	0,43	0,40	0,42
Валин	1,90	1,76	1,64

Прим. * - Уровень является оптимальным для роста, но не оптимальным против развития катаракты

По мнению специалистов компании, если известен состав аминокислот в протеине всего организма рыбы и скорость отложения протеина за определённый период времени, то можно вычислить чистое отложение протеина в тканях всего тела. А знание скорости отложения протеина, которая определяется с помощью контрольного убоя, необходимо для вычисления отложения аминокислот для разных навесок рыбы. Полученные компанией Evonik дан-

ные приведены в таблице 9 и представляют собою количества незаменимых АК в процентах от содержания лизина (Лиз=100%).

Таблица 9 - Соотношения АК/Лиз в протеине радужной форели (более 100 гомогенатов), в % к лизину

	М+Ц	Тре	Трп	Арг	Иле	Лей	Вал	Гис	Фен	Гли	Сер	Про	Ала	Асп	Глу
Атлантический лосось	51	57	14	75	53	92	63	36	52	86	52	52	79	117	162
Радужная форель	50	58	13	81	54	97	64	37	53	104	56	63	84	125	179

Полученные оптимальные соотношения аминокислот к лизину («модель идеального протеина») стали основой для рекомендаций компании Evonik по уровню аминокислот в кормах радужной форели, являющиеся частью программы AMINODat 5.0 (2016) (рисунок 4 и 5). В отличие от факториальной модели NRC (2011), рекомендации от Evonik основаны на соотношениях АК во всех тканях тела рыб (гомогенатах) и не имеют привязки к уровню ПЭ рациона. Безусловно, целевые значения по уровню лизина аналогичны для этих видов рыб, но по количеству других незаменимых аминокислот лосось более требователен по отношению к рекомендуемым значениям по форели.

<i>g Body Weight ^</i>		<i>ME, MJ/kg</i>	<i>ME, kcal/kg</i>	<i>Lys</i>	<i>Met</i>	<i>M+C</i>	<i>Thr</i>	<i>Trp</i>	<i>Arg</i>	<i>Ile</i>	<i>Leu</i>	<i>Val</i>	<i>His</i>
5-50 g Body Weight	⊕	-	-	3,20	1,40	2,10	2,20	0,80	2,80	2,10	3,20	2,40	1,60
50-100 g Body Wei...	⊕	-	-	3,00	1,30	2,00	2,00	0,80	2,70	1,90	3,00	2,30	1,50
100-500 g Body We...	⊕	-	-	2,90	1,30	2,00	2,00	0,90	2,60	2,00	2,90	2,20	1,50
500-1500 g Body W...	⊕	-	-	2,50	1,20	1,80	1,80	0,90	2,20	1,70	2,50	1,90	1,30
>1500 g Body Weight	⊕	-	-	2,50	1,20	1,80	1,80	0,90	2,20	1,70	2,50	1,90	1,30

Рисунок 4 – Рекомендуемые аминокислотные профили для атлантического лосося от компании Evonik (скриншот программы AMINODat 5.0, 2016)

g Body Weight ^		ME, MJ/kg	ME, kcal/kg	Lys	Met	M+C	Thr	Trp	Arg	Ile	Leu	Val	His
5-50 g Body Weight	⊕	-	-	3,20	1,10	1,60	1,70	0,70	2,30	1,70	2,60	1,90	1,00
50-100 g Body Wei...	⊕	-	-	2,50	1,10	1,60	1,70	0,70	2,30	1,60	2,60	1,80	1,00
100-500 g Body We...	⊕	-	-	2,30	1,00	1,50	1,50	0,60	2,10	1,50	2,30	1,70	0,90
>500 g Body Weight	⊕	-	-	2,00	0,80	1,20	1,30	0,50	1,80	1,30	2,00	1,50	0,80

Рисунок 5 – Рекомендуемые аминокислотные профили для радужной форели от компании Evonik (скриншот программы AMINODat 5.0, 2016)

1.5 Краткая характеристика и биологические особенности форели, выращиваемой в промышленных условиях

Радужная форель (*Salmo irideus*) – наиболее широко культивируемый вид лососевых рыб. В Россию радужная форель была завезена из Германии в начале 20-го столетия. Именно в этот период радужная форель быстро вытеснила из прудовых хозяйств всех стран другие формы форелей, в том числе и ручьевую. В настоящее время именно этот вид форели является господствующим объектом форелевого хозяйства в мире. С 1985 г начал распространяться по свету и стальноголовый лосось. Его исходной точкой можно считать Северо-Западное побережье США [101].

Радужная форель, разводимая в рыбноводных хозяйствах России в основном представлена отечественными породами, разводимыми российскими селекционерами с учётом особенностей нашего климата и водоёмов: стальноголовым лососем, Рофор, Адлер, Росталь, Камлоопс, форелью Дональдсона, а также новой и всё более распространяющейся формой – золотистой форелью [72].

Основной объект разведения – радужная форель – относится к хищным рыбам, имеет хорошо развитый желудок. Для форели, как и для всех лососевых, установлена высокая потребность в белках [156]. В дикой среде обитания личинки радужной форели питаются мелкими формами зоопланктона. С возрастом спектр питания расширяется и у мальков в пище появляются

крупные формы зоопланктона и личинки насекомых. В возрасте 2-х лет в пище радужной форели появляется рыба. Пресноводный лосось также является типичным хищником, хотя на начальных этапах постэмбрионального развития питается зоопланктоном и различными формами насекомых (личинки, куколки). В мальковый период лосось может использовать доступные формы бентоса. В возрасте 2-4 лет питается рыбой. Данные особенности питания лососевых, где рыбы всех возрастов нуждаются в доступном высокобелковой корме, учитываются при разработке кормовых рационов [7, 82].

Потребление высокобелковой пищи предполагает и наличие механизмов постоянного выведения повышенного количества продуктов азотистого обмена через жабры [19, 67]. Экспериментально установлено, что выделение азота у лососевых рыб возрастает пропорционально уровню белка в корме [126]. Важной физиологической особенностью рыб с позиции высокобелкового питания является удобная форма выведения конечных продуктов азотистого обмена благодаря специфическим условиям водной среды обитания. Пресноводные и многие морские рыбы относятся к аммонителическим животным. В отличие от наземных позвоночных, у которых обезвреживание аммиака идет в основном путем синтеза мочевины, мочевой кислоты и выведения их с мочой через почки, у рыб легкорастворимые в воде азотистые продукты – аммиак (в виде иона аммония) и мочевина – удаляются преимущественно внепочечным путем. Практически более 90% аммония у рыб выводится через жабры [101].

Важная роль белка в энергетическом обмене у рыб – установлена многими исследователями [108]. При этом отмечается, что удельный вес белка в энергетическом обмене рыб ниже, чем у многих беспозвоночных, но гораздо выше, чем у высших позвоночных.

Форель – холодолюбивая, пойкилотермная (холоднокровная) и относительно stenotherмная рыба. Оптимальная температура воды для выращивания составляет 14–18 °С, однако предельные температуры, при которых она способна выживать находятся в интервале от 0,1–0,5 до 23–25 °С. При темпера-

туре воды ниже 4–5 °С и выше 20 °С интенсивность питания форели резко падает. Выдерживание радужной форели определённое время при повышенной температуре способствует повышению температурного порога, который меняется в зависимости от сезона года и возраста: если для сеголетков он составляет 28,5 °С, то для двухлетков – 29,4 °С. Поэтому, при отсутствии болезней и достаточном насыщении воды кислородом, годовики радужной форели и взрослые особи могут в течение непродолжительного времени выдерживать температуру воды 25,8 °С.

Температура воды оказывает огромное воздействие и на скорость полового созревания. От производителей получают икру хорошего качества, если их постоянно содержат при температуре не выше 13,4 °С, а также около 6 месяцев перед нерестом при температуре не более 12,3 °С. Содержание форели в течение 16 месяцев со дня выклева при постоянной температуре воды не выше 15,7 °С, а затем при температуре не более 12,3 °С, позволяет сформировать маточное поголовье хорошего качества, которое быстро растёт и созревает в возрасте 2-х лет. Температура воды является ведущим фактором среды, который определяет интенсивность метаболизма рыб, скорость всех жизненных процессов. Для форели существует оптимум температур, в котором рост протекает особенно интенсивно, и он находится в пределах 12–16 °С [147].

Важное значение для форели имеет связь с воздушной средой. Воздух необходим для наполнения газом плавательного пузыря. Радужная форель относится к открытопузырным рыбам и способна наполнять плавательный пузырь только путём захвата атмосферного воздуха. Поэтому как летом, так и зимой форель должна иметь свободный доступ к воздушной среде. Форель не может жить в водоёмах, полностью замёрзших зимой, и в закрытых садках, полностью погружённых в воду. В этом случае у нормальной, здоровой форели уже после 1,5–2-недельного содержания в погруженных в воду садках наблюдалось нарушение плавательных движений [38, 74].

Ещё одним немаловажным фактором жизнедеятельности форели является световой режим (освещённость). Форель предпочитает чистую, прозрачную воду. Общепринято считать, что в естественных условиях радужная форель избегает участков водоёмов с ярким солнечным освещением, прячется в тень от деревьев, камней, уходит в глубокие места и менее освещённые участки водоёмов. Особенно чувствительна к солнечной радиации молодь форели. При уменьшении освещённости в пасмурные, облачные дни, а также утром и вечером, активность радужной форели резко возрастает. Оптимальная продолжительность светового дня составляет 8 часов.

Особенность минерального питания рыб состоит в том, что макро- и микроэлементы поступают в их организм не только с пищей, но и непосредственно из воды. Ряд авторов отмечают [85, 95], для удовлетворения организма рыбы в кальции достаточно содержания этого элемента в воде. При этом фосфор находится в воде в минимальных количествах и поступает в основном с пищей.

У пресноводных рыб вода и многие неорганические ионы абсорбируются главным образом жабрами (в меньшей степени в этом процессе участвует поверхность тела) и сразу же поступают в общий кровоток, у морских рыб – в основном эпителием кишечника, а в артериальную кровь они попадают уже из печени. Два ведущих элемента минерального обмена – кальций и фосфор – поступают в организм рыб разными путями: кальций – преимущественно через жабры из водной среды, фосфор – из пищи (из-за его минимальной концентрации в водоемах) [56, 75].

1.6 Значение качества воды для рыбы при интенсивном рыбоводстве

Форель является реофильной и оксигенофильной рыбой, поэтому она очень требовательна к содержанию кислорода в воде. Оптимальной считается концентрация кислорода в пределах 9-11 мг/л, что соответствует 90-100 %-му насыщению. Допустимо содержание кислорода до 7 мг/л, однако при

этом имеются признаки кислородного голодания и темп роста форели резко снижается. Летальной концентрацией кислорода в воде считается 1,5-2,0 мг/л.

Способность радужной форели приспосабливаться к небольшому количеству растворённого в воде кислорода в большой степени зависит от температуры воды. Выдерживание форели при температуре 1 °С и содержании кислорода в 3 мг/л (20%-е насыщение) уже через 22 дня способствовало уменьшению интенсивности её дыхания и понижению кислородного порога с 1,07 до 0,84 мг/л [11].

При выращивании в искусственных условиях насыщение воды кислородом менее 60 % вызывает замедленный рост рыбы и требует большего количества кормов [4, 80]. Установлено, что при одной и той же температуре чувствительность радужной форели к содержанию кислорода обратно пропорционально её массе [26].

На рисунке 6 представлен уровень потребности радужной форели в кислороде в зависимости от температуры воды. Верхняя линия на рисунке 6 показывает количество доступного кислорода при разной температуре при 100 %-м насыщении, а нижняя кривая показывает концентрацию кислорода в воде, необходимую для потребностей форели при разных температурах.

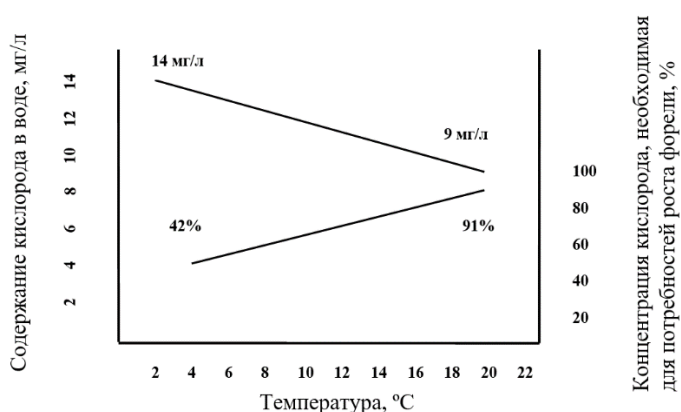


Рисунок 6 – Уровень кислорода, необходимый для роста радужной форели

Оптимальной для обитания форели средой принято считать воду с нейтральной или слабощелочной активной реакцией с рН на уровне 7-8. Фо-

рель может существовать при рН от 5,5 до 9,2 и даже при рН 4,7. Однако, как правило, при рН менее 5,6 форель не может нормально размножаться. Кислая среда угнетающе действует на молодь рыбы. Реакция среды с рН 9 и более приводит к гибели рыбы [4, 11, 28, 110].

Среди прочих качественных показателей воды, которые оказывают серьёзное влияние на жизнедеятельность форели, наиболее выделяются уровень углекислоты, аммиака, хлориды, нитриты, и жёсткость воды. Оптимальным уровнем содержания углекислоты в воде для форели является 40-60 мг/л. При снижении данного уровня наблюдается угнетённое дыхание (аритмия), а при повышении – нарушение равновесия и плавание на боку. Допустимая концентрация аммиака составляет 0,1 мг/л, а солей аммония (NH_4) – 5,0 мг/л. Хлористый аммоний не является токсичным для рыбы [101].

Предполагают, что повышенные концентрации хлоридов в воде связывают и нейтрализуют нитриты – продукты промежуточного обмена веществ, которые уменьшают темп роста и выживание рыбы. В обычных условиях концентрация нитритов и азота, равная 0,55 мг/л, приводит к гибели рыбы [3, 6].

1.7 Заключение по обзору литературы

Исходя из вышеприведенных литературных данных, следует отметить, что эффективность выращивания радужной форели в условиях интенсивного ведения рыбоводства зависит от целого ряда факторов, влияющих на её здоровье и нормальное физиологическое состояние. Радужная форель очень чувствительна к условиям окружающей среды и в первую очередь к температуре воды и уровню содержания в воде растворённого кислорода. Форель является пойкилотермным организмом, у которого уровень обмена веществ повышается одновременно с повышением температуры окружающей среды. Одновременно с этим повышается и потребность в кислороде. Однако с по-

вышением температуры воды уровень кислорода снижается и это негативно сказывается на продуктивных качествах рыбы.

Радужная форель выращивается в искусственно созданных для неё условиях: нормальное физиологическое состояние рыб зависит от того уровня эффективного кормления, что будет ей обеспечен специалистами-рыбоводами.

Форель является хищником и очень требовательна к уровню протеина в кормах. На протяжении многих десятков лет вся структура кормов, используемых в кормлении лососевых рыб, была в первую очередь ориентирована на высокий уровень протеинов в корме и, как следствие, большое количество белковых компонентов. Потребность в протеине неразрывно связана с потребностью в незаменимых аминокислотах, поступающих в организм рыбы с кормами. Поэтому наряду с процентом содержания сырого протеина обязательно оценивается аминокислотный состав компонентов кормов для создания их оптимального баланса. Использование самых актуальных научных данных по уровню аминокислот позволит не только создавать более эффективные по питательной ценности рецепты кормов, а также положительно влиять на все процессы жизнедеятельности рыбы, так как оптимальный уровень функциональных аминокислот способен не только поддерживать максимальную продуктивность, но и положительно влиять на статус здоровья.

На сегодняшний день сложилась прямая зависимость результатов кормления рыбы не только от научно-обоснованных уровней незаменимых аминокислот в кормах, но и от максимально точной оценки содержания этих важнейших показателей питательности в каждой из видов используемого сырья. Применение такого современного метода оценки фактического качества ингредиентов, как инфракрасный анализ, позволяет не только отказаться от использования недостоверных табличных данных, минимизировать возможные ошибки при балансировании рецептов и максимально приблизить расчётные значения параметров питательности кормов к реальным, но и полу-

чить максимальной экономической эффект с точки зрения оптимизации стоимости готовой продукции.

Таким образом, в настоящее время сложились физиологически обоснованные нормы кормления рыб, определяющие потребность радужной форели в биологически активных веществах, выращиваемой в условиях интенсивного рыбоводства. Для удовлетворения данных потребностей необходимо соответствующее оборудование и современные технологии, позволяющие создать оптимальные по питательности и экономически выгодные рецептуры кормов.

2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Место проведения и объект исследований

Местом проведения экспериментов по изучению влияния опытных комбикормов на хозяйственно-биологические показатели радужной форели стал Центр разведения ценных пород осетровых ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Объектом исследований служила радужная форель. По схеме исследования, представленной на рисунке 6, предусматривалось проведение двух научно-хозяйственных опытов. В первом опыте исследования проводились на радужной форели в период с 17 января 2020 по 19 июня 2020 г (154 дня) во втором с 01 августа 2020 по 11 октября 2021 (350 дней). В первом опыте выращивалась форель с живой массой от 100 до 950 г и во втором с 950 до 3200 г.

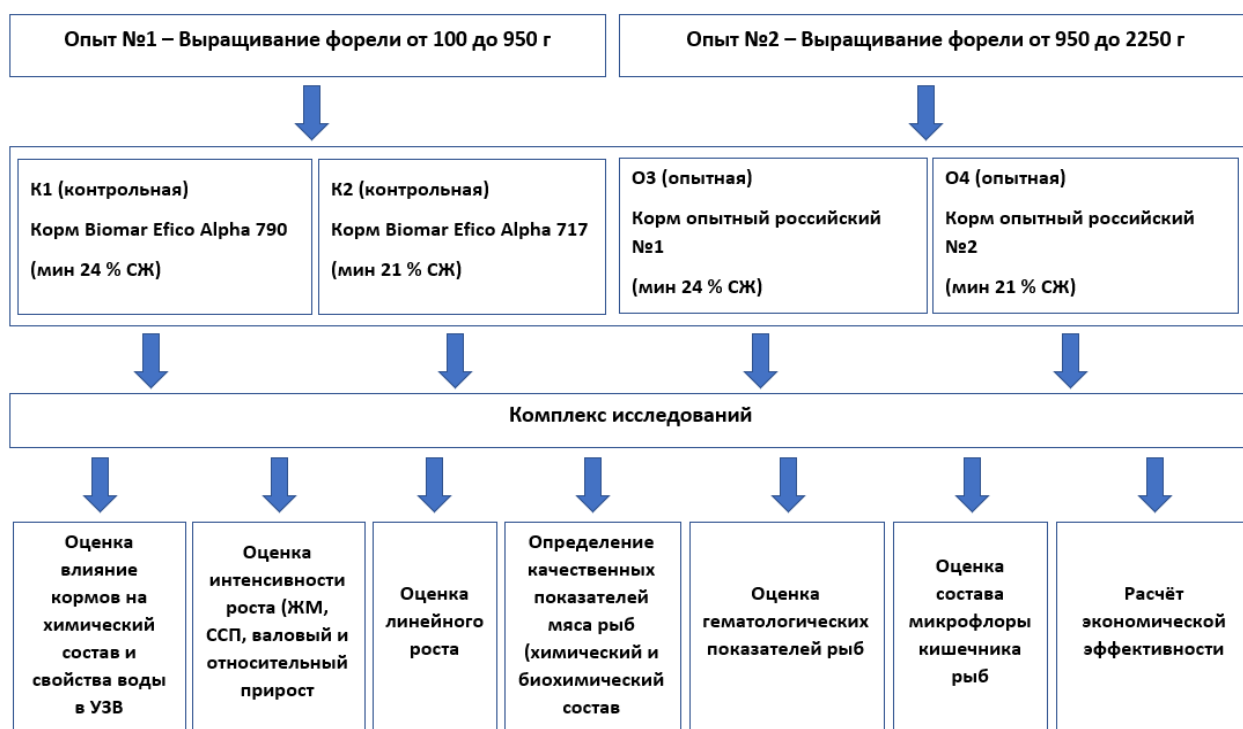


Рисунок 7 – Схема проведения научных опытов по эффективности использования кормов для форели в зависимости от возраста рыбы

Для проведения исследований в каждом опыте были сформированы две контрольные и две опытные группы по 50 голов в каждой (табл. 3). В каче-

стве корма для первой и второй контрольных групп использовались производственные форелевые корма Biomar Efico Alpha 790 и Efico Alpha 717 соответственно. Форель 3 и 4 опытных групп получала опытные комбикорма, разработанные соискателем (приложение № 2). В экспериментальных кормах использовались ингредиенты преимущественно отечественного производства. Для этих целей от каждой из партий используемого сырья были отобраны образцы по 1 кг для анализа методом инфракрасной спектроскопии в лаборатории компании Evonik в г. Подольск Московской области на анализаторе FOSS X2500. Рецепты опытных комбикормов рассчитывались с использованием компьютерной программы «КормОптима» (авторы И.Г. Панин и В.В. Гречишников).

При определении норм кормления использовались рекомендации компании Biomar, учитывающие живую массу рыбы и температуру воды. Кормление рыбы осуществлялось в светлое время суток. Кратность кормления, суточные нормы и размеры гранул изменялись с учетом температуры воды, количества растворенного кислорода в воде и живой массы рыбы.

2.2 Методика проводимых исследований, расчёт экономической эффективности и биометрической обработки результатов

Для проведения исследования были использованы бассейны объемом 1,35 м³ в УЗВ с фильтрацией, оксигенацией, озонированием и биологической фильтрацией.

Гидрохимический режим поддерживался на уровне оптимальных значений для радужной форели. Температура воды на уровне 16-18 °С. Содержание кислорода в воде и ее температура измерялась ежедневно три раза в сутки (для предупреждения нежелательных колебаний) с помощью термооксиметра «Nacha 30d». Значения рН определялось с помощью рН-метра марки «Hanna».

Для получения данных по линейному росту форели, проводились замеры, общей длины тела, а также длины до развилки хвостового плавника. Через вычисление средней живой массы определяли весовой рост особей.

Каждую неделю рыб из каждой опытной группы взвешивали, чтобы определить динамику живой массы, и затем вычисляли абсолютный, относительный, а также среднесуточный приросты.

Среднесуточную скорость роста старших возрастных групп вычисляли по формуле сложных процентов:

$$A = [(M_k / M_0)^{1/t} - 1] \times 100 (\%)$$

Где M_k и M_0 – масса рыбы в конце и в начале опыта;

t - продолжительность опыта, сут.

Абсолютный прирост вычисляли по формуле:

$$P_{аб} = M_k - M_0$$

где M_k – конечная масса молоди, грамм;

M_0 - начальная масса молоди, грамм.

Среднесуточный прирост вычисляли по формуле:

$$P_{ср.сут.} = (M_k - M_0) / t$$

где M_k – конечная масса молоди, грамм;

M_0 - начальная масса молоди, грамм.

t - продолжительность опыта, сут.

Для более точного определения скорости роста вычисляли коэффициент массонакопления:

$$K_M = (M_k - M_0^{1/3}) * t$$

где K_M – общий продукционный коэффициент скорости роста;

M_0 – начальная масса рыбы, г;

M_k – конечная масса рыбы, г;

t - время выращивания, сут.

Кормовые затраты вычисляли по формуле (Пономарев и др., 2002):

$$K_3 = C_K / (M_k - M_0),$$

где C_k – количество корма, затраченное на выращивание рыб (затраты корма на единицу прироста).

$$C_k = R * M_{\text{ср.нач}} * t$$

где R – суточная норма корма, %; $M_{\text{ср.нач}}$ – средняя начальная масса, г; t – период выращивания.

Выживаемость выражали в процентах от общего количества наблюдаемых рыб.

При определении норм кормления использовали рекомендации по кормлению, основанных на оптимальном качестве воды и температуры выращивания 18°C . Корм задавался вручную 3-4 раза в сутки. Плотность посадки молоди устанавливали исходя из массы выращиваемой рыбы.

Кровь отбирали прижизненно из хвостовой вены. Для гематологического анализа (концентрация гемоглобина, скорость оседания эритроцитов, лейкоцитарная формула) случайным образом отбирали по 3 головы из каждой группы, в качестве антикоагулянта использовали динатриевую соль этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА).

Гематологические исследования проводили согласно Инструкции по физиолого-биохимическим анализам рыбы ВНИИПРХ [22]

Все данные подвергали статистической обработке по Г.Ф. Лакину (1990) с применением панели программ статистического анализа «Excel-7», с использованием элементов статистического анализа с определением средней, ошибки средней. Уровень различий оценивался с помощью критерия достоверности Стьюдента.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Расчёт рецептов опытных кормов

3.1.1 Обоснование выбора и использования кормового сырья с результатами анализов фактического качества компонентов

На протяжении нескольких десятков лет рыбная мука являлась основным компонентом кормов для ценных видов рыб (лососевые и осетровые) ввиду её максимального соответствия физиологическим особенностям пищеварения рыб на всех стадиях роста и развития. По информации Jauncey (1995) [145] рекомендуемый диапазон ввода рыбной муки в указанный период публикации материалов составлял от 25 до 75 % со средним значением в 50 %. Такой высокий уровень сырого протеина чаще всего содержался в российских рыбных кормах для форели и осетров на протяжении первого десятилетия 21-века и до сих пор используется некоторыми небольшими предприятиями по причине отсутствия у них какой-либо научно-практической информации о более низкой эффективности этого подхода.

Однако в настоящее время уровень ввода других источников протеина в рыбных кормах по отдельности превышает валовое количество используемой рыбной муки. Уровень добычи рыбы из естественных водоёмов и производство рыбной муки для последующего производства различных видов кормов (для свиней, для птицы, для рыб) уже почти 2 десятилетия является практически неизменным. Общий объём вылова рыбы из естественных водоёмов жёстко регулируется на государственном уровне и имеет строгие ограничения. Это стало одной из причин изменений в системном подходе к структуре кормов для аквакультуры. Таким образом, глобально, данные процессы влияют на постоянное снижение уровня рыбной муки и рыбьего жира, как сопутствующего продукта переработки, в кормах для различных объектов аквакультуры, независимо от территориального признака и общего уровня развития отрасли на уровне микрорегионов.

Ведущие мировые производители кормов ведут постоянную научно-исследовательскую работу по частичной или даже полной замене рыбной муки в рецептах на источники протеинов растительного, микробиального происхождения, а также использованию новых (альтернативных) видов сырья, - муки или белковых концентратов из насекомых [169, 192, 193, 197-199]. Сопоставление данных за период с конца 20-го века и по настоящее время подтверждает эту тенденцию.

Объективный взгляд на работу с рецептурой рыбных кормов, информацию от компаний-производителей и возрастающую конкуренцию в данном сегменте рынка, не даёт сегодня специалистам точных цифр по уровню содержания рыбной муки в кормах для ценных видов рыб. Вместе с тем, в рамках презентаций представителей ведущих мировых компаний по производству кормов для нужд аквакультуры указывается текущий интервал для рыбной муки в 5-12 % с объективным трендом её сокращения вплоть до нуля. Некоторые иностранные компании на протяжении последних 3-х лет уже предлагают своим клиентам экспериментальные форелевые корма без использования рыбной муки.

Объективный анализ открытой информации с этикеток кормов иностранных компаний показывает, что в настоящее время отсутствует какая-либо необходимость зафиксировать проценты ввода тех или иных компонентов в рецептуру кормов по причине использования новых концепций и подходов, которые не предусматривают одинаковых количеств ингредиентов в разных партиях кормов. Описание и обоснование такого подхода будет дано ниже.

Несмотря на существующие тренды по количеству рыбной муки в рыбных кормах, определение качества данного вида сырья является ключевым в оценке готовых кормов и стабильности показателей питательности готовой продукции на протяжении длительного периода производства. Содержание сырого протеина и основных незаменимых аминокислот в рыбной муке всегда зависело и будет зависеть от целого ряда факторов: вид рыбы, сро-

ки вылова, физиологическое состояние, технология производства муки, сроки хранения рыбы до начала технологического процесса переработки, использование различных частей тела рыб для переработки.

Следует признать, что анализ литературных данных по параметрам питательности рыбной муки показывает существенные различия между результатами исследований в работах отечественных авторов и аналитической информацией из иностранных источников. Основной проблемой для специалистов, занимающихся расчётами рецептов кормов для рыб, являются усреднённые (табличные) данные по уровню основных незаменимых аминокислот в отечественных публикациях. При использовании рекомендаций по составу рыбных кормов с указанием конкретных процентов ввода как рыбной муки, так и других источников белка, величина ошибки от использования табличных данных с усреднёнными значениями часто приводит к критическим колебаниям фактического качества готовых кормов.

Табличные данные крайне редко содержат объективную информацию о количестве образцов сырья, собранных для анализов и их достоверной статистической обработки, либо эта информация отсутствует вовсе. Более того, в ряде работ могут отсутствовать данные по уровню влаги в образцах, что также способно ввести в заблуждение специалистов. Следует признать, что значения параметров питательности на АСВ (абсолютно сухое вещество) и значения на натуральную влажность могут различаться на 7-10 % в относительных величинах. Современный и объективный подход к расчёту рецептов кормов предусматривает использование только фактических данных по питательности того или иного вида сырья, полученных от образцов с «натуральным» (фактическим) содержанием влаги. Например, в работе «Кормление рыб в пресноводной аквакультуре» [92] авторы указывают на содержание основных незаменимых аминокислот в нескольких видах рыбной муки и других источниках белка животного происхождения без указания параметра влажности, при котором были получены данные результаты. Сопоставление данных в статье с другими отечественными источниками («Методические

рекомендации для расчёта рецептов комбикормовой продукции», 2003 [40], «Руководство по оптимизации рецептов комбикормов для сельскохозяйственной птицы», 2014 [64]) косвенно указывает на показатели, определённые на абсолютно сухое вещество: лизин в рыбной муке на уровне 7,0-7,7 %, метионин – 2,1-3,4 %, аргинин – 6,4-7,7 %, треонин – 4,9-5,2 %, лейцин – 7,7-9,0 %, валин – 4,9-6,0 %, изолейцин – 3,9-4,9 %, гистидин – 2,2-3,2 %, фенилаланин – 3,2-6,5 %. В то же время, в вышеупомянутых источниках за 2003 и 2014 года при вариации по содержанию сырого протеина от 59 % до 71 %, уровень лизина был определён в интервале 4,5-5,42 % (2003, 2014), метионина – 1,66-1,99% (2003, 2014), треонина – 2,47-2,97 (2003, 2014), аргинина – 3,42-4,12 % (2003, 2014), лейцина – 4,10-5,30 % (2014), валина – 3,24-3,89 % (2014), изолейцина – 2,50-3,00 % (2014), гистидина – 1,27-1,43 % (2014), фенилаланина – 2,50-3,00 % (2014).

В этих изданиях для всех вариантов исследуемой рыбной муки (59, 61, 63, 65, 67, 69, 71 % сырого протеина соответственно) указано значение по содержанию сухого вещества в 92 %, но нет никакой информации по количеству образцов, использованных для составления данных рекомендаций. Указанные примеры свидетельствуют о существенных расхождениях по всему ряду незаменимых аминокислот. Эти расхождения имеют критически важное значение для эффективной оптимизации рецептов кормов по цене и качеству.

Актуальный зарубежный опыт получения и использования фактических данных по питательности кормового сырья в целях оптимизации питательности и стоимости кормов можно получить из глобальной базы данных AMINODat от компании Evonik (Германия) [96]. Представленная информация основана на многочисленных лабораторных исследованиях по содержанию незаменимых аминокислот в существующих видах кормового сырья, содержащих протеин и аминокислоты. Образцы сырья собираются со всех регионов земного шара, а анализы проводятся методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Полученные за каждые 5 лет данные обрабатываются статистически и распространяются среди специалистов по

кормам в виде электронной информационной базы анализов или на бумажном носителе.

В отличие от российских аналитических данных, показатели, полученные в лабораториях Evonik в Ханау (Германия), Пекине (Китай) и Сингапуре, имеют более широкий спектр образцов и масштабную вариативность по содержанию сырого протеина и незаменимых аминокислот. Глобально, количество сырого протеина, в зависимости от сырья, используемого при производстве рыбной муки, в настоящее время составляет от 29,92 % до 78,55 %. Уровень аминокислот в аналитических данных также имеет существенные колебания от минимальных до максимальных значений. Так, наименьшее содержание лизина на сегодняшний день было отмечено в рыбной муке из Бразилии в 1,55 % и наибольшее – в образце из Тайланда – в 6,51 % (среднее – 4,09%). По метионину предельные количества составили 0,6-2,35% (среднее – 1,50%), по треонину – 1,11-3,62% (среднее – 2,33%), по аргинину – 1,37-5,06% (среднее – 3,50%), по лейцину – 1,60-5,97% (среднее – 3,99%), по валину – 1,18-4,01% (среднее – 2,70%), по изолейцину – 0,84-3,81% (среднее – 2,28%), по гистидину – 0,47-3,35% (среднее – 1,36%) и фенилаланину – 1,01-3,90% (среднее – 2,20%).

Простое сопоставление полученных показателей по аминокислотам даёт, в среднем, разницу в 3-4 раза между верхним и нижним пределами, а наличие достаточно большого количества образцов с низким уровнем протеина (ниже 50 %) указывает на тот факт, что существующий дефицит рыбной муки в мире заставляет использовать в любых видов кормов, включая корма для аквакультуры, практически любой её источник, а не только варианты с уровнем сырого протеина свыше 63%, как это было принято в прежние годы. Именно поэтому, самым главным условием для использования рыбной муки с более низкой питательной ценностью является её полный анализ по фактическому качеству и стоимость, соответствующая этому качеству.

Результаты анализов рыбной муки для опытных кормов представлены в Приложении 1 и 2. Полученные аналитические данные указывают на тот

факт, что в опытах была возможность использовать рыбную муку с различными уровнями сырого протеина (67,13 % против 64,94 %) и незаменимых аминокислот. Однако, полученная разница не стала критической как для оптимизации рецептов комбикормов, так и для итоговой стоимости полученных рационов.

Существующие на сегодняшний день подходы к рецептуре рыбных кормов в совокупности с технологией их производства и возможностями современной аналитики обуславливают необходимость детальной оценки всего доступного сырья, содержащего аминокислоты, как по характеристикам его питательности, так и по его технологическим особенностям. Экспериментально отмечено [153, 157, 159, 165, 199], что протеины животного происхождения характеризуются: низким коэффициентом растворимости азота (КРА), низкой абсорбцией воды и низкими связывающими свойствами, но при этом обладают хорошим аминокислотным составом, лучшим влиянием на привесы живой массы по сравнению с протеинами растительного происхождения. Белки животного происхождения, как правило, не проявляют структурных свойств в процессе экструдирования кормов. Они не увеличиваются и не соединяются с другими ингредиентами, в отличие от крахмало-содержащих компонентов и протеинов растительного происхождения [128-130, 153, 157]. Этот факт обуславливает высокую температурную обработку протеинов животного происхождения для получения соответствующего сырья.

Помимо рыбной муки, хорошими источниками протеинов животного происхождения служат кровяная мука и мясная мука. Кровяная мука, как и мука из рыбы, является неотъемлемой частью кормов для ценных видов рыб, содержит высокий уровень сырого протеина: в интервале от 68,18% до 98,47%, среднее значение – 89,11% (AMINODat 5.0, 2016). В отличие от рыбной муки, с развитием мирового птицеводства и свиноводства происходит соответствующий рост производства кровяной муки с использованием новейших технологий сушки (распылительная сушка с минимальным временем

высокотемпературного воздействия), благодаря которой усвояемость аминокислот находится на уровне свыше 90 %. Согласно ряду исследований [63, 92], включение этого компонента в рыбные корма в количестве 5-10 % благоприятно сказывается на потреблении корма, скорости роста рыб и конверсии корма в прирост. Кровяная мука огневой сушки в кормах для рыб не может быть использована ввиду существенного снижения усвояемости.

Факторами, ограничивающими высокий процент ввода кровяной муки в состав кормов, являются высокие уровни лейцина и гистидина. Высокий уровень лейцина в сырье животного происхождения, в отличие от растительных белков, является нормой. Его негативный эффект от связан с химическим строением и родством с двумя другими разветвленно-цепочечными аминокислотами – валином и изолейцином. Для всех трёх аминокислот существует схожие 2 первых этапа катаболизма, в которых участвуют одни и те же ферменты. На первом этапе катаболизма происходит обратимое трансминирование аминокислот посредством трансаминазы, что приводит к образованию кетокислот: α -кетоизокапроат, α -кето- β -метилвалерат и α -кетоизовалерат. На первой этапе, когда активируется дегидрогеназа кетокислот на разветвлённых цепях, высокая концентрация α -кетоизокапроата приводит к усилению катаболизма валина и изолейцина, что подтверждается рядом исследований в этом направлении. Другими словами, более высокий уровень лейцина способствует распаду валина и изолейцина, вызывая их дефицит для последующего образования белков тела животного организма [30, 122].

Высокий уровень гистидина в кровяной муке обусловлен структурой гемоглобина: молекула состоит из белка глобина и 4-х молекул гема, который имеет в себе 4 молекулы гистидина и 1 атом 2-х валентного, трудноусвояемого в организме животных, железа. По данным Щербины и Гамыгина [92] показатель по гистидину (в среднем 5,59 % по данным AMINODat 5.0, Evonik, и 5,22-5,55 % по российским данным ВНИТИП, 2014) [64] превышает в 1,8-3,0 раза потребности рыб в этой аминокислоте, так как её избыток в

кормах служит источником для образования гистамина, - соединения, обладающего ярко выраженными токсическими свойствами. Результаты анализов кровяной муки для использования в опытных кормах представлены в Приложении 3 и 4.

Мясная мука может быть успешно использована при производстве различных видов кормов для карповых рыб [92], однако при изготовлении экструдированных кормов для ценных видов рыб такой вид сырья животного происхождения используются в меньшей степени. В настоящее время законодательно разрешено использование в кормах только свиной и птичьей муки и запрещено использование мясной и мясокостной муки из жвачных животных. Производство данного рода продуктов в промышленных масштабах осуществляется специализированными предприятиями, - обособленными или входящими в состав крупных аграрных интеграторов, занимающихся выращиванием свиней или бройлеров. В этом случае питательность муки относительно стабильна, а изменчивость качественного состава муки находится на относительно низком уровне за счёт однородности входящего для переработки сырья.

Анализ значений по уровню сырого протеина и незаменимых аминокислот из базы данных AMINODat 5.0 указывает на более высокие показатели у свиной мясной муки в сравнении с птичьей мукой: в среднем 3,31 % против 2,48 % [96]. Однако производство мяса птицы по миру и по объёму существенно превышает производство свинины, поэтому количество предложений по птичьей муке и географическая представленность объективно выше.

Из негативных факторов, присущих мясной муке, следует отметить наличие низкомолекулярных белков – протаминов, которые могут составлять до 12 % от сухого вещества продукта, и присутствие плохо переваримых фибриллярных белков (эластина, коллагена, кератина), так как они имеют более высокую устойчивость к действию протеолитических ферментов. Также отмечается высокий уровень золы из-за естественного содержания кост-

ных элементов: от 26,75 % до 31,72 % (среднее – 28,76 %) в свиной муке, от 6,16 % до 42,12 % (среднее – 25,2 %) – в птичьей. В этом случае уровень сырой золы будет ограничивающим фактором при расчёте рецептов комбикормов. В то же самое время, мука, произведённая из внутренностей животных, будет иметь более высокий уровень усвоения.

В отличие от лабораторных данных компании Evonik, которая подразделяет эти виды муки соответственно на свиную и птичью, отечественные исследования [40, 64] дают информацию только в соответствии с градацией образцов по уровню сырого протеина, не упоминая о её происхождении. Как и в случае с рыбной мукой и вариантами кровяной муки, информация о количестве образцов, используемых для анализов, отсутствует.

Для целей проведённых опытов была использована мясная мука отечественного производства, результаты анализов которой представлены в Приложении 5 и 6. В отличие от анализов рыбной и кровяной муки, где отсутствовала серьёзная разница по уровню сырого протеина и аминокислот, полученные данные указывают на существенные различия.

В отличие от сырья животного происхождения, которое с технологической точки зрения не может проявлять свойства, необходимые для проведения процесса экструдирования, сырьё растительного происхождения успешно способствует этой функции. Технологическая роль пшеницы, как основного содержащего крахмал компонента, была рассмотрена в предыдущих главах. В рамках проведённых опытов было необходимо оценить фактический уровень питательности пшеницы как с точки зрения содержания аминокислот, так и позиции обязательного определения уровня крахмала, различия по фактическому содержанию которого также демонстрировались ранее.

Результаты фактического качества пшеницы после проведения анализов представлены в Приложении 7 и 8.

Другим компонентом, повышающим эффективность процесса экструдирования, является пшеничный глютен. Данный вид сырья не является традиционным ингредиентом комбикормов, так как белок пшеницы может вы-

зывать аллергические реакции у теплокровных, а также обладает высокой стоимостью. Однако, пшеничный глютен относится к так называемым «функциональным протеинам», позитивно влияющим на пластичность кормовой смеси при её прохождении через экструдер.

Аналитическая информация по пшеничному глютену в российских источниках по питательности кормового сырья отсутствует. Специализированная база данных аминокислотной питательности сырья для кормов, используемых в аквакультуре, AMINODat Aqua 1.0 (2010) содержит обобщённые сведения по аминокислотному профилю пшеничного глютена (Приложение 9). Для целей проведённых опытов был отобран образец пшеничного глютена массой 1 кг и проанализирован методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в специализированной лаборатории НИЦ «Черкизово» (пос. Новофедоровское, Московская область). Протокол результата анализа представлен в Приложении 10.

В отличие от компонентов животного происхождения и пшеницы для производства опытных кормов в каждом из экспериментов был использован пшеничный глютен только из одной партии выработки. Аналогичным образом – только от одной партии – были использованы дрожжи кормовые, аналитические данные которых представлены в Приложении 11.

Кормовые дрожжи являются продуктом микробиального синтеза, к которым за последние годы проявляется всё более пристальное внимание по причине их привлекательности для использования во всех видах кормов, включая корма для аквакультуры. В отличие от компонентов животного и растительного происхождения микробиальный белок является быстро воспроизводимым источником кормового протеина. Разница в качестве получаемых продуктов зависит от субстрата (древесные опилки, спиртовая барда и т.д.), на котором происходит выращивание того или иного штамма дрожжевой культуры. Именно этот фактор является основанием для многократной разницы по содержанию основных нутриентов в кормовых дрожжах, образцы которых со всего мира (AMINODat 5.0, 2016).

Обеспечение высокого уровня протеина и незаменимых кислот при достижении минимальной стоимости кормов возможно с использованием источников белков растительного происхождения. Одними из наиболее используемых сырьевых компонентов такого плана являются кукурузный глютен и соевый шрот. Согласно данным NRC (2011) [161] оба этих ингредиента характеризуются высоким уровнем кажущейся усвояемости протеина: выше 92 % для глютена и выше 90 % для соевого шрота. Однако и для этих видов сырья свойственны колебания по фактическому качеству. Сведения из аналитической базы данных AMINODat 5.0 свидетельствуют о значительной разнице в содержании сырого протеина и ключевым незаменимым аминокислотам. Результаты анализов образцы кукурузного глютена представлены в Приложениях 12 и 13.

Что касается параметров питательности соевого шрота, то по общемировым данным компании Evonik, приводимым в программе AMINODat 5.0, они имеют расхождения по качеству, обусловленные качеством соевых бобов, произрастающих в разных регионах мира. Согласно российским источникам [40, 64], содержание сырого протеина в соевом шроте колеблется от 40 до 50 % при стандартизированной влажности этого вида сырья в 91 %. При этом колебания по уровню основных незаменимых аминокислот составили около 20 % от предельных минимальных и максимальных значений. Что касается результатов анализов из базы данных AMINODat 5.0, то они имеют более широкий диапазон лимитных значений как по уровню сырого протеина (от 38,80 % до 54,39 % на стандартизированное содержание сухого вещества в 88 %), так и по уровню всех незаменимых аминокислот в сравнении с российскими показателями: лизина – минимально 2,05 % против 2,58 %, метионина с цистином – 0,96 % против 1,17 %, треонина – 1,45 % против 1,6 %, триптофана – 0,51 % против 0,56 % , аргинина – 2,11 % против 2,92 %, валина – 1,78 % против 1,88 %, изолейцина – 1,68 % против 1,78 %, гистидина – 0,97 % против 1,08 %.

Таблица 10 – Итоговые аналитические данные параметров питательности кормового сырья для производства опытных кормов для форели

		Кормовое сырьё							
Опыт №1	Параметр питательности, %	Пшеница	Соевый шрот	Рыбная мука	Кровяная мука	Кукурузный глютен	Мясная мука	Дрожжи	Пшеничный глютен
		Сухое вещество	87,26	88,44	94,56	93,60	94,32	96,26	95,80
	Сырой протеин	12,83	45,85	64,94	91,74	64,68	63,17	49,72	77,40
	Сырой жир	1,80	1,50	7,00	0,60	4,10	12,40	4,70	1,01
	Сырая клетчатка	2,60	4,90	-	-	0,90	-	1,30	1,01
	Сырая зола	2,00	6,20	18,60	2,00	1,60	16,60	6,00	1,52
	Крахмал	57,30	1,00	-	-	17,30	-	7,60	15,16
	Р	0,32	0,65	2,67	0,09	0,42	2,23	1,01	0,16
	Мет	0,192	0,631	1,81	1,079	1,668	0,932	0,793	1,211
	Цис	0,268	0,699	0,604	1,035	1,137	0,795	0,436	1,711
	Мет+Цис	0,46	1,333	2,543	2,208	2,798	1,783	1,135	2,922
	Лиз	0,371	2,796	4,82	8,42	1,117	3,283	3,251	1,292
	Тре	0,354	1,773	2,816	4,096	2,205	2,331	2,415	1,971
	Трп	0,151	0,631	0,716	1,557	0,373	0,523	0,678	0,792
	Арг	0,605	3,34	4,127	3,937	2,112	4,247	2,295	2,791
	Иле	0,426	2,071	2,803	1,181	2,582	2,283	2,314	2,870
	Лей	0,799	3,429	4,808	11,424	10,253	4,372	3,339	5,499
	Вал	0,534	2,162	3,337	7,669	2,982	3,133	2,625	3,079
	Гис	0,289	1,171	1,408	5,746	1,31	1,217	1,137	1,608
Опыт №2	Параметр питательности, %	Пшеница	Соевый шрот	Рыбная мука	Кровяная мука	Кукурузный глютен	Мясная мука	Дрожжи	Пшеничный глютен
	Сухое вещество	88,11	88,78	94,54	94,48	92,78	98,27	95,8	92,00
	Сырой протеин	11,99	46,63	67,13	92,96	60,97	54,42	49,72	77,40
	Сырой жир	2,00	2,00	6,70	1,30	4,30	10,7	4,7	1,01
	Сырая клетчатка	2,30	5,40	-	-	1,80	-	1,3	1,01
	Сырая зола	1,40	6,30	18,60	2,00	1,30	30,1	6	1,52
	Крахмал	61,40	0,40	-	-	17,70	-	7,6	15,16
	Р	0,21	0,62	2,72	0,25	0,36	4,8	1,01	0,16
	Мет	0,193	0,629	1,911	1,009	1,478	0,78	0,793	1,211
	Цис	0,256	0,687	0,609	1,064	1,08	0,483	0,436	1,711
	Мет+Цис	0,453	1,313	2,597	2,15	2,58	1,317	1,135	2,922
	Лиз	0,326	2,871	4,93	7,8	0,937	2,918	3,251	1,292
	Тре	0,339	1,793	2,833	3,929	2,03	1,896	2,415	1,971
	Трп	0,138	0,627	0,685	1,624	0,304	0,409	0,678	0,792
	Арг	0,524	3,455	4,233	4,45	1,84	3,717	2,295	2,791
	Иле	0,404	2,096	2,774	2,331	2,415	1,715	2,314	2,870
	Лей	0,761	3,49	4,822	10,95	9,933	3,574	3,339	5,499
	Вал	0,513	2,186	3,259	7,058	2,768	2,532	2,625	3,079
	Гис	0,261	1,206	1,421	5,417	1,254	1,004	1,137	1,608

Результаты анализов образцов соевого шрота, проведённые для опытов методом ИК-анализа, представлены в Приложении 14 и 15. Обобщённые результаты параметров питательности сырья опытных кормов представлены в таблице 10.

3.1.2 Принципы расчётов рецептов опытных комбикормов для форели

Система расчёта рецептов комбикормов для рыб под заданные показатели при минимально возможной стоимости за период с начала 2000-х годов претерпела существенные изменения. Изменения, в первую очередь, коснулись таких параметров питательности, как уровень сырого протеина и количество незаменимых аминокислот, а также соотношения уровня белка различного происхождения во взаимосвязи с источниками протеина.

Установление минимального уровня сырого протеина в кормах достаточно долгое время являлось обязательным параметром, на который ориентировались специалисты при расчётах. По аналогии с опытами на теплокровных организмах, эксперименты на рыбе с начала 2000-х годов продемонстрировали, что потребность рыбы в аминокислотах не зависит от уровня сырого протеина в рационе [99, 131, 161, 208].

Баланс основных незаменимых аминокислот кормов - лизина, метионина с цистином, треонина, триптофана, аргинина, лейцина, валина, изолейцина и гистидина - наиболее экономически оправдан только с вводом кристаллических форм большинства из перечисленных аминокислот. Средние данные по уровню лизина и метионина, ключевых для продуктивности аминокислот, содержащиеся соответственно в 34 кг соевого шрота и в 54 кг рыбной муки показывают, что эти количества эквивалентны вводу в корм 1 кг кристаллического DL-метионина и 2 кг 65 % сульфата лизина. В долях от общего количества в рецепте корма это составляет в сумме 0,3 % (аминокислоты) против 8,8 % (соевый шрот + рыбная мука). С точки зрения математической функции оптимизации состава корма под заданные показатели для целей минимизации стоимости, разница в 8,5% является критически значи-

мой, что легко доказывается расчётами любых вариантов рецептов комбикормов. Более того, практика расчётов рецептов на комбикормовых предприятиях любых видов кормов, включая корма для рыб, подразумевает безусловное использование кристаллических (или жидких) форм аминокислот для описанных выше целей. Единственным позитивным изменением в сложившейся ситуации можно считать увеличение количества чистых форм аминокислот в составе рецептов.

Если принять во внимание нормативы по уровню аминокислот, указанные в издании «Питательная ценность комбикормов для рыб при промышленном выращивании», издании «Методические рекомендации для расчёта рецептов комбикормовой продукции» (2003 г) [40], то они ограничиваются только тремя наименованиями: лизин, метионин и триптофан. С учётом того факта, что существующие в мире рекомендации и исследования на различных видах рыб охватывают 9 незаменимых аминокислот, в настоящее время в рыбных кормах возможно использование семи из них посредством чистых форм: лизина (L-лизин HCl или сульфат лизина), метионина (DL-метионин, L-метионин, НМТВа (метионин-гидроксианалог)), треонина (L-треонин), триптофана (L-триптофан), аргинина (L-аргинин и различные формы гуанидин-уксусной кислоты, имеющую расчётную биохимическую эквивалентность по аргинину), валина (L-валин) и изолейцина (L-изолейцин). Из незаменимых аминокислот в данном списке отсутствуют лейцин и гистидин. Для гистидина пока не существует коммерческих форм, а лейцин не требует дополнительного ввода ни в один из существующих видов кормов. Причиной является его преобладание в любых видах сырья над другими разветвлённо-цепочечными аминокислотами – валином и изолейцином, и, как следствие, гарантированное превышение лейцином любых нормативных значений (как лимитирующая продуктивность АК) в кормах для любых видов животных и птицы в модели «идеального протеина» (оптимального соотношения к лизину и другим незаменимым аминокислотам).

Таким образом, расчёт и дальнейшее производство комбикормов для ценных видов рыб (и для форели, в частности), с одной стороны, может быть основано на современных тенденциях по использованию оптимальных уровней незаменимых аминокислот в кормах в совокупности с включением в состав кристаллических (или жидких) форм аминокислот (как кормовых добавок), а с другой стороны, способно поддерживать высокую питательную ценность кормов за счёт большего, по сравнению с импортной продукцией, количества рыбной муки, как компонента животного происхождения.

3.1.3 Расчёт опытных рецептов комбикормов для форели

В проведённой работе расчёт рецептов проводился с использованием отечественного программного комплекса «Корм Оптима», созданного И.Г. Паниным и В.В. Гречишниковым.

Согласно принципам, описанным в п. 3.1.2, в расчётах отсутствовал минимальный уровень сырого протеина и был установлен уровень незаменимых аминокислот для форели массой более 100 г.

Аминокислотный профиль для опытных кормов представляет собою оптимальное соотношение незаменимых аминокислот к лизину (модель «идеального протеина») и отражён в таблице 11.

Использование обозначенного профиля незаменимых аминокислот сопоставимо с количеством аминокислот, проанализированных в составе кормов импортного производства (Приложения № 16 и 17), взятых при проведении опытов в качестве контрольных.

Таблица 11 – Оптимальный профиль незаменимых аминокислот в опытных кормах в абсолютных и относительных величинах, %

Параметр	Лиз	М+Ц	Тре	Трп	Арг	Иле	Лей	Вал	Гис
Абсолютные значения, %	2,70	1,62	1,73	0,65	2,40	1,73	2,65	1,89	1,03
Относительные значения, % к Лиз	100	60	64	24	89	64	98	70	38

Помимо уровня аминокислот и количества сырого протеина, итоговый процент которого в готовом корме зависит от фактической питательности используемых компонентов, важным фактором при оптимизации рецептов кормов является уровень энергетической ценности комбикорма. Данный показатель также рассчитывается от фактического содержания в ингредиентах сырого протеина, сырого жира и БЭВ. В расчёте валовой энергии компонентов используется показатель сырой клетчатки, однако для переваримой и обменной энергии он не принимается во внимание.

Таблица 12 – Расчётные значения энергетической ценности компонентов опытных кормов, основанные на данных фактической питательности по результатам лабораторных анализов

Сырьё	СП, г	СЖ, г	БЭВ, г	Клетчатка, г	Валовая энергия, МДж	Переваримая энергия, МДж	Обменная энергия, МДж
Опыт №1	Пшеница	128,3	18,0	680,3	26,0	15,9	13,18
	Соевый шрот	458,5	15,0	299,9	49,0	17,4	13,11
	Рыбная мука	649,4	70,0	40,2	0,0	18,8	14,53
	Мука кровяная	917,4	6,0	0,0	0,0	21,9	16,29
	Глютен кукурузный	646,8	41,0	230,4	9,0	21,0	16,31
	Мясная мука	631,7	124,0	40,9	0,0	20,6	16,20
	Дрожжи	497,2	47,0	340,8	13,0	19,7	15,57
	Глютен пшеничный	774,0	10,1	126,4	10,1	21,1	15,84
	Рыбий жир	0,0	995,0	0,0	0,0	39,4	36,22
	Масло	0,0	995,0	0,0	0,0	39,4	36,22
Опыт №2	Пшеница	119,9	20,0	704,2	23,0	16,1	13,47
	Соевый шрот	466,3	20,0	284,5	54,0	17,6	13,20
	Рыбная мука	671,3	67,1	21,1	0,0	18,9	14,52
	Мука кровяная	929,6	13,0	38,5	0,0	23,2	17,34
	Глютен кукурузный	609,7	43,0	244,1	18,0	20,6	15,94
	Мясная мука	544,2	107,0	33,5	0,0	17,7	13,94
	Дрожжи	497,2	47,0	340,8	13,0	19,7	15,57
	Глютен пшеничный	774,0	10,1	126,4	10,1	21,1	15,84
	Рыбий жир	0,0	995,0	0,0	0,0	39,4	36,22
	Масло	0,0	995,0	0,0	0,0	39,4	36,22

Валовая энергия = (г/кг СП * 23,66 * 0,94 + г/кг СЖ * 39,57 * 0,92 + г/кг БЭВ * 17,17 * 0,88 + г/кг СК) / 1000

Переваримая энергия = (г/кг СП * 23,66 * 0,94 + г/кг СЖ * 39,57 * 0,92 + г/кг БЭВ * 17,17 * 0,88) / 1000

Обменная энергия = (г/кг СП * 18,64 * 0,94 + г/кг СЖ * 39,57 * 0,92 + г/кг БЭВ * 17,17 * 0,88) / 1000

Для каждого из вышеперечисленных параметров питательности используются калорические коэффициенты и процент кажущейся усвояемости. В таблице 12 приведены исходные данные по количеству используемых для расчётов нутриентов (в граммах) и расчётные показатели всех видов энергии для рыбных кормов. В проведённой работе использовался показатель переваримой энергии как сопоставимый с данными, указанными для импортных кормов в прилагаемой к поставке спецификации и информации на этикетках на мешках.

На основании данных, приведённых в таблицах 10, 11 и 12, а также аналитической информации по импортным кормам, указанной в Приложении № 2, были рассчитаны рецепты опытных кормов для каждой из фаз эксперимента, представленные в таблице 13.

Таблица 13 – Рецепты опытных гранулированных комбикормов для форели

Состав	В рецепте, %	
	опытный комбикорм №1	опытный комбикорм №2
Мука мясная	16,23	3,00
Жир рыбий	14,98	12,00
Пшеница	14,58	13,96
Дрожжи кормовые	10,00	10,00
Масло подсолнечное	8,00	7,83
Мука рыбная	8,00	8,00
Шрот соевый	7,46	22,24
Кукурузный глютен	6,44	5,00
Мука кровяная	5,92	9,70
Пшеничный глютен	3,00	3,00
Премикс	2,00	2,00
Монохлоридат L-лизина	1,06	0,67
DL-метионин	0,52	0,48
Закрепитель гранул	0,50	0,50
L-аргинин	0,38	0,29
L-изолейцин	0,37	0,27
Монокальцийфосфат	0,30	0,84
L-треонин	0,26	0,22

Образцы опытных комбикормов по аналогии с кормами для контрольных групп были проанализированы в лаборатории НИЦ «Черкизово» (Приложение № 18 и 19). Общая характеристика контрольных и опытных кормов по соотношению расчётных и аналитических данных представлена в таблицах 14 и 15.

Таблица 14 – Сводные аналитические данные образцов контрольных кормов для форели (импортные корма)

Показатель питательности	Наименование корма			
	Контроль №1 Biomar Efico 790		Контроль №2 Biomar Efico 717	
	Декларируемые показатели	Данные по анализу	Декларируемые показатели	Данные по анализу
Влажность, %	-	7,65	-	7,62
Сырой протеин, %	40,00-43,00	40,69	40,00-43,00	40,62
Сырой жир, %	24,00-27,00	24,04	21,00-24,00	21,54
Сырая клетчатка, %	1,00-2,90	2,73	3,20-5,20	5,18
Сырая зола, %	4,20-6,20	6,19	4,30-6,30	6,27
Лизин, %	-	2,70	-	2,70
Метионин + Цистин, %	-	1,62	-	1,62
Треонин, %	-	1,73	-	1,73
Триптофан, %	-	0,79	-	0,77
Аргинин, %	-	2,40	-	2,41
Лейцин, %	-	3,30	-	3,43
Валин, %	-	2,02	-	2,08
Изолейцин, %	-	1,73	-	1,72
Гистидин, %	-	1,03	-	1,20
Мет + Цис / Лизин	-	0,60	-	0,60
Треонин / Лизин	-	0,64	-	0,64
Триптофан / Лизин	-	0,29	-	0,29
Аргинин / Лизин	-	0,89	-	0,89
Лейцин / Лизин	-	1,22	-	1,27
Валин / Лизин	-	0,75	-	0,77
Изолейцин / Лизин	-	0,64	-	0,64
Гистидин / Лизин	-	0,38	-	0,44
Фосфор	0,80	0,80	0,8	0,80
Кальций	-	1,35	-	1,33
Переваримая энергия, МДж	20,60	20,61*	19,70	19,71*

Примечание. * - расчётное значение, анализ не проводился.

Таблица 15 – Сводные аналитические данные образцов опытных кормов для форели

Показатель питательности	Наименование корма			
	Опытный корм №1		Опытный корм №2	
	Расчётное значение	Данные по анализу	Расчётное значение	Данные по анализу
Влажность, %	7,72	7,94	7,88	7,99
Сырой протеин, %	40,12	40,42	40,71	40,89
Сырой жир, %	24,01	23,90	21,71	21,72
Сырая клетчатка, %	2,46	2,65	5,05	5,09
Сырая зола, %	6,20	6,36	6,3	6,34
Лизин, %	2,70	2,65	2,70	2,67
Метионин + Цистин, %	1,62	1,62	1,62	1,62
Треонин, %	1,73	1,71	1,73	1,74
Триптофан, %	0,79	0,79*	0,77	0,77*
Аргинин, %	2,40	2,42	2,41	2,37
Лейцин, %	3,30	3,24	3,43	3,38
Валин, %	2,02	1,99	2,08	2,04
Изолейцин, %	1,73	1,74	1,72	1,74
Гистидин, %	1,03	1,05	1,20	1,15
Мет + Цис / Лизин	0,60	0,61	0,60	0,61
Треонин / Лизин	0,64	0,65	0,64	0,65
Триптофан / Лизин	0,29	0,29	0,29	0,29
Аргинин / Лизин	0,89	0,91	0,89	0,89
Лейцин / Лизин	1,22	1,22	1,27	1,27
Валин / Лизин	0,75	0,75	0,77	0,76
Изолейцин / Лизин	0,64	0,66	0,64	0,65
Гистидин / Лизин	0,38	0,40	0,44	0,43
Фосфор	0,80	0,81	0,80	0,82
Кальций	1,37	1,35	1,31	1,32
Переваримая энергия, МДж	20,60*	20,54*	19,70*	19,72*

Примечание. * - расчётное значение, анализ не проводился.

Полученные лабораторные данные указывают на достаточно точное соответствие декларируемых показателей питательности в кормах, используемых в качестве контрольных. Практически аналогичный вывод можно сделать и в отношении результатов анализов опытных кормов. Всё это относится как к макропоказателям (сырой протеин, сырой жир, сырая клетчатка, сырая зола), так и к уровню незаменимых аминокислот.

Именно профиль аминокислот являлся «базовым» для дальнейших расчётов рецептов опытных кормов в целях соблюдения максимального соответствия критически важных показателей в обоих видах кормов. Следует отметить тот факт, что представленный в разделе «Обзор литературы» аминокислотный профиль, совпал по большинству позиций с выявленным профилем во взятых для анализа образцах комбикормов иностранного производства.

Необходимо также признать тот факт, что полученные данные лабораторных анализов относятся только к отобраным образцам в проводимых опытах, но не могут служить объективной оценкой всех подобных кормов, поставляемых компанией-производителем. Исходя из декларируемых значений, существенное сходство различных партий производимых кормов необходимо только для показателя «переваримая энергия» и профиля аминокислот, так как постоянство этих величин определяет как качество комбикормов, так и их последующую эффективность. Что касается уровня сырого протеина, сырого жира и переваримой части углеводов (БЭВ), то они, как было отмечено прежде, могут варьировать в пределах установленных различий, но без сколь-либо существенного влияния на уровень переваримой энергии, как зависящего от этих величин показателя.

3.2 Результаты научно-хозяйственных опытов

3.2.1 Результаты опыта № 1

Опыт № 1 проводился в Центре разведения ценных пород осетровых ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ в период с 17 января по 19 июня 2020 г. В каждую из групп опыта было отобрано по 50 голов молоди радужной форели, массой 107,4-108,8 г. (таблица 16). Продолжительность опыта составила 22 недели или 154 дня. Молодь содержалась в полипропиленовых бассейнах, площадью 1,25 м². Высота воды в бассейнах равнялась 50 см., плотность посадки рыб составила 40 шт./ м².

Таблица 16 - Схема опыта № 1

Группа	Объем бассейна	Количество рыб в группе	Продолжительность опыта недель/дней	Рецепт корма
1 – контрольная (К-1)	1,25 м ³	50	22/154	Biomar Efico Alpha790
2 – контрольная (К-2)	1,25 м ³	50	22/154	Biomar Efico Alpha717
3 – опытная (О-3)	1,25 м ³	50	22/154	Опытный комбикорм № 1
4 – опытная (О-4)	1,25 м ³	50	22/154	Опытный комбикорм № 2

Содержание кислорода в воде по результатам замеров не превышало 0,5-0,7 мг/л, в связи с этим использовалась предварительная аэрация. Температура воды в данный период года находилась в пределах +9...10 °С. Вода в бассейны подавалась после предварительного подогрева до температуры +17...18 °С из бассейна накопителя (таблица 17).

Таблица 17 – Гидрохимический состав воды

Показатели	Неделя опыта				Требования
	1	5	10	15	
рН	7,6	7,6	7,6	7,5	7,0-8,0
Кислород, мг/л	9,9	9,9	9,8	9,8	не менее 7,0
Азот аммонийных соединений, мг/л	0,16	0,22	0,23	0,24	0,5
Азот нитритов, мг/л	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Азот нитратов, мг/л	0,2	0,2	0,2	0,3	1
Общая жесткость, мг-экв/л	2,7	2,8	2,8	2,7	3,8-4,2
Хлориды, мг/л	-	-	-	-	20-35
Марганец, мг/л	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Железо, мг/л	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5
Температура, °С	17,8	17,6	17,7	17,6	14-18

Свежая вода подавалась в бассейны каждый час, суточная замена воды составляла 12-15 % от общего объема. Для механической отчистки воды использовался автоматический барабанный фильтр с 40 микронной фильтровальной сеткой. Вода из механического фильтра подавалась в биологический фильтр и в кислородный конус и озонатор. Вода из биологического фильтра смешивалась с водой из озонатора и обрабатывалась ультрафиолетовыми лампами.

Измерения гидрохимических показателей проводились ежедневно в дневное время, через 1 час после кормления. Представленные в таблице 17 данные свидетельствуют о соответствии гидрохимических показателей воды в период опыта нормативным показателям.

В процессе исследований не установлено отрицательного влияния кормов средств и условий содержания на выживаемость рыб. Отход рыб происходил по технологическим причинам в пользу обслуживания и учета продуктивности

Показатели выращивания рыб по первой части эксперимента представлены в таблице 18. Наблюдения за содержанием форели подопытных групп показали, что особи, потреблявшие комбикорм Biomar Efico Alpha 790, были более активными по поедаемости корма. Исследования по выявлению интенсивности роста молоди форели показали, что наиболее высокий эффект получен при использовании в кормлении комбикорма компании Biomar и опытного комбикорма содержащих в своем составе жир на уровне 24,0 % (рецепт № 1). Ихтиомасса форели групп К-1 и О-3 была больше, чем у аналогов групп К-2 и О-4 на 1,81 кг, или 4,25 % ($P>0,95$) и 2,86 кг, или 6,88 % соответственно.

Таблица 18 – Рыбоводные показатели опыта № 1

Показатель	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
Количество рыб в группах	50	50	50	50
Начальная индивидуальная масса рыб, г	102,3±3,08	102,8±3,47	101,4±3,41	101,6±2,96
Общая начальная масса рыб в бассейне, кг	5,11±0,08	5,14±0,06	5,07±0,12	5,08±0,11
Ихтиомасса рыб при снятии с опыта, кг	45,33±0,28	42,57±0,24	44,38±0,37* ^{К-2}	41,52±0,31
Прирост ихтиомассы по группе, кг	40,44±0,34	37,71±0,29	39,47±0,42	36,77±0,55
Коэффициент конверсии корма, кг корма/кг прироста рыбы	0,924	0,939	0,933	0,944
Сохранность:				
Голов	48	47	48	47
%	96,0	94,0	96,0	94,0

Прирост ихтиомассы по группе К-1 был выше, чем в группах К-2, О-3 и О-4 соответственно на 2,76 кг, или 6,48 %, 0,95 кг, или 2,14 % и 3,81 кг или 9,18 %. При этом общий прирост в группе О-3 был выше, чем в О-4 на 2,86 кг, или 7,34 %. При этом, за период опыта на 1 кг ихтиомассы по группе К-2 в сравнении с аналогами из 1-й группы контроля было скормлено на 0,015 кг корма больше, а в группе О-4 по сравнению с аналогами группы О-3, соответственно, на 0,011 кг. Наиболее высокие затраты комбикорма – 0,944 кг/1 кг ихтиомассы – составили у форели группы О-4.

Таким образом, наиболее высокими показателями прироста ихтиомассы характеризовалась форель, потребившая комбикорма импортного и отечественного происхождения, содержащих в своем составе жир на уровне 24,0 %. Это положение подтверждается результатами более детального изучения роста и развития подопытной форели за весь период эксперимента.

3.2.2 Интенсивность роста подопытной молоди радужной форели

Изменения живой массы радужной форели определяли по данным еженедельных взвешиваний, по результатам которых, рассчитывали: абсолютный, относительный и среднесуточные приросты живой массы.

Средняя масса молоди форели по группам при постановке на опыт составляла 101,4-102,8 г. Результаты исследований показали, что наиболее высокой массой в конце опыта характеризовались особи 1-й группы контроля, которые превосходили аналогов из группы К-2 по данному показателю на 38,7 г, или 4,27 %, рыб группы О-3 на 19,8 г, или 2,14 % и рыб группы О-4 на 60,9 г или 6,89 % соответственно. Следует отметить, что молодь форели группы О-3, получавшей опытный комбикорм, выработанный по рецепту № 1, превосходила по массе аналогов из группы К-2 при снятии с опыта соответственно на 18,9 г, или 2,09 % ($P>0,99$) и рыб из группы О-4 на 41,1 г, или, 4,65 %. Аналогичная закономерность по динамике массы форели по группам наблюдалась в процессе всего периода опыта (таблица 19).

Таблица 19 – Динамика массы подопытной форели в опыте № 1

Неделя	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
При постановке на опыт	102,3±3,08	102,8±3,47	101,4±3,11	101,6±2,96
5	284,3±3,54	277,1±4,06	278,5±3,50	271,0±3,27
10	481,7±3,10	461,9±4,22	468,9±3,88	453,7±4,45
15	681,2±3,69	653,0±4,40	665,6±4,59	638,3±4,62
20	869,5±3,90	834,3±4,15	851,1±4,67	814,9±3,80
22	944,4±4,32	905,7±3,98	924,6±4,40 ^{**К-2}	883,5±4,03

По абсолютному приросту массы, так же доминировали представители 1-й контрольной группы. Радужная форель группы К-1 превосходила аналогов из группы К-2 на 7,15 %, а О-3 и О-4 соответственно на 2,24 % и 4,66 % (таблица 20).

Таблица 18 – Абсолютный прирост массы подопытной форели, кг

Период исследования, недель	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
При постановке-5	128,0±2,24	174,3±2,96	177,1±2,18	169,4±3,03
5-10	197,4±4,61	184,8±4,58	190,4±1,70	182,7±4,45
10-15	199,5±3,01	191,1±2,34	196,7±2,42	184,6±2,87
15-20	188,3±2,92	181,3±2,71	185,5±3,90	176,6±3,08
20-22	74,9±1,78	71,4±1,11	73,5±1,38	68,6±1,50
При постановке-22	842,1±4,15	781,9±5,22	823,2±4,36 ^{**К-2}	802,9±4,80

В то же время, форель группы О-3, потреблявшая опытный комбикорм, выработанный по рецепту № 1, превосходила по абсолютному приросту аналогов группы К-2 и О-4 на 41,3 г, или 5,02 % ($P>0,99$) и 20,3 г, или 2,47 % соответственно.

Следует отметить, что наиболее высокий абсолютный прирост ихтиомассы наблюдался у форели всех групп в эксперименте в период с 5-10 и 10-15 недель исследований.

Известно, что показатели абсолютного прироста массы рыб тесно взаимосвязаны с показателями среднесуточного прироста. Следует отметить, что показатель среднесуточного прироста дает наиболее наглядную и объективную характеристику интенсивности роста испытуемого объекта.

Результаты исследования по показателю среднесуточного прироста живой массы форели, отображённые в таблице 21, демонстрируют следующую вариативность по периодам опыта: в группе К-1 – от 5,20 г до 5,70 г, в К-2 – от 4,84 г до 5,45 г, в О-3 – от 5,06 г до 5,62 г и в О-4 – от 4,87 г до 5,27 г соответственно.

Таблица 21 – Среднесуточный прирост массы подопытной форели, г

Период исследования, неделя	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
При постановке -5	5,20±0,05	4,98±0,06	5,06±0,04	4,84±0,03
5-10	5,64±0,02	5,28±0,02	5,44±0,03	5,22±0,04
10-15	5,70±0,03	5,46±0,06	5,62±0,03	5,27±0,05
15-20	5,38±0,02	5,18±0,02	5,30±0,05	5,05±0,04
20-22	5,35±0,03	5,10±0,03	5,25±0,04	4,90±0,05
При постановке -22	5,47±0,04	5,21±0,04	5,34±0,04 ^{*К-2}	5,08±0,03

За весь период исследований (22 недели) среднесуточный прирост массы особей группы К-1 был выше в сравнении с аналогами К-2, О-3 и О-4 соответственно на 4,76 %; 2,38 % и 7,13 %.

Форель группы О-3, получавшая опытный комбикорм, выработанный по рецепту № 1, имела среднесуточный прирост выше, чем аналоги из группы К-2 на 0,13 г, или 2,43 % и О-4 – на 0,26 г, или 4,87 %.

Следует отметить, что относительный прирост живой массы за период опыта был выше у особей 1-й группы контроля относительно всех групп в опыте соответственно на 42,0 %; 11,4 % и 53,7 %. У форели, получавшей опытный комбикорм, выработанный по рецепту № 1 (группа О-3), относительный прирост за этот период был выше, чем у особей 2-й группы контроля на 30,8 % и группы О-4 - на 42,3 %.

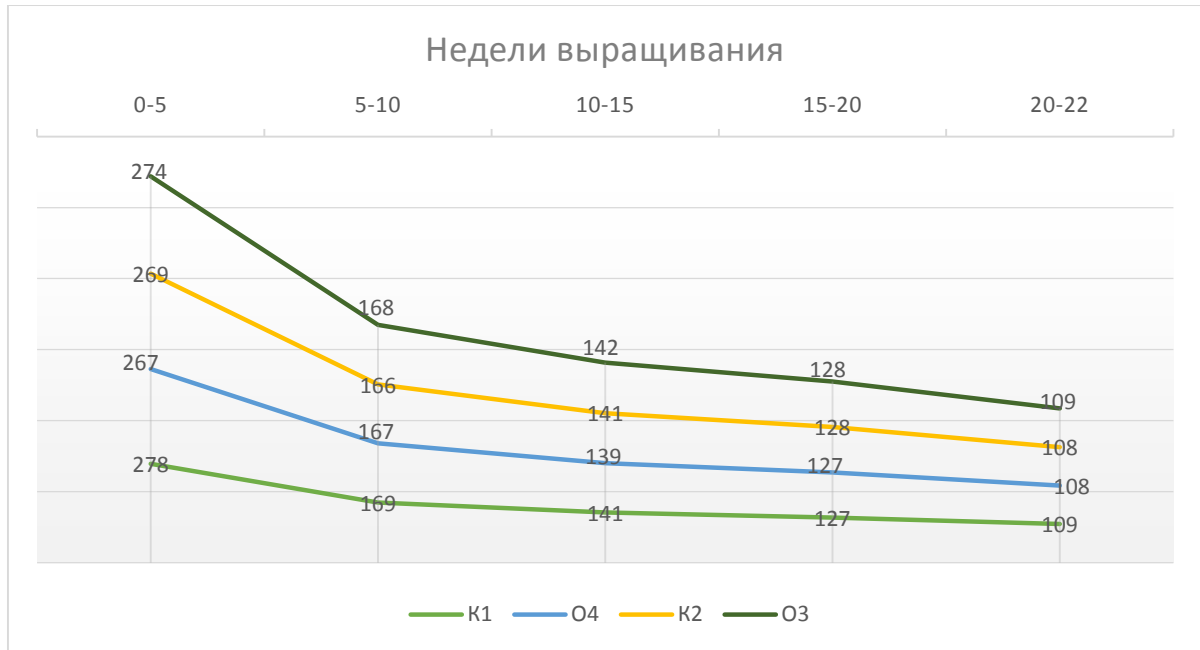


Рисунок 8 – График относительного прироста живой массы форели во всех группах в опыте №1

При анализе динамики относительного прироста живой массы форели по отдельным периодам роста установлена закономерность снижения его интенсивности с увеличением её возраста. (рисунок 8)

3.2.3 Гематологические показатели радужной форели

Для оценки эффективности применения изучаемых комбикормов на гематологические показатели радужной форели в испытательной лаборатории «Анализ кормов и продукции животноводства» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ были проведен анализ крови исследуемых рыб.

Забор крови осуществляли путем отсечения хвоста, и взятия проб из хвостовой вены у молоди радужной форели в конце опыта. Анализируя морфологические и биохимические показатели крови радужной форели подопытных групп, отражённые в таблице 22, можно сделать вывод, что все изучаемые показатели были в пределах физиологической нормы.

Таблица 22 – Гематологические показатели радужной форели по завершению опыта № 1

Показатель	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
Эритроциты, $10^{12}/л$	1,23±0,12	1,20±0,17	1,22±0,18	1,17±0,16
Лейкоциты, $10^9/л$	25,66±1,15	24,61±1,27	25,16±1,03	23,13±1,01
Тромбоциты, $10^9/л$	53,8±6,41	61,7±6,13	54,6±6,21	58,3±6,28
Гематокрит, %	28,7±1,10	31,4±1,30	28,9±1,30	27,5±0,90
Гемоглобин, г/л	53,8±3,25	52,7±2,94	53,2±3,13	49,8±2,68

По содержанию эритроцитов в крови рыб достоверных различий между контрольными и опытными группами не установлено, однако по количеству лейкоцитов особи группы О-4 уступали аналогам из обеих контрольных групп на 9,86 % и 6,01 % соответственно, а также были ниже группы О-3 на 8,07 %. При этом у форели групп К-1 и О-3, потреблявших комбикорма с более высоким уровнем сырого жира (24 %), концентрация лейкоцитов была больше, чем у аналогов, в рационе которых был комбикорм с содержанием жира на уровне около 20,0 %. Также, у форели групп К-1 и О-3 отмечаются более высокие показатели содержания в крови гемоглобина, тесно коррелирующий с продуктивностью.

Таким образом, результаты биохимических показателей сыворотки крови позволяют сделать вывод, что у форели из 1-й группы контроля, где использовался комбикорм Biomar Efisco Alpha 790 и у рыб из группы О-3, потреблявшей комбикорм, выработанный по рациону №1, отмечалось лучшее физиологическое состояние в сравнении с аналогами из 2-й группы контроля и группы О-4.

Результаты анализа сыворотки крови радужной форели подопытных групп свидетельствуют, что все показатели варьировали в диапазоне референсных значений. Однако отмечаются, как правило, недостоверные различия по группам, обусловленные потреблением кормов разных составов. Так общего белка в сыворотке крови форели, потреблявшей комбикорм компании Biomar Efisco Alpha 790, в группе было больше, чем у особей группы К-2 и О-4 на 3,98 % и 4,38 %. В группе О-3, где питательность корма была близка к

импортному аналогу, общий белок в сыворотке крови лишь немного уступал группе К-1 (-0,13 %), но был более высоким по сравнению с К-1 (+3,34 %) и О-4 (+3,74 %). Однако, при этом альбумина в сыворотке крови рыб группы К-2 содержалось больше, чем в остальных группах, на 6,76 % (К-1), 9,12 % (О-3) и 11,72 % (О-4) (таблица 23).

Таблица 23 – Биохимические показатели сыворотки крови рыб в опыте №1

Показатель	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
Общий белок, г/л	75,3±2,74	72,3±9,26	74,8±3,51	72,0±3,97
Альбумин, г/л	27,6±0,98	29,6±1,23	26,9±1,04	25,6±1,72
Глюкоза, ммоль/л	6,6±0,50	6,3±0,44	6,5±0,31	6,2±0,60
АЛТ, ед/л	10,5±0,81	9,8±0,32	10,1±0,40	9,4±0,27
АСТ, ед/л	141,6±11,62	139,0±4,51	139,8±5,16	136,9±4,15
ЛДГ, ед/л	639±26,20	620,7±12,4	634,5±18,04	618,2±15,91
Креатинин, мкмоль/л	76,9±9,14	73,4±4,06	75,5±3,28	73,2±4,06
Креатинкиназа, ед/л	978,4±21,36	975,2±18,90	977,8±19,85	976,7±19,03
Лактат, мг/дл	70,9±0,81	68,7±0,78	69,4±1,03	67,5±0,90
Мочевая кислота, мг/дл	7,12±0,55	70,2±0,57	71,4±0,66	68,8±0,41
Мочевина, мг/дл	25,4±0,31	24,7±0,42	25,7±0,42	23,9±0,25
Триглицериды, мг/дл	286,7±1,64	277,3±1,93	279,2±2,02	275,9±2,70
Холестерин, мг/дл	252,0±2,03	249,9±2,56	250,5±1,06	244,0±1,98
Щелочная фосфатаза, ед/л	52,0±2,16	51,9±2,52	51,6±2,40	51,4±1,89

В работах [6-8] сообщается, что глюкоза является источником энергии для организма и входит в состав лактозы и глюкогена. Продуктом распада глюкозы считается лактанион молочной кислоты. У форели групп К-1 и О-3 отмечено более высокое содержание в сыворотке крови фермента лактатдегидрогеназы (ЛДГ), что свидетельствует о более высокой ее подвижности.

У рыб в группах К-1 и О-3, получавших комбикорма с более высоким содержанием жира (24,0 %) и, соответственно, более высоким показателем переваримой энергии, в сыворотке крови был обнаружен более высокий уровень креатинина: 76,9 мкмоль/л и 75,5 мкмоль/л соответственно. По отношению к уровню креатинина в сравнении с аналогами их в контроле (К-2) и в опыте (О-4) разница составила 4,46 % и 3,05 %. С одной стороны, этот параметр свидетельствует о лучшем развитии мышечной ткани рыб. С другой стороны, более оптимальное соотношение незаменимых аминокислот корма с количеством энергии позволяет повысить уровень обменных процессов ор-

ганизма рыб и, соответственно, увеличить эффективную конверсию белков кормовых компонентов в белки тела.

Достоверных различий по содержанию креатинкиназы в сыворотке крови подопытной форели не установлено.

Важным показателем сыворотки крови является мочевины и мочевины кислоты, конечные продукты белкового распада, но по их содержанию в крови возможно судить об интенсивности обмена веществ в организме. Отмечены невысокие различия и недостоверные различия по содержанию этих веществ в крови подопытной форели.

Как и в случае с вышеуказанными показателями, в группах К-1 и О-3 отмечены тенденции к повышению в сыворотке крови подопытной форели триглицеридов и холестерина, участвующих в липидном обмене. Это также может быть связано с более высоким уровнем жиров в соответствующих рационах и интенсивностью соответствующих биохимических процессов. Так в сыворотке крови рыб контрольных групп К-1 и К-2 разница в уровне триглицеридов составила 9,4 мг/дл или 3,35 %, а разница в опытных группах О-3 и О-4 – 3,3 мг/дл и 1,18 % соответственно. По уровню холестерина различия между К-1 и К-2 и между О-3 и О-4 составили, соответственно, 0,8 % и 2,6 %. Существенной и достоверной разницы в сыворотке крови подопытной форели по содержанию щелочной фосфатазы, отвечающей за минеральный обмен в организме и отложение кальция в чешуе и костной ткани, не отмечено.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что опытные комбикорма не оказали отрицательного влияния на гематологические показатели молоди радужной форели и показали сопоставимые результаты в сравнении с импортными кормами.

3.2.4 Бактериологические исследования особей радужной форели для оценки влияния изучаемых комбикормов на микрофлору кишечника

Радужную форель в период проведения опыта исследовали на выявление вирусных заболеваний. Также были проведены исследования на бактериальную микрофлору, которые показали отрицательные результаты, что свидетельствовало о благополучной эпизоотической ситуации на предприятии.

Микрофлора кишечника гидробионтов участвует в поддержании стабильности процессов пищеварения. У лососевых видов рыб она основывается на врожденной микробиоте совместно с искусственно вселенными микроорганизмами. Таким образом, в лаборатории проведено выявление 13 ведущих показателей, характерных для кишечной флоры объектов рыбоводства. Результаты анализа молоди форели выявили наличие следующих родов и групп микроорганизмов:

1) Бифидобактерии (*Bifidobacterium*) – род грамположительных анаэробных бактерий (имеют ведущую роль в нормализации микробиоценоза кишечника, улучшении процессов всасывания и гидролиза жиров, белкового и минерального обмена, синтезе биологически активных веществ, в том числе, витаминов) в норме во всех пробах;

2) Лактобактерии (*Lactobacillus*) – род грамположительных анаэробных не образующих спор молочнокислых бактерий (способны сбраживать сахара, в организме животных играют роль иммуномодуляторов, повышая активность нейтрофилов и макрофагов, усиливают синтез иммуноглобулинов. Благодаря синтезу молочной кислоты поддерживают кислую среду в кишечнике, благодаря чему подавляется рост грибков рода *кандида*, патогенных микроорганизмов. Помогают в переваривании белков и жиров, трансформируя их в легкоусвояемую форму) находятся в норме во всех анализах;

3) Энтерококки (*Enterococcus*) – род грамположительных бактерий семейства Enterococcaceae. Являются частью микрофлоры, условно патогенные, в норме участвуют в синтезе витаминов, расщепляют сложные углево-

ды, не дают размножаться другим патогенным микроорганизмам, усиливают иммунитет. Находятся в норме во всех анализах;

4) Клостридии (*Clostridium*) – род грамположительных, облигатно анаэробных бактерий, способных продуцировать эндоспоры. Входят в состав нормальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта. В норме во всех пробах;

5) *E. coli* (*Escherichia coli*) типичные – род грамотрицательных палочковидных бактерий. Большинство штаммов не являются патогенными и способствуют процессу пищеварения и образованию витаминов, например, В12, К1 и К2, т. е. с нормальной ферментативной активностью. Условно патогенные микроорганизмы, которые вместе с бифидо- и лактобактериями относятся к группе защитной микрофлоры кишечника. В пробах их содержание ниже нормы;

6) *E. coli* (*Escherichia coli*) лактозонегативные – род грамотрицательных палочковидных бактерии. Условно патогенны, заселяют кишечник животного в первые двое суток после появления на свет. В желудке *E. coli* не задерживаются по причине неподходящей, кислой, среды. В норме *E. coli* заселяют задний отдел кишечника и прикрепляются к его стенкам, где и живут все время, пока жив их носитель. До уровня в 10^5 КОЕ/г (это составляет всего 1 % от всех микроорганизмов в кишечнике) они полезны: вырабатывают витамины группы В, лактат, янтарную, муравьиную, уксусную и молочную кислоты, биотин, витамин К, без которых не может быть нормального переваривания пищи, не дают многим патогенным бактериям поселиться в толстой кишке. Избыточный рост лактозонегативных *E. coli* более 10^5 КОЕ/г провоцирует их миграцию в больших количествах в передний отдел кишечника, вызывая дисбактериоз;

7) *E. coli* (*Escherichia coli*) гемолитические – род грамотрицательных палочковидных бактерии. Грамотрицательность дает большую устойчивость при воздействии иммунной системы и лекарственных препаратов. При содержании в норме и при хорошем иммунитете организма вырабатывает жирные

кислоты, витамины группы В, участвует в обменных процессах. При неблагоприятных факторах: пищевое отравление, снижение иммунитета начинает интенсивно размножаться, образуя колонии в кишечнике. Заражение происходит пищевым путем. Чтобы произошло заражение животного организма, необходимо, чтобы в организм попало большое количество бактерий в условиях употребления инфицированных кормов. Вызывают воспалительный процесс и структурные изменения в кишечнике. Содержащие *E. coli* гемолитические животные отличаются плохой усвояемостью принимаемой пищи. При своевременном лечении это состояние обратимое. В целом в организме одной особи всех условно-патогенных *E. coli* должно быть от 10^7 до 10^8 КОЕ/г. Если этот показатель уменьшен до значений 10^6 КОЕ/г, диагностируют дисбактериоз I степени;

8) Цитробактер (*Citrobacter braakii*) – род грамотрицательных, не образующих спор, факультативно анаэробных бактерий, входит в семейство энтеробактерии. Являются условно патогенными представителями микрофлоры и при содержании в норме являются частью её нормального состава. Основной способ передачи – фекально-оральный. Микроорганизмы в основном поражают задний отдел кишечника, провоцируют нарушение функционирования желудка и кишечного тракта;

9) Стафилококки сапрофитный (*Staphylococcus saprophyticus*) и эпидермальный (*Staphylococcus epidermidis*) – род грамположительных анаэробных микроорганизмов. Относится к условно патогенной микрофлоре. В норме обнаруживаются во всех пробах;

10) Дрожжеподобные грибы рода *Candida* – овальные почкующиеся аэробные дрожжевые клетки, являются частью нормальной микрофлоры. В норме обнаруживаются во всех пробах;

11) Неферментирующие бактерии – неспособные осуществлять процессы брожения. Группа грамотрицательных микроорганизмов разных семейств и родов. В норме обнаруживаются во всех пробах;

12) Патогенная флора – возбудители инфекционных заболеваний, кото-

рые в норме не присутствуют в организме – клебсиелла, грибковые, некоторые простейшие;

Согласно результатам лабораторных исследований, наибольшее количество лактобактерий было зафиксировано в группе К-2, остальные группы имели идентичные показатели (таблица 24).

Различий по содержанию бифидобактерий, клостридий и дрожжеподобных грибов рода *Candida* во всех группах обнаружено не было, показатели находились в пределах физиологической нормы.

Содержание энтерококков в группах К-2, О-3 и О-4 было несколько выше, чем 1-й группе контроля.

Гемолитические *E.coli*, золотистый стафилококк, неферментирующие бактерии во всех группах обнаружены не были.

Типичные *E.coli*, условно-патогенные энтеробактерии *Citrobacter braakii*, а так же Стафилококки (сапрофитн., эпидерм.) в группах К-1 и О- 4 превышали показатели в группах К-2 и О-3, но находились в пределах физиологической нормы, что, по всей видимости, связано с более высокой напряженностью роста в данных группа.

Таким образом, по результатам исследования можно констатировать, что опытные образцы комбикормов, разработанные соискателей, не оказали отрицательного воздействия на состав микробиоты кишечника радужной форели.

Таблица 24 – Обобщенные результаты анализа микрофлоры кишечника форели

№ п/п	Наименование микроорганизмов	К-1, КОЕ/г	К-2, КОЕ/г	О-3, КОЕ/г	О-4, КОЕ/г	Норма		
						Возраст, годы		
						<1	1-60	>60
1	Бифидобактерии	<10 ⁸	<10 ⁸	<10 ⁸	<10 ⁸	10 ¹⁰ – 10 ¹¹	10 ⁹ – 10 ¹⁰	10 ⁸ – 10 ⁹
2	Лактобактерии	<10 ⁶	<10 ⁸	<10 ⁶	<10 ⁶	10 ⁶ – 10 ⁷	10 ⁷ – 10 ⁸	10 ⁶ – 10 ⁷
3	Энтерококки	<10 ⁵	<10 ⁶	<10 ⁶	<10 ⁶	10 ⁵ – 10 ⁷	10 ⁵ – 10 ⁸	10 ⁶ – 10 ⁷
4	Клостридии	<10 ⁵	<10 ⁵	<10 ⁵	<10 ⁵	≤10 ³	≤10 ⁵	≤10 ⁶
5	E. coli типичные	10 ⁵	<10 ³	< 10 ³	<10 ⁵	10 ⁷ – 10 ⁸	10 ⁷ – 10 ⁸	10 ⁷ – 10 ⁸
6	E. coli лактозонегативные	Не обнаружены	10 ⁷	10 ⁷	<10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵
7	E. coli гемолитические	Не обнаружены	Не обнару- жены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
8	Другие условно-патогенные энтеробактерии Citrobacter braakii	10 ³	Не обнаружены	Не обнаружены	10 ³	<10 ⁴	<10 ⁴	<10 ⁴
9	Стафилокк (золотистый)	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
10	Стафилококки (сапрофитн., эпидерм.)	<10 ⁴	Не обнаружены	Не обнаружены	<10 ⁴	≤10 ⁴	≤10 ⁴	≤10 ⁴
11	Дрожжеподобные грибы ро- да Candida	<10 ⁴	<10 ⁴	<10 ⁴	<10 ⁴	≤10 ³	≤10 ⁴	≤10 ⁴
12	Неферментирующие бакте- рии	Не обнару- жены	Не обнару- жены	Не обнару- жены	Не обнару- жены	≤10 ³	≤10 ⁴	≤10 ⁴

3.2.5 Химический и биохимический состав мяса подопытной форели

В работах ряда исследований [11, 31, 39] отмечается влияние на пищевую ценность мяса рыб условий их кормления, содержания и т.д. В свою очередь пищевая ценность мяса рыбы обуславливается ее химическим и биохимическим составом. Результаты проведенных анализов свидетельствуют, что наиболее высокое содержание сухого вещества выявлено в мясе рыб 1-й контрольной группы, потреблявших комбикорм Biomar Efico Alpha 790 с содержанием жира 24 %, и самое низкое – в мясе рыбы группы О-4. Так в мясе рыб 1-й группы контроля сухого вещества содержалось больше, чем у особей групп К-2, О-3 и О-4 соответственно на 1,7 %, 1,04 % и 3,54 %, белка – на 1,69 %, 1,42 %, и 1,85 %, жира на – 15,83 %; 15,11 % и 15,83 % (таблица 25).

Таблица 25 - Химический состав мяса подопытной форели %

Показатель	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
Сухое вещество, %	26,84±0,41	26,34±0,34	26,56±0,31	25,89±0,30
Влага, %	73,16±0,41	73,66±0,34	73,44±0,31	74,11±0,30
Белок, %	18,97±0,33	18,65±0,30	18,70±0,24	18,62±0,25
Жир, %	6,71±0,07	6,52±0,09	6,68±0,06	6,10±0,10
Зола, %	1,39±0,05	1,17±0,06	1,18±0,05	1,17±0,03

Принципиальным отличием проведённых анализов снова стал тот факт, что в мясе радужной форели групп К-1 и О-3 сухого вещества, белка и жира содержалось больше, чем у аналогов групп К-2 и О-4. Таким образом, у форели 1-й и 3-й групп, потреблявших комбикорма, содержащие в своем составе 24,0 % жира, был более оптимальный химический состав тела сухого вещества в мясе возросло за счет жировой ткани.

С учётом того факта, что биологическая ценность мяса рыбы зависит во многом от его аминокислотного состава, проведенные исследования, отражённые в таблице 26, показали, что опытные комбикорма, разработанные с использованием современных подходов к питательности сырья и готовых кормов, не оказали какого-либо отрицательного влияния на аминокислотный состав мяса подопытной радужной форели.

Таблица 26 – Аминокислотный состав мяса подопытной радужной форели,
г/100 г

Показатель	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
Незаменимые аминокислоты				
Аргинин	1,376	1,346	1,372	1,361
Валин	1,100	1,032	0,994	0,978
Гистидин	0,589	0,592	0,607	0,578
Изолейцин	0,896	0,871	0,885	0,864
Лейцин	1,718	1,650	1,649	1,647
Лизин	2,063	1,890	1,927	1,850
Метионин	0,598	0,632	0,688	0,616
Треонин	0,886	0,804	0,841	0,772
Триптофан	0,241	0,230	0,234	0,236
Фенилаланин	0,795	0,786	0,788	0,761
Всего незаменимых аминокислот	10,262	9,833	9,985	9,633
Заменимые аминокислоты				
Аланин	1,300	1,241	1,246	1,217
Аспарагиновая кислота	2,164	2,072	2,124	2,004
Глицин	1,001	0,986	0,981	0,978
Глутаминовая кислота	2,970	2,852	2,934	2,807
Пролин	0,694	0,720	0,709	0,751
Серин	0,915	0,952	0,970	0,946
Тирозин	0,719	0,678	0,693	0,681
Цистин	0,241	0,238	0,237	0,234
Всего заменимых аминокислот	10,004	9,739	9,924	9,618
Индекс	1,03	1,01	1,01	1,01

В мясе форели (группы К-1 и О-3), потреблявшей комбикорма с содержанием в своем составе 24,0 % жира, отмечалась тенденция более высокого содержания заменимых аминокислот в сравнении с кормами с пониженным уровнем сырого жира и, соответственно, переваримой энергии корма.

Показатели аминокислотного индекса мяса рыб подопытных групп (соотношение между количеством незаменимых и заменимых аминокислот) варьировали довольно в узких пределах от 1,03 (группа К-1) до 1,01 (группы К-2, О-3 и О-4). Следовательно, использование опытных комбикормов молоди радужной форели не оказало какого-либо отрицательного влияния на аминокислотный состав ее мяса и было сопоставимо с влиянием на аминокислотный состав мяса кормов импортного производства.

3.2.6 Результаты органолептической оценки мышечной ткани

Химические и физические методы исследования мяса рыбы способствуют определению состава, входящих в него питательных веществ и консистенции, для определения же вкусовых качеств необходимо проводить органолептическую оценку. Органолептический анализ заключается в выявлении качественных отличий или определении общего, или частичного качества пищевых продуктов с помощью органов чувств. Метод субъективный, но является завершающим этапом при определении качества пищевых продуктов, в том числе и рыбы. Органолептические исследования рыбного филе и бульона проводили методом парных сравнений, который основан на сравнении двух подобных образцов со слабовыраженными различиями, представленными в паре. Результаты органолептической оценки выражали посредством пятибалльной шкалы по методике Сафроновой Т. М. (1998). Органолептическую оценку качества мышечной ткани и бульона подопытных рыб проводили с целью изучения влияния на ее пищевую ценность контрольных и опытных комбикормов. Готовые продукты – бульон и вареное рыбное мясо – оценивались по ряду свойств, значение которых базировалось на сенсорных показателях, сгруппированных на научных принципах. Вареное рыбное мясо оценивали по вкусу, сочности, запаху, жесткости, волокнистости и цвету. Рыбный бульон – по цвету, вкусу, аромату, наваристости, прозрачности и капелькам жира. Профилограммы образцов варёного мяса радужной форели и рыбного бульона представлены на рисунках 9 и 10.

Полученные нами данные органолептической оценки рыбного филе показывают, что мясо радужной форели опытных групп имело более приятный цвет, отличалось хорошим вкусом, сочностью, нежной консистенцией и мягкостью. По итогам дегустации рыбного бульона, полученного при варке радужной форели опытной группы, пришли к выводу, что рыбный бульон во всех группах был аппетитным, ароматным и густым, имел привлекательный цвет и был прозрачен, капельки жира присутствовали в большом количестве.

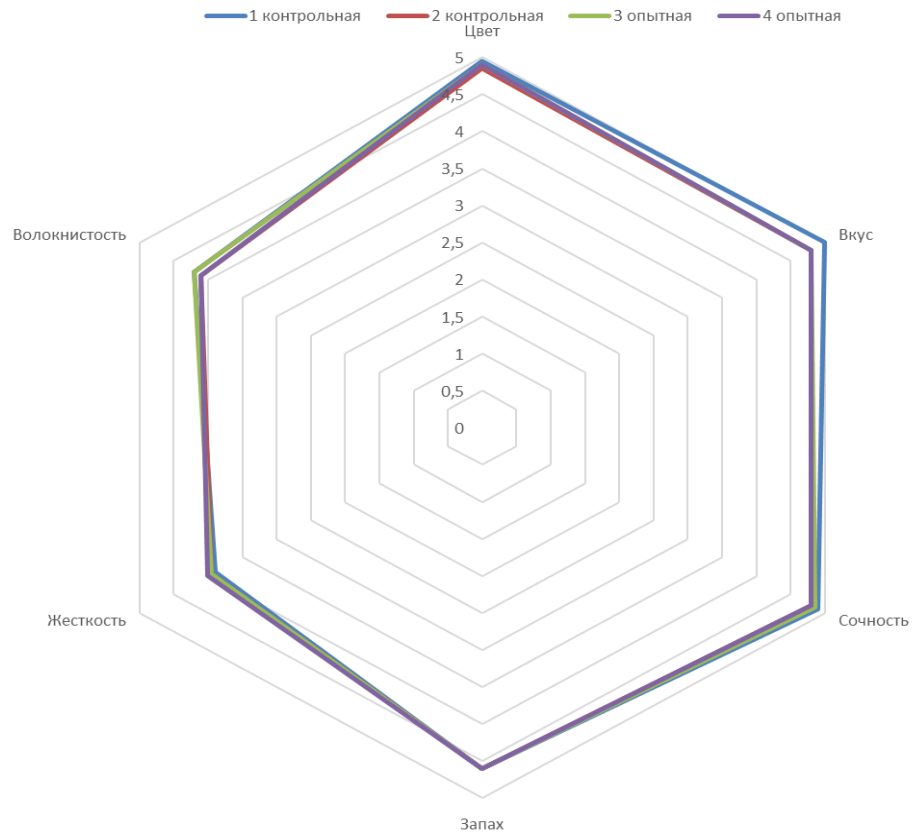


Рисунок 9 – Профилограмма образцов вареного рыбного мяса радужной форели

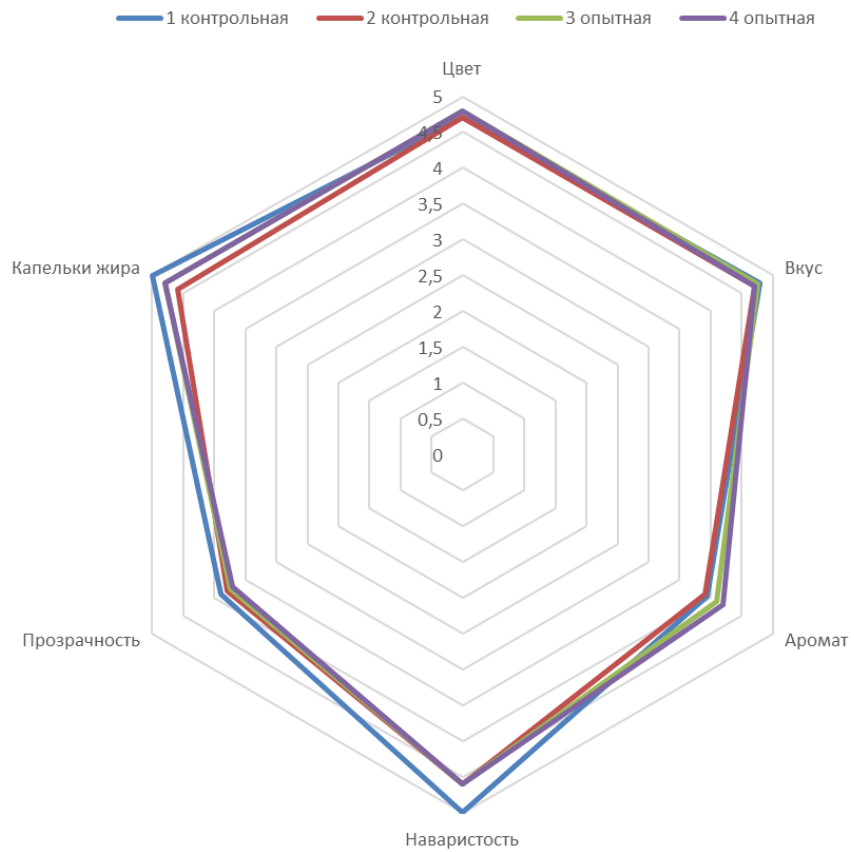


Рисунок 10 – Профилограмма образцов рыбного бульона радужной форели

Анализ результатов органолептической оценки позволяет сделать вывод, что применение в кормлении радужной форели опытных комбикормов не оказало негативного влияния на органолептические свойства ее мяса и бульона.

3.2.7 Интерьерные показатели подопытной форели

В работе отдельных исследований [42, 47, 52] отмечается, что уровень кормления, структура рациона оказывают непосредственное влияние на интерьерные показатели рыб. Особенно это влияет на степень развития внутренних органов объекта.

В наших исследованиях установлено, что масса внутренних органов подопытной форели и, в особенности печени, находилась в пределах физиологической нормы, что свидетельствует об отсутствии негативного влияния опытных комбикормов на организм и интерьерные показатели подопытной форели (таблица 27).

Таблица 27 – Относительные интерьерные признаки радужной форели

Показатель	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
Масса рыб, г	945,2	905,0	925,2	884,5
Процентное отношение к массе тела, %				
Сердце	0,33	0,31	0,32	0,29
Печень	2,39	2,37	2,21	2,31
Селезенка	0,13	0,11	0,13	0,10
ЖКТ	6,20	6,11	6,14	5,80
Жир	2,31	2,02	2,25	2,08
Почки	1,24	1,23	1,21	1,18
Голова	9,62	9,89	9,74	10,20
Жабры	3,11	3,32	3,20	3,35
Тушка	68,26	67,71	67,96	67,30

Наблюдалась тенденция получения более высоких числовых значений по большинству показателей у рыб, потреблявших импортный корм Biomar Efico Alpha 790 и опытный корм №1 с высоким содержанием сырого жира (24 %) и переваримой энергии.

Уровень кормления, полноценность рациона рыб, по мнению ряда исследователей, оказывает влияние на их пластические (качественные) призна-

ки. В наших исследованиях установлена тенденция незначительного превосходства молоди форели, потреблявшей импортный корм Biomar Efico Alpha 790 радужной форели, и опытного комбикорма № 1 с содержанием сырого жира в 24,0 %, над аналогами в группах К-2 и О-4 по показателям величины основных промеров тела.

Таблица 28 – Экстерьерные показатели подопытной форели в конце опыта

Промеры и индекс тела	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
Масса тела г	945,2±4,27	905,0±3,97	925,2±4,42	884,5±4,14
Длина тела, см	44,1±0,70	43,5±0,56	43,7±0,51	42,8 ±0,62
Высота тела, см	10,2±0,15	9,8±0,12	10,0±0,09	9,6±0,09
Толщина тела, см	5,3±0,11	5,0±0,07	5,2±0,15	4,9±0,13
Наибольший обхват тела, см	23,9±0,04	23,1±0,08	23,7±0,03	22,8±0,06
Коэффициент упитанности, %	1,10±0,01	1,10±0,01	1,11±0,01	1,12±0,02
Индекс прогонистости, %	4,32±0,04	4,44±0,02	4,37±0,04	4,46±0,03
Индекс обхвата, %	54,19±0,30	53,10±0,25	54,23±0,38	53,21±0,42
Индекс толщины, %	12,02±0,02	11,49±0,03	11,89±0,02	11,45±0,01

Исходя из результатов, приведённых в таблице 28, можно заключить, что по большинству признаков – массе, длине, высоте, толщине и наибольшему обхвату тела, а также по индексу толщины – особи 1-й группы контроля имели более высокие значения в сравнении со всеми остальными группами в опыте. При этом наибольшие различия были получены лишь для высоты тела в 0,4 см с группой К-2 и для наибольшего обхвата тела – в 0,8 см с группой К-2 и в 1,1 см с группой О-4.

Несмотря на тот факт, что у форели группы О-3 в сравнении с аналогами из группы К-2 и О-4 большинство показателей превышали аналогичные в этих группах, достоверной была только разница по наибольшему обхвату тела в 0,9 см.

При этом показатели индексов тела рыб различались по всем испытуемым группам незначительно и недостоверно. Так индексы упитанности варьировали по группам от 1,10 % до 1,12 % индексы прогонистости – от 4,32 % до 4,46 %, индексы обхвата – от 53,10 % до 54,23 %, индекс толщины – от 11,45 % до 12,02 %.

Выявлена тенденция к наиболее высоким индексам обхвата и толщины тела у форели в группах К-1 и О-3.

Исходя из полученных результатов измерений можно констатировать, что опытные комбикорма не оказали негативное влияние на развитие экстерьера у подопытной форели и были сопоставимы по своему влиянию на пластические признаки рыб с влиянием кормов иностранного производства.

3.2.8 Результаты опыта № 2

На втором этапе работы нами ставилась задача определить эффективность использования импортных и опытных отечественных комбикормов в кормлении радужной форели живой массой 950-3100 г. Продолжительность второго опыта составила 50 недель. Опыт проводился в период с 01.08.2020 г. по 11.07.2021 г. (таблица 29).

Таблица 29 – Схема проведения опыта №2

Группа	Объем бассейна	Количество рыб в группе	Продолжительность опыта недель/дней	Корм
К-1 (контрольная)	1,25 м ²	50	50/350	Biomar Efico Alpha790
К-2 (контрольная)	1,25 м ²	50	50/350	Biomar Efico Alpha717
О-3 (опытная)	1,25 м ²	50	50/350	Опытный комбикорм № 1
О-4 (опытная)	1,25 м ²	50	50/350	Опытный комбикорм № 2

Для проведения исследований были сформированы четыре группы радужной форели по 50 голов в каждой, живой массой 952,8-954,0 г. Подопытное поголовье рыб содержалось в бассейне площадью 1,25 м².

Кормление подопытной форели во втором опыте проводилось аналогичными первому опыту комбикормами по принятой изначально схеме. Процесс кормления форели проводился в светлое время суток.

Суточную дозу кормов, кратность кормления рыб определяли с учетом массы рыб, температуры воды, количества растворенного в воде кислорода.

Экспериментальное исследования проводились в Центре разведения ценных пород осетровых ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Температура воды в бассейне после предварительного подогрева и аэрации была +17...18 °С. Данные по гидрохимическому составу воды представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Гидрохимический состав воды

Показатели	Неделя опыта					Требования
	1	5	51	30	45	
рН	7,4	7,4	7,5	7,4	7,6	7,0-8,0
Кислород, мг/л	9,8	9,7	9,7	9,6	9,7	не менее 7,0
Азот аммонийных соединений, мг/л	0,24	0,19	0,24	0,25	0,24	0,5
Азот нитритов, мг/л	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Азот нитратов, мг/л	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	1
Общая жесткость, мг-экв/л	2,8	2,8	0,9	2,7	2,9	3,8-4,2
Хлориды, мг/л	-	-	-	-	-	20-35
Марганец, мг/л	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Железо, мг/л	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,5
Температура, °С	17,5	17,8	17,4	17,5	17,4	14-18

Ежесуточно в бассейне проводилась замена воды в количестве от 12 % до 15 % от общего объема. Замена вода проводилась каждый час. Поступающая в бассейн вода проходила минерализацию и биологическую обработку.

Проведенные исследования гидрохимических свойств воды в бассейне свидетельствуют о ее безопасности для подопытной форели ввиду ей соответствия всем предъявляемым требованиям по качеству.

Наблюдение за потреблением корма подопытной форелью показало, что наиболее активными в поедании кормов были особи, потребившие комби-корма компании Biomar Efisco Alpha 790 и опытного корма, выработанного по рецепту № 1. При этом было установлено, что форель 1-й группы контроля набирала массу тела более интенсивно в сравнении с аналогами из всех групп в эксперименте. Так, средняя живая масса особей группы К-1 в конце опыта была больше, чем у аналогов групп К-2, О-3 и О-4 на 99,85 г, или 3,14 %; 46,8 г, или 1,47 % и 191,85 г, или 6,03 % соответственно. Итоговая ихтиомасса в конце опыта также была выше в группе К-1 по отношению к аналогам в других группах соответственно на 7,87 кг, или 5,15 %; 2,24 кг, или 1,47 % и 12,20

кг, или 7,98 %. При этом форель группы О-3 превосходила по ихтиомассе аналогов из групп К-2 и О-4 на 5,63 кг, или 3,74 % и 9,96 кг, или 6,62 % (таблица 31).

Таблица 31 – Рыбоводные показатели радужной форели

Показатель	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
Количество форели в начале опыта, гол	50	50	50	50
Количество форели в конце опыта, гол	48	47	48	47
Сохранность, %	96	94	96	94
Живая масса в начале опыта, г	953,60±4,67	953,10±3,81	954,0±4,73	952,8±5,12
Живая масса в конце опыта, г	3183,40±9,64	3083,55±10,17	3136,60±9,18	2991,55±8,67
Суммарная ихтиомасса в конце опыта, кг	152,80	144,93	150,56	140,60
Абсолютный прирост, г	2229,80±8,15	2130,45±9,45	2182,60±7,56	2038,75±8,04
Коэффициент конверсии корма, кг/кг	1,16	1,28	1,17	1,29

За период опыта по причинам, не относящимся к качеству комбикормов, выбыло по 2 головы форели в группах К-1 и О-3 и по 3 головы – в группах К-2 и О-4. Таким образом, сохранность форели во всех группах никак нельзя соотнести с параметрами питательности кормов и их воздействием на организм рыб.

Коэффициент конверсии корма в данном опыте оказался наименьшим в 1-й группе контроля и составили 1,16 кг, но при этом, в группе О-3 данный показатель в 1,17 кг корма на 1 кг прироста находился практически на аналогичном уровне. Что касается затрат корма в группах К-2 и О-4, то они были существенно выше на уровнях 1,28 и 1,29 соответственно. Полученное расхождение между парами К-1 и О-3, К-2 и О-4, как и в первом опыте, указывает на более эффективное воздействие на рост рыбы кормов с более высоким уровнем сырого жира (24 % против 21 %) и переваримой энергии.

3.2.9 Рост и развитие подопытной форели

При изучении интенсивности роста рыб большое значение имеют такие показатели, как динамика живой массы и ее абсолютный, среднесуточный и относительный прирост, определяемые за весь период выращивания и по отдельным временным интервалам.

Так, при постановке на опыт различия в живой массе по группам форели были незначительными и не превышали значений ошибки выборки. После 10 недель выращивания наиболее высокие показатели живой массы были отмечены у форели групп К-1 и О-3.

Оценивая динамику живой массы форели, обозначенную в таблице 32, следует отметить, что рыбы из группы К-1, потреблявшей корм Биомар Еfисо Alpha 790, на 10-й неделе опыта превышали по данному показателю результаты аналогов из всех остальных групп опыта соответственно на 14,5 г, или 1,04 %; 2,4 г, или 0,17 % и 23,6 г, или 1,7 %.

Таблица 32 – Динамика живой массы подопытной форели, г

	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
При постановке	953,6±4,67	953,1±3,81	954,0±4,11	952,8±5,12
В период опыта недель:				
5	1172,7±5,02	1165,9±4,70	1171,0±5,16	1160,7±5,11
10	1394,6±4,97	1380,1±4,96	1392,2±5,48	1371,0±5,27
15	1622,8±6,20	1599,2±7,01	1616,2±6,17	1582,8±5,93
20	1857,5±6,39	1814,4±5,98	1831,8±6,02	1795,6±4,02
25	2079,4±5,81	2032,1±6,02	2051,6±5,64	2002,1±4,70
30	2308,2±6,06	2242,1±7,25	2273,5±6,50	2207,9±5,12
35	2527,3±6,34	2456,3±6,22	2493,3±5,63	2408,1±5,90
40	2751,5±7,20	2667,7±5,98	2712,4±6,05	2526,9±6,31
45	2967,1±6,54	2874,2±6,23	2925,9±7,33	2715,9±5,84
50	3183,4±7,19	3083,5±6,96	3136,6±7,69	2991,5±6,25

После двадцати недель выращивания разница составили 43,1 г или 2,32; 25,7 г или 1,38 % и 61,9 г, или 3,33 %. После 30-й недели разница составила соответственно 66,1 г или 2,86 %; 34,7 г или 1,50 %, и 100,3 г, или 4,35 %. На период в сорок недель особи в 1-й группе контроля превышали анало-

гов на 83,8 г, или 3,05 %; 39,1 г, или 1,42 % и 224,6 г, или 8,16 %, а в пятьдесят недель – 99,9 г, или 3,31 %; 46,8 г, или 1,47 % и 191,9 г, или 6,03 %.

Следует отметить, что согласно тенденции, выявленной в опыте № 1, у форели группы О-3 масса тела была больше, чем у аналогов группы О-4 во все возрастные периоды. По итогу, после 50 недель выращивания, это различие составило 145,1 г, или 4,63 %. При этом динамика абсолютного прироста живой массы по периодам исследования имела аналогичную закономерность. Так наиболее высокие показатели абсолютного прироста отмечались практически во всех опытных группах в период выращивания от 5 до 10; 10-15; 15-20; 20-25; 25-30; 30-35 недель, а затем наблюдалась тенденция к его снижению.

За 50 недель выращивания абсолютный прирост форели в 1-й группе контроля составил 2229,8 г, что больше чем аналогов других групп в опыте соответственно на 99,35 г, или 4,45 %; 47,20 г, или 2,12 % и 191,05 г, или 8,57%. У рыб группы О-3 абсолютный прирост был больше, чем у аналогов группы О-4 за весь период опыта на 143,85 г, или 6,59 % (таблица 33).

Таблица 33 – Абсолютный прирост подопытной форели

Неделя исследования	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
При постановке -5	219,10±2,90	212,80±2,70	217,00±2,66	207,90±3,94
5-10	221,9±03,79	214,20±3,18	221,20±2,48	210,35±2,60
10-15	228,2±3,62	219,10±3,16	224,00±3,80	211,75±3,11
15-20	234,7±3,17	215,25±2,54	215,6±2,58	212,8±2,75
20-25	221,90±2,50	217,70±3,02	219,80±3,15	206,50±2,91
25-30	228,80±2,46	210,00±2,76	221,90±2,94	205,80±3,42
30-35	219,10±3,64	214,20±1,91	219,8±2,17	200,20±2,16
35-40	224,20±2,20	211,40±2,83	219,10±3,05	198,80±3,50
40-45	215,60±3,71	206,50±2,60	213,50±2,36	189,00±3,02
45-50	216,30±8,97	209,30±2,73	210,70±3,01	195,65±2,64
При постановке -50	2229,80±9,12	2130,45±10,26	2182,60±9,48	2038,75±8,74

При этом, среднесуточный прирост живой массы у подопытной форели по периодам выращивания в 1-й группе контроля варьировал от 4,71 г до 6,16 г и во 2-й группе контроля – от 5,90 г до 6,26 г соответственно, а в группах О-3 и О-4 – от 6,02 г до 6,40 г и от 5,40 г до 6,08 г соответственно (таблица 34).

Таблица 34 – Среднесуточный прирост подопытной форели

Неделя исследования	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
При постановке -5	6,26±0,02	6,08±0,03	6,20±0,01	5,94±0,02
5-10	6,34±0,01	6,12±0,02	6,32±0,03	6,01±0,02
10-15	6,52±0,02	6,26±0,03	6,40±0,02	6,05±0,04
15-20	6,71±0,02	6,15±0,02	6,26±0,04	6,08±0,01
20-25	6,34±0,03	6,22±0,04	6,28±0,01	5,90±0,02
25-30	6,54±0,02	6,00±0,03	6,34±0,02	6,58±0,01
30-35	6,26±0,01	6,12±0,02	6,28±0,03	5,72±0,04
35-40	6,41±0,02	6,04±0,04	6,26±0,02	5,68±0,03
40-45	6,16±0,02	5,90±0,02	6,10±0,02	5,40±0,02
45-50	6,18±0,01	5,98±0,03	6,02±0,01	5,56±0,03
При постановке -50	6,37±0,02	6,09±0,02	6,24±0,02	5,82±0,03

По итогам выращивания. в среднем за 50 недель исследований среднесуточный прирост живой массы форели в группе К-1 был выше, чем у аналогов групп К-2, О-3 и О-4 соответственно на 0,28 г, или 4,53 %; 0,13 г, или 2,10 % и 0,55 г, или 8,90% . Различие среднесуточного прироста форели в группе О-3 по сравнению с аналогами в группе О-4 составило 0,46 г, или 8,27 %.

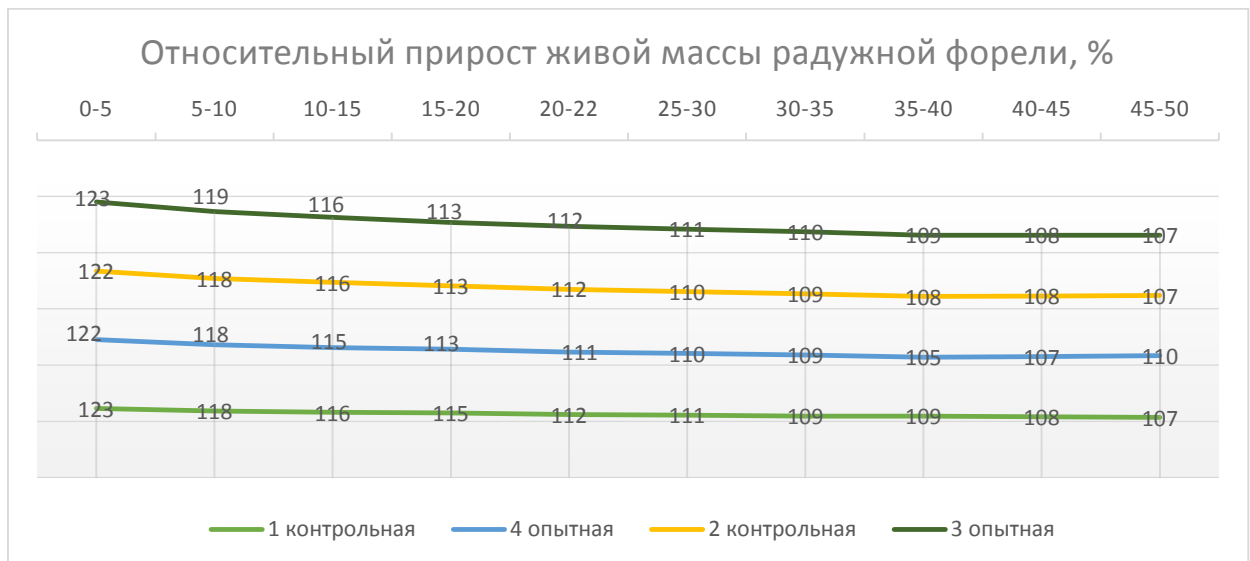


Рисунок 11 - График относительного прироста живой массы форели во всех группах в опыте №2

Для более наглядного сравнительного анализа особенностей роста подопытной форели был рассчитан относительный прирост ее массы по периодам роста (рисунок 11). Установлено, что и по относительному приросту жи-

вой массы форель в группах К-1 и О-3 превосходила своих аналогов в группах К-2 и О-4 на всём протяжении периода выращивания.

3.2.10 Экстерьерные особенности подопытной форели

В процессе проведения опыта также было изучено влияние исследуемых комбикормов на экстерьерные показатели подопытной форели. Следует отметить, что существенных различий по промерам экстерьерных статей у рыб подопытных групп не установлено. При этом было установлено, что наиболее значимыми показателями основных промеров тела обладали особи, потребляющие комбикорм Biomar Efico Alpha 790 и опытный корм, выработанный по рецепту № 1 (24 % жира), поэтому у рыб групп К-1 и О-3 имелась тенденция к превышению значений основных промеров в сравнении с рыбой в других группах.

Таблица 35 – Экстерьерные показатели подопытной форели при снятии с опыта

Промеры и индекс тела	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
Масса тела г	3183,40	3083,55	3136,60	2991,55
Длина тела, см	60,4±0,53	60,1±0,07	60,2±0,56	59,8 ±0,49
Высота тела, см	16,9±0,20	16,2±0,18	16,6±0,15	15,9±0,13
Толщина тела, см	8,9±0,07	8,6±0,05	8,8±0,07	8,5±0,10
Наибольший обхват тела, см	37,8±0,23	37,6±0,21	37,7±0,18	37,2±0,19
Индекс упитанности %	1,44	1,42	1,44	1,40
Индекс прогонистости %	3,57	3,71	3,62	3,76
Индекс обхвата %	62,58	62,56	62,62	62,21
Индекс толщины %	14,73	14,31	14,62	14,21

Сообразно данным, приведённым в таблице 35, особи группы К-1 имели в сравнении с аналогами всех групп в опыте больше длину тела, соответственно, на 0,50 %; 0,33 % и 1,00 %, высоту тела – на 4,14 %; 1,78 % и 5,92 %, толщину тела – на 3,37 %; 1,12 % и 4,49 % ($P>0.95$), обхват тела – на 0,53 %; 0,26 % и 1,59 %.

Необходимо отметить, что у форели, получающей опытный комбикорм, выработанный по рецепту № 1 (группа О-3) в сравнении с особями, потреб-

ляющими опытный комбикорм, произведенный по рецепту № 2 (группа О-4), разница в высоте тела составила 4,40 %.

По результатам опыта № 2 следует заключить, что радужная форель, потреблявшая комбикорм компании *Biomar* и опытный комбикорм, выработанный по рецепту № 1 (24,0 % жир) характеризовалась более оптимальными показателями таких индексов телосложения как упитанности, обхвата и толщины тела.

3.2.11 Гематологические показатели подопытной радужной форели

Одним из объективных показателей, характеризующих физиологическое состояние и потенциал продуктивности рыб, считается морфологический и биохимический состав их крови [9, 17].

В проведённых исследованиях было изучено влияние различных видов комбикормов на морфологический состав крови и лейкоцитарную форму (таблица 36).

Таблица 36 – Гематологические показатели подопытной форели

Показатель	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
Эритроциты 10^{12} /л	1,13±0,16	1,09±0,10	1,13±0,12	1,09±0,14
Гемоглобин г/л	55,8±2,78	53,9±2,36	54,7±3,94	53,0±3,05
Гематокрит %	29,5±0,84	27,8±0,52	29,2±0,74	27,1±0,97
Лейкоциты 10^9 /л	24,02±0,98	23,82±1,06	23,74±0,83	23,56±1,01
Лейкоцитарная формула, %:				
Нейтрофилы, %	17,4±0,27	19,3±0,21	18,7±0,29	18,6±0,16
Полиморфно-ядерные, %	2,2±0,06	1,8±0,08	2,0±0,07	1,8±0,06
Лимфоциты, %	64,7±0,32	62,9±0,24	63,4±0,30	64,2±0,39
Моноциты, %	15,7±0,19	16,0±0,18	15,9±0,24	15,4±0,13

В результате исследований выявлено, что такими оптимальными показателями крови, как содержание эритроцитов, гемоглобина и лейкоцитов, несколько наиболее характеризовалась форель, потребляющая комбикорм компании *Biomar Efiso Alpha 790* и опытный комбикорм, выработанный по рецепту № 1, с содержанием сырого жира в 24,0 %.

При недостоверной разнице количество эритроцитов в крови рыб группы К-1 было больше, чем у аналогов из всех остальных групп в опыте на 3,58 %; 0,61 % и 3,92 %, гемоглобина больше соответственно на 3,41 %; 1,97 % и 5,02 %. Отмечена тенденция повышения и гематокрита в крови форели 1-й группы контроля.

Различия по содержанию в крови подопытных групп рыб лейкоцитов были также не достоверными.

При изучении лейкоцитарной формулы крови установлены определенные различия по группам рыб в зависимости от состава потребляемого ими корма. Разницей по содержанию нейтрофилов отличались рыбы группы К-2 в сравнении с особями группы К-1 (различия составили 1,9 %) и О-4 (0,7 %).

Полиморфно-ядерных лейкоцитов было больше в крови форели 1-й группы контроля в сравнении с аналогами из остальных групп в опыте соответственно на 0,4 %; 0,2 % и 0,4%, лимфоцитов – на 1,8 % и 1,3 % и 0,5 %. Моноцитов было больше в крови рыб группы К-2, чем у особей группы К-1 на 0,33 % и группы О-4 соответственно на 0,1 % и 0,6 %.

3.2.12 Химический состав мяса радужной форели

Пищевая ценность рыбы во многом зависит от химического и биохимического состава ее мяса. При этом химические и биохимические показатели рыбы предопределяются полезностью их рационов.

Анализ химического состава мяса подопытной форели показал, что наиболее высокое содержание сухого вещества и жира было у рыб, потреблявших комбикорм компании Biomar Efico Alpha 790 и опытного комбикорма выработанного по рецепту № 1. При отсутствии достоверных различий, в мясе форели группы К-1 сухого вещества содержалось больше, чем у аналогов остальных групп в опыте, на 0,41 %; 0,16 % и 0,03 %, белка – на 0,27 %; 0,25 % и 0,54 %. Жира в мясе рыб группы О-3 содержалось больше, чем у рыб-аналогов в группах К-1, К-2 и О-4 на 0,11 %; 0,19 % и 0,53 % соответственно (таблица 37).

Также при отсутствии достоверных различий, наблюдалась тенденция более высокого содержания минеральных веществ (зола) в мясе рыб групп К-1 и О-4.

Таблица 37 – Химический состав мяса подопытной форели, %

Показатель	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
Сухое вещество	28,18±0,36	27,13±0,27	27,77±0,28	28,04±0,34
Влага	71,82±0,36	72,87±0,32	72,23±0,28	71,96±0,44
Белок	19,41±0,21	18,87±0,18	19,14±0,24	19,16±0,27
Жир	7,56±0,06	7,14±0,08	7,48±0,05	7,67±0,07
Зола	1,21±0,03	1,12±0,02	1,15±0,03	1,19±0,03

Таким образом, использование в кормлении радужной форели как комбикормов от компании *Biomar*, так и опытных комбикормов, выработанных по рецептам с различным содержанием сырого жира и переваримой энергии, способствовало практически идентичному химическому составу тела форели во всех группах опыта.

3.2.13 Экономическая эффективность производства икhtiомассы радужной форели

3.2.13.1 Экономический эффект опыта № 1

Эффективность производства рыбной продукции связана с продуктивностью объектов, условий разведения, выращивания, содержания и кормления.

По мнению ряда исследователей расходы на корма в системе производственных затрат на выращивания рыб ценных пород в системе УЗВ составляют большую часть. В связи с этим в мире и Российской Федерации ведутся работы по оптимизации полнорационных комбикормов для ценных видов рыб, так как для их производства используются такие ингредиенты с высокой стоимостью как, например, рыбная мука, рыбий жир, пшеничный глютен.

В проведённых исследованиях изучена эффективность использования импортных и опытных комбикормов при выращивании радужной форели в условиях УЗВ. Стоимость 1 кг импортных комбикормов *Biomar Efico Alpha*

790 и Efico Alpha 717 на период проведения исследований составляла 120 рублей и 114 рублей соответственно, а опытных комбикормов - 111 рублей и 107 рублей. Фактическая реализационная стоимость 1 кг массы форели составила 450 руб.

Таблица 38 – Экономическая эффективность использования контрольных и опытных комбикормов для форели

Параметр	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
Ихтимасса в начале опыта, кг	5,11	5,14	5,17	5,08
Ихтиомасса, в конце опыта, кг	45,33	42,57	44,38	41,52
Общий прирост ихтиомассы, кг	40,22	37,43	39,21	36,44
Валовое потребление комбикорма, кг	37,174	35,135	36,583	34,386
Коэффициент конверсии корма, кг/кг	0,92	0,94	0,93	0,94
Стоимость скормленного комбикорма, руб.	4460,88	4005,39	4060,72	3679,30
Стоимость посадочной молоди рыб, руб.	3750,00	3750,00	3750,00	3750,00
Прочие затраты на выращивание рыб, руб.	5242,20	5242,20	5242,20	5242,20
Общие затраты, руб.	13453,08	12997,59	13052,90	12671,50
Выручка от реализации рыбы, руб.	20398,50	19156,50	19971,00	18684,00
Себестоимость производства 1 кг рыбы, руб.	296,80	305,30	294,10	305,20
Прибыль, руб.	6945,40	6158,90	6918,10	6012,50
Уровень рентабельности, %	51,6	47,0	53,0	47,4

Анализ результатов, полученных в опыте, показал, что потребление комбикормов было выше в группе К-1 по сравнению с другими группами в опыте: 37,174 кг против 35,135 кг; 36,583 кг и 34,386 кг соответственно. Однако, показатель потребления корма не является экономически значимым параметром, и зависит, в первую очередь от вкусовой привлекательности кормов. Более точным показателем эффективности кормления является величина конверсии корма, выраженная в отношении количества потреблённого корма к общему приросту биомассы. В рамках первого опыта коэффициент конверсии корма для аналогичных по питательности рецептов групп – К-1 против

О-3 и К-2 против О-4 – оказался практически на аналогичном уровне, что свидетельствует о почти полном соответствии параметров питательности импортных кормов в контрольных группах и отечественных опытных рецептов: 0,92 против 0,93 и 0,94 против 0,94 (таблица 38).

Достаточно близкие результаты по затратам кормов в контрольных и опытных группах было необходимо сопоставить со стоимостью кормов для получения информации по себестоимости 1 кг рыбы и уровню рентабельности производства форели. Ввиду относительно более низкой стоимости опытных кормов по сравнению с импортной продукцией, себестоимость 1 кг рыбы составила по контрольным группам соответственно 296,8 руб. и 305,3 руб., а в опытных – 294,1 руб. и 305,2 руб. При этом себестоимость производства для аналогичных по питательности кормов оказалась практически идентичной и различалась в паре О-3 против К-1 на 0,91 %, а в паре О-4 против К-2 на 0,03 % в пользу опытных кормов. Полученные данные по рентабельности от применения импортных кормов в сравнении с опытными отечественными также мало различаются и составляют соответственно 1,4 % и 0,4 % в пользу последних.

Таким образом, можно сделать вывод, что, несмотря на относительно более высокие показатели потребления корма, прирост массы тела рыб и конверсии корма при использовании импортных кормов, можно добиться получения аналогичных экономических показателей при условии надлежащей оценки входящего сырья по фактическому качеству и использовании современных подходов к уровню незаменимых аминокислот и переваримой энергии в кормах.

3.2.13.2 Экономический эффект опыта № 2

Экономическая эффективность использования импортных и опытных комбикормов при выращивании радужной форели в опыте № 2 с живой массой рыб от 950 до 3200 г масса рассчитывалась по аналогии с опытом № 1. Основные параметры отражены в таблице 39.

Таблица 39 – Экономическая эффективность использования импортных и опытных комбикормов

Параметр	Группа			
	К-1	К-2	О-3	О-4
Ихтимасса в начале опыта, кг	47,60	47,65	47,70	74,64
Ихтиомасса, в конце опыта, кг	152,80	144,93	150,56	140,60
Общий прирост ихтиомассы, кг	105,12	97,28	102,86	92,96
Валовое потребление комбикорма, кг	122,03	124,16	123,04	119,90
Коэффициент конверсии корма, кг/кг	1,16	1,28	1,20	1,29
Стоимость скормленного комбикорма, руб.	14644	14154	13657	12829
Стоимость посадочной молоди рыб, руб.	21420	21442	21465	21438
Прочие затраты на выращивание рыб, руб.	9782	9782	9782	9782
Общие затраты, руб.	45846	45378	44904	44049
Выручка от реализации рыбы, руб.	68760	65218	67752	63270
Себестоимость производства 1 кг рыбы, руб.	300,0	313,1	298,2	313,3
Прибыль, руб.	22914	19840	22848	19221
Уровень рентабельности %	50,0	43,7	50,9	43,6

Полученные данные свидетельствуют об аналогичном влиянии опытных кормов на экономический результат выращивания форели как в сравнении с первым опытом, так и в общем сравнении с результатами, полученными от использования импортных кормов компании Biomar. Скармливание корма Efico Alpha 790 показало более высокую вкусовую привлекательность корма для форели и, соответственно, более высокое потребление по сравнению со всеми группами.

Конверсия корма в группе К-1 также была более низкой как в сравнении с группой О-3, где был использован схожий по питательности корм, так и в сопоставлении со всеми остальными группами (К-2 и О-4).

Однако, на итоговый финансовый результат выращивания снова повлияла стоимость отечественных опытных кормов, которая при практически аналогичном коэффициенте конверсии корма позволила получить более вы-

сокую прибыль в опыте: плюс 685 рублей суммарно по соотношению «весь отечественный корм / весь импортный корм».

Таким образом, полученные показатели наглядно свидетельствуют о возможности эффективного использования отечественных кормов, созданных на основании современных подходов к аналитике сырьевых компонентов, к параметрам питательности рецептов без необходимости использования избытка сырого протеина, с применением обновлённых уровней незаменимых аминокислот в совокупности с источниками кристаллических аминокислот для оптимального баланса с уровнем перевариваемой энергии по минимальной стоимости.

Наиболее значимым для достижения максимального экономического результата следует признать использование кормов с более высоким уровнем сырого жира (не менее 24 %) и, соответственно, перевариваемой энергии.

2.4.14 Результаты производственного испытания.

Для производственного испытания использовались комбикорма импортного производства компании Biomar Efico Alpha 790 и опытные выработанные по рецепту № 1 с содержанием жира 24,0 %.

Производственное испытание проведено в Центре разведения ценных пород осетровых ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ.

Для проведения испытания было сформировано две подопытные группы радужной форели по 1000 голов в каждой, живой массой 950 г продолжительность испытания составила 50 недель, или 350 суток. Подопытная форель содержалась в полипропиленовых бассейнах площадью по 20,0 м², площадь посадки рыб составила 50 шт./м². Схема опыта приведена в таблице 40.

Условия содержания, кормления подопытной форели правила и порядок учета результатов опыта были аналогичными с выращиванием рыб в 1 и 2 опытах наших исследований.

Таблица 40 – Схема производственного испытания

Группа	Объем бассейна, м ²	Количество рыб в группе, гол	Продолжительность испытания недель/дней	Корм
Контроль	20,0	1000	50/350	Комбикорм Biomar Efico Alpha 790
Опыт	20,0	1000	50/350	Опытный комбикорм №1

При постановке испытаний средняя масса рыб контрольной группы составила 938,4 г, опытной 940,1 г и при снятии с опыта, соответственно 3074,7 г и 3012,3 г.

Таблица 41 – Рыбоводные показатели радужной форели при производственном испытании комбикормов

Показатели	Группа	
	Контроль	Опыт
Количество форели в начале испытания, гол	1000	1000
Количество форели в конце испытания, гол	920	911
Сохранность, %	92,0	91,1
Средняя масса форели в начале испытания, г	938,4±5,17	940,1±4,81
Ихтиомасса в начале испытания, кг	938,4	940,1
Средняя живая масса форели в конце испытания, г	3074,7±8,98	3012,3±9,14
Ихтиомасса в конце испытания, кг	2828,7	2744,2
Прирост ихтиомассы за период испытания, кг	1890,3	1804,1
Абсолютный прирост форели, г	2136,3±6,15	2072,2±5,62
Среднесуточный прирост форели за период испытания, г	6,1±0,04	5,9±0,03
Потреблено комбикорма за период опыта, кг	2457,3	2399,4
Коэффициент конверсии корма, кг/кг	1,30	1,33

Форель контрольной группы при снятии с испытания превосходила по средней живой массе тела аналогов опытной группы на 62,4 г или 2,03 % (таблица 41). В целом ихтиомасса форели контрольной группы была больше, чем у особей опытной группы на 84,5 кг, или 2,99 %, а прирост ихтиомассы у рыб в контроле за период испытания был больше соответственно на 86,2 кг, или 4,56 %.

Среднесуточный прирост массы тела у форели контрольной группы составил 6,1 г, что больше, чем у аналогов опытной группы на 0,2 г или 3,28 %. Абсолютный прирост форели в контрольной группе был больше, чем у аналогов опытной группы на 64,1 г, или 3,00 %.

За период опыта потребление комбикорма в контрольной группе было выше в сравнении с аналогом опытной на 57,9 кг, или 2,36%, однако затраты комбикорма на 1 кг прироста ихтиомассы (коэффициент конверсии корма) у них были ниже на 2,26%.

Результаты выращивания радужной форели показали экономическую целесообразность использования изучаемых комбикормов. Всего за период испытания форели контрольной группы было скормлено 2457,3 кг комбикормов стоимостью 294 876 руб., а аналогам опытной группы, соответственно, 2399,4 кг общей стоимостью 266 333 руб. (таблица 42). Стоимость посадочного материала различалась по группам незначительно.

Таблица 42 – Экономическая эффективность использования импортных и опытных комбикормов

Показатели	Группа	
	Контроль	Опыт
Ихтиомасса в начале опыта, кг	938,4	940,1
Ихтиомасса при снятии с опыта, кг	2828,7	2744,2
Скормлено комбикормов, кг	2457,3	2399,4
Стоимость комбикормов, руб.	294 876,0	266 333,0
Стоимость посадочного материала, руб.	422 280,0	423 045,0
Прочие затраты, руб.	141 460,0	141 460,0
Общие затраты на выращивании, руб.	858 616,0	830 838,0
Выручка от реализации рыбы	1 272 915,0	1 234 890,0
Себестоимость производства 1 кг форели, руб.	303,5	302,8
Прибыль, руб.	414 299,0	404 052,0
Уровень рентабельности производства, %	48,2	48,6

В целом, за период опыта общие затраты на производство форели в контрольной группе составили 858 616,0 руб., что на 27 778 руб. больше, чем в опытной. Себестоимость производства 1 кг форели в опытной группе была ниже, чем в контрольной на 0,7 руб., а уровень рентабельности выше на 0,4 %.

Полученные рыбоводно-биологические и экономические показатели производственного испытания свидетельствуют о почти полной схожести результатов использования аналогичных по питательности кормов иностранного производства и отечественных опытных кормов, созданных на основании современных подходов к кормлению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из результатов анализа и обобщения материалов экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Проведение аналитики кормового сырья животного и растительного происхождения по фактическому качеству с помощью таких современных методов оценки, как высокоэффективная жидкостная хроматография и инфракрасный анализ, позволило использовать наиболее точные данные для последующего расчёта оптимальных рецептов комбикормов №1 и №2 с помощью программного комплекса «Корм Оптима». Оптимизация рецептов по заданным показателям по минимальной стоимости позволила получить более низкую стоимость опытных кормов по отношению к импортным аналогам: 111 рублей за рецепт №1 против 120 рублей за корм Biomar Efico Alpha и 107 рублей за рецепт №2 против 114 рублей корм Biomar EficoAlpha 717.

2. Использование научно-обоснованного профиля аминокислот в опытных кормах позволило не только получить сопоставимые аналитические данные по анализу готовых кормов, но и следовать современным подходам к формированию рецептов кормов без балансирования минимального уровня сырого протеина, что является на сегодняшний день актуальным с точки зрения снижения выбросов неусвоенного азота в окружающую среду. Отсутствие в расчёте рецептов минимального уровня сырого протеина также положительно повлияло на итоговую стоимость опытных кормов.

3. Из используемых импортных и опытных отечественных комбикормов радужной форели более высокие рыбоводные показатели выявлены за оба периода выращивания в 1-й (контрольной, К-1) и 3-й (опытной, О-3) группах, где использовали комбикорма, содержащие в своём составе 24,0 % жира и, как следствие, более высокий уровень переваримой энергии. Комбикорма в группах К-2 и О-4 с более низким содержанием сырого жира (около 21%) также показали схожие результаты за оба периода эксперимента, но полу-

ченные показатели, по итогу, уступали более насыщенным жиром и энергией кормам.

4. За период проведения первого и второго опыта такие важные рыбо-водно-биологические показатели, как итоговая живая масса, прирост икhtiо-массы и коэффициент конверсии корма у рыб 1-й контрольной группы на корме Efico Alpha 790 были больше, чем у форели в других группах, что свидетельствует о высоком уровне научных исследований компании Biomar по всем аспектам, связанным с питательностью и усвояемостью кормов. Однако, глубокий и детальный подход к оценке качества сырья и параметрам питательности, указанный выше в п.п. 1 и 2, позволил опытному корму №1 максимально приблизиться к показателям, полученным при выращивании рыб на корме Biomar Efico Alpha 790.

5. Состав испытываемых комбикормов оказал влияние на химический и биохимический состав мяса подопытной форели, определённый в опыте №1. В средней пробе мяса рыб 1-й группы контроля, потреблявших комбикорм компании Biomar Efico Alpha 790, в сравнении с аналогами групп К-2, О-3 и О-4 сухого вещества содержалось больше на 0,50; 0,28 и 0,95% ($P>0.95$), белка – на 0,32; 0,27 и 0,35%, жира на 0,19; 0,03 и 0,11 % ($P>0.95$). По уровню незаменимых аминокислот мясо форели в группе К-1 также превышало уровень таковых в остальных группах эксперимента на 4,18; 2,70 и 6,13 % соответственно. Мясо форели группы О3 в сравнении с аналогами в группах К-2 и О-4 также содержало больше сухого вещества (на 0,83 и 2,52%), белка (на 0,27 и 0,43 %), жира (на 2,40 и 10,30 %) и незаменимых аминокислот (на 1,52 и 3,52 %). Аналогичная закономерность наблюдалась по химическому и биохимическому составу мяса рыб и в опыте №2. Существенных различий по показателям органолептической оценки мяса по группам подопытной форели не установлено.

6. У подопытной форели, потреблявшей испытываемые корма не выявлено существенных различий в 1-м и 2-м опытах по интерьерным показателям. Все изучаемые показатели варьировали в пределах физиологических норм.

7. Форель в зависимости от состава потребляемого комбикорма имела определенные различия по экстерьерным показателям. В первом опыте у особей группы К-1 в сравнении с аналогами из групп К-2 и О-4 длина тела была больше на 1,38 и 3,04%, высота тела – на 3,39 и 5,17% ($P>0.95$), толщина тела на 3,33 и 4,41%, а обхват тела - на 1,67-1,25%. Представители группы О-3 превосходили аналогов групп К-2 и О-4 по длине тела на 0,46 и 2,10%, высоте тела на 1,69 и 0,35%, и обхвату тела на 1,67 и 1,25%. В целом, у рыб групп К-1 и О-3, содержащих более высокий процент жира и уровень перевариваемой энергии, были выше индексы упитанности, толщины и обхвата, характеризующие мясность их тушек. Аналогичный результат по экстерьерным показателям выявлен и во втором опыте.

8. Гематологические показатели форели по группам варьировали в пределах физиологических норм, что указывает на ее хорошее физиологическое состояние. Отмечена положительная тенденция превышения показателей содержания в крови эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина у рыб 1 контрольной групп в сравнении с аналогами групп К-2 и О-4.

В сыворотке крови форели групп К-1 и О-3 в сравнении с группой К-2 содержалось белка больше на 3,0 и 3,5%, а в сравнении с группой О-4 – больше соответственно на 3,3 и 2,8 %. В том числе альбуминов содержалось больше соответственно на 7,80; и 5,07 и 10,70%, триглицеридов на 3,38 ($P>0.95$); 0,68 и 3,91 ($P>0.95$); 1,20% и холестерина – на 0,84; 0,24 и 3,27($P>0.95$); 2,66%. Аналогичная закономерность по гематологическим показателям наблюдалась у подопытной форели во втором опыте.

9. Анализ микрофлоры кишечника подопытной форели при общем благополучии ее состояния показал наличие ряда групп микроорганизмов и грибов ряда *Candida*. Незначительное повышение фоновой микрофлоры кишечника отмечено у рыб групп К-1 и О-4 по *E. coli*, лактозо-негативным стафилококкам и условно-патогенным энтеробактериям *Citrobacter braakii*. В целом, опытные образцы комбикормов, не оказали негативного влияния на микрофлору кишечника форели.

10. Использование опытных комбикормов, разработанных на основе современных научных подходов к структуре и питательности кормов экономически обосновано. Несмотря на тот факт, что наиболее высокие рыбоводно-биологические показатели были получены при использовании комбикорма импортного производства Biomar Efico Alpha 790 с высоким содержанием в их составе жира в 24.0 %, аналогичный по питательности опытный корм отечественного производства №1 оказался несколько более экономически выгодным по причине более высокой стоимости импортного комбикорма при выращивании форели. Практически схожие коэффициенты конверсии корма для первого опыта (0,924 и 0,933) и для второго опыта (1,16 и 1,17) при более низкой стоимости отечественного корма позволили получить более привлекательный уровень рентабельности выращивания форели на 1,4 % и 0,9 % в первом и втором опытах соответственно.

11. Результаты производственных испытаний по эффективности использования импортных и опытных комбикормов подтвердили экспериментальные результаты исследований о целесообразности скармливания радужной форели разработанных соискателем комбикормов на основании современных подходов к параметрам питательности кормов и аналитических данных по фактической питательности сырьевых компонентов.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В регионе Нижнего Поволжья в условиях УЗВ экономических целесообразно использовать в кормлении радужной форели отечественные комбикорма, разработанные на отечественном сырье животного и растительного происхождения, на основе самых современных подходов к формированию рецептов кормов и максимального использования аналитических методов оценки фактического качества входящего сырья, что позволит повысить уровень рентабельности производства ихтиомассы при существующей разнице в стоимости кормов импортного и отечественного производства при выращивании молоди от 105 – до 950 г на 0,4 - 1,4 % и при выращивании от 950 до 3200 г на 0,4 – 0,9 %. При выращивании форели наиболее эффективно использовать комбикорма с содержанием сырого жира на уровне не менее 24,0%.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАБОТЫ

Перспективными по данной теме являются исследования, направленные на более глубокое изучение характеристик как традиционных, так и нетрадиционных кормовых средств по степени усвоения содержащихся в них аминокислот, на совершенствование рецептур кормов во взаимосвязи с технологическими параметрами производства рыбных кормов и особенностями производственных линий различных поставщиков оборудования, на разработку более экономически выгодных программ кормления рыб на основе максимальной оптимизации рецептов комбикормов и снижения их себестоимости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимова, Н. А. Кормопроизводство для рыб Юга России: состояние и перспективы / Н. А. Абросимова, Е. Б. Абросимова, Н. В. Судаков // Переход на федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования. Лучшие практики рыбохозяйственного образования : материалы IV Всероссийской межвузовской научно-методической конференции, Калининград, 04–05 октября 2015 года / Сост.: А.А. Недоступ, С.А. Уманский. – Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2016. – С. 18-26.
2. Агеец, В. Качественный комбикорм – здоровая рыба – экологически чистая продукция / В. Агеец, Ж. Кошак // Наука и инновации. – 2020. – № 3(205). – С. 17-21.
3. Айткалиева, А. А. Разработка комбикормов для форели с включением препаратов с пробиотическими действиями / А. А. Айткалиева // 63-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета, посвященная 25-летию Астраханского государственного технического университета, Астрахань, 22–26 апреля 2019 года. – Астрахань: Астраханский государственный технический университет, 2019. – С. 203.
4. Акименко, В. А. Энергетическая питательность кормов для рыб / В. А. Акименко, Л. Н. Гамко // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сборник научных трудов Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора биологических наук, профессора Е. П. Ващекина, Заслуженного работника Высшей школы РФ, Почетного работника высшего профессионального образования РФ, Почетного гражданина Брянской области, Брянск, 22–23 января 2020 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2020. – С. 231-237.
5. Акимов, Е. Б. Производство комбикормов для выращивания ценных видов рыб - главная задача аквакультуры России / Е. Б. Акимов // Вест-

ник Академии знаний. – 2021. – № 6(47). – С. 20-24. – DOI 10.24412/2304-6139-2021-6-20-24.

6. Алтаева, Ф. А. Влияние состава различных продукционных кормов на химический состав спинных мышц и рыбоводно-биологические показатели радужной форели при выращивании в бассейнах / Ф. А. Алтаева, А. А. Мухрамова // 62-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета : материалы конференции, Астрахань, 23–27 апреля 2018 года. – Астрахань: Астраханский государственный технический университет, 2018. – С. 216.

7. Альтернативные источники получения аналогов рыбной муки / В. И. Воробьев, Е. В. Нижникова, О. Т. Лемперт, Н. П. Нефедова // Известия КГТУ. – 2015. – № 38. – С. 74-82.

8. Бадмаев, В. А. Особенности выращивания товарной радужной форели *Salmo Mulkiss Gairdneri* в условиях садкового хозяйства / В. А. Бадмаев, О. С. Токарева // Вестник научных конференций. – 2015. – № 3-2(3). – С. 14-15.

9. Белковый концентрат взамен рыбной муки в кормах для осетровых / А. Ставцев, Ю. Батракова, Е. Уланов [и др.] // Комбикорма. – 2022. – № 3. – С. 41-42.

10. Борисовская, А. А. Биотехнология выращивания молоди радужной форели (*Salmo gairdneri* Richds, 1836) / А. А. Борисовская // Актуальные вопросы современной науки. – 2015. – № 43. – С. 6-13.

11. Брагинец, С.В. Экструдирование кормов для аквакультуры (обзор) / С.В. Брагинец, О.Н. Бахчевников, В.Ф. Хлыстунов // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 1 (25). – С. 38-49.

12. Вкусовая привлекательность свободных аминокислот для молоди персидского осетра *Acipenser persicus* / Ш. В. Джафари и др. // Вопросы ихтиологии. – 2008. – Т. 48. – №. 1. – С. 130-140.

13. Власов, В.А. Рыбоводство / А.В. Власов, Ю.А. Привезенцев. – М.: КолосС, 2007. – 456 с.

14. Влияние продолжительности хранения экструдированного комбикорма для осетровых рыб на его качество / Ж. В. Кошак, Л. В. Рукшан, Н. Н. Гадлевская [и др.] // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. – 2018. – № 2(25). – С. 59-64.
15. Гамыгин, Е. Г. Исследования ВНИИПРХА по проблемам кормления рыб / Е. Г. Гамыгин, М. А. Щербина // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2006. – № 7. – С. 35-37.
16. Гамыгин, Е. Повышение прочности гранул для рыб / Е. Гамыгин, И. Шилин, А. Передня // Комбикорма. – 2001. – №3. – С. 49.
17. Гамыгин, Е.А. Некоторые аспекты проблемы кормов и кормопроизводства для рыб на современном этапе / Е.А. Гамыгин, А.М. Багров // Комбикорма. – 2014. – № 1. – С. 42-51.
18. Гусева, Ю. А. Пути решения проблемы белкового питания ценных пород рыб / Ю. А. Гусева, О. С. Максимова // Проблемы агропромышленного комплекса стран Евразийского экономического союза. – 2015. – С. 199-201.
19. Гусева, Ю. А. Анализ аминокислотного состава мышечной ткани рыб Волгоградского водохранилища / Ю. А. Гусева, Р. В. Урсу // Основы и перспективы органических биотехнологий. – 2019. – №. 4. – С. 15-17.
20. Гусева, Ю. А. Белковое питание радужной форели при промышленном выращивании / Ю. А. Гусева // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны : материалы III Национальной научно-практической конференции, Казань, 03–05 октября 2018 года / Под редакцией А. А. Васильева. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2018. – С. 75-78.
21. Джабаров, М. И. Аминокислотный состав тканей различных видов рыб в онтогенезе и при изменении экологических условий / М. И. Джабаров. – М.: Издательство ВНИРО, 2006. – 213 с.

22. Джабиева, О. Эффективность использования комбикормов в рыбоводстве / О. Джабиева // Научное обеспечение сельского хозяйства горных и предгорных территорий : материалы II Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Владикавказ, 25 ноября 2021 года. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2021. – С. 212-213.

23. Добрягин, Р. В. Белковые компоненты в кормовой смеси для форелевых / Р. В. Добрягин, О. А. Калинина // Сборник трудов IV Всероссийского конгресса молодых ученых, Санкт-Петербург, 07–10 апреля 2015 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2015. – С. 125-126.

24. Долгошева, Е. В. Особенности выращивания рыб разных видов при различной плотности посадки / Е. В. Долгошева // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 1. – С. 131-134.

25. Зарубин, А. В. Корма для радужной форели при садковом выращивании / А. В. Зарубин, В. И. Крюков // Проблемы развития АПК Орловской области, Орел, 11–12 мая 2006 года / Ответственные за выпуск: В. С. Буяров, В. И. Крюков. – Орел: Орловский государственный аграрный университет, 2006. – С. 36-39.

26. Зыкина, Е. А. Жирнокислотный состав мышечной ткани товарной радужной форели, выращенной в установках замкнутого водоснабжения / Е. А. Зыкина, М. В. Гурин // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. – 2021. – № 3(21). – С. 47-51.

27. Использование комбикормов с разным содержанием протеина и жира в процессе индустриального товарного выращивания осетровых рыб в установках с замкнутым циклом водоиспользования / В. Г. Крымов, С. И. Вершинин, Н. А. Юрина [и др.] // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2019. – № 47. – С. 68-78. – DOI 10.17217/2079-0333-2019-47-68-78.

28. Использование кормового концентрата из растительного сырья «Сарепта» в комбикормах для осетровых рыб / С. И. Николаев, В. Г. Дигусаров, Д. А. Ранделин, В. В. Шкаленко, А. К. Карапетян и др. // Научный журнал КубГАУ. – № 118 (04). – 2016. – С. 1-14.
29. Карпова, А. В. Зоогигиенические факторы, влияющие на состояние рыб / А. В. Карпова // Использование современных технологий в сельском хозяйстве и пищевой промышленности : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, пос. Персиановский, 28 апреля 2021 года. – пос. Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный аграрный университет», 2021. – С. 263-266.
30. Касумян, А. О. Вкусовая привлекательность стереоизомеров и других производных аминокислот для рыб / А. О. Касумян, Е. С. Михайлова // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2017. – Т. 53. – №. 4. – С. 282-287.
31. Касумян, Л. О. Вкусовая привлекательность и физико-химические и биологические свойства свободных аминокислот (на примере рыб) / А. О. Касумян // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2016. – Т. 52. – №. 4. – С. 245-254.
32. Кихайя, И. Оптимизация использования ингредиентов в кормах для аквакультуры / И. Кихайя // Сфера: Рыба. – 2017. – № 1(18). – С. 55.
33. Колмаков, В. И. Аминокислоты в перспективных кормах для аквакультуры рыб: обзор экспериментальных данных / В. И. Колмаков, А. А. Колмакова // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. – 2020. – Т. 13. – № 4. – С. 424-442. – DOI 10.17516/1997-1389-0332.
34. Комбикорма для радужной форели с различными видами протеина / Ж. Кошак, А. Кошак, Д. Долгая [и др.] // Комбикорма. – 2019. – № 7-8. – С. 32-36. – DOI 10.25741/2413-287X-2019-07-3-077.

35. Кондратюк, В. Влияние аминокислотного питания на продуктивность сеголеток радужной форели / В. Кондратюк // Научно-технический бюллетень Института животноводства Национальной академии аграрных наук Украины. – 2020. – № 124. – С. 104-114. – DOI 10.32900/2312-8402-2020-124-104-114.
36. Кондратюк, В. Влияние аминокислотного питания на продуктивность сеголеток радужной форели / В. Кондратюк // Научно-технический бюллетень Института животноводства Национальной академии аграрных наук Украины. – 2020. – № 124. – С. 104-114. – DOI 10.32900/2312-8402-2020-124-104-114.
37. Корма для ценных объектов аквакультуры: проблемы и решения / С. Пономарев, Ю. Федоровых, Ю. Ширина [и др.] // Комбикорма. – 2019. – № 4. – С. 57-58. – DOI 10.25741/2413-287X-2019-04-3-062.
38. Кошак, Ж. В. Качество промышленных комбикормов для осетровых рыб и сохранение в них метионина при экструдировании / Ж. В. Кошак, Л. В. Рукшан, А. Э. Кошак // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. – 2020. – № 1(28). – С. 49-59.
39. Кошак, Ж. В. Сухое молоко – альтернатива протеину животного происхождения в комбикормах для радужной форели / Ж. В. Кошак, Л. В. Рукшан, А. Э. Кошак // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2020. – Т. 13. – № 4(50). – С. 80-88. – DOI 10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-80-88.
40. Кошак, Ж. Сухой гемоглобин в комбикормах для радужной форели / Ж. Кошак, Н. Гадлевская, А. Кошак // Комбикорма. – 2017. – № 7-8. – С. 55-57.
41. Крымов, В. Г. Производство отечественных комбикормов как стратегия повышения эффективности отрасли рыбоводства / В. Г. Крымов, Н. А. Юрина, Е. А. Максим // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны : материалы II Национальной научно-

практической конференции, Санкт-Петербург, 13–15 сентября 2017 года. – Санкт-Петербург: ООО «ЦеСАин», 2017. – С. 68-75.

42. Кузнецова, Е. Г. Эффективность выращивания радужной форели в различных технологических условиях / Е. Г. Кузнецова, А. С. Давыдова // Актуальные вопросы развития науки и технологий : сборник статей Международной научно-практической конференции молодых учёных, Каравеево, 02–27 апреля 2018 года. – Каравеево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 100-103.

43. Кузьмина, В. В. Механизмы регуляции пищевого поведения рыб / В. В. Кузьмина // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2019. – Т. 55. – № 1. – С. 3-13. – DOI 10.1134/S0044452919010078.

44. Кцоева, И. И. Влияние препарата соевого белка на рост и развитие радужной форели / И. И. Кцоева, А. Р. Габолаева // Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции : материалы Всероссийской научно-практической конференции в честь 90-летия факультета технологического менеджмента, Владикавказ, 14–16 ноября 2019 года. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2019. – С. 298-299.

45. Кцоева, И. И. Влияние уровня протеина в кормах на химический состав мышечной ткани рыб / И. И. Кцоева // Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции : материалы Всероссийской научно-практической конференции в честь 90-летия кафедр «Кормление, разведение и генетика сельскохозяйственных животных» и «Частная зоотехния» факультета технологического менеджмента, Владикавказ, 30–31 марта 2021 года. – г. Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2021. – С. 218-220.

46. Лыткина, Л. И. Особенности гранулирования комбикормов для радужной форели / Л. И. Лыткина, Е. С. Шенцова // Материалы LVI отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за

2017 год, Воронеж, 27–29 марта 2018 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2018. – Часть 1. – С. 64.

47. Максимова, О. С. Анализ товарных качеств радужной форели, выращенной на рационах с использованием гидролизата соевого белка / О. С. Максимова, Н. М. Белова // Актуальные вопросы производства продукции животноводства и рыбоводства : материалы Международной научно-практической конференции, Саратов, 02–03 марта 2017 года. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2017. – С. 197-202.

48. Микробиологические исследования комбикормов для форели / В. И. Сидорова, Н. И. Январева, Г. Н. Дудикова [и др.] // Новости науки Казахстана. – 2017. – № 3(133). – С. 166-187.

49. Микробиота водной среды и радужной форели при выращивании в УЗВ / Ф. М. Шакирова, Л. К. Говоркова, О. К. Анохина, Г. Д. Валиева // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2021. – № 6(185). – С. 68-79. – DOI 10.33920/sel09210606.

50. Мишанин, Ю. Ф. Состав мяса рыб в зависимости от состава кормов / Ю. Ф. Мишанин, Т. Ю. Хворостова, Е. В. Басова // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2016. – № 9(129). – С. 47-51.

51. Молчанова, К. А. Возможности раскрытия ростовой потенции у радужной форели в УЗВ и открытых рыбоводных системах / К. А. Молчанова, Е. И. Хрусталева, Т. М. Курапова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – № 5(13). – С. 43-47. – EDN ХХЕММР.

52. Назарова, М. Анализ жирнокислотного состава комбикормов для радужной форели / М. Назарова, О. Васильева, Н. Немова // Комбикорма. – 2019. – № 10. – С. 48-50. – DOI 10.25741/2413-287X-2019-10-3-087.

53. Нечаева, Т. А. Применение витаминно-аминокислотного комплекса «Гемобаланс» при выращивании радужной форели / Т. А. Нечаева // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2014. – № 2(22). – С. 44-49.

54. Органическое рыбоводство / А. И. Козлов, В. К. Пестис, Т. В. Козлова, И. М. Лойко // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сборник научных трудов / Под редакцией В. К. Пестиса. – Гродно : Гродненский государственный аграрный университет, 2017. – С. 82-91.
55. Остроумова, И. Н. Биологические основы кормления рыб / И. Н. Остроумова. – СПб: Изд-во «Лема», 2012. – 564 с.
56. Оценка липидных показателей комбикормов для аквакультуры радужной форели в процессе хранения / Н. Н. Немова, О. Б. Васильева, Т. Р. Руоколайнен, М. А. Назарова // Кормопроизводство. – 2011. – № 3. – С. 43-45. – EDN NQWECR.
57. Оценка результативности использования белковых компонентов отечественного производства в комбикормах для ценных видов рыб (осетровых) и разработка нормы ввода новых белковых компонентов в полноценные комбикорма для объектов аквакультуры / Д. А. Ранделин, Т. А. Сейдалиев, В. В. Шкаленко, В. Г. Калмыков // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию окончания Сталинградской битвы, Волгоград, 31 января – 02 2018 года. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. – С. 300-305.
58. Павловская, Л. Прудовая рыба – перспективное сырье для промышленной переработки / Л. Павловская, Л. А. Гапеева // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2018. – Т. 11. – № 3(41). – С. 58-95.
59. Питательная ценность стартовых кормов для ценных видов рыб, выращиваемых в индустриальных условиях / В. И. Сидорова, С. Ж. Асылбекова, Н. И. Январева [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2019. – № 3. – С. 97-106. – DOI 10.24143/2073-5529-2019-3-97-106.

60. Пищевые живые дрожжи и повышенная температура воды влияют на микробиоту кишечника радужной форели / Д. Хайбен [и соавт.] // Журнал прикладной микробиологии. – 2018. – Т. 124. – №. 6. – С. 1377-1392.
61. Поддубная, И. В. Влияние органического йода на биохимические показатели крови товарной радужной форели в условиях индустриального рыбоводства / И. В. Поддубная // Основы и перспективы органических биотехнологий. – 2019. – № 2. – С. 24-27.
62. Пономарёв, С. В. Корма и кормление рыб в аквакультуре / С. В. Пономарёв, Ю.Н. Грозеску, А.А. Бахарева. – М.: МОРКНИГА, 2013. – 417 с.
63. Попова, С. Н. Определение темпа роста молоди кумжи в зависимости от стратегии кормления / С. Н. Попова, А. В. Ивченко, И. В. Ткачева // Достижения и перспективы молодых ученых в интересах развития Юга России : тезисы докладов, Ростов-на-Дону, 12–26 апреля 2018 года / Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук. – Ростов-на-Дону: Южный научный центр РАН, 2018. – С. 28-29.
64. Применение комбикормов с использованием местных кормовых источников при выращивании радужной форели / С. И. Николаев, А. К. Карапетян, О. В. Корнеева [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 3 (59). – С. 324-333. – DOI 10.32786/2071-9485-2020-03-35.
65. Продукт переработки масличных культур – ингредиент комбикормов для осетровых рыб / С. В. Чехранова, О. В. Жаркова, А. В. Загоруйко, В. А. Московцева // Инновационные технологии и ветеринарная защита при интенсивном производстве продукции животноводства : материалы Национальной конференции, Волгоград, 18–20 мая 2016 года. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2016. – С. 56-60.
66. Продукционный корм для форели: патент № 2762722 С1 Российская Федерация, МПК А23К 50/80, А23К 10/30, А23К 10/20. / Д. А. Ранделин, В. Н. Агапова, А. Э. Японцев [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Волгоградский государственный аграрный университет». № 2021107558 : заявл. 22.03.2021 : опубл. 22.12.2021.

67. Протеин как основа комбикормов для рыб / Ж. В. Кошак, Л. В. Рукшан, А. Н. Русина, Н. В. Зенович // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. – 2017. – № 2(23). – С. 94-99.

68. Пугачева, Т. В. Рост радужной форели при использовании кормов разных производителей / Т. В. Пугачева // В мире научных открытий : материалы II Международной студенческой научной конференции, Ульяновск, 23–24 мая 2018 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2018. – С. 277-279.

69. Разработка новых технологий и техники производства кормов для рыб / В. И. Сидорова, Н. И. Январева, С. К. Койшибаева [и др.] // Новости науки Казахстана. – 2017. – № 4(134). – С. 164-182.

70. Результаты исследования микробного загрязнения искусственных кормов для форели / Н. А. Сидорова, Т. Ю. Кучко, А. И. Савушкин, А. А. Кучко // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2019. – № 8(163). – С. 56-61.

71. Результаты сравнительных исследований экструдированных кормов для форели / С. О. Шаповалов, Е. В. Корнилова, В. В. Шкаленко, А. Э. Японцев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1(68). – С. 122-127.

72. Решетникова, О. В. Особенности выращивания форели в УЗВ / О. В. Решетникова, Т. С. Осипова // Развитие и современные проблемы аквакультуры : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Аквакультура 2021», с. Дивноморское, 20–24 сентября 2021 года / Редколлегия: И.М. Донник [и др.]. – Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью «ДГТУ-ПРИНТ», 2021. – С. 62-64. – DOI 10.23947/aquaculture.2021.62-64.

73. Решетникова, О. В. Профилактика инфекционных заболеваний форели при индустриальном выращивании / О. В. Решетникова // Балтийский морской форум : материалы VII Международного Балтийского морского фо-

рума. В 6-ти томах, Калининград, 07–12 октября 2019 года. – Калининград: Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Калининградский государственный технический университет», 2019. – С. 63-68.

74. Руденко, Р. А. Питание рыб в аквакультуре / Р. А. Руденко // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 8-1(110). – С. 139-142. – DOI 10.23670/IRJ.2021.110.8.022.

75. Рукшан, Л. В. Улучшение потребительских свойств ценных видов рыбы / Л. В. Рукшан, А. Г. Кохович, Ж. В. Кошак // Качество и безопасность товаров: от производства до потребления : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию возрождения кафедры товароведения и экспертизы товаров, Москва, 08 февраля 2019 года / Под научной редакцией В.И. Криштафович. – М.: Российский университет кооперации, 2019. – С. 412-417.

76. Рыбопродуктивность осетров при использовании отечественных комбикормов / С. И. Николаев, Ю. М. Батракова, А. Э. Ставцев, А. Э. Японцев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2022. - № 1 (68). – С. 83-87. – ISSN 1992-2582.

77. Савушкина, С.И. Кормление рыб низкобелковым кормом в условиях интегрированных технологий / С. И. Савушкина, И. А. Алимов, Н. К. Шульгина // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2012. – № 6. – С.52-57.

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

79. Составление сухих гранулированных кормов и влияние их на физиолого-биохимические показатели двухлеток радужной форели *Salmo gairdneri* Rich / И. Н. Остроумова, А. А. Шабалина, Л. А. Тимошина, Л. М. Князева, Т. А. Шерстнева, И. С. Поздняк, Е.Н. Рождественская // Вопросы ихтиологии. – 1975. – Т. 15. – Вып. 3. – С. 544–553.

80. Тарасова, С. П. Форелеводство в условиях искусственного воспроизводства / С. П. Тарасова // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К. И. Скрябина. – 2014. – № 1(30). – С. 171-173.
81. Тимакова Р. Т. Исследование аминокислотного состава облученной охлажденной рыбы / Р. Т. Тимакова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2018. – Т. 7. – №. 3. – С. 99-104.
82. Управление эффективным импортозамещением кормов в отечественном рыбном хозяйстве / А. С. Овчинников, Р. Ю. Скоков, Т. А. Сейдалиев [и др.] // Рыбное хозяйство. – 2018. – № 6. – С. 67-71.
83. Федоненко, Е. В. Содержание свободных аминокислот в мышцах промысловых рыб верхнего участка Запорожского водохранилища / Е. В. Федоненко, Т. С. Шарамок, И. Е. Мельник // Рибогосподарська наука України. – 2008. – №. 1. – С. 59-62.
84. Чернышов, Е. В. Использование кормовых добавок с сорбционными свойствами в комбикормах для осетровых рыб / Е. В. Чернышов, И. Р. Тлецерук // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2018. – № 4. – С. 61-74.
85. Чернышов, Е. В. Повышение экологической безопасности кормов для рыбы / Е. В. Чернышов // Использование современных технологий в сельском хозяйстве и пищевой промышленности : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, пос. Персиановский, 19–20 апреля 2017 года. – пос. Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный аграрный университет», 2017. – С. 335-339.
86. Щербина, М. А. Влияние экструзии на питательную ценность кормового сырья для рыб / М. А. Щербина, Е. А. Гамыгин, И. А. Салтыкова // Рыбное хозяйство. Сер. Аквакультура. Корма и кормление рыб. ВНИЭРХ. – 1996. – Вып. 2. – С. 1–11.

87. Щербина, М. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре: монография / М. А. Щербина, Е. А. Гамыгин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Сельскохозяйственные технологии, 2016. – 304 с.: ил. ISBN 978-5-905106-72-9.
88. Щербина, М. А. Сырьё и кормовые продукты для рыб / М. А. Щербина, И. А. Салькова, И. Ф. Першина // Рыбоводство и рыболовство. – 2001. – № 3. – С. 16–19.
89. Эффективность белковых компонентов в комбикормах для молоди осетровых рыб / Р. Артемов, М. Арнаутов, В. Гершунская [и др.] // Комбикорма. – 2020. – № 12. – С. 39-42.
90. Эффективность использования белкового концентрата из белого люпина в комплекса с мясо-костной мукой в комбикормах при выращивании Сибирского осетра / С.И. Николаев, Д.А. Ранделин, А.М.Я. Мохсен Эльебьяри [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 4 (56). – С. 146-152. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-04-18.
91. A natural experiment of dietary overlap between introduced Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) and native Puyen (*Galaxias maculatus*) in the Santa Cruz River, Patagonia / М. Tagliaferro et al. // Environmental Biology of Fishes. – 2015. – Vol. 98. – №. 5. – P. 1311-1325.
92. A small number of anadromous females drive reproduction in a brown trout (*Salmo trutta*) population in an English chalk stream / J. C. A. Goodwin et al. // Freshwater Biology. – 2016. – Vol. 61. – №. 7. – P. 1075-1089.
93. Aldvén, D. Marine migrations of sea trout (*Salmo trutta*) / D. Aldvén, J. G. Davidsen // Sea trout: Science & management: Proceedings of the 2nd international sea trout symposium. – Dundalk : Troubador Publishing Ltd, 2017. – P. 288-297.
94. AMINODat 5.0 – Animal Nutritionist’s Information Edge // Evonik Nutrition & Care GmbH. Book 1. – 2016. – 658 p.
95. AMINONews / Evonik // Fact&Figures. – 2014. – 29 p.

96. Application of extrusion technology in plant food processing byproducts: an overview / W. Leonard, P. Zhang, D. Ying, Z. Fang // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2020. – Vol. 19. – No. 1. – P. 218–246.
97. Aquaculture feeds: a review of raw material, manufacturing process and product quality / A.M. Arevalo, J.L.R. Ascheri, E.M.S. de Oliveira, J.D.J. Berrios // *Journal of Food, Agriculture & Environment*. – 2018. – Vol. 16. - № 3/4. – P. 10–17.
98. Bell, J. G. Lipids in aquafeeds / J. G. Bell, W. Koppe // *Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds*. – 2010. – P. 21–59.
99. Cowey, C. B. Nutritional requirements of fish / C.B. Cowey, C.Y. Cho // *Proceedings of the nutrition society*. – 1993. – №52. – P. 417-426.
100. Culbert, B. M. Rapid recovery of the cortisol response following social subordination in rainbow trout / B. M. Culbert, K. M. Gilmour // *Physiology & Behavior*. – 2016. – Vol. 164. – P. 306-313.
101. Daniel, N. A review on replacing fish meal in aqua feeds using plant protein sources / N. Daniel // *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. – 2018. – Vol. 6. – № 2. – P. 164–179.
102. Daily mass balance of phosphorus and nitrogen in effluents of production sectors of trout farming system / M. A. B. Moraes et al. // *Acta Limnologica Brasiliensia*. – 2015. – Vol. 27. – P. 330-340.
103. Dietary arginine and repeated handling increase disease resistance and modulate innate immune mechanisms of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) / L.E.C. Conceição, J. Dias, B. Novoa, A. Figueras and A. Afonso // *Fish & Shellfish Immunology*. – 2021. – № 31. – P. 838-847.
104. Dietary β -glucans differentially modulate immune and stress-related gene expression in lymphoid organs from healthy and *Aeromonas hydrophila*-infected rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / J. Douxfils et al. // *Fish & shellfish immunology*. – 2017. – Vol. 63. – P. 285-296.

105. Early life-history consequences of growth-hormone transgenesis in rainbow trout reared in stream ecosystem mesocosms / G. T. Crossin et al. // *PLoS One*. – 2015. – Vol. 10. – №. 3. – C. e0120173.

106. Effect of Dietary Gamma-irradiated and Fermented Soybean Meal on the Growth Performance, Body Composition, and Digestive Enzymes Activity of Caspian Brown Trout, *Salmo trutta caspius*, Juvenile / E. Sotoudeh et al. // *Journal of the World Aquaculture Society*. – 2016. – Vol. 47. – №. 6. – P. 830-842.

107. Effects of dietary humic acid on growth performance, haemato-immunological and physiological responses and resistance of Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* to *Yersinia ruckeri* / S. Yilmaz et al. // *Aquaculture Research*. – 2018. – Vol. 49. – №. 10. – C. 3338-3349.

108. Effect of dietary incorporation of a multi-strain probiotic on growth performance and health status in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / I. Gianenas et al. // *Fish Physiology and Biochemistry*. – 2015. – Vol. 41. – №. 1. – P. 119-128.

109. Effect of dietary methionine level on muscle growth mechanisms in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / H. Alami-Durante et al. // *Aquaculture*. – 2018. – Vol. 483. – C. 273-285.

110. Effects of dietary savory and myrtle essential oils on growth, survival, nutritional indices, serum biochemistry, and Hematology of farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fry / M. Mohamadi Saei et al. // *Journal of the World Aquaculture Society*. – 2016. – Vol. 47. – №. 6. – P. 779-785.

111. Effects of different levels of pomegranate seed oil on some blood parameters and disease resistance against *Yersinia ruckeri* in rainbow trout / Ü. Acar et al. // *Frontiers in Physiology*. – 2018. – Vol. 9. – C. 596.

112. Effect of long-term fasting and a subsequent meal on mRNA abundances of hypothalamic appetite regulators, central and peripheral leptin expression and plasma leptin levels in rainbow trout / E. H. Jørgensen et al. // *Peptides*. – 2016. – Vol. 86. – P. 162-170.

113. Effects of plant ingredients on physicochemical properties of extruded fish feed / X. Ma, T. Jin, J. H. Yoo, M. H. Kim, G. H. Ryu // *Food Engineering Progress*. – 2019. – Vol. 23. – No. 1. – P. 1–6.

114. Effects of extrude die temperature on the physical properties of extruded fish pellets containing taro and broken rice starch / C. R. De Cruz, M. S. Kamarudin, C. R. Saad, E. Ramezani-Fard // *Animal Feed Science and Technology*. – 2015. – Vol. 199. – P. 137–145.

115. Effect of extrusion temperature, moisture content and screw speed on the functional properties of aquaculture balanced feed / J. Rodríguez-Miranda, C. A. Gomez-Aldapa, J. Castro-Rosas, B. Ramírez-Wong, M. A. Vivar-Vera, I. Morales-Rosas, I. Medrano-Roldan, E. Delgado // *Emirates Journal of Food and Agriculture*. – 2014. – Vol. 26. – No. 8. – P. 659–671.

116. Engineered maize as a source of astaxanthin: processing and application as fish feed / J. Breitenbach et al. // *Transgenic research*. – 2016. – Vol. 25. – No. 6. – P. 785–793.

117. Extrusion processing of raw food materials and byproducts: a review / V. Offiah, V. Kontogiorgos, K. O. Falade // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2018. – Vol. 59. – No. 18. – P. 2979–2998.

118. Exposure to an acute hypoxic stimulus during early life affects the expression of glucose metabolism-related genes at first-feeding in trout / J. Liu et al. // *Scientific reports*. – 2017. – Vol. 7. – No. 1. – P. 1–12.

119. Feeding habits of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Beheshtabad River of Chaharmahal & Bakhtiari Province / M. Aalipour et al. // *Journal of Applied Biology (Iran)*. – 2019. – Vol. 32. – No. 1. – P. 77–97.

120. Feeding rainbow trout with a lipid-enriched diet: effects on fatty acid sensing, regulation of food intake and cellular signaling pathways / M. Librán-Pérez et al. // *The Journal of Experimental Biology*. – 2015. – Vol. 218. – No. 16. – P. 2610–2619.

121. Glencross, B. Understanding the nutritional and biological constraints of ingredients to optimize their application in aquaculture feeds / B. Glencross // *Aquafeed Formulation*. – 2016. – P. 33-73.

122. Haghghi, M. Non-specific immune responses and hematological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with *Origanum vulgare* extract diets / M. Haghghi, M. S. Rohani // *Am. Adv. J. Biol. Sci.* – 2015. – Vol. 1. – P. 1-9.

123. Helland, S. J. Dietary threonine requirement of Atlantic salmon smolts / S.J. Helland, B. Grisdale-Helland // *Aquaculture*. – 2011. – № 321. – P. 230–236.

124. Helland, S. J. Energy, protein and amino acid requirements for maintenance and efficiency of utilization for growth of Atlantic salmon postsmolts determined using increasing ration levels / S. J. Helland, B. Hatlen and B. Grisdale-Helland // *Aquaculture*. – 2010. – № 305. – P. 150–158.

125. Immunological responses and disease resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles following dietary administration of stinging nettle (*Urtica dioica*) / M. Adel et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. – 2017. – Vol. 71. – P. 230-238.

126. Immunomodulation, antioxidant enhancement and immune genes up-regulation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed on seaweeds included diets / A. Vazirzadeh et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. – 2020. – Vol. 106. – P. 852-858.

127. Improvement of the water quality in rainbow trout farming by means of the feeding type and management over 10 years (2009–2019) / E. Fiordelmondo et al. // *Animals*. – 2020. – Vol. 10. – №. 9. – P. 1541.

128. Influence of probiotic, *Lactobacillus plantarum* on serum biochemical and immune parameters in vaccinated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) against streptococcosis/lactococcosis / A. M. Kane et al. // *International Journal of Aquatic Biology*. – 2016. – Vol. 4. – №. 4. – P. 285-294.

129. Kaushik, S. J. Protein and amino acid nutrition and metabolism in fish: current knowledge and future needs / S. J. Kaushik, I. Seiliez // *Aquaculture Research*. – 2010. – № 41. – P. 322-332.

130. Khater, E. S. G. Physical and mechanical properties of fish feed pellets / E. S. G. Khater, A. H. Bahnasawy, S. A. Ali // *Journal of Food Processing & Technology*. – 2014. – Vol. 5. – № 10. – P. 1–6.

131. Local variability mediates vulnerability of trout populations to land use and climate change / B. E. Penaluna et al. // *PLoS One*. – 2015. – Vol. 10. – № 8. – P. e0135334.

132. NRC, National Research Council Nutrient Requirements of Fish. – National Academy of Sciences, Washington, DC, USA. 1993.

133. Nesfatin-1 regulates feeding, glucosensing and lipid metabolism in rainbow trout / A. M. Blanco et al. // *Frontiers in Endocrinology*. – 2018. – P. 484.

134. Performance and immunological responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed bioprocessed plant-based proteins / T. J. Bruce et al. // *Aquaculture Nutrition*. – 2017. – Vol. 23. – № 5. – P. 1160-1168.

135. Productive characteristics of age-3 brood brown trout (*Salmo trutta*) reared in the conditions industrial aquaculture / L. Haloyan, A. Mruk, A. Kucheruk, L. Terteryan // *Рибогосподарська наука України*. – 2017. – No 1(39). – P. 64-72.

136. Programming of the glucose metabolism in rainbow trout juveniles after chronic hypoxia at hatching stage combined with a high dietary carbohydrate: protein ratios intake at first-feeding / H. Hu et al. // *Aquaculture*. – 2018. – Vol. 488. – P. 1-8.

137. Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to supplements of individual essential amino acids in a semipurified diet, including an estimate of the maintenance requirement for essential amino acids / M. Rodehutschord, A. Becker, M. Pack and E. Pfeffer // *Journal of Nutrition*. – 1997. – №127. – P. 1166-1175.

138. Riaz, M. N. Impact of particle size and other ingredients on extruded foods and feeds / M. N. Riaz, G. J. Rokey // *Extrusion Problems Solved*. – 2012ⁱ. – P. 55–63.

139. Rokey, G. J. Feed extrusion process description / G. J. Rokey, B. Plattner, E. M. D. Souza // *Revista Brasileira de Zootecnia*. – 2010. – Vol. 39. – P. 510–518.

140. Salmon testes meal as a functional feed additive in fish meal and plant protein-based diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fry / K. J. Lee et al. // *Aquaculture Research*. – 2015. – Vol. 46. – № 7. – P. 1590-1596.

141. Singh, A. K. Charting ways to invigorate rainbow trout production in India / A. K. Singh, B. S. Kamalam, P. Kumar // *Journal of Fisheries Sciences*. – 2016. – Vol. 10. – № 2. – P. 025-032.

142. Singh, P. Potentiality of new feed ingredients for aquaculture: a review / P. Singh, B. N. Paul, S. S. Giri // *Agricultural Reviews*. – 2018. – Vol. 39. – No. 4. – P. 282–291.

143. Singh, S. K. Effect of feed moisture, extrusion temperature and screw speed on properties of soy white flakes based aquafeed: a response surface analysis / S. K. Singh, K. Muthukumarappan // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2015. – Vol. 96. – No. 6. – P. 2220–2229.

144. Short- and long-term effects of dietary L-tryptophan supplementation on the neuroendocrine stress response in seawater-reared Atlantic salmon (*Salmo salar*) / B. Basic, Å. Krogdahl, J. Schjolden, S. Winberg, M.A. Vindas, M. Hillestad, I. Mayer, E. Skjerve, E. Höglund // *Aquaculture*. – 2013. – № 013388–391. – P. 8–13.

145. Solomon, S. G. Water stability and floatation test of fish pellets using local starch sources and yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) / S. G. Solomon, G. A. Ataguba, A. Abeje // *International Journal of Latest Trends in Agriculture & Food Sciences*. – 2011. – Vol. 1. – No. 1. – P. 1–5.

146. Species-and habitat-specific bioaccumulation of total mercury and methylmercury in the food web of a deep oligotrophic lake / M. Arcagni et al. // *Science of the Total Environment*. – 2018. – Vol. 612. – P. 1311-1319.
147. The combined effects of stocking density, feeding regime and initial size on growth performance of rainbow trout fingerlings / L. Dediu et al. // *Scientific Papers: Series D, Animal Science-The International Session of Scientific Communications of the Faculty of Animal Science*. – 2021. – Vol. 64. – №. 1.
148. The effects of dietary tryptophan levels on growth and metabolism of rainbow trout (*Salmo gairdner*) / M. J. Walton, R. M. Coloso, C. B. Cowey, J. W. Adron and D. Knox // *British Journal of Nutrition*. – 1984. – № 51. – P. 279-287.
149. The longevity of the antimicrobial response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed a peptidoglycan (PG) supplemented diet / E. Casadei et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. – 2015. – Vol. 44. – №. 1. – P. 316-320.
150. The minimum dietary lysine requirement, maintenance requirement and efficiency of lysine utilization for growth of Atlantic salmon smolts / B. Gris-dale-Helland, D. M. Gatlin III, E. Corrent, S.J. Helland // *Aquaculture Research*. – 2011. – № 42. – P. 1509–1529.
151. Tumuluru, J. A case study on maximizing aqua feed pellet properties using response surface methodology and genetic algorithm / J. Tumuluru // *British Journal of Applied Science & Technology*. – 2013. – Vol. 3. – No. 3. – P. 567–585.
152. Van Huis, A. Insects as food and feed: from production to consumption / A. Van Huis, J. K. Tomberlin // Wageningen Academic Publishers. The Netherlands. – 2017. – 448 p.
153. Vasagam, K. K. An overview of aquafeed formulation and processing / K. K. Vasagam, K. Ambasankar, J. S. Dayal // *Advances in Marine and Brackishwater Aquaculture*. – 2015. – P. 227–240.
154. Vatansever, S. Low- and high-moisture extrusion of pulse proteins as plant-based meal ingredients: a review / S. Vatansever, M.C. Tulbek, M. Riaz // *Cereal Foods World*. – 2020. – Vol. 65. – № 4. – P. 12-23.

155. Verdegem, M. C. J. The effect of dietary non-starch polysaccharide level and bile acid supplementation on fat digestibility and the bile acid balance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / M. C. J. Verdegem, P. Weththasinghe, J. W. Schrama // *Aquaculture*. – 2020. – Vol. 523. – P. 735174.
156. Verstegen, M.W.A. Crystalline Amino Acids and Nitrogen Emission / M.W.A. Verstegen, A.W. Jongbloed // *Amino Acids in Animal Nutrition*; ed. J.P.F. D'Mello, CAB, International, Wallingford, 2003. – P. 449-458.
157. Walton, M. J. Aspects of intermediary metabolism in salmonid fish / M. J. Walton, C. B. Cowey // *Comp. Biochem and Physiol.* – 1982. – Vol. 73. – N 1. – P. 59–79.
158. Zeraatpisheh, F. Effects of the macroalga *Sargassum angustifolium* hot water extract on hematological parameters and immune responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) infected with *Yersinia ruckeri* / F. Zeraatpisheh, F. Firouzbakhsh, K. J. Khalili // *Journal of Applied Phycology*. – 2018. – Vol. 30. – №. 3. – P. 2029-2037.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Analytical Report

Рыбная мука, Опыт №1

Результаты аминокислотного анализа

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
Сухое вещество	94.54
СП **	67.13
Метионин	1.911
Цистин	0.609
Метионин+Цистин **	2.597
Лизин	4.93
Треонин	2.833
Триптофан	0.685
Аргинин	4.233
Исолойрин	2.774
Лейцин	4.822
Вален	3.259
Гистидин	1.421
Фенилаланин	2.677
Глицин	4.616
Серин	2.881
Пролин	3.051
Аланин	4.066
Аспарагиновая кислота	6.154
Глутаминовая кислота	8.761
Аминокислоты	0.906
Всего, включая аминокислоты **	61.14
Всего, без аминокислот **	60.407

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: ap15101_50861_v9

AMINONIR® Prox

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
СП **	67.13
Сырой жир	6.7
Сырой золь	18.6
Фосфор (мг/кг)	27163

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: pf15101_305671_v6



Evonik Operations GmbH | Animal Nutrition
animal-nutrition@evonik.com | www.aminoacidsandmore.com



Analytical Report

Рыбная мука, Опыт №2

Результаты аминокислотного анализа

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
Сухое вещество	94.56
СП **	64.94
Метионин	1.81
Цистин	0.604
Метионин-Цистин **	2.543
Лизин	4.82
Тreonин	2.816
Триптофан	0.716
Аргинин	4.127
Изолейцин	2.803
Лейцин	4.808
Валейн	3.337
Гистидин	1.408
Фенилаланин	2.702
Глицерин	4.244
Серин	2.818
Пролин	2.994
Аланин	3.932
Аспарагиновая кислота	6.078
Глутаминовая кислота	8.519
Аминокислоты	0.921
Всего, включая аминокислоты **	60.513
Всего, без аминокислот **	59.576

*рассчитано по отдельному уравнению калибровки
 NIRS уравнение калибровки: adf19d1_58861_v9

AMINONIR® Prox

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
СП **	64.94
Сырой жир	7
Сырая зола	18.6
Фосфор (мг/кг)	26683

*рассчитано по отдельному уравнению калибровки
 NIRS уравнение калибровки: rpf19d1_105671_v6



Evonik Operations GmbH | Animal Nutrition
 animal-nutrition@evonik.com | www.aminoacidsandmore.com



Analytical Report

Кровяная мука, Опыт №1

Результаты аминокислотного анализа

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
Сухое вещество	93,6
СП **	91,74
Метионин	1,079
Цистин	1,035
Метионин+Цистин **	2,208
Лизин	8,42
Треонин	4,096
Триптофан	1,557
Аргинин	3,937
Изолейцин	1,181
Лейцин	11,424
Валин	7,669
Гистидин	5,746
Фенилаланин	6,247
Глицерин	3,94
Серин	4,506
Пролин	3,55
Аланин	7,006
Аспаргиновая кислота	10,094
Глутаминовая кислота	8,256
Аминок	1,317
Всего, включая аминок **	90,812
Всего, без аминок **	89,37

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: agBLOOD_59263_v4

AMINONIR® Prox

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
СП **	91,74
Сырой жир	0,6
Сырая зола	2
Фосфор (мг/кг)	850

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: pgBLOOD_66465_v3

Analytical Report

Кровяная мука, Опыт №2

Результаты аминокислотного анализа

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
Сухое вещество	94.48
СП **	92.96
Метионин	1.009
Цистин	1.064
Метионин+Цистин **	2.15
Лизин	7.8
Треонин	3.929
Триптофан	1.624
Аргинин	4.45
Изолейцин	2.331
Лейцин	10.95
Валин	7.058
Гистидин	5.417
Фенилаланин	5.863
Глицерин	3.826
Серин	4.103
Пролин	3.65
Аланин	6.915
Аспарагиновая кислота	9.518
Глутаминовая кислота	8.885
Аминок	1.423
Всего, включая аминок **	88.655
Всего, без аминок **	87.05

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: agBLO004_59263_v4

AMINONIR® Prox

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
СП **	92.96
Сырой жир	1.3
Сырая зола	2
Фосфор (мг/кг)	2483

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: pgBLO004_66465_v3

Analytical Report

Мясная мука, Опыт №1

Результаты аминокислотного анализа

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
Сухое вещество	96.26
СП **	63.17
Метонин	0.932
Цистин	0.795
Метонин+Цистин **	1.783
Лизин	3.283
Треонин	2.331
Триптофан	0.523
Аргинин	4.247
Изолейцин	2.283
Лейцин	4.372
Вален	3.133
Гистидин	1.217
Фенилаланин	2.391
Глицин	6.142
Серин	3.195
Пролин	4.596
Аланин	4.007
Аспарагиновая кислота	4.857
Глутаминовая кислота	7.694
Аминок	0.918
Всего, включая аминок **	56.659
Всего, без аминок **	56.126

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: apMEAT11_70065_v9

AMINONIR® Prox

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
СП **	63.17
Сырой жир	12.4
Сырая зола	16.6
Фосфор (мг/кг)	22295

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: pgMEAT11_149070_v7

Analytical Report

Мясная мука, Опыт №2

Результаты аминокислотного анализа

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
Сухое вещество	98.27
СП **	54.42
Испозин	0.78
Цистин	0.483
Метионин+Цистин **	1.317
Лизин	2.918
Треонин	1.896
Триптофан	0.409
Аргинин	3.717
Изолейцин	1.715
Лейцин	3.574
Вален	2.532
Гистидин	1.004
Фенилаланин	1.994
Глицин	6.539
Серин	2.3
Пролин	4.458
Аланин	4.102
Аспарагиновая кислота	4.115
Глутаминовая кислота	6.586
Аминок	0.683
Всего, включая аминок **	48.02
Всего, без аминок **	47.282

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: agMEAT11_70064_v9

AMINONIR® Prox

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
СП **	54.42
Сырой жир	10.7
Сырая зола	30.1
Фосфор (мг/кг)	48014

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: prMEAT04_118868_v6

Analytical Report

Пшеница, Опыт №1

Результаты аминокислотного анализа

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)	Содержание (%)*	Содержание (% в СП)
Сухое вещество	87.26		
СП **	12.83	12.94	
Метионин	0.192	0.193	1.493
Цистин	0.268	0.27	2.085
Метионин+Цистин **	0.46	0.464	3.585
Лизин	0.371	0.374	2.891
Тreonин	0.354	0.357	2.757
Триптофан	0.151	0.153	1.181
Аргинин	0.605	0.61	4.715
Изолейцин	0.426	0.429	3.317
Лейцин	0.799	0.806	6.229
Вален	0.534	0.538	4.162
Гистидин	0.289	0.291	2.25
Фенилаланин	0.573	0.578	4.464
Глицин	0.508	0.512	3.957
Серин	0.553	0.558	4.317
Пролин	1.222	1.232	9.521
Аланин	0.454	0.458	3.542
Аспарагиновая кислота	0.669	0.675	5.213
Глутаминовая кислота	3.453	3.482	26.912
Аминокислоты	0.431	0.435	3.358
Всего, включая аминокислоты **	11.941	12.043	93.072
Всего, без аминокислот **	11.277	11.373	87.893

*СВС: показатель стандартизован для содержания сухого вещества 88%, СП - сырой протеин, калибровка основана на методе Дюма (СП фактор 6.25)

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки

NIRS уравнение калибровки: a91NCA01_108873_v11

AMINONIR® Prox

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)	Содержание (%)*
СП **	12.83	12.94
Сырой золь	1.8	1.8
Сырая клетчатка	2.6	2.6
Сырая зола	2	2
Крахмал	57.3	57.8
Июственно-детергентная клетчатка (ИДК)	3.7	3.7
Нейтрально-детергентная клетчатка (НДК)	15	15.1
Сахар	2.5	2.6
Фосфор (мг/кг)	3199	3226
Фитатный фосфор оцен. (мг/кг)	2079	2097

*СВС: показатель стандартизован для содержания сухого вещества 88%, СП - сырой протеин, калибровка основана на методе Дюма (СП фактор 6.25)

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки

NIRS уравнение калибровки: a91NCA38_86869_v5

Analytical Report

Пшеница, Опыт №2

Результаты аминокислотного анализа

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
Сухое вещество	88,11
СП **	11,99
Метионин	0,193
Цистин	0,256
Метионин+Цистин **	0,453
Лизин	0,326
Треонин	0,339
Триптофан	0,138
Аргинин	0,524
Изолейцин	0,404
Лейцин	0,761
Валейн	0,513
Гистидин	0,261
Фенилаланин	0,518
Глицин	0,466
Серин	0,513
Пролин	1,132
Аланин	0,423
Аспарагиновая кислота	0,634
Глутаминовая кислота	3,334
Аминок.	0,396
Всего, включая аминок. **	10,843
Всего, без аминок. **	10,463

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: agN-ICA01_108870_v11

AMINONIR® Prox

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
СП **	11,987
Сырой золь	2
Сырая клетчатка	2,3
Сырая зола	1,4
Крахмал	61,4
Кислотно-детергентная клетчатка (КДК)	3,1
Нейтрально-детергентная клетчатка (НДК)	11,9
Сахар	2,9
Фосфор (мг/кг)	2109
Фитатный фосфор оцен. (мг/кг)	1371

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: prN-ICA38_06868_v5



Аминокислота (%) в ингредиенте

Пользователь :

Пшеничный глютен				
n = 29				
Аминокислота	Среднее (%)	CV (%)	Мин.	Макс.
Lysine	1,16	8,3	0,91	1,36
Methionine	1,12	6,5	0,96	1,26
Cystine	1,57	4,5	1,42	1,74
Met+Cys	2,69	4,9	2,38	2,97
Threonine	1,85	5,4	1,59	2,07
Tryptophan	0,71	0,7	0,70	0,71
Arginine	2,55	6,3	2,13	2,77
IsoLeucine	2,66	4,5	2,41	2,94
Leucine	5,13	3,6	4,68	5,62
Valine	2,90	4,6	2,58	3,21
Histidine	1,58	5,6	1,44	1,78
Phenylalanine	3,80	3,3	3,48	4,06
Tyrosine	2,46			
Glycine	2,44	4,7	2,20	2,69
Serine	3,53	4,8	3,25	3,90
Proline	9,58	7,1	8,33	11,37
Alanine	1,89	4,6	1,63	2,07
Aspartic acid	2,35	4,9	2,03	2,57
Glutamic acid	26,31	6,9	22,20	29,42
CP	75,40	3,1	71,40	80,80
Сухое вещество:	88			

Analytical Report

Дрожжи кормовые, Опыт № 1 и 2

Результаты аминокислотного анализа

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
Сухое вещество	95.8
СП **	49.72
Метионин	0.793
Цистин	0.436
Метионин+Цистин **	1.135
Лизин	3.251
Треонин	2.415
Триптофан	0.678
Аргинин	2.295
Изолейцин	2.314
Лейцин	3.339
Вален	2.625
Гистидин	1.137
Фенилаланин	2.035
Глютамин	2.029
Серин	2.242
Пролин	1.353
Аланин	3.521
Аспарагиновая кислота	4.737
Глутаминовая кислота	6.219
Аммиак	0.813
Всего, включая аммиак **	41.135
Всего, без аммиака **	40.865

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: ugYEAS07_69064_v4

AMINONIR® Prox

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
СП **	49.72
Сырой жир	4.7
Сырая клетчатка	1.3
Сырая зола	6
Крахмал	7.6
Кислотно-детергентная клетчатка (КДК)	2.7
Нейтрально-детергентная клетчатка (НДФ)	13.4
Сахар	1.1
Фосфор (мг/кг)	10120

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: pgYEAS07_115471_v1

Analytical Report

Кукурузный глютен, Опыт №1

Результаты аминокислотного анализа

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
Сухое вещество	94.32
СП **	64.68
Метионин	1.668
Цистин	1.137
Метионин+Цистин **	2.798
Лизин	1.117
Треонин	2.205
Триптофан	0.373
Аргинин	2.112
Изолейцин	2.582
Лейцин	10.253
Вален	2.982
Гистидин	1.31
Фенилаланин	3.978
Глицин	1.821
Серин	3.343
Пролин	5.835
Аланин	5.496
Аспарагиновая кислота	4
Глутаминовая кислота	13.534
Аминокс	1.84
Всего, включая аминокс **	65.385
Всего, без аминокс **	63.593

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: agCORN11_134473_v6

AMINONIR® Prox

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
СП **	64.68
Сырой жир	4.1
Сырая клетчатка	0.9
Сырая зола	1.6
Крахмал	17.3
Исключо-детергентная клетчатка (ИДК)	2.1
Нейтрально-детергентная клетчатка (НДК)	6.5
Свар	0.7
Фосфор (мг/кг)	4184
Фитатный фосфор оцен. (мг/кг)	3347

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: pgCORN11_121869_v5

Analytical Report

Кукурузный глютен, Опыт №2

Результаты аминокислотного анализа

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
Сухое вещество	92.78
СП **	60.97
Метионин	1.478
Цистин	1.08
Метионин+Цистин **	2.58
Лизин	0.937
Тreonин	2.03
Триптофан	0.304
Аргинин	1.84
Изолейцин	2.415
Лейцин	9.933
Валин	2.768
Гистидин	1.254
Фенилаланин	3.745
Глютамин	1.579
Серин	3.118
Пролин	5.784
Аланин	5.254
Аспарагиновая кислота	3.6
Глутаминовая кислота	13.122
Аминокислоты	1.823
Всего, включая аминокислоты **	62.113
Всего, без аминокислот **	60.423

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: agCORN11_134473_v6

AMINONIR® Prox

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
СП **	60.97
Сырой жир	4.3
Сырая клетчатка	1.8
Сырая зола	1.3
Крахмал	17.7
Кислотно-детергентная клетчатка (КДК)	3.3
Нейтрально-детергентная клетчатка (НДК)	8
Сахар	0.3
Фосфор (мг/кг)	3600
Фитатный фосфор оцен. (мг/кг)	2880

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: pgCORN11_121869_v5

Analytical Report

Соевый шрот, Опыт №1

Результаты аминокислотного анализа

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
Сухое вещество	88.44
СП **	45.85
Метионин	0.631
Цистин	0.699
Метионин+Цистин **	1.333
Лизин	2.796
Треонин	1.773
Триптофан	0.631
Аргинин	3.34
Изолейцин	2.071
Лейцин	3.429
Вален	2.162
Гистидин	1.171
Фенилаланин	2.275
Глицин	1.937
Серин	2.266
Пролин	2.303
Аланин	1.951
Аспаргиновая кислота	5.138
Глутаминовая кислота	8.101
Аминок.	0.907
Всего, включая аминок. **	43.285
Всего, без аминок. **	42.244

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: ag50YA22_57064_v11

AMINONIR® Prox

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
СП **	45.848
Сырой жир	1.5
Сырая клетчатка	4.9
Сырая зола	6.2
Крахмал	1
Кислотно-детергентная клетчатка (НДК)	7
Нейтрально-детергентная клетчатка (НДФ)	9
Сахар	10.2
Фосфор (мг/кг)	6454
Фитатный фосфор оцен. (мг/кг)	3872

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки: rd50YA33_108268_v9

Analytical Report

Соевый шрот, Опыт №2

Результаты аминокислотного анализа

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
Сухое вещество	88.78
СП **	46.63
Метонин	0.629
Цистин	0.687
Метонин+Цистин **	1.313
Лизин	2.871
Тreonин	1.793
Триптофан	0.627
Аргинин	3.455
Изолейцин	2.096
Лейцин	3.49
Вален	2.186
Гистидин	1.206
Фенилаланин	2.335
Глицин	1.962
Серин	2.331
Пролин	2.324
Аланин	1.97
Аспарагиновая кислота	5.293
Глутаминовая кислота	8.348
Аминок	0.927
Всего, включая аминок **	44.214
Всего, без аминок **	43.201

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки ag50YA22_57067_v11

AMINONIR® Prox

Показатель	Содержание (% на натуральную влажность)
СП **	46.63
Сырой жир	2
Сырая клетчатка	5.4
Сырая зола	6.3
Крахмал	0.4
Исключо-детергентная клетчатка (КДФ)	7.4
Нейтрально-детергентная клетчатка (НДФ)	10.8
Сахар	10
Фосфор (мг/кг)	6149
Фитатный фосфор оцен. (мг/кг)	3689

**рассчитано по отдельному уравнению калибровки
NIRS уравнение калибровки pg50YA33_108269_v9