

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

*На правах рукописи*

**Батракова Юлия Михайловна**

**РАЗРАБОТКА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ОСЕТРОВЫХ РЫБ**

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

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор С.И. Николаев

**Волгоград – 2022**

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	9
1.1 Комбикорма, используемые для объектов аквакультуры.....	9
1.2 Биологическая ценность белка (протеина) в кормление рыбы.....	19
1.3 Источники протеина, аминокислот для объектов аквакультуры.....	27
1.4 Технологические свойства кормов для объектов аквакультуры .....	43
2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	48
3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	53
3.1 Химический и аминокислотный состав подсолнечного жмыха и белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка».....	53
3.2 Физико-химические свойства воды.....	60
3.3 Использование комбикормов с высокобелковой кормовой добавкой «Горлинка» схема I научно-хозяйственного опыта.....	61
3.4 Результаты основных рыбоводно-биологических показателей молоди русского осетра.....	65
3.5 Эффективность использования комбикормов.....	73
3.6 Морфологические и биохимические показатели крови подопытных осетровых рыб .....	75
3.7 Влияние высокобелковой кормовой добавки «Горлинка» на товарные качества русского осетра .....	81
3.8 Исследование внутренних органов русского осетра.....	84
3.9 Результаты дегустационной оценки мышечной ткани русского осетра	90
3.10 Экономическая эффективность использования кормового концентрата «Горлинка» при выращивании русского осетра .....	91
3.11 Использование комбикормов с высокобелковой кормовой добавкой «Горлинка» схема II научно-хозяйственного опыта .....	93
3.12 Динамика живой массы русского осетра.....	97
3.13 Затраты комбикормов .....	104
3.14 Биохимические и морфологические показатели крови подопытной рыбы .....	106
3.15 Выход товарной продукции русского осетра.....	112

3.16 Пищевая ценность и химический состав мяса трёхлеток русского осетра.....	114
3.17 Органолептическая оценка мышечной ткани подопытного русского осетра.....	118
3.18 Экономическая эффективность использования кормового концентрата «Горлинка» при выращивании русского осетра .....	120
3.19 Результаты апробации .....	122
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	123
ПРЕДЛОЖЕНИЯ К ПРОИЗВОДСТВУ .....	125
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАБОТЫ .....	125
Список использованной литературы.....	126

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования, степень её разработанности.** В мире, где почти 30 % человечества страдает от недоедания, а более 70 % планеты покрыто водой, водные продукты являются важным компонентом глобальной продовольственной корзины для улучшения питания, здоровья и благополучия всех людей [5]. С почти семью миллиардами людей на земле спрос на рыбу продолжает расти, и, следовательно, крайне необходимы расширение и интенсификация производства продукции аквакультуры [93, 94].

Индустрия аквакультуры резко растет и требует более устойчивых и осуществимых стратегий для ее расширения. Составление сбалансированного по питательным веществам корма для аквакультуры является решающим фактором для обеспечения соответствия потребностям водных животных. Были предприняты огромные усилия для определения оптимальных требований к ингредиентам кормов для рыбы [2, 41].

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации, мировое производство рыбы резко увеличилось за последние 60 лет и составило около 179 миллионов тонн в 2018 году. Мировое потребление рыбы также увеличилось с 9,0 кг на душу населения в 1961 году до 20,5 кг в 2020 году. Продукция аквакультуры составляет 46 % от общего объема производства и 62 % от общей стоимости реализации. Ожидается, что к 2050 году мировое производство продукции аквакультуры удвоится из-за растущего спроса на высококачественный белок, сокращения вылова дикой рыбы и развития технологий разведения рыбы [17, 29, 98].

Рыба признана неотъемлемым компонентом хорошо сбалансированной диеты, поскольку она является источником здоровой энергии, высококачественных белков, витаминов (D, A, E и B12), незаменимых металлов (Se, Mn и Cu) и особенно Омега – 3, которые играют жизненно

важную роль в здоровье человека от зачатия до всех стадий человеческого развития, созревания и старения [37].

**Степень разработанности темы.** Ввод новых высокобелковых растительных компонентов в полнорационные комбикорма для объектов аквакультуры в кормопроизводстве является в настоящее время перспективным направлением для расширения кормовой базы при производстве кормов.

За последние годы в связи с напряжённой ситуацией в стране было проведено множество исследований по введению новых белковых компонентов для объектов аквакультуры. Введение растительных белковых компонентов отечественного производства в комбикорма для ценных объектов аквакультуры изучены ещё в неполной мере.

**Цель и задачи исследования.** Целью исследований явилось повышение эффективности выращивания русского осетра при введении в рацион высокобелкового кормового концентрата «Горлинка» частично или взамен подсолнечного жмыха.

В соответствии с целью проводимых исследований были поставлены следующие задачи:

- ✓ Провести сравнительный химический состав подсолнечного жмыха и кормового концентрата «Горлинка».
- ✓ Определить влияние кормового концентрата «Горлинка» на динамику живой массы и сохранность русского осетра.
- ✓ Проанализировать влияние кормового концентрата «Горлинка» на морфологические и биохимические показатели крови русского осетра.
- ✓ Провести анализ влияния кормового концентрата «Горлинка» на товарные качества рыбной продукции русского осетра и аминокислотные показатели его мышечной ткани.
- ✓ Провести органолептическую оценку мышечной ткани товарного русского осетра.

- ✓ Дать экономическую оценку использования кормового концентрата «Горлинка» в кормлении русского осетра.
- ✓ Определить оптимальную дозу ввода высокобелкового кормового концентрата «Горлинка» в комбикорма для русского осетра.

**Научная новизна работы.** Впервые изучено влияние высокобелкового кормового концентрата «Горлинка» на рыбопродуктивность русского осетра при выращивании в индустриальных условиях. Проанализировано влияние кормового концентрата «Горлинка» на динамику живой массы, затраты кормов на единицу прироста, стоимость комбикормов с ведением кормового концентрата, гематологические показатели крови, аминокислотный состав мышечной ткани, товарные качества рыбной продукции. Также дано экономическое обоснование использования высокобелкового кормового концентрата «Горлинка» в кормлении русского осетра. Разработаны рецептуры комбикормов с разными процентами ввода кормового концентрата «Горлинка» взамен подсолнечного жмыха.

**Теоретическая и практическая значимость исследований** заключается в расширении и углублении знаний об особенностях выращивания русского осетра в контролируемых условиях (УЗВ). Также доказано положительное влияние кормового концентрата «Горлинка» на динамику живой массы изучаемого объекта аквакультуры и показатели качества полученной рыбной продукции.

**Методология и методы исследований.** Научно-исследовательская работа заключалась в проведении экспериментов по кормлению осетровых рыб разработанными полнорационными гранулированными комбикормами, в контролируемых условиях (УЗВ), с использованием общепринятых актуальных методик зоотехнических, рыбоводно-биологических, физиологических и химических исследований.

**Основные положения, выносимые на защиту.**

- ✓ сравнительная оценка химического состава высокобелкового кормового концентрата «Горлинка» и подсолнечного жмыха;

- ✓ введение в рацион высокобелкового кормового концентрата «Горлинка» улучшает динамику живой массы и сохранность русского осетра;
- ✓ применение в составе рациона высокобелкового кормового концентрата «Горлинка» оказывает положительное воздействие на затраты корма на 1 кг прироста живой массы подопытных особей русского осетра;
- ✓ оценка питательной ценности комбикорма с использованием кормового концентрата «Горлинка» по рыбоводно-биологическим, морфологическим и биохимическим показателям подопытных осетровых рыб, потребляющих этот корм в сравнении с традиционно используемым.
- ✓ экономический эффект при использовании кормового концентрата «Горлинка».

**Апробация работы и степень достоверности результатов.** Основные положения и результаты исследований диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на XXIII Региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области, г. Волгоград 2018 г., XIII Международной научно-практической конференции молодых исследователей «Наука и молодёжь: новые идеи и решения» г. Волгоград 2019 г., II Всероссийской научно-практической конференции молодых исследователей «Разработки и инновации молодых исследователей», г. Волгоград 2019 г., XXIV Региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области, г. Волгоград 2020 г., Международной научно-практической конференции, проведенной в рамках Международного научно-практического форума, посвященного 75-летию Победы в Великой отечественной войне 1941-1945 гг. «Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий», г. Волгоград, 2020 г., XIV Международной научно-практической конференции молодых исследователей «Наука и молодёжь: новые идеи и решения», г.

Волгоград 2020 г., Национальной научно-практической конференции «Научное обоснование стратегии развития АПК и сельских территорий в XXI веке», г. Волгоград 2021 г., XXV региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области, г. Волгоград 2021 г., материалы Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях», г. Волгоград 2021 г., XV Международной научно-практической конференции молодых исследователей «Наука и молодёжь: новые идеи и решения», г. Волгоград 2021 г., Национальная научно-практическая конференция с международным участием «Аграрная наука и инновационное развитие животноводства - основа экологической безопасности продовольствия» г. Саратов 2021 г.

**Публикации результатов исследований.** По материалам диссертации опубликовано 15 работ, из которых 6 работы в изданиях, включенных в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, утвержденных ВАК при Министерстве науки и высшего образования, и рекомендованных для публикации основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа изложена на 140 страницах компьютерного текста, состоит из введения, обзора литературы, методологии и методов исследований, результатов собственных исследований, выводов. При написании работы были использованы 134 литературных источника, из них 34 на иностранных языках. В работе описаны 41 таблица, имеется 29 рисунков.



# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1 Комбикорма, используемые для объектов аквакультуры

В России на сегодняшний день активно развивается отрасль товарного рыбоводства – аквакультура. Данная отрасль активно поддерживается со стороны правительства Российской Федерации, так как на сегодняшний день большая доля товарной рыбной продукции в страну импортируется из-за рубежа. В общем объеме сельскохозяйственного производства доля товарного рыбоводства не превышает 1 %. Из-за сложившейся социальной и экономической ситуации в стране, сельскохозяйственные предприятия малого и среднего бизнеса, для сохранения конкурентоспособности на рынке вынуждены снижать себестоимость производства продукции [3, 82].

Отечественная аквакультура находится в прямой зависимости от импортных комбикормов. Из-за нестабильности рубля на зарубежном рынке комбикорма имеют высокую стоимость, помимо стоимости на сами корма нельзя забывать о логистических издержках, которые также отражаются на стоимости комбикормов [7, 39]. По данным различных источников, только стоимость доставки кормов на предприятия по выращиванию рыбы может повысить цену кормов на 30 - 40 %, а иногда прибавка может быть и до 100 %. В России на предприятиях, занимающихся выращиванием рыбы из себестоимости продукции, затраты на комбикорма составляют примерно 65 – 70 %, а в Европе данные затраты на комбикорма занимают всего 25-35 % [18, 86].

Препятствия вызывают не только высокая стоимость комбикормов, полная зависимость от курса валют, помимо этого временами могут возникать сбои поставок из-за ветеринарных или таможенных проблем. Выращивания на отечественных рыбоводных предприятиях и выращивание рыбы за рубежом, имеют некоторые отличия, так как климат, условия выращивания, технологии выращивания, стандарты и т.д. разные, поэтому

импортные комбикорма не всегда удовлетворяют отечественные рыбоводные хозяйства [73, 76].

Проблема восстановления отечественного кормопроизводства требует немедленного решения. Проанализировав состояние российского рынка товарной аквакультуры, можно сделать вывод, для того, чтобы удовлетворить потребность рынка в кормах для ценных пород рыб необходимо производить собственных кормов в объеме около 30-40 тыс. т в текущий период и через 5 лет до 80 тыс. т [69, 116, 105].

Поэтому основная задача кормопроизводства России – разработать недорогие комбикорма, которые будут отвечать основным потребностям объектов аквакультуры и позволят обеспечить эффективное выращивание товарной рыбы. В зарубежных странах балансирую комбикорма по аминокислотному, жирно-кислотному и витаминному составам для каждого вида рыбы, учитывая возраста и условия содержания. Это даёт возможность уменьшить расходы комбикормов за счёт их высокой усвояемости помимо этого позволяет повысить продуктивность рыбы, сохранность поголовья и его здоровье. А в нашей стране при разработках комбикормов уделяют внимание только содержанию сырого протеина, жира, клетчатки, кальция, фосфора и метионина, но это всё недостаточно для качественной балансировки рецепта комбикорма и выпуска качественного продукта [5, 69].

На сегодняшний день много российских компаний могут предложить широкий ассортимент комбикормов для рыб. Комбикормовые производства России характеризуются небольшими объемами, ассортиментом, качество используемого сырья не всегда высокое. Поэтому наши рыбоводные хозяйства чаще используют комбикорма импортного производства, так как у них изучены более 60 видов рыб, они наработали большую базу компонентов комбикормов, которые могут быть использованы, так же ими разработаны разнообразные рецептуры комбикормов. Зарубежными основными поставщиками комбикормов являются Норвегия, Италия, Франция. Таким

образом, можно сказать, что развитие отечественной аквакультуры ослабляет импортное кормопроизводство [72, 79, 92].

Большинство производимых рыбных кормов в России низкого качества, потому что при производстве наблюдается несоблюдение рецептур, плохое качество компонентов комбикормов и устаревшие технологии при производстве [34]. Некоторые отечественные предприятия до сих пор применяют устаревшую технологию сухого прессования. Данная технология не подходит при производстве кормов для выращивания дорогостоящих и ценных объектов аквакультуры таких как осетровые и лососевые виды рыб. На предприятиях за рубежом давно применяют технологию экструдирования [38, 42].

Производство рыбных комбикормов на сегодняшний день является самым высокзатратным в сравнении с производством комбикормов для других видов животных. Это связано с физиологическим строением организма рыб они имеют короткую пищеварительную систему, которая требует легкопереваримого корма. Если рыба потребляет оптимальное количество корма, загрязняющих воду экскрементов должно быть, как можно меньше [31]. При производстве комбикормов важно учитывать размер и форму гранул, так как они должны подходить размерам рыбы. Гранулы необходимо выпускать по определённым технологическим требованиям для каждого вида рыб, размер гранул должен соответствовать возрасту и размеру рыбы, способность корма плавать на поверхности или скорость опускания гранул на дно, эти все необходимые технологические требования обязательно должны соответствовать их привычному способу для потребления кормов [74, 88, 125].

Скорость опускания гранул для лосося, форели должна быть как можно ниже, чтобы оставалось достаточно времени для поедания корма. Если сравнивать различные способы изготовления кормов, то экструдированный корм опускается медленнее в 2 раза по сравнению с гранулированным. Выпуск корма с плотностью, подходящей к способу поедания корма рыбами,

будет являться успешным выращивания рыбы. Из-за этого возникает меньше потерь и более низкое загрязнение воды, потому что сокращается количество мелких частиц в воде и не съеденного корма [26].

Основное значение в составе рецепта комбикормов играют показатели протеина. Рыбами в период роста потребляется на 30-40 % больше белков, чем у сельскохозяйственных животных. Быстрый рост мальков происходит за счет пищи, богатой протеином. Белковые компоненты растительного сырья содержат лизин, гистидин, метионин и другие полезные аминокислоты. В основе практически всех рецептур комбикормов для рыб входят кормовые растения [38, 77].

На рынке в России сегодня представлены два основных вида кормов – гранулированные и экструдированные. В состав экструдированных кормов входят высокобелковые компоненты с содержанием протеина 45 – 50 % и высокожирные компоненты с содержанием жира 12 – 30 %. Рационы с такой питательностью обеспечивают минимальный расход корма (0,8 – 1,6 кг) на единицу прироста рыбы. Такие экструдированные корма для лососевых, осетровых и карповых видов рыб выпускают заводы ОАО «Акварекс» (г. Тверь), ООО «ЛимКорм» (Белгородская область, г. Шебекино), но их мощностей не хватает, чтобы удовлетворить потребности всех рыбоводных хозяйств [16]. Средняя стоимость зарубежных кормов была выше цен отечественных: в 2019 году на 84 %, в 2020 году на 31,2 %, за данный период рост стоимости кормов зарубежных производителей увеличился на 11 %, отечественных - 55,7 %. Такая разница между отечественными и зарубежными комбикормами связана, прежде всего, с дефицитом на отечественном рынке качественных комбикормов для лососевых, осетровых и др., ценных пород рыб. Проанализировав данные предприятий занимающихся разведением рыб можно сделать вывод, что целесообразно с экономической точки зрения производить комбикорма в условиях собственного производства. На таких предприятиях годовая экономия затрат на корма в объеме 700 тонн составит 15,4 млн. руб., что позволяет окупить

инвестиции (взяты в кредит) в 5 лет, а дисконтированный срок окупаемости инвестиций составит 3,5 года [6, 64].

Зарегистрированный общий объем производства сложных аквакормов в 2006 г. в 36 странах, представивших отчетность, составлял от 20,2 до 22,7 млн. тонн), Норвегия (940 000–960 000 тонн), Индонезия (750 000 – 900 000 тонн), США (750 000–850 000 тонн), Вьетнам (650 000 – 850 000 тонн), Япония (650 000–800 000 тонн), Филиппины (350 000 – 400 000 тонн) и Тайвань (340 000–350 000 тонн). Приведенное выше значение общего объема заявленного производства сложных аквакормов соответствует оценке за 2006 год, общее производство кормов для аквакультуры оценивается в 4 % от общего мирового производства кормов для животных в 2006 г. и составило 25,4 млн. тонн [111].

В Российской Федерации имеется большой опыт выращивания осетровых рыб на искусственных кормах. Отечественная комбикормовая промышленность выпускает три вида комбикормов для осетровых рыб – стартовый, производственный и воспроизводственный [44].

По мнению Калмыкова В.Г.: «Кормовая продуктивность зависит от многих факторов. Важнейшим фактором является качество корма. Высокая продуктивность осетровых поддерживается кормами, которые обеспечивают выращиваемую рыбу энергией и питательными веществами в соответствии с нормами кормления. Для удовлетворения биологических потребностей рыб необходимо учитывать рецептуру, качество используемых ингредиентов, способы производства, условия и продолжительность хранения кормов».

Рецептуры кормов разрабатывались и совершенствовались многими исследователями. Корма, используемые в аквакультуре, должны по-разному отвечать на потребности рыб. Компоненты корма используются для формирования мышечной ткани, скелета, систем органов и энергии для жизнедеятельности, такой как плавание, дыхание и обмен веществ [1].

В кормах для рыб традиционно используются такие компоненты, как отходы растениеводства, животноводства, рыболовства, микробиологии и пищевой промышленности [17].

Однако особенности аквакультуры, такие как проживание, в воде, зависимость обменных процессов от температуры окружающей среды, определили и свойства кормоприготовления в этой области. Таким образом, потребность рыб в белках и липидах выше, чем у теплокровных животных. В отличие от теплокровных животных, у рыб нет достаточного ферментного комплекса, способствующего эффективному перевариванию растительной пищи [19, 71]. Технологические свойства корма должны соответствовать требованиям водной среды, особенно по водостойкости и адгезии частиц [29].

Многочисленные исследования показывают, что основной проблемой в развитии аквакультуры является умение организовать адекватное кормление на всех этапах выращивания.

В состав комбикормов для выращивания осетровых рыб в промышленных условиях и на прудах обязательно входит сырье с высоким содержанием белка. В качестве таких ингредиентов выступают рыбная мука, соевый шрот или жмых, витазар, а также специальные премиксы и другие ценные ингредиенты [49, 52].

При составлении стартовых комбикормов необходимо учитывать состав питательных веществ в натуральном корме осетровых рыб. Кормление осетровых следует начинать с момента полного рассасывания желточного мешка у 60-70 % личинок массой около 2030 мг. Стартовый комбикорм характеризуется наличием низкомолекулярного протеина. Также в нем высокое содержание незаменимых жирных кислот из серии линолеума. В состав стартового комбикорма вводят рыбную муку, рыбные гидролизаты, дрожжи, витазар, поливитаминный премикс и другие компоненты [68]. Первоначально проблемы со стартовыми кормами решались отечественными исследователями, например, в 1980-х гг. разработаны не только рецептуры

стартовых комбикормов Ст-07 и Ст-4Аз, но и способ их скармливания [39, 40]. Осетры потребляют акваорма, которые должны содержать около 40 % белков, до 15 % жиров и до 30 % углеводов [1, 20].

В результате исследований, проведенных сотрудниками ЦНИОРХ в начале 80-х годов прошлого века, разработана рецептура стартового комбикорма и способ применения. В качестве основных ингредиентов комбикорма Ст-07 определены продукты животного и микробного происхождения. Готовый корм содержит 55 % белков, 19 % жиров, 8,6 % углеводов и 4800 ккал/кг обменной энергии. Такое соотношение между основными питательными веществами и энергией соответствует их биологическим потребностям [40].

В результате исследования нарушений метаболизма была определена физиологическая потребность в таких показателях, как белок и незаменимые аминокислоты, жиры и незаменимые жирные кислоты, углеводы, а также витамины А, D и С, фосфор, кальций, натрий и калий [1, 39]

В начале 2000-х годов необходимо было разграничить рецептуру стартовых комбикормов СТ-07 (ЦНИОРХ) и СТ-4Аз (АзНИИРХ) [29]. Необходимость в этом была вызвана новым методическим подходом к балансированию белковой части рационов молоди рыб. Также возникла проблема недоступности некоторых кормовых компонентов из этих рецептов при производстве продукции. Совместными исследованиями ВНИИПРХ и НТЦ «Аквакорм» оптимизирован состав стартовых кормов для осетровых рыб на основе детальной оценки белкового питания рыб с учетом потенциала сырьевой базы отечественной промышленности [68].

В настоящее время разработано и активно используется несколько рецептур производственных смесей для осетра. Например, производственный комбикорм для осетра содержит рыбную муку, витазар, шрот соевый, дрожжи кормовые, муку пшеничную, глютен кукурузный, жир рыбий, премикс БМП ПО-1, комплекс КП [65].

Для осетровых рыб основными компонентами комбикорма являются продукты животного происхождения, такие как рыбная мука, кровяная мука, рыбий жир. Кроме того, в состав кормосмеси входят продукты микробного происхождения, такие как различные виды кормовых дрожжей, а также продукты растительного происхождения, в том числе шрот и жмых, пшеница, хлопья из зародышей пшеницы, кукурузный глютен и растительное масло. Минерально-витаминные добавки и премиксы являются дополнительными компонентами в комбикормах [61, 81].

Основной проблемой в развитии аквакультуры, как показывают современные исследования [91, 93], является необходимость организации полноценного кормления рыб на всех этапах выращивания.

Ускоренное развитие отечественной аквакультуры базируется на широком ассортименте комбикормов от крупнейших мировых производителей [81].

На отечественном рынке представлены корма таких известных зарубежных фирм, как Биомар, Коппенс, Скреттинг, Аллер Аква и некоторых других [8].

Компания «Аллер Аква» поставляет корма для рыб в Россию с 1993 года и производит полный спектр кормов для всего цикла рыбоводства. В серию кормов входят стартовые корма, корма для молодняка, а также лечебно-профилактические корма. Как правило, наиболее важными ингредиентами корма являются рыбная мука, витазар, кровяная мука, соевая мука, циксовое молоко, кукурузный глютен, дикальцийфосфат, рыбий жир, премиксы [65]

Крупнейшая компания «Биомар» разрабатывает и производит кормосмеси, в том числе экструдированные корма для лосося, радужной форели, угря, осетра и морских рыб [44].

Rehuraishio использует региональный подход в своей деятельности. Rehuraishio имеет мощную производственную базу в Финляндии и Карелии. Учитывая, что условия для разведения рыбы в Финляндии практически



идентичны Карелии, Rehuraisio активно реализует свою продукцию и консультирует по использованию кормовой продукции, а также использует скорость доставки из-за максимальной близости заводов этой компании к области [25, 126].

Coppens International известна высокими стандартами качества своей продукции, которая продается во многих странах мира. Coppens International специализируется на разработке и производстве кормов для промышленного рыбоводства. Сортовой корм компании для осетровых включает растительные, рыбные и кровяные белки. Повышенное содержание рыбной муки в корме гарантирует рост рыбы. Эти корма содержат рыбную муку, растительный белок, рыбий жир, продукты крови и используются в системах оборотного водоснабжения из-за их высокой водостойкости [31, 102].

Отечественное производство аквакультуры нуждается в дальнейшем развитии и повышении конкурентоспособности. На новом предприятии по производству кормов для рыб Aguarex представлен ассортимент кормов для форели, осетра и карпа. Комбикорм Aguarex для товарного откорма осетровых рыб имеет следующий состав - рыбная мука, соевая мука, гороховый белок, пшеница, рыбий жир, растительное масло, витаминно-минеральный комплекс [8, 98].

ООО «Рыбоводцентр» производит и реализует гранулированные корма для осетровых рыб. Содержит рыбную муку, пшеничную муку, кукурузный глютен, соевую муку, сухой гемоглобин, мясную муку, рыбий жир, растительное масло, монокальцийфосфат, БМК [56, 57].

В ООО «АгроВитЭкс» кормосмеси для выращивания осетра представлены двумя рецептурами. Первый предназначен для использования при незначительном ухудшении гидрохимического режима. Второй корм применяют при значительном ухудшении гидрохимического режима.

Помимо признанных лидеров по производству комбикормов для аквакультуры, аналогичную продукцию в Россию импортируют из стран

Содружества независимые государства – это ТОО «АкваКорм» из Казахстана и ООО «Манана Грейн» из Армении [21].

Сложилось мнение, что отечественным производителям следует ускорить техническое перевооружение и модернизацию своих производств, чтобы конкурировать с иностранными компаниями в поставках кормов, в том числе лососевых и осетровых [24,30].

Такой подход, учитывающий необходимость импортозамещения, представляется востребованным, так как стоимость импортных кормов во многом завышена из-за таможенных пошлин, посреднических услуг, курсовой разницы валют и т. д., что приводит к увеличению себестоимости продукции и не способствует развитию отечественной аквакультуры. Это стимулирует интерес к современным тенденциям, инновациям и передовым технологиям в производстве кормов [82, 108].

Выявлены две основные причины: отсутствие надлежащего недорогого корма для рыб и плохое наличие мальков хорошего качества. Корма играют ключевую роль в развитии рыбоводства [20]. Основным препятствием для развития аквакультуры в развивающихся странах является качество кормов и их стоимость. Например, корма для рыб составляют 60–75 % от общей стоимости производства рыбы во многих странах. Высокая стоимость корма связана с высокой стоимостью рыбной муки, основного ингредиента в рецептуре коммерческих кормов [33, 51].

Рыбам требуется высококачественный и сбалансированный по питательным веществам рацион для быстрого роста в кратчайшие сроки. Таким образом, местное производство кормов для рыб с использованием местных ингредиентов по низкой цене имеет решающее значение для развития и устойчивости аквакультуры, особенно в сельских районах. Доступные качественные корма сделают рыбоводство привлекательным для частных инвесторов и повысят производство рыбы. При оценке ингредиентов для использования в секторе аквакультуры внимания заслуживают несколько

аспектов. Наличие ингредиентов, их доступность и состав питательных веществ имеют первостепенное значение [99, 102, 113].

## **1.2 Биологическая ценность белка (протеина) в кормление рыбы**

В настоящее время актуальна промышленная аквакультура, производящая ценные виды и породы рыб, приспособленных к обитанию в ограниченных условиях, с высокой плотностью популяции и выращиваемых на искусственных кормах [12, 40]

В этих условиях единственным способом создания устойчивой и гарантированной кормовой базы для рыб при высокой плотности поголовья является искусственное кормление. Поэтому для ускорения метаболических процессов требуется активное обогащение рационов питательными веществами [32, 33]

В структуре затрат корма самая существенная статья расходов, связанная с производством продукции аквакультуры. На их долю приходится 40–60 % общих затрат на производство продукции аквакультуры [122]. Рационы для выращивания рыбы обычно содержат значительную долю белка, который является самым дорогим диетическим компонентом корма для рыб. Белок составляет 50-60 % стоимости ингредиентов для аквакультуры и считается наиболее важным компонентом рационов. Различные материалы, такие как соевая мука, мясокостная мука, мука из побочных продуктов птицеводства, сушеная барда с растворимыми веществами и кукурузный глютен, являются одними из наиболее часто используемых источников белка в рационах для аквакультуры. Белок важен не только с точки зрения затрат, но и критичен для роста и развития рыб. Аминокислоты являются структурным компонентом белков. Для рыбы требуется смесь как незаменимых, так и заменимых аминокислот [55, 113].

Рыбы характеризуются двумя существенными особенностями процессов метаболизма. Во-первых, в отличие от теплокровных животных,

рыбы являются водными экзотермами и, следовательно, не должны затрачивать большой доли энергии на поддержание температуры тела. Во-вторых, поскольку они живут в воде, первичный конечный продукт метаболизма азота, то есть аммиак, может быть быстро удален путем пассивной диффузии через проницаемые поверхности, т.е. жабры [47, 65].

Токсины аммиака не накапливаются в тканях, и нет необходимости преобразовывать аммиак в безвредные вещества, такие как мочевины или мочевая кислота. Следовательно, рыбы получают больше метаболизируемой энергии от катаболизма белков, чем наземные животные, которые должны преобразовывать аммиак в нетоксичные вещества [63, 91].

Эффективный механизм катаболизма белков и выделения азота, которым обладают рыбы, рассматривается как один из факторов, способствующих высокой энергетической эффективности рыб [95].

Другие факторы включают хладнокровное существование, низкие затраты энергии в водной среде и низкие затраты энергии на размножение. Энергетическая эффективность рыбы на всех этапах производства в 2-20 раз выше, чем сопоставимые значения для кур, свиней и крупного рогатого скота. Однако, хотя эти величины были частично основаны на прямых измерениях расхода энергии, они не нашли всеобщего признания в области энергетики рыб, где вопрос об обменной энергетической ценности белка является спорным [28, 106].

Следовательно, общие показатели энергетической эффективности рыб требуют модификации по мере поступления дополнительных данных. Хотя есть несколько аспектов питания рыб, которые с точки зрения рыбоводства, имеют большое значение - высокая потребность рыб в пищевом белке. Этот момент также представляет существенный научный интерес, поскольку количество незаменимых аминокислот, необходимых рыбам, по-видимому, значительно превышает их потребности для синтеза белка.

Коммерческий рынок кормовой промышленности в целом и, в частности, основной сегмент кормов для птицы и рыбы в настоящее время

является наиболее популярным. Доля этого сегмента достигает около 60 % от общего объема продукции отечественного производства. Это связано с коммерческой привлекательностью данных отраслей, которая формирует общее направление развития российского рынка кормов и кормовых добавок [36].

К качеству и составу кормов в рыбоводстве предъявляются более высокие требования, чем в отраслях, где откармливают теплокровных животных, особенно по содержанию протеина. В то же время следует отметить, что затраты кормового белка на 1 ц прироста у рыб меньше, чем у других животных [108].

Промышленное производство кормов для рыбоводства начало развиваться в России только в начале 90-х годов прошлого века. Импортные корма, первоначально ввозимые в страну дистрибьюторами иностранных компаний, затем начали производиться на собственном производстве [81].

В середине 80-х гг. прошлого века на японском оборудовании работало пять комбикормовых заводов. Эти мощности полностью обеспечивали потребности и качество кормов практически всех видов рыб разных возрастных групп. Но за следующие полтора десятилетия ведущие мировые компании совершили значительный технологический скачок в производстве комбикормов. Отечественные производители кормов стали отставать в своем развитии [130].

Отсутствие качественных отечественных комбикормов для рыб, находящихся под санкционными ограничениями, является основной проблемой рыбоводов. В настоящее время в России работает около 40 компаний по производству кормов. Однако их продукция часто не соответствует по качеству требованиям, например, осетрового хозяйства [89].

Использование импортных кормов в условиях слабости национальной валюты является фактором убыточности для многих рыбоводческих хозяйств. Объем отечественного производства кормов для аквакультуры составляет около 100 тысяч тонн в год. При этом потребности отрасли в два

раза выше и достигают почти 200 тыс. тонн в год. Учитывая планы развития по росту и вовлечению индивидуальных предпринимателей и мелких фермеров в товарное рыбоводство, можно предположить, что нехватка качественных кормов будет только увеличиваться. Рост производства кормов может быть обеспечен за счет строительства новых объектов и модернизации существующих линий [128, 134]

Промышленное современное рыбоводство предполагает содержание рыбы в полностью контролируемых условиях в водной среде. Для этого широко используются садки и бассейны, где искусственные корма должны быть сбалансированы по основным питательным веществам, которые покрывают потребности объектов аквакультуры [12, 34, 56,86]

Адаптация корма проводится по результатам научных исследований. Основные компоненты комбикорма не используются рыбами в естественной среде обитания, но технологические решения изменяют свойства поступающих компонентов [8, 16, 22, 29, 44]. Таким образом, смесь компонентов становится полноценным кормовым продуктом только тогда, когда состав соответствует видам в аквакультуре и возрастной потребности в основных питательных веществах и энергии. Для этого осуществляется подбор соотношения и балансировка по общему химическому составу, аминокислотному, жирно-кислотному и минеральному составу. Для этого используется не менее 8-10 видов сырья. Недостаток недостающих элементов, таких как синтетические аминокислоты, минералы и витамины, восполняют введением премиксов или добавок [4, 10].

При производстве кормосмеси для крупной рыбы с использованием жмыха целесообразно сбалансировать рецептуру. Она направлена на обеспечение гарантированного уровня белкового и липидного питания при ограничении уровня углеводного питания, в первую очередь по содержанию клетчатки. Выбор показателей питательности для сбалансирования рецептуры производился с учетом основных положений этого подхода [75].

Белковую питательность отдельных компонентов и производимых

кормов можно оценить по сырому протеину, переваримому протеину, содержанию отдельных аминокислот, в первую очередь незаменимых из критически важных - лизина, метионина и цистина (суммарно), триптофана. Наиболее важным источником белка в кормах является рыбная мука. Содержание сырого протеина в нем может быть более 60 %, если используется нежирная рыбная мука. Сухие кормовые дрожжи также являются важным источником протеина в комбикормах со жмыхом, где содержание сырого протеина составляет около 45 %. Например, белковая пищевая ценность жмыха и витазара, где содержание сырого протеина составляет 36 и 32 %, что заметно хуже белковой пищевой ценности рыбной муки и кормовых дрожжей. Тем не менее, белковая питательность жмыхов и витазара в составе комбикорма способна поддерживать его белковую питательность на уровне, близком к оптимальному, что соответствует 40-45 % сырого протеина. Наименьшая белковая пищевая ценность характерна для пшеницы, где содержание сырого протеина составляет всего 13 % [11, 25].

Учёного Калайда утверждал следующее: «Корма, используемые в аквакультуре, характеризуются более высоким содержанием белка, чем корма для птицы и свиней в сельском хозяйстве. Стандартный комбикорм, разработанный, например, для сома, содержит около 32–40 % белка в пересчете на сухое вещество, около 44–50 % для форели или лосося. Корм для большинства сельскохозяйственных животных редко содержит 20 % белка. Наиболее высокие значения этого показателя для рыб допустимы, поскольку рыбам требуется меньше энергии для поддержания нормального функционирования организма, чем теплокровным животным (т.е. птицам, свиньям, крупному рогатому скоту, лошадям и другим наземным животным). Кроме того, некоторые виды, такие как лосось и форель, более эффективно извлекают энергию из белков и жиров, чем из углеводов. Затраты на корма, как правило, являются самой крупной статьёй затрат в аквакультуре и составляют от 30 % до 50 % переменных операционных затрат. Белок, как правило, является самым дорогим компонентом в производимой кормовой

смеси. В большинстве кормов для рыб ценность заключается в рыбной муке, которая дороже, чем высококачественные источники растительного белка, такие как соя».

Сидорова утверждала следующее: «Идеальный белок можно определить, как компонент, обеспечивающий наиболее точный баланс между содержанием аминокислот, необходимых для оптимальной активности и максимальных показателей роста, например, достижения размера, массы, туши и состава тела. Разработка диеты, основанной на этом идеальном белке, является эффективным способом использовать меньше этого компонента для удовлетворения ваших полных потребностей в аминокислотах. Включение идеального белка и минимизация количества белка, необходимого в смеси, может значительно снизить производственные затраты, повысить производительность фермы и сократить количество рыбы, выловленной для производства рыбной муки. Включение в разработку кормов в концепции идеального белка, которая уже успешно применяется в птицеводстве и свиноводстве, также решит проблему чрезмерного загрязнения воды токсичными азотсодержащими молекулами».

Хотя азот иногда является важным питательным веществом в некоторых пресноводных системах, где добавка стимулирует рост растений и водорослей, он является загрязнителем сточных вод рыбных ферм. Значительная его часть образуется из аммиака, выделяемого рыбами [43]. Последний, в свою очередь, как побочный продукт образуется в процессе деградации белка и избытка аминокислот, не используемых рыбой для формирования тканей. В рационе рыбы предъявляют требования не к белкам как таковым, а к определенным аминокислотам, из которых они состоят. Когда белки перевариваются, отдельные аминокислоты перевариваются, высвобождаются и всасываются или входят в состав дипептидов, трипептидов и других цепочечных молекул [27].

Абросимова, утверждала следующее: «Заменимые и незаменимые аминокислоты необходимы клеткам организма во время сбора белка. Если бы



корм для рыб содержит белок, состоящий из точного количества аминокислот, необходимых определенным видам рыб, особенно для наращивания мышечной ткани, то теоретически этот белок был бы идеальным. Его употребление устранит недостаток или избыток аминокислот. Кроме того, коррекция аминокислотного состава кормов будет производиться таким образом, чтобы не менялось их количественное соотношение. Концепция идеального белка основана на принципе потребления аминокислот и их усвоения в определенных пропорциях. На таком рационе выращенная рыба будет использовать лишь небольшое количество аминокислот для получения энергии, а основная часть пойдет на поддержание процессов жизнедеятельности, синтез новых белков, определяющих максимальную скорость роста. Требуется удовлетворение потребности рыб не столько в абсолютном выражении, сколько в усвояемом количестве незаменимых аминокислот. Ведь рыба, как и все другие животные, не способна использовать то, что потребляет, на 100 % эффективно. При рассмотрении концепции идеального белка каждая из аминокислот в корме выражается в терминах потребности в лизине».

Рыбная мука, как правило, считается идеальным источником белка для аквакультуры, несмотря на проблемы ее производства, сезонные или географические колебания качества и состава, а также опасения, что она является переносчиком загрязнения. За последние десятилетия в мировой аквакультуре наблюдался быстрый рост спроса, а также цен и конкуренции на этот ценный корм. В связи с растущим интересом к источникам белка для аквакормов, кроме рыбной муки, важно поддерживать сопоставимые уровни потребления корма, эффективность преобразования корма, а также скорость роста и выживаемость рыб. Таким образом, установление оптимальных пищевых потребностей в аминокислотах и характеристика альтернативных источников белка находятся в настоящее время в центре внимания исследований в сфере кормления рыб [80].

Рыбная мука и рыбий жир являются побочными продуктами более

мелкой кормовой рыбы, включая сельдь, криль и другую рыбу, выловленную в океанах. Рыбная мука содержит высокий процент белка. Быстрый рост индустрии аквакультуры и растущий спрос на выращиваемую морскую рыбу привели к увеличению количества и цен на рыбную муку и рыбий жир за последние несколько лет. Тем не менее, рыбная мука и рыбий жир сильно влияют на морскую рыбу, выловленную в дикой природе [53]. Перелов уже оказал серьезное давление на дикие запасы рыбы. При нынешних растущих темпах производства продукции аквакультуры поставки рыбной муки не в состоянии удовлетворить потребности отрасли аквакультуры. В качестве замены рыбной муке широко разыскивались и изучались альтернативные белки. Растительные белки, в том числе соевый белок, изучались в течение многих лет и получили многообещающие результаты. Микро- и макроводоросли были включены в корма для рыб в качестве заменителей рыбной муки [120].

Рыбная мука является основным и самым дорогим ингредиентом для производства аквакормов. Она обеспечивает белок, незаменимые аминокислоты, энергию, минералы и витамины в аквакормах. Учитывая текущее быстрое развитие индустрии аквакультуры, конкуренция за ограниченные глобальные поставки рыбная мука может снизить его доступность и повысить его цену. Таким образом, поиск высококачественных, экономичных и экологически чистых альтернативных источников белка для производства кормов для аквакультуры имеет жизненно важное значение для устойчивости отрасли аквакультуры [115]. Среди различных альтернативных источников белка бобовые являются перспективными, поскольку они имеют среднее содержание белка с подходящим аминокислотным профилем, высокий уровень усвояемого белка и энергии, а также соответствующие минералы и витамины для наиболее культивируемых видов рыб. Они также являются экономически эффективными и доступными. Однако они содержат различные антипитательные факторы, которые могут снижать вкусовые качества корма

и отрицательно влиять на рост и здоровье культивируемых видов рыб [119].

Альтернативный корм должен обладать такими свойствами, как высокая доступность, конкурентоспособная цена, а также простота транспортировки и хранения. Кроме того, с учетом пищевых аспектов альтернативный источник белка должен содержать низкое количество клетчатки ( $< 6\%$ ), углеводов, включая крахмал ( $< 20\%$ ) и некрахмальные полисахариды ( $< 8\%$ ), высокий уровень перевариваемого белка ( $\geq 48\%$ ), соответствующий профиль незаменимых аминокислот (аргинин  $> 3$ , лизин  $> 3,5$ , метионин  $> 1,5$ , треонин  $> 2,2$  % от общего профиля) и соответствующие вкусовые качества [117].

В организме осетровых белки необходимы для осуществления ряда функций. Биологическое значение белков объясняется важностью таких функций, как пластическая, ферментативная, транспортная и защитная. Дефицит белка в рационе приводит к нарушению физиологических функций организма. Кроме того, снижается продуктивность разводимой рыбы [8].

Сырой протеин, являющийся интегральным показателем содержания белка в кормах, следует рассматривать как показатель белковой питательности отдельных компонентов и готовых кормов [13].

Интегральным показателем содержания протеина в кормах является белковая питательность отдельных компонентов в вырабатываемых кормах в виде сырого протеина. В кормовой промышленности используется единый метод определения белка [30].

### **1.3 Источники протеина, аминокислот для объектов аквакультуры**

Корма – одна из самых затратных статей при выращивании товарного осетра. Для промышленного развития товарного осетроводства и получения высококачественной пищевой продукции — это сдерживающий эффект. Выбор более дешевых несбалансированных искусственных кормов рыбоводными хозяйствами может способствовать распространению болезней рыб и избыточному накоплению жира в половых железах.

Современные высокоинтенсивные технологии выращивания осетровых рыб предусматривают использование кормов с высоким уровнем протеина, который обеспечивает их минимальный расход на единицу прироста рыбы [16, 17, 18, 29, 36, 81].

Исследования содержания питательных веществ в организме доказывают продуктивное действие корма и товарную ценность производимого осетра. Общая питательность анализируемого образца корма характеризуется содержанием сухого вещества, в состав которого входят минеральные и органические соединения [14].

В связи с оценкой промыслового значения в литературе приведены данные по изучению питательных веществ в мышцах крупных рыб. При биохимическом исследовании мышц выявлено содержание сухого вещества в пределах 21,2-26,4 %, сырого протеина - 15,6-18,9 %, сырого жира - 4,3-6,4 %, сырой золы - 1,0-1,2 % в чистой культуре и гибридных формах осетровых, выращенных в бассейнах с прямой подачей воды в естественных температурных условиях [90].

Исследования питательности мышц осетровых рыб предоставляют данные о питательности корма. Продуктивное действие комбикорма можно определить и по физиологическим показателям крови [23].

Состояние адаптации, гомеостатические параметры организма и особенно полноценность питания можно оценить по физиологическим показателям крови, основные исследуемые для этих данных показатели: белковый, липидный углеводный обмен, показатели «красной крови» и активность различных ферментов [67].

Основной проблемой при установлении норм кормления осетровых рыб является высокая динамика изменения интенсивности метаболизма и силы роста в онтогенезе. Все это приводит к необходимости постоянной коррекции значения данного технологического показателя. Для расчета нормы кормления достаточно знать степень продуктивного действия комбикорма и закономерности роста осетровых рыб. Продуктивное действие

комбикорма оценивают по величине кормового коэффициента. Основные закономерности роста могут быть описаны либо с помощью уравнения Берталанфи, либо в виде стандартной модели накопления массы [35]. Поскольку интенсивность обмена веществ и способность к росту у пойкилотермных животных зависят от температуры окружающей среды, нормы кормления осетровых следует изменять с учетом температурного фактора. Таким образом, скорость кормления осетровых рыб может быть рассчитана по известным значениям кормового коэффициента и ожидаемого относительного суточного прироста живой массы [127].

Продуктивное действие кормосмеси на организм рыб оценивают по соотношению потребляемой кормовой массы и прироста живой массы рыб. Так, как часть корма, который скармливается, может быть потеряна и не съедена рыбой, а часть прироста в рыбоводстве берется из естественной кормовой базы, то в рыбоводстве используются два близких значения, но разные выражения - «кормовые затраты» и «кормовой коэффициент» [20, 96, 97]. Термин «стоимость корма», также называемый «коэффициент потребления корма», отражает эффективность кормления, т.е. соотношение между потребленным кормом и привесом рыбы.

Термин «коэффициент кормления» показывает, сколько корма рыба должна съесть на единицу прироста. В садковом и бассейновом осетроводстве - эти понятия используются как равнозначные [40, 94]

Значение этого параметра в промышленной аквакультуре постоянно контролируется. Предполагается, что для осетровых рыб, получающих кормосмеси с обменной энергией 16-18 МДж/кг, кормовой коэффициент не должен превышать 1,4 [40, 94]. Современные качественные корма при соблюдении технологической дисциплины позволяют поддерживать этот показатель при выращивании молодняка на уровне 0,9-1,1. При выращивании товарного осетра на производственных комбикормах кормовой коэффициент должен быть в пределах 1,5-1,7. Необходимым условием поддержания значения кормового коэффициента в оптимальном диапазоне при кормлении

осетровых рыб современными сухими кормами является нормирование суточных рационов в точном соответствии с ожидаемым суточным приростом живой массы [110].

Существует значительный интерес к снижению содержания белка в кормах для рыб не только для снижения затрат на производство кормов, но и для уменьшения загрязнения окружающей среды азотом. В рационах рыб источник и баланс белка могут влиять на азотистые отходы и рост рыбы. Ингредиенты с плохой усвояемостью увеличивают выделение азота за счет сокращения усвоения азота. Кроме того, корма, которые не сбалансированы или имеют низкий уровень незаменимых аминокислот, также приведут к более высокому выделению азота, поскольку белок расщепляется и выделяется азот.

Из-за относительно низкой цены, хорошей усвояемости и удовлетворительного аминокислотного профиля растительные источники белка часто включаются в рационы для производства. Однако в качестве отдельного источника белка они часто содержат ограниченное количество незаменимых аминокислот. Таким образом, несколько белков смешиваются или добавляются синтетические аминокислоты, чтобы сбалансировать аминокислотный профиль [109].

Следовательно, удержание белка и выделение азота рыбой зависит от уровня белка в рационе, а также от профиля аминокислот. Увеличение выброса азота в сточные воды, вызванное недостаточным использованием белка, снижает качество воды или требует дополнительной обработки для удаления отходов. Таким образом, значительный интерес к улучшению использования белка сохраняется актуальным [46].

Щербина М.А., и др. считают, что: «Белки, являющиеся одним из основных элементов в клетках и тканях, выполняют широкий спектр функций. Кроме того, белки входят в состав клеточных мембран. Они также обеспечивают структурную эластичность и жесткость мышц, эластичность скелета и тканей других органов. В составе ферментов белки межклеточной

жидкости и крови участвуют в транспортных и каталитических процессах и обеспечивают защитную функцию. Являясь основой антител, белки участвуют в процессах регуляции обмена веществ в составе гормонов. Белки являются неотъемлемой частью синтезируемого органического материала. Особое внимание уделяется количеству и качеству протеина в кормах, как основному фактору кормления, обеспечивающему рост».

В основном белок откладывается в белых мышцах. Так как мышцы могут составлять более половины массы тела рыбы, а также они характеризуются низкой относительной скоростью синтеза белка, но при этом самой высокой эффективностью скорости роста среди всех тканей, поэтому неудивительно, что синтез мышечного белка сам по себе является отличным показателем роста рыбы. Белки - это структурные элементы тканей, их почти нет в хранилищах организма. Отсутствие белка в организме из-за недостаточного поступления его с пищей вызывает разрушение клеточной протоплазмы, в первую очередь это происходит в мышечных и печеночных клетках. Такие факторы, как количество и качество белка, степень его переваримости и усвоения в организме животного позволяют в значительной степени определить пищевую ценность корма [12].

Для питания используются аминокислоты, а не сам белок. В связи с этим полезность пищевых белков в значительной степени зависит от их химического состава. Важны их набор и количественные соотношения, а также доступность аминокислот для организма в процессах пищеварения [129].

Белки животного и растительного происхождения обычно состоят из 20 основных аминокислот. Десять из них (лизин, аргинин, гистидин, треонин, лейцин, изолейцин, валин, метионин, триптофан и фенилаланин) относятся к незаменимым аминокислотам. Эти незаменимые аминокислоты не могут синтезироваться в организме из других веществ и должны поступать с пищей. Когда дело доходит до синтеза этих аминокислот, скорость недостаточна для удовлетворения потребностей [37].

Аминокислоты являются строительными блоками для белка. На основании потребности в рационе для роста аминокислоты традиционно классифицировали как питательно необходимые (незаменимые) или несущественные (незаменимые) для рыб. Незаменимыми аминокислотами являются те, которые либо не могут быть синтезированы, либо недостаточно синтезируются животными по сравнению с потребностями. Условно незаменимые аминокислоты должны поступать с пищей в условиях, при которых скорость утилизации превышает скорость синтеза. По определению, все несущественные аминокислоты могут быть адекватно синтезированы водными животными [103].

Считается, что к незаменимым аминокислотам относятся следующие - глутаминовая кислота и аспарагиновая кислота, серин, глицин, аланин, пролин, тирозин, цистин, цистеин.

В отсутствие цистина для синтеза используется метионин, а для тирозина – фенилаланин. Так, возрастает потребность в метионине и фенилаланине, а цистин и тирозин условно называют незаменимыми аминокислотами. В результате потребность в серосодержащих и ароматических аминокислотах выражается как сумма метионина с цистином и фенилаланина с тирозином [100, 116, 128]. Повышенное потребление белка происходит при недостатке незаменимых аминокислот в рационе. В этой ситуации затраты корма на единицу роста значительно возрастают. По этому критерию корма по содержанию незаменимых аминокислот делят на полноценные и неполноценные. Таким образом, корма отражают потребность в аминокислотах, их качественный набор и количество [101].

Потребность в отдельных незаменимых аминокислотах варьируется от вида к виду. Рацион должен включать такое соотношение кормов, которое максимально отвечает пластическим и функциональным потребностям организма рыб.

Важнейшим экологическим фактором, определяющим потребность рыб в белке, является температура, от которой зависят интенсивность



синтетических процессов и скорость роста. Требования разных видов к уровню протеина в кормах зависят от температурного оптимума [107, 131].

Другим важным фактором, влияющим на потребность рыб в белке, является содержание кислорода в воде. Например, ниже оптимальных пределов концентрация кислорода ухудшает метаболические условия. При этом происходит снижение эффективности утилизации белка.

При оптимизации уровня сырого протеина отмечают следующие условия - чем хуже качество, тем выше должно быть содержание белка в рационе [112].

На разных видах выращиваемой рыбы установлена следующая зависимость - при использовании полнорационных комбикормов и натуральных кормов на 1 кг привеса требуется 450-650 г протеина [97]. Если фиксируется превышение этого уровня, это свидетельствует о неполноценности белкового состава рациона. Наблюдается дисбаланс в соотношении основных питательных веществ.

Избыток белка в рационе негативно влияет на процессы пищеварения и всасывания. Кроме того, на выведение продуктов катаболизма расходуется значительное количество энергии и веществ из внутренних резервов организма.

Учёные Колмаков и Колмакова: «Оценили влияние кормового белка на азотсодержащие отходы в производственных прудах. Они обнаружили, что диеты с более высокой концентрацией белка повышают как общий уровень аммиачного азота, так и нитритов в воде по сравнению с диетами с низким содержанием белка. Аналогичным образом было установлено, что азотсодержащие соединения отходов, такие как общий азот, общий аммиачный азот, нитриты и нитраты, как правило, были выше в прудах с более высоким содержанием белка. Поскольку белок, аминокислотный баланс и усвояемость могут влиять на содержание азота, эти факторы могут оказывать значительное влияние на качество воды и производственные затраты».

Некоторые аминокислоты могут частично заменять другие аминокислоты. Например, цистеин может заменить около 60 % метионина, а тирозин может заменить около 50 % фенилаланина в пересчете на массу цистеин и тирозин являются незаменимыми аминокислотами, поскольку они могут быть синтезированы только из предшественников метионина и фенилаланина соответственно [133].

Избыток лизина или аргинина вызывает снижение взаимной биодоступности. Это взаимодействие называется антагонизмом аргинин-лизин. Аргинин-лизиновый антагонизм был продемонстрирован у нескольких видов животных. В нескольких исследованиях не было получено убедительных доказательств существования лизин-аргининового антагонизма, у рыб не обнаружили признаков такого антагонизма. Однако исследование показало, что одновременное увеличение уровней лизина и аргинина на 20 % от потребности приводит к меньшей депрессии роста по сравнению с другими диетическими комбинациями. В другом исследовании было обнаружено увеличение, как эффективности корма, так и прироста веса у молоди рыбы, получавших рационы с добавлением аргинина сверх установленной нормы. Следовательно, неясно имел ли место антагонизм в текущем исследовании [114].

Исследованиями установлено, что оптимальный уровень протеина в комбикормах находится в некоторой связи с энергообеспеченностью рациона. Это соотношение обеспечивается главным образом жиром.

Признано, что оптимальное соотношение протеина и энергии для большинства объектов аквакультуры находится в пределах 12-30 мг переваримого протеина на 1 кДж обменной энергии [129].

Недостаток незаменимых аминокислот в кормах снижает усвояемость и снижает жизненный тонус, вызывает патологические отклонения, например, недостаток триптофана в рационе радужной форели приводит к искривлению позвоночника (сколиозу) более чем у половины животных, а дефицит метионина и цистина вызывали увеличение размеров печени [26].

Недостаток лизина приводит к нарушению азотистого и минерального обмена, что приводит к неправильному костеобразованию. Недостаток лизина также приводит к утомлению мышц организма, снижается концентрация эритроцитов и гемоглобина.

Несмотря на то, что сокращение количества белка и использование альтернативных источников белка широко изучались с точки зрения оценки оптимальных уровней для роста рыбы, проблема аминокислотного баланса остается актуальной. Как незаменимые, так и заменимые аминокислоты в комбинации или самостоятельно, могут прямо или косвенно влиять на продуктивность и иммунные показатели рыб [109].

Диетические аминокислоты необходимы для двух целей, это рост, который в основном состоит из отложения белка, и для ряда процессов, которые концептуально описываются как поддержание жизненных процессов [132]. Различные виды рыб предъявляют различные требования по незаменимым аминокислотам, как к иммунитету, так и к росту. Эти незаменимые аминокислоты играют важную роль в регулировании жизненно важных метаболических процессов, связанных с ростом, репродукцией, иммунитетом, тем самым повышая эффективность использования рационов, улучшая накопление белка, уменьшая жирность и улучшая здоровье. Следовательно, крайне важно соблюдать требования к аминокислотам и обеспечивать, таким образом, сбалансированный аминокислотный профиль, чтобы максимизировать удержание белка.

В коммерческих рецептурах кормов лизин и метионин обычно являются первыми лимитирующими аминокислотами, поскольку они часто встречаются в небольших количествах в недорогих источниках белка. Их часто называют лимитирующей аминокислотой или дефицитной незаменимой аминокислотой, поскольку они ограничивают синтез белка [12].

Лизин является одним из наиболее ограничивающих аминокислот в ингредиентах, используемых для производства коммерческих кормов для рыб, особенно когда рыбная мука заменяется источниками растительного

белка. Следовательно, уровень лизина в рационе критически влияет на показатели роста и здоровье рыб. Благодаря коммерческой доступности кормового лизина его добавление в рационы на основе растительного белка позволяет экономически эффективно сократить потребление сырого белка в рационе, не влияя на показатели роста рыбы. Эта стратегия питания также может уменьшить выделение аммиака и растворимого фосфора из рыбы. Кроме того, добавка лизина в пищу эффективна для усиления иммунных реакций и развития желудочно-кишечного тракта рыб. Лизин является субстратом для синтеза карнитина, необходимого для транспорта длинноцепочечных жирных кислот в митохондрии для окисления [22].

Лизин является одной из десяти незаменимых аминокислот. При использовании в качестве основной аминокислоты целевая концентрация каждой из девяти оставшихся незаменимых аминокислот выражается в процентах от лизина (принята за 100 %). Требуемое содержание лизина составляет 1,43 % от корма, который содержит 3000 калорий обменной энергии на килограмм. При этом потребность в аргинине составляет 84 % от потребности в лизине или 1,2 % в корме. Таким образом, становится понятно, что, когда определены необходимые количества лизина для конкретного вида рыб, разработать для него рецептуру несложно [32].

Идеальный аминокислотный профиль и процент аминокислот рассчитывается для соответствующей диеты. Есть несколько причин для выбора лизина в качестве исходной аминокислоты. Во-первых, в организме животного они выполняют только одну основную функцию — отложение белков в тканях. Другие метаболические процессы не влияют на потребность в нем. Во-вторых, в зависимости от вида рыбы и типа ингредиентов, лизин является самой лимитирующей аминокислотой, поэтому о потребности в лизине известно больше, чем о других аминокислотах.

Метионин способствует участию в окислительно-восстановительных метаболических процессах, стимулирует рост и размножение клеток, повышает синтез эритроцитов и гемоглобина, благотворно влияет на печень

и щитовидную железу [60].

Дефицит метионина приводит к нарушению азотистого обмена, снижению прибавки массы тела, развитию анемии, снижению фертильности, ухудшению работы печени и почек.

Синтез гемоглобина и образование белков плазмы крови обеспечивает триптофан. При недостатке триптофана нарушается синтез некоторых витаминов, например, никотиновой кислоты, снижается активность пищеварительных процессов и некоторых гормонов, нарушается деятельность половых органов рыб [90].

Аминокислоты, такие как лейцин и изолейцин, способствуют гормональной активности эндокринных желез, участвуют в синтезе белков и образовании каротиноидов.

Фенилаланин и тирозин участвуют в образовании гормонов щитовидной железы, повышают активность ферментов в пищеварительном тракте [48].

Роль заменимых аминокислот очень важна, при этом недостаток незаменимых аминокислот приводит к торможению роста [59]. Основная роль принадлежит глутаминовой кислоте. Она принимает активное участие в качестве донора аминогрупп в биосинтезе большинства других незаменимых аминокислот [71].

Необходимо учитывать участие аминокислот, особенно незаменимых, в энергетическом обмене рыб и использование их углеводородных остатков в качестве субстратов для глюконеогенеза - образования глюкозы из неуглеводных соединений.

По данным зарубежных исследований, важнейшими из незаменимых аминокислот для рыб являются аргинин, лизин и валин. При этом оптимальный уровень ряда аминокислот в рационе с возрастом снижается.

Аланин и аспаргат являются основными предшественниками глюкогена и важными энергетическими субстратами для рыб. Кроме того, аспаргат необходим для синтеза пуриновых нуклеотидов во всех типах

клеток. Более того, аланин является предпочтительным переносчиком азота для межорганного метаболизма рыб.

Аспарат и аспарагин составляют 10 % аминокислот в растительных и животных белках, но диетический аспарат может подвергаться экстенсивному катаболизму в тонком кишечнике рыб, как это установлено для млекопитающих. Таким образом, большая часть циркулирующего аспарата синтезируется скелетными мышцами. Примечательно, что аспаратаминотрансфераза активируется в жабрах, белых и красных мышцах и печени во время акклиматизации.

Аланин может стимулировать пищевую реакцию у некоторых видов рыб, хотя основные механизмы неизвестны. В настоящее время имеется мало информации о добавлении аспарата или аспарагина в рыбный рацион. Из-за быстрого окисления и отсутствия токсичности аланин и аспарат часто используются для баланса азота в исследованиях питания рыб [109, 114].

Рыбы особенно нуждаются в диетическом аргинине, потому что он богат белком. Его синтез *de novo* ограничен или даже полностью отсутствует. Имеются косвенные доказательства аргинин-сберегающего действия глутамата в пищевом канальном соме, но этот эффект может быть результатом ингибирования деградации аргинина. В настоящее время у рыб не установлены пути синтеза аргинина из глутамина, глутамата, пролина, кроме цитруллина.

Аргинин является одной из наиболее универсальных аминокислот, поскольку служит предшественником для синтеза белка, оксида азота, мочевины, полиаминов, пролина, глутамата, креатина у наземных животных. Аргинин также играет решающую роль в регуляции эндокринной и репродуктивной функций. Аргинин может стимулировать высвобождение различных гормонов, таких как инсулин, гормон роста и глюкагон. Действительно, аргинин является более мощным активатором высвобождения инсулина, чем глюкоза в рыбе. У некоторых рыб сообщалось о стимулирующем рост и здоровье, содержащемся в рационе аргинине,

превышающем потребности в синтезе белка [103].

Лейцин, изолейцин и валин составляют 18–20 % аминокислот в растительных и животных белках. В качестве активатора лейцин считается функциональной аминокислотой, стимулирующей синтез мышечного белка и ингибирующей протеолиз у млекопитающих. Однако такая роль лейцина для водных животных не исследовалась. Избыток лейцина увеличивает эффективность корма, но подавляет потребление пищи, рост и отложение белка у радужной форели, вероятно, из-за антагонизма между аминокислотами. Примечательно, что в последние годы наблюдается растущий интерес к стимулирующему эффекту добавок на рост и иммунитет некоторых рыб [103].

Глютамин является одним из наиболее распространенных свободных аминокислот в плазме и мышцах рыб, тогда как глутамат и продукт его декарбоксилирования являются нейротрансмиттерами, присутствующими в высоких концентрациях в головном мозге. Кроме того, глютамин необходим для синтеза пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов во всех клетках. Благодаря почечному аммоногенезу, глютамин также играет важную роль в регулировании кислотно-щелочного баланса в организме. Являясь основным энергетическим субстратом для лейкоцитов и ключевым модулятором продукции цитокинов, глютамин имеет решающее значение для иммунного ответа у рыб [118].

Глутамат и глютамин составляют около 20 % аминокислот в растительных и животных белках, но они могут полностью расщепляться в кишечнике водных животных. Глутамат и глютамин являются важными энергетическими субстратами у рыб, но тканеспецифический метаболизм двух аминокислот полностью определен для водных животных. В связи с недавней коммерческой доступностью смесей кормового глутамина и глутамата, будет иметь практическое значение определить, может ли этот новый продукт усилить рост, продуктивность и иммунитет у рыб.

Глицин и серин взаимопревращаются, главным образом, в печени и

почках под действием гидроксиметилтрансферазы. Эти две аминокислоты участвуют в глюконеогенезе, метаболизме серных аминокислот, метаболизме и переваривании жира, а также стимулируют потребление корма многими рыбами. Глицин может регулировать экспрессию генов у рыб, тем самым повышая эффективность усвоения питательных веществ и анаболические процессы. Глицин играет критическую роль в осморегуляторных реакциях рыб и моллюсков на стресс окружающей среды [13].

Гистидин влияет на синтез ДНК и белка. Гистидин не только служит энергетическим топливом во время голодания, но и является основным компонентом некарбонатных буферов, защищающих рыб от изменений pH в результате гипоксии, резкого плавания и повышенного лактацидоза. Емкость некарбонатной буферной системы у разных видов рыб существенно различается, что, вероятно, связано с длительной адаптацией к условиям среды. Интересно, что внутримышечная концентрация гистидина существенно повышается перед нерестовой миграцией лосося. Возможно, метаболизм гистидина и потребность в нем у рыб регулируются экологическими и эндокринными факторами [23, 29, 50].

Поскольку гистидин и родственные ему ансерин и карнозин придают желаемый вкус и текстуру, например, сладость, тяжесть и плотность, добавление гистидина в пищу может улучшить органолептические свойства, например, вкус выращенных в аквакультуре морепродуктов.

Исследования по добавлению фенилаланина и тирозина в корма для аквакультур и их потенциальному влиянию на водных животных в настоящее время ограничены. Тирозин является предшественником важных гормонов и нейротрансмиттеров, включая тироксин, адреналин, норадреналин, дофамин и меланин [44, 45, 62].

Полиамины - путресцин, спермидин и спермин представляют собой встречающиеся в природе поликатионные вещества, необходимые для пролиферации и дифференцировки клеток. Они синтезируются из орнитина, полученного из аргинина или пролина, у млекопитающих. Однако эти



механизмы не были установлены для рыб. Спермин относительно присутствует у большинства рыб, что, возможно, указывает на активный синтез полиаминов или их ограниченную деградацию. Естественные пищевые источники полиаминов для рыб полностью не определены. Было высказано предположение, что желудочно-кишечные микробы в личинках рыб могут продуцировать полиамины и способствовать развитию тонкого кишечника. Добавление спермина в рационы с микрочастицами может повышать активность пищеварительных ферментов и способствовать созреванию кишечника, тем самым повышая выживаемость личинок [66, 81, 87].

Пролин традиционно считается незаменимой аминокислотой для рыб и способствует потреблению корма. У млекопитающих пролин синтезируется из аргинина, орнитина, глутамина и глутамата тканеспецифическим образом.

Однако механизмы синтеза пролина у рыб точно не определены. Действительно, остается в значительной степени неизвестным, может ли пролин синтезироваться в рыбе в достаточном количестве для удовлетворения потребностей в поддержании, максимальном росте или оптимальном здоровье. Таким образом, пролин в настоящее время рассматривается как условно незаменимая аминокислота для рыб на ранней стадии жизни и, возможно, также для взрослых рыб.

Содержание гидроксипролина в рыбной муке значительно выше, чем в растительных белках. У животных гидроксипролин продуцируется путем посттрансляционного гидроксирования пролина в белке, в первую очередь коллагене, с помощью пролилгидроксилазы [84,88].

Таурин не входит в состав белков, но играет важную роль в переваривании жиров, антиоксидантной защите, клеточной осморегуляции, а также в развитии зрительной, нервной и мышечной систем. Таурин содержится в большом количестве в рыбной муке и продуктах животного происхождения, но отсутствует в растениях. Убедительные данные показывают, что добавление таурина к полностью растительному белковому

рациону может способствовать росту и эффективности использования корма хищными рыбами.

Большая часть исследований треонина была сосредоточена на минимальных диетических потребностях различных рыб из-за дефицита в нем растительных белков. Уровни треонина в пище могут влиять на иммунитет у млекопитающих. Кроме того, треонин является основным компонентом муцина в тонкой кишке, поэтому регулирует целостность и функцию кишечного барьера. Тем не менее, потенциальному использованию треонина в аквакормах помимо удовлетворения диетических потребностей уделялось мало внимания [16, 18].

Триптофан может быть преобразован в серотонин и мелатонин. Агрессивные взаимодействия и каннибализм хищных рыб могут привести к значительным потерям продукции в условиях интенсивного выращивания. Хроническое повышение концентрации серотонина в мозгу связано с подавлением агрессии. Пищевые добавки с L-триптофаном могут подавлять агрессию у молоди радужной форели, уменьшать каннибализм и вызванную стрессом анорексию у молоди и предотвращать вызванный стрессом всплеск кортизола [30, 53, 85].

Серотонин мозга синтезируется в нейронах, в то время как периферический серотонин образуется и высвобождается слизистой кишечника в ответ на различные раздражители, такие как растяжение желудка, гиперосмотические растворы или присутствие глюкозы. Как эндогенный, так и экзогенный серотонин может ингибировать потребление пищи рыбами. Мелатонин вырабатывается в шишковидной железе, сетчатке и желудочно-кишечном тракте рыб и расщепляется в печени. Синтез играет важную роль в опосредовании созревания семенников у некоторых рыб. Экзогенное введение мелатонина может увеличить концентрацию в плазме, а также стимулировать созревание яичек. Следует иметь в виду, что доза и время года являются важными факторами, влияющими на эффективность экзогенного мелатонина в опосредовании репродуктивной функции рыб.

Причиной этого является постепенное снижение скорости роста за счет накопления биомассы и факторов, ее определяющих. Высокое содержание аминокислот в комбикорме связано с тем, что мальки более активны. С возрастом увеличивается доля липидов и углеводов в энергетическом обмене и снижается потребность в аминокислотах [71, 116].

Существуют технические трудности в использовании аминокислот для аквакормов. Основной проблемой является вымывание свободных аминокислот в водную среду. Для решения этих проблем было разработано большое разнообразие процессов микро-связывания. Например, определенное связывание с липидами вызывает низкую утилизацию аргинина, вероятно, из-за низкой активности липазы в кишечнике и последующей неспособности разрушать частицы аргинина, покрывающие жировую оболочку. Добавление аминокислот к аквакормам, особенно очищенным кормам, может влиять на кислотно-щелочной и электролитный балансы, соотношение аминокислот в просвете кишечника и плазме, а также на переваривание и всасывание питательных веществ [37, 45].

Следует отметить, что пути метаболизма аминокислот и его регуляция нервными, эндокринными факторами и факторами окружающей среды у водных животных плохо изучены, что ограничивает разработку средств, стимулирующих рост, путем целенаправленного контроля метаболизма. Решение этих проблем приведет к существенному повышению эффективности для приготовления кормов для аквакультуры [65,100].

#### **1.4 Технологические свойства кормов для объектов аквакультуры**

Технология экструзии обычно используется для производства кормов для рыб, поскольку физические свойства, такие как устойчивость к воде, долговечность, твердость, маслопоглощающая способность и контроль плавучести, обычно лучше, чем у паровых гранулированных кормов. Высококачественные гранулы должны быть прочными и оставаться целыми во время транспортировки на конвейерах, во время расфасовки и в

устройствах для кормления на рыбоводном хозяйстве. В частности, корма для лососевых должны обладать хорошей твердостью и долговечностью, поскольку в интенсивном рыбоводстве обычно используются автоматические кормовые устройства, основанные на пневматическом транспорте. Паллеты подвержены истиранию во время пневматической транспортировки, что приводит к образованию пыли и мелких частиц. [10, 87].

В то же время корма должны иметь текстуру и размер, которые способствуют высокому потреблению корма и эффективному его перевариванию. Слишком твердые гранулы могут вызвать расстройство пищеварения у рыб. Перекармливание твердыми гранулами может привести к вздутию и разрыву желудка. С другой стороны, мягкие гранулы или гранулы с низкой устойчивостью к воде могут вызывать отделение масла и накопление пищевого жира в желудке рыб. Экструзия представляет собой сложный процесс, и физические свойства, параметры расширения и текстура корма зависят от состава ингредиентов и параметров экструзии [15, 45]

Использование связующих веществ позволяет увеличить водостойкость до 1 суток. Но в то же время они часто недоступны для рыб. А набухание прямо пропорционально водостойкости. Для ускорения процесса набухания гранул используют торф, речной мох или бентонитовую глину (3-10%).

Как правило, низкая водостойкость гранул обусловлена грубым помолом или измельчением компонентов кормосмеси или высоким содержанием в ней зерен и семенной шелухи. Снижение тонкости помола с 1,2 до 0,6 мм повышает водостойкость до 30 %. Удаление шелухи семян и зерен из кормосмеси снижает содержание клетчатки на 20-30 %, повышает водостойкость на 80-120 % [2, 7, 25].

Использование зерновых крахмалов в качестве связующих веществ для аквакормов имеет преимущества, которые включают доступность этого связующего вещества, питательную ценность и минимизацию стоимости корма. В большинстве случаев рекомендуется добавлять в кормовую смесь 1-

5 % вязущего вещества. С увеличением количества повышается водостойкость гранул, но следует соблюдать пределы содержания таких веществ [30].

Оптимальный диапазон для водостойкости кормовых гранул, изготовленных для кормления разных видов рыб, находится от 0,5 до 2 часов. Для повышения водостойкости гранул применяют способ их изготовления, при котором на поверхности образуется пленка, препятствующая вымыванию питательных веществ корма. Пленку или защитный слой формируют путем физико-химической обработки поверхности гранул водоотталкивающими веществами: жиром, маслом, гидролизатом белка [48, 68, 69].

Для производства комбикормов используется более 100 видов сырья. Ценность комбикорма заключается в том, что, варьируя это сырье, можно с наибольшим эффектом использовать его питательность и технологические свойства [100].

Кормить рыб можно как полнорационными кормами, так и отходами производства и пищевой промышленности. Рыбы хорошо поедают отходы зерноочистки, муку, технические сметы, мучную пыль, пивное зерно и картофельную мезгу. Из отходов животного происхождения используются смеси с растительными кормами, куколками тутового шелкопряда, рыбой, сушеными моллюсками, травами.

Из побочных продуктов мукомольного и зернового производства используются отруби пшеничные, мука пшеничная, комбикорм, комбикорм овсяный, мука гороховая. Кормовые продукты перерабатывающих производств представляют собой ценные белковые корма, получаемые при производстве масел и жиров из растительного сырья - мука подсолнечная, мука льняная, мука соевая, мука арахисовая.

Корма животного происхождения характеризуются высоким содержанием полноценного белка, аминокислот, витаминов. Это рыбная, мясокостная и кровяная мука [25, 81, 84].

Используются кормовые продукты гидролизной промышленности - гидролизованные дрожжи, а также белково-витаминный концентрат, минеральные корма, соль поваренная, мел, известняк, ракушки. В состав премиксов входят витамины А, Д, Е, группы В, витамин С, сантохин.

Среди небелковых форм наиболее ценный - азот аминной группы, далее следует за аммиачным азотом, а наименее ценным является амидный азот. Если в рационе рыб достаточно жиров и углеводов, белки обычно используются в белковом обмене для роста тела организма. При отсутствии в рационе жиров и углеводов белки могут использоваться в качестве источника энергии в функциональном обмене. Это неэкономично, т. к. белок самая дорогая часть корма [7, 86].

Кормовые смеси получают с помощью промышленного синтеза. Ценные продукты для рыбоводства: дрожжи, плесень, бактерии и другие организмы, производящие большое количество биомассы за короткое время и получающие комплексные вещества в качестве ценных кормовых добавок. Для производства комбикормов используется высококачественное, нетоксичное сырье. К качеству рыбной и мясокостной муки, альбумина предъявляются особые требования. Влажность не должна превышать 12 %, в мясокостной муке не более 13 %, жирность не более 10 % [49].

Используются следующие кормосмеси в зависимости от задач и видов рыб - стартеры для кормления личинок или мальков (в виде крупы); продукция для кормового сырья и товарной рыбы (гранулированная); лечебно-профилактические, которые производятся с добавлением лекарственных средств, иммуностимуляторов и повышенной дозы витаминов.

Применяются следующие виды комбикормов. Тестообразный комбикорм замешивается в комбикормовом цехе фермы, а в производстве используются кормосмесители. Для устранения редукации питательных веществ и уменьшения эрозии в воде добавляют вяжущие вещества - льняной жмых, технический крахмал, муку [3].

Брикетированный комбикорм производится в виде прямоугольной и цилиндрической формы. Брикеты получают на решетчатых прессах и для увеличения плотности брикетов, стенки каналов матрицы нагревают водой.

Гранулированный комбикорм производится путем формования рассыпчатой кормосмеси. Гранулы могут быть круглыми, квадратными и неправильной формы [43, 57].

Экструдированный комбикорм изготавливают в виде гранул путем механической деформации и термической обработки сырья под давлением 40 атмосфер в течение 4-6 секунд с последующим «взрывом» продукта в результате кратковременного сброса давления и температуры в пресс-экструдере.

Экспандированный комбикорм получают в виде зерна или гранул путем гидробарометрической обработки сырья с помощью расширителя при температуре 80-130 °С под давлением 40 атмосфер [79].

При кормлении важно следить за качеством корма и его полезностью. Сухой корм должен быть прочным, водоотталкивающим, изготовленным из качественного сырья и сбалансированным по химическому составу.

О качестве судят по цвету, запаху, влажности и консистенции, а также по степени окисления жира. Для гранулированной кормосмеси определяют степень набухания, эрозии гранул и извлечения питательных веществ в воду [82].

Полезность корма можно определить по его доступности, усвояемости, биохимическому составу, величине роста рыбы, интенсивности усвоения и использованию ее трансформируемой энергии на пластический функциональный обмен [1, 88].

## 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В диссертации использованы материалы исследований, выполненных в период с 2019 по 2021 год. Для изучения кормового достоинства побочного продукта масложировой и перерабатывающей промышленности белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» было проведено 2 научно-хозяйственных опыта и производственная апробация. Исследования были проведены на русских осетрах (*Acipenser gueldenstaedtii*) в контролируемых условиях (УЗВ) в проблемной научно-исследовательской лаборатории «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ, анализы были проведены в лаборатории «Анализ кормов и продукции животноводства» и в НИЦ «Черкизово».

Для проведения первого научно-хозяйственного опыта были отобраны мальки русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) средняя масса, которых составляла 100 грамм. Мальки содержались в бассейнах размером 2 x 2 x 0,7 м, плотность посадки была 18 экз./м<sup>2</sup>, уровень воды в бассейнах – 0,5 м. Продолжительность опыта составляла 175 дней.

Для проведения второго научно-хозяйственного опыта были отобраны трёхлетки русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) средняя масса в группах составляла 900 грамм. Рыба содержалась в бассейнах размером 3,5 x 2 x 1 м, плотность посадки была 15 кг/м<sup>2</sup>. Продолжительность опыта 147 дней.

Условия содержания во всех подопытных группах были одинаковыми. Измерения температурных показателей и гидрохимических режимов среды обитания подопытных русских осетров (*Acipenser gueldenstaedtii*) проводились регулярно.

Для контроля за содержанием подопытных русских осетров (*Acipenser gueldenstaedtii*) анализ воды проводился ежедневно (температура, рН, содержание кислорода). Для наблюдения за общей характеристикой качества воды проверяли содержание аммонийного азота, нитритов и нитратов, окисляемость каждые 10 дней.



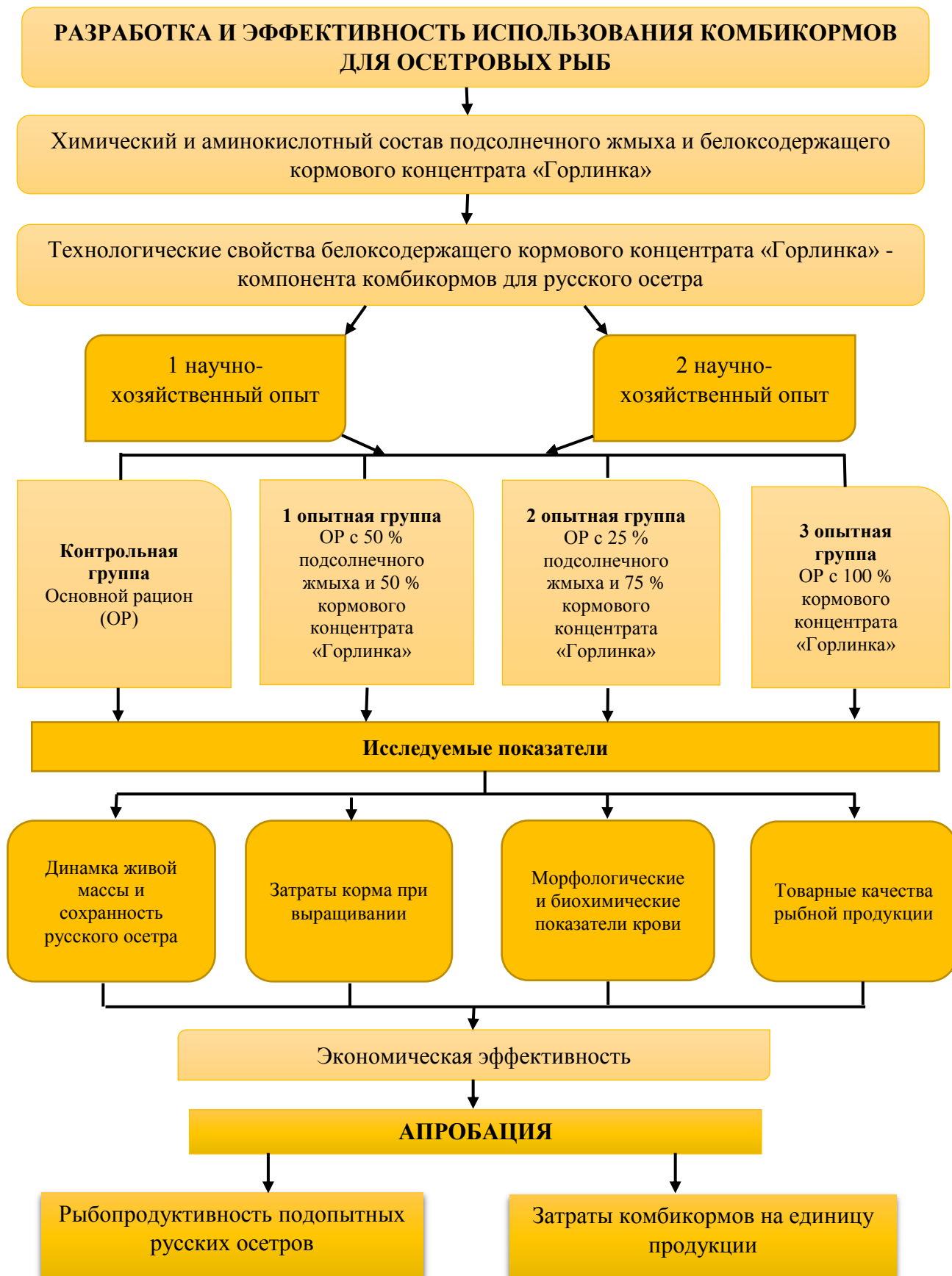


Рисунок 1 – Общая схема исследований

Основные текущие анализы проводили в лаборатории «Анализ кормов и продукции животноводства» ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ. Ежедневные основные показатели воды кислород и температура измеряли при помощи термооксиметра фирма MultiLin P4. Водородный показатель водной среды (pH) измеряли экспресс методом с помощью тест полосок с универсальной шкалой. В воде аммонийный азот определяли колориметрическим методом с реактивом Несслера. Нитриты определяли с использованием метода Грисса с применением сульфаниловой кислоты и  $\alpha$ -нафтиламина, нитраты – экспресс методом с применением дисульфифеноловой кислоты.

Рыбоводные показатели выращиваемых объектов аквакультуры оценивали по темпам роста, опираясь на общепринятые методики с некоторыми дополнениями и изменениями (выживаемость, линейные и весовые значения). Линейный рост – общая длина тела, длина тела до развилки хвостового плавника.

Относительные и абсолютные приросты рыбы контролировали регулярно (1 раз в неделю) проводили взвешивание рыб. Рыбу взвешивали на электронных весах. По результатам взвешиваний рассчитывали абсолютный, относительный и среднесуточный приросты. Абсолютный прирост вычисляли по формуле [80]:

$$P_{аб} = m_k - m_0$$

где  $m_k$  - конечная масса молоди, грамм;

$m_0$  – начальная масса молоди, грамм.

Среднесуточный прирост вычисляли по формуле [80]:

$$P_{ср.сут.} = (m_k - m_0)/t$$

где  $m_k$  - конечная масса молоди, грамм;

$m_0$  – начальная масса молоди, грамм.

t – продолжительность опыта, сут.

Сохранность рыб определяли по количеству павшей рыбы (количество подопытной рыбы, к окончанию эксперимента делённое (/) на первоначальное количество рыбы) \* 100 %.

Химический состав исследуемых кормов проводили по следующим методикам:

- определение влажности ГОСТ Р 54951-2012 [55];
- определение содержания азота и сырого протеина по Кьельдалю ГОСТ 32044.1-2012 [52];
- определение сырой клетчатки ГОСТ 31675-2012 [51];
- определение сырой золы ГОСТ 32933-2014 [54];
- определение сырого жира ГОСТ 13496.15-2016 [49];
- определение фосфора ГОСТ 26657-97 [50];
- определение содержания кальция, меди, железа, магния, марганца, калия, натрия и цинка методом атомно-абсорбционной спектрометрии ГОСТ 32343-2013 [53].

Для определения содержания первоначальной и гигроскопической влажности в исследуемых кормовых ингредиентах проводили соответственно высушивание образцов при температуре 60-65 °С и высушивание при 105 °С до постоянной массы. Определение сырой клетчатки проводили по методу Генненберга и Штамана. По методу Кельдаля определяли азот и сырой протеин. Методом сухого озоления образца при температуре 450 - 500 °С – определяли сырую золу.

Аминокислотный анализ аквакормов, а также тканей рыб проводились с использованием «Капель-105» аминокислотного анализатора.

Контроль за поедаемостью кормов проводили ежедневно по группам, путём взвешивания нужной массы корма на конкретную группу. Так же рассчитывали затраты корма на 1 кг прироста живой массы.

Для проведения гематологических анализов кровь у подопытной рыбы отбирали прижизненно из хвостовой вены с помощью медицинского шприца,

сразу после вылавливания её из воды. В пробирку перед заполнением её кровью добавляли коагулянт (для предотвращения образования сгустков крови). Морфологические показатели крови – подсчёт эритроцитов и лейкоцитов в камере Горяева. Биохимические показатели (в сыворотке крови) – методом спектрофотометрии на КФК-3-01 [61].

Количество гемоглобина рассчитывали по формуле:

$$\text{Hb(г/л)} = D540 * 367,1 \text{ г/л,}$$

где: D540 – показания, снятые с ФЭК;

367,1 – коэффициент пересчета.

Количество эритроцитов определяли пробирочным методом в камере Горяева [37].

Товарную продуктивность, энергетическую ценность (калорийность) определяли путём разделки русского осетра. При разделке рассчитывали живую массу рыбы (полностью), отдельно массу: плавников, головы, кожи, жабр, внутренних органов, мышечная ткань, хрящевая ткань, внутренний жир, слизь, кровь, полостной жидкости, съедобных частей, не съедобных частей, условно съедобных частей. Так же рассчитывали калорийность мяса (осетровых рыб).

Дегустацию готового осетра проводили органолептическими методиками. Органолептическая оценка проводится членами экспертной комиссии по бальной шкале. Оценка качества образцов проводилась по методикам, предусмотренным НТД и требованиям стандартов.

Для оценки экономической эффективности выращенных подопытных рыб учитывали: учёт кормов (за период опыта), выручку от реализации мяса.

Достоверность различий определяли путем сопоставления с критерием по Стьюденту, определяли три порога достоверности \*  $P > 0,95$ , \*\*  $P > 0,99$ , \*\*\*  $P > 0,999$ . Достоверность полученных результатов была подтверждена в ходе апробации. Биометрическую обработку данных проводили по методике Лакина, и программы «Microsoft Excel» [58].

### **3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

#### **3.1 Химический и аминокислотный состав подсолнечного жмыха и белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка»**

Тотальная зависимость от импорта кормов для аквакультуры может стать причиной потери продовольственной безопасности России, поэтому первоочередной задачей является разработка отечественных кормов. Одна из главных проблем мировой аквакультуры – обеспечение рыб рациональным питанием [124].

Исследования питания рыб в настоящее время охватывают изучение потребления корма и физиологических механизмов, участвующих в его регулировании, потребностей в питательных веществах и взаимодействиях, метаболических путей и использования питательных веществ, роста рыб, размножения и раннего развития. Изучение влияния питания на способность рыб противостоять стрессовым факторам окружающей среды и формировать иммунный ответ на воздействие патогенов также является частью исследований питания рыб. Таким образом, современные исследования в области питания рыб охватывают широкий спектр взаимосвязанных областей и часто требуют интеграции знаний, почерпнутых из достижений в области химии, биохимии [107, 125].

Аквакультура считается самым быстрорастущим сектором производства продуктов питания в мире. Ускоренный рост сектора аквакультуры привел к расширению производства кормов для аквакультуры. Однако в настоящее время индустрия кормов для аквакультуры сталкивается с такими насущными проблемами, как ограниченная доступность и растущая стоимость диетической рыбной муки. Рыбная мука традиционно используется в кормах для аквакультуры из-за высокого качества белка и вкусовых качеств. Однако успех отрасли аквакультуры будет частично зависеть от сокращения или замены использования рыбной муки в кормах

для аквакультуры менее дорогими альтернативными источниками белка. Несколько альтернативных кормовых ингредиентов, в том числе компоненты растительного происхождения, были протестированы в кормах для аквакультуры для нескольких видов рыб, имеющих экономическое значение. Между тем, было обнаружено, что другие нетрадиционные источники белка, такие как сельскохозяйственные отходы и побочные продукты переработки, обладают огромным потенциалом в будущих рецептурах кормов для рыб [92].

Жмыхи и шроты являются побочными продуктами, полученными после извлечения масла из семян. Пищевые жмыхи имеют высокую пищевую ценность содержание белка от 15 % до 50 %. Состав и питательная ценность жмыхов сильно различаются в зависимости от качества семян, способа получения масла, параметров хранения и т. д. Из-за богатого содержания белка они используются в качестве корма для животных, особенно для жвачных животных и рыб [117, 123].

В настоящее время в Волгоградской области интенсивно развивается маслоперерабатывающая промышленность, побочной продукцией которой являются кормовые продукты - жмыхи и шроты. Особый интерес представляют продукты отработанного маслопроизводства, а именно белоксодержащий кормовой концентрат «Горлинка», как ценный источник белка по качественным и количественным показателям.

#### *Производство кормового концентрата.*

Концентрат кормовой получают из продуктов переработки семян горчицы, в том числе, горчичного жмыха, некондиционного горчичного порошка.

Технологический процесс производства концентрата состоит из следующих стадий:

- Подготовка (дробление и взвешивание жмыха);
- Смешивание жмыха горчичного с водой;
- Гидролиз и вакуумная сушка;

- Конденсация паро-эфирной смеси;
- Гранулирование, охлаждение и сушка концентрата;
- Очистка абгазов перед выбросом в атмосферу.

#### *Описание технологической схемы*

Горчичный жмых проходит через рушальное устройство, где измельчается и сыпается в накопительный бункер. Из бункера измельченный жмых шнековым дозатором подается на весы. Взвешенный жмых шнековым дозатором подается в гидролизер. Гидролизер герметично закрывается и через форсунки в него подается вода, подогретая до 50 - 55 °С с размером капель 100 мк. Соотношение фаз твердое жидкое составляет 3 : 1. Равномерное увлажнение жмыха достигается путем интенсивного перемешивания. Температура в реакторе поддерживается за счет подогрева горячей водой через «рубашку». Давление внутри гидролизера не превышает 0,1 мПа.

По окончании гидролиза (через 30-35 мин) и при значительном снижении конденсации аллилгорчичного масла схема переводится в режим сушки и удаления остаточных паров аллилгорчичного масла. Окончание сушки определяется количеством испарившейся воды, уровень которой постоянно контролируется.

После сушки концентрат выгружают в бункер для гранулирования и фасовки. Концентрат-сырец представляет собой сыпучую массу с температурой 50-60 °С, с остаточным содержанием аллилизотиоцианата от 0,05 до 0,12 % и влажностью 15-17 %. Концентрат-сырец из бункера подается в гранулятор, в котором формируются гранулы с диаметром 5-6 мм, длиной 20-30 мм и норией подаются в охлаждающую колонну, где с помощью вентилятора происходит охлаждение гранул до 25 °С.

При полном наполнении колонны гранулами включается вибростол, по которому гранулы сыпаются в накопительный бункер для фасовки. Бракованные гранулы отсеиваются на вибростоле и по лотку обратно

ссыпаются для повторной грануляции. Концентрат расфасовывается в полипропиленовые мешки весом 30 кг.

В связи с этим в первую очередь нами был исследован химический и аминокислотный составы белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» и подсолнечного жмыха для выявления возможности использования кормового концентрата в качестве компонента комбикорма для русского осетра.

Химический состав белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» и подсолнечного жмыха представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ химического состава белоксодержащего концентрата «Горлинка» и подсолнечного жмыха, %

Кормовой компонент	Вода	Сухое вещество	Сырой жир	Сырая клетчатка	Сырая зола	Сырой протеин	БЭВ
Подсолнечный жмых	8,42	91,58	8,50	11,08	6,90	36,90	28,20
Кормовой концентрат «Горлинка»	7,10	92,90	8,80	10,10	7,00	39,10	27,90

Количество воды в данных кормовых средствах находили практически на одном уровне в подсолнечном жмыхе 8,42 %, а в высокобелковом кормовом концентрате «Горлинка» 7,10 %. Содержание сырого жира в подсолнечном жмыхе было 8,50 %, а в кормовом концентрате на 0,30 % больше. Сырой клетчатки в подсолнечном жмыхе было 11,08 %, а в кормовом концентрате на 0,98 % меньше (10,10 %). Сырой золы в данных кормовых средствах находилось практически на одном уровне (в подсолнечном жмыхе 6,90 %, в кормовом концентрате 7,00 %). Наибольшее количество сырого протеина было в кормовом концентрате «Горлинка» - 39,10 %, а в подсолнечном жмыхе - 36,90 %, что меньше на 2,20 %. Безазотистых экстрактивных веществ в изучаемых кормовых компонентах находилось практически на одном уровне.



Недавние данные показывают, что некоторые аминокислоты и их метаболиты являются важными регуляторами ключевых метаболических путей, которые необходимы для поддержания, роста, потребления корма, использования питательных веществ, иммунитета, поведения, метаморфоза личинок, размножения, а также устойчивости к стрессовым факторам окружающей среды и патогенным организмам у различных рыб.

Таким образом, традиционные определения незаменимых и заменимых аминокислот для рыб оспариваются многочисленными открытиями, что треонин, глютамин, глицин, пролин и гидроксипролин способствуют росту, развитию и здоровью водных животных [39]. Основываясь на их решающей роли в клеточном метаболизме и физиологии, мы ожидаем, что пищевые добавки с определенными аминокислотами могут быть полезны для: повышения химико-привлекательных свойств и питательной ценности аквакормов с низким содержанием рыбной муки; оптимизации эффективности метаболических преобразований у молоди и половозрелых рыб; подавления агрессивного поведения и каннибализма; повышения производительности и выживаемости личинок; опосредования сроков и эффективности нереста; улучшения вкуса и текстуры филе; повышения иммунитета и толерантности к стрессам окружающей среды [78].

Сравнительный аминокислотный состав кормового концентрата «Горлинка» и подсолнечного жмыха приведены в таблице 2.

Лизин часто является одним из самых ограничивающих аминокислот в ингредиентах, используемых для производства коммерческих кормов для рыб, особенно когда рыбная мука заменяется источниками растительного белка. Таким образом, уровень лизина в рационе критически влияет на рост и здоровье рыб. При коммерческой доступности лизина кормового качества его добавление в рационы на основе растительного белка позволяет экономически эффективно сократить потребление сырого белка в рационе, не влияя на показатели роста рыбы. Эта стратегия питания также может уменьшить выделение аммиака и растворимого фосфора из рыбы [115].

Содержание лизина в подсолнечном жмыхе было на уровне 1,01 %, а в высокобелковом кормовом концентрате «Горлинка» на 0,91 % больше.

Таблица 2 – Сравнительный аминокислотный состав исследуемых кормовых компонентов, %

Аминокислоты	Подсолнечный жмых	Высокобелковый кормовой концентрат «Горлинка»
Аргинин	2,33	2,34
Лизин	1,01	1,92
Тирозин	1,81	0,93
Фенилаланин	1,36	1,95
Гистидин	0,82	1,08
Лейцин + Изолейцин	2,03	2,54
Метионин	0,75	1,21
Валин	1,32	1,53
Пролин	1,15	1,37
Треонин	1,23	1,31
Серин	1,51	1,68
Аланин	1,32	1,54
Глицин	1,84	1,92
Глутаминовая кислота	4,03	4,25
Сумма аминокислот	22,51	25,57

Лизин часто является одним из самых ограничивающих аминокислот в ингредиентах, используемых для производства коммерческих кормов для рыб, особенно когда рыбная мука заменяется источниками растительного белка. Таким образом, уровень лизина в рационе критически влияет на рост и здоровье рыб. При коммерческой доступности лизина кормового качества его добавление в рационы на основе растительного белка позволяет экономически эффективно сократить потребление сырого белка в рационе, не влияя на показатели роста рыбы. Эта стратегия питания также может уменьшить выделение аммиака и растворимого фосфора из рыбы [115]. Содержание лизина в подсолнечном жмыхе было на уровне 1,01 %, а в высокобелковом кормовом концентрате «Горлинка» на 0,91 % больше.

Аргинин и глутаминовая кислота, важны для регуляции метаболизма глюкозы и липидов в печени [104]. Количество аргинина в подсолнечном жмыхе и в кормовом концентрате «Горлинка» находилось практически на одном уровне (соответственно 2,33 % и 2,34 %). Глутаминовой кислоты было больше в кормовом концентрате «Горлинка» 4,25 %, а в подсолнечном жмыхе на 0,22 %. Тирозин участвует в высвобождении гормонов гипофиза и может регулировать потребление пищи или поведение рыб. Содержание тирозина в подсолнечном жмыхе было немного больше и составляло 1,81 %, а в кормовом концентрате «Горлинка» меньше на 0,88 %.

Пролин традиционно считается незаменимой аминокислотой для рыб и способствует потреблению корма [114]. Таким образом, содержание пролина в кормовом концентрате «Горлинка» составляло 1,37, а в подсолнечном жмыхе меньше на 0,22 %.

Аминокислоты играют важную роль в питании рыб, выступая в качестве строительных блоков белка и предшественников низкомолекулярных веществ, имеющих огромное физиологическое значение, а также регулируют ключевые метаболические процессы, жизненно важные функции организма роста, развития, размножения [112].

Важная и разнообразная роль у аминокислот в питании и обмене веществ рыб. Так по данным таблицы 2 видно, наибольшее суммарное содержание аминокислот было в высокобелковом кормовом концентрате «Горлинка» - 25,57 %, а в подсолнечном жмыхе на 3,06 % меньше.

Исходя из всего вышесказанного, можно сказать, что высокобелковый кормовой концентрат «Горлинка» по химическому составу, содержанию аминокислот не уступает традиционно используемому в комбикормах для осетровых рыб подсолнечному жмыху, поэтому он может использоваться в аквакормах для молоди осетровых в качестве белкового корма растительного происхождения.

### 3.2 Физико-химические свойства воды

Качество воды имеет первостепенное значение для благополучия выращиваемой рыбы, поскольку рыбы находятся в тесном контакте с водой через жабры и кожу. Рыбы имеют определенные пределы допустимых концентраций в отношении качества воды, которые могут сильно различаться между видами. Для благополучия важно иметь представление о факторах качества воды и о том, какие диапазоны позволят рыбе адаптировать поведение и физиологию [10].

Физико-химические свойства воды при проведении научно-исследовательских опытов представлены в таблице 3, также в ней приведены нормативные данные по качеству воды, а также данные фактически полученные в УЗВ.

В ходе проведённого опыта температурный режим воды колебался от 20 до 24 °С, но находился в пределах физиологической нормы. Также наблюдались колебания водородного показателя (рН) в пределах нормы 7,5 – 8,0 рН.

Таблица 3 – Гидрохимический состав воды в УЗВ

Показатели	Нормативные значения	Фактически полученные данные
Температура, °С	18-24	20-24
Водородный показатель (рН)	7,0-8,0	7,5-8,0
Кислород растворённый, г/м <sup>3</sup>	6-10	7,9-9,5
Железо общее, г/м <sup>3</sup>	0,5	0,3
Фосфат-ион, г Р/м <sup>3</sup>	0,3	0,25
Азот нитритов, мг/л	0,02	0,01
Азот нитратов, мг/л	1,0	0,8
Азот аммонийных соединений, мг/л	0,5	0,3
Общая жёсткость, мг-экв/л	3,8-4,2	4,1
Хлориды, мг/л	20-35	0,4
Марганец, мг/л	0,01	0,01

Основным жизненно-важным фактором нахождения в водной среде для рыб является содержание растворённого кислорода. Содержание кислорода в воде ниже предела допустимых значений у рыб вызывает снижение интенсивности питания и как следствие снижение скорости роста, продуктивности и повышение финансовых затрат [78]. Для нормальной жизнедеятельности осетровых рыб содержание в воде кислорода должно быть в пределах от 6 до 10 г/м<sup>3</sup>.

Таким образом, по результатам гидрохимических исследований состава воды в установках замкнутого водоснабжения показатели были стабильны, однако отмечались незначительные колебания некоторых показателей, которые находились в пределах нормативных значений.

### **3.3 Использование комбикормов с высокобелковой кормовой добавкой «Горлинка» схема I научно-хозяйственного опыта**

Для проведения опыта по изучению влияния высокобелковой кормовой добавки «Горлинка» были сформированы четыре группы молоди русского осетра одна контрольная три опытные группы по 50 голов в каждой, средняя живая масса в начале опыта составляла 100 г, продолжительность опыта 175 дней (25 недель). В комбикормах для молоди осетра опытных групп высокобелковый кормовой концентрат «Горлинка» вводили взамен подсолнечного жмыха на 50 %, 75 % и 100%.

Таблица 4 – Схема научно-хозяйственного опыта

Группа			
контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Особенности кормления подопытных рыб			
Основной рацион (ОР)	ОР с заменой 50 % подсолнечного жмыха на кормовой концентрат «Горлинка»	ОР с заменой 75 % подсолнечного жмыха на кормовой концентрат «Горлинка»	ОР с заменой 100 % подсолнечного жмыха на кормовой концентрат «Горлинка»

Независимо от типа и источника ингредиенты, которые, как предполагается, могут быть включены в корма для рыб, должны быть тщательно оценены, прежде чем они будут допущены к широкому использованию. Оценка включает несколько этапов, первым из которых является химический анализ.

Аквакорма для проведения научно-исследовательского опыта были полноценными по химическому составу, отвечали основным потребностям организма рыб. Ингредиентный и химический составы представлены в таблицах 5, 6.

Таблица 5 – Состав и питательность аквакорма для молоди русского осетра,

%

Ингредиенты, %	Экспериментальные группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Рыбная мука	55	55	55	55
Мясная мука	10	10	10	10
Кровяная мука	6	6	6	6
Шрот соевый	9	9	9	9
Жмых подсолнечный	12	6	3	0
Высокобелковый кормовой концентрат «Горлинка»	0	6	9	12
Дрожжи кормовые	2	2	2	2
Рыбий жир	5	5	5	5
Премикс	1	1	1	1
Итого:	100	100	100	100
В 100 г содержится:				
Общей энергии, МДж/кг	19,53	20,71	21,02	20,83
Сырого протеина	49,92	50,21	51,02	50,35
Сырых углеводов	15,12	15,21	15,28	15,32
Сырой клетчатки	1,30	1,40	1,40	1,50
Сырого жира	10,84	12,31	13,48	12,99
Кальция	2,26	2,31	2,46	2,49
Фосфора	0,93	1,08	1,15	1,01

Отличия между рецептурами аквакормов были следующие: контрольная группа получала основной полноценный комбикорм, I опытная группа получала корм с 50 % подсолнечного жмыха и 50 % высокобелкового

кормового концентрата «Горлинка», II опытная группа получала основной рацион с заменой подсолнечного жмыха на 75 % кормовым концентратом «Горлинка», III опытная группа получала основной рацион с 100 % заменой подсолнечного жмыха, на кормовой концентрат «Горлинка».

Таблица 6 – Сравнительный химический состав аквакормов, используемых при выращивании русского осетра

Наименование показателя	Экспериментальные группы			
	контроль -ная	I опытная	II опытная	III опытная
1	2	3	4	5
Валовая энергия на 1 кг сухого вещества, МДж/кг	19,53	20,71	21,02	20,83
Массовая доля влаги, %	2,7	2,1	2,0	2,5
Массовая доля сырого протеина, %	49,92	50,21	51,02	50,35
Массовая доля жира на естественную влагу, %	10,84	12,31	13,48	12,99
Массовая доля сырой клетчатки, %	1,3	1,4	1,4	1,5
Массовая доля сырой золы, %	9,95	9,32	8,58	9,21
Содержание витамина А, МЕ/кг	16783	29278	22197	26753
Содержание витамина Е, МЕ/кг	148	152	137	217
Содержание треонина, %	1,89	1,53	1,51	1,38
Содержание серина, %	3,93	2,63	2,71	2,42
Содержание аспаргиновой кислоты, %	3,15	2,72	2,79	2,63
Содержание глицина, %	3,43	3,25	3,48	3,99
Содержание аланина, %	2,17	1,97	2,03	2,10
Содержание глутаминовой кислоты, %	5,22	4,71	5,00	4,81
Содержание цистина и цистеина, %	1,42	0,73	0,88	0,79
Содержание валина, %	2,63	2,09	2,15	1,93
Содержание метионина, %	1,39	1,35	1,31	0,98
Содержание изолейцина, %	1,92	1,53	1,58	1,29
Содержание лейцина, %	2,58	2,73	2,88	2,47
Содержание фенилаланина, %	1,85	1,53	1,72	1,49
Содержание лизина, %	3,25	3,48	3,59	3,31

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5
Содержание аргигина, %	2,91	2,42	2,53	2,51
Содержание гистидина, %	0,59	0,73	0,69	0,53
Содержание пролина, %	3,89	3,31	3,44	3,51
Массовая доля фосфора, %	0,93	1,08	1,15	1,01
Массовая доля кальция, %	2,26	2,31	2,46	2,49
Массовая доля натрия, %	0,33	0,39	0,42	0,31
Массовая доля цинка, мг/кг	153,42	128,57	119,98	121,52
Массовая доля марганца, мг/кг	73,58	79,83	65,71	81,72
Массовая концентрация калия, г/кг	4,213	4,358	4,433	4,484
%	0,42	0,43	0,43	0,48
Содержание магния, г/кг	2,732	2,431	2,083	2,683
%	0,27	0,24	0,21	0,27
Массовая доля железа, мг/кг	778,53	834,45	643,83	633,53
Массовая доля меди, мг/кг	18,53	13,48	12,57	16,28
Массовая доля селена, мг/кг	0,28	0,34	0,32	0,41
Массовая доля свинца, мг/кг	0,49	0,39	0,35	0,38
Массовая доля кадмия, мг/кг	0,043	0,027	0,021	0,019
Массовая доля кобальта, мг/т	0,29	0,27	0,22	0,26
Массовая доля хрома, мг/кг	9,5	34,0	42,0	85,0
Массовая доля никеля, мг/кг	3,7	2,9	2,1	2,7
Массовая доля мышьяка, мг/кг	0,021	0,018	0,010	0,069
Массовая доля ртути, мг/кг	ниже предела обнаруж ения	ниже предела обнаруже ния	ниже предела обнаруже ния	ниже предела обнаруже ния

Анализируя данные таблицы 6 можно сказать, что содержание сырого протеина в рационе всех подопытных групп было практически на одном уровне (от 49,92 % до 51,02 %). Валовой энергии на 1 кг сухого вещества в контрольной группе 19,53 МДж/кг, в I опытной группе данный показатель был 20,71 МДж/кг, во II опытной группе - 21,02 МДж/кг, в III опытной группе – 20,83 МДж/кг, в данном показатели колебания были не значительные во всех подопытных группах. Содержание клетчатки было на одном уровне во всех комбикормах для подопытных групп.



Аминокислотный состав изучаемых комбикормов претерпевал некоторые колебания по отдельным аминокислотам, так треонина было в пределах от 1,38 до 1,89 %, метионина - от 0,98 до 1,39 %. Изолейцина содержалось в традиционно используемом корме больше и составляло 1,92 %, а в комбикормах с заменой подсолнечного жмыха на кормовой концентрат «Горлинка» было меньше соответственно на 0,39, 0,34, 0,63 %. По содержанию лизина наблюдались колебания так в рационе с 100 % подсолнечным жмыхом лизина было 3,25 %, а в рационе II опытной группы (где подсолнечный жмых был заменён на кормовой концентрат «Горлинка» на 75 %) лизина было 3,59 %, что больше чем контроле на 0,34 %, в I опытной группе также было больше лизина на 0,23 %, чем в контроле, в III опытной группе больше на 0,06 %, чем в контроле.

Так по содержанию всех показателей химического состава корма были не существенные колебания между испытываемыми комбикормами подопытных групп.

#### **3.4 Результаты основных рыбоводно-биологических показателей молоди русского осетра**

Основной составляющей показывающей влияние новой разрабатываемой рецептуры является динамика живой массы, на основании которой рассчитывается абсолютный, среднесуточный и относительные приросты живой массы. Основные рыбоводные показатели представлены в таблице 7.

По данным таблице 7 мы видим, какие колебания по живой массе наблюдались среди подопытных групп рыбы, за период опыта. Так в начале опыта живая масса во всех подопытных группах была практически на одном уровне, но, уже начиная с 56 дня, наблюдалась разница между группами рыб, так наибольшая живая масса была у рыб II опытной группы и составляла 357,64 г, а в контрольной, I опытной группе и III опытной группе живая масса была меньше соответственно на 4,2 %, 1,7 % и 1,5 %.

Таблица 7 – Динамика живой массы русского осетра, г ( $M \pm m$ ) ( $n=50$ )

Период (день)	Экспериментальная группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
1	2	3	4	5
Опыт начало	100,05±1,1	100,07±1,3	100,04±1,1	100,08±1,2
7	126,01±2,1	126,38±2,4	126,47±2,2	126,09±2,6
14	151,62±3,9	153,48±4,0	154,02±4,2	154,00±4,1
21	179,32±6,3	178,36±6,5	183,49±6,6	182,65±6,2
28	210,37±2,0	213,84±2,2	216,22±2,4	214,96±2,1
35	243,28±2,9	245,75±2,5	249,37±2,0	248,65±3,4
42	278,92±6,5	279,41±4,7	283,54±6,0	288,91±5,5
49	310,98±5,3	314,48±5,1	319,45±5,6	318,48±5,4
56	342,51±5,7	351,56±5,9	357,64±6,1	352,16±6,0
63	368,25±6,4	376,12±5,8	379,42±6,3	375,69±6,1
70	393,93±6,8	405,67±6,1	409,65±6,4	405,36±6,2
77	423,45±6,4	432,66±6,7	442,54±7,2	435,60±7,0
84	454,75±7,1	463,25±7,9	473,68±7,7	465,32±7,6
91	487,35±7,3	491,35±7,8	505,65±10,1	495,47±9,7
98	516,74±8,4	524,32±10,5	539,35±10,8	529,41±10,6
105	548,32±10,5	556,75±10,9	572,95±11,2	560,25±11,0
112	581,46±10,8	591,54±11,3	609,34±11,5	591,45±11,4
119	612,98±11,2	627,35±11,6	646,35±11,8*	628,34±11,7
126	643,59±11,8	661,38±11,9	681,36±12,3*	663,25±12,1
133	674,29±12,0	691,36±12,6	712,69±12,9*	696,19±12,8
140	706,49±12,7	722,98±13,0	741,95±13,3	726,78±13,1
147	738,16±12,9	754,36±13,5	775,71±13,9	758,67±13,7
154	769,85±13,4	786,35±14,0	808,96±14,3	789,84±14,1
161	802,74±13,8	818,95±14,1	843,65±14,6*	819,98±14,5
168	834,87±14,0	849,98±14,4	875,19±14,9	852,65±14,7
175	867,58±14,3	883,35±15,1	908,98±13,3*	884,46±13,8
В % к контролю	100,0	101,8	104,8	101,9

Здесь и далее \*  $P > 0,95$ , \*\*  $P > 0,99$ , \*\*\*  $P > 0,999$

Так к концу опыта мы получили следующие данные по динамике живой массы, наибольшая живая масса в 175 дней была у рыб II опытной группы и составила 908,98 г, в контрольной группе данный показатель был на уровне 867,58 г, что было меньше чем во II опытной группе на 41,4 г, в I опытной группе 883,35 г, что меньше чем во II опытной на 25,63 г, в III

опытной группе 884,46 г, что также меньше чем во II опытной группе на 24,52 г.

Таким образом, наибольшая живая масса была у рыб, получавших в составе акваорма взамен 75 % подсолнечного жмыха кормовой концентрат «Горлинка».

За период опыта нами был проведён учёт сохранности подопытных русских осетров, данные по сохранности представлены в таблице 8.

Таблица 8- Сохранность молоди русского осетра в период опыта, шт

Период (день)	Экспериментальная группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
начало опыта	50	50	50	50
7	49	50	49	49
14	49	49	49	49
21	49	49	49	49
28	48	49	49	48
35	48	48	49	48
42	48	48	49	48
49	47	48	49	48
56	47	48	49	48
63	47	48	49	48
70	47	48	49	48
77	47	48	49	48
84	47	48	49	48
91	47	48	49	47
98	46	48	48	47
105	46	48	48	47
112	46	48	48	47
119	46	47	48	47
126	46	47	48	47
133	46	47	48	47
140	46	47	48	47
147	46	47	48	47
154	46	47	48	46
161	45	47	48	46
168	45	47	48	46
175	45	47	48	46
За весь опыт, %	90	94	96	92

В результате проведённого опыта мы получили следующие данные по сохранности подопытной рыбы, в контрольной группе сохранность составила 90 %, в I опытной группе – 94 %, во II опытной группе 96 %, в III опытной группе 92 %. Таким образом, наибольшая сохранность была у рыб, получавших в составе рациона высокобелковый кормовой концентрат «Горлинка».

Следующий изучаемый показатель представлен в таблице 9 (динамика ихтиомассы русского осетра).

Таблица 9 – Динамика ихтиомассы, кг

Период (день)	Экспериментальная группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
начало опыта	5,00	5,00	5,00	5,00
7	6,17	6,32	6,19	6,17
14	7,42	7,52	7,54	7,55
21	8,78	8,74	8,99	8,95
28	10,10	10,47	10,59	10,32
35	11,67	11,79	12,22	11,94
42	13,39	13,41	13,89	13,87
49	14,62	15,09	15,65	15,29
56	16,09	16,87	17,52	16,90
63	17,31	18,05	18,59	18,03
70	18,51	19,47	20,07	19,46
77	19,90	20,77	21,68	20,91
84	21,37	22,24	23,21	22,34
91	22,91	23,58	24,78	23,29
98	23,77	25,17	25,89	24,88
105	25,22	26,72	27,50	26,33
112	26,75	28,39	29,25	27,79
119	28,19	29,49	31,02	29,53
126	29,61	31,08	32,71	31,17
133	31,01	32,49	34,21	32,72
140	32,49	33,98	35,61	34,16
147	33,96	35,45	37,23	35,66
154	35,41	36,96	38,83	36,33
161	36,12	39,95	40,49	37,72
168	37,57	39,95	42,01	39,22
175	39,04	41,52	43,63	40,69

Наибольший прирост ихтиомассы наблюдался у рыб II опытной группы и составил 43,63 кг, что больше чем в остальных подопытных (контрольной, I опытной и III опытной) группах соответственно на 4,59 кг, 2,11 кг и 2,94 кг.

Для того чтобы установить напряжённость и стабильность приростов живой массы, рассчитывают абсолютный и относительный приросты (таблица 10, 11).

Таблица 10 – Абсолютный прирост живой массы подопытного русского осетра, г (n=50)

Период (день)	Экспериментальная группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
7	25,96±0,25	26,31±0,26	26,43±0,29	26,01±0,33
14	25,61±0,29	27,10±0,3	27,55±0,33	27,91±0,37
21	27,7±0,29	24,88±0,3	29,47±0,33	28,65±0,37
28	31,05±0,31	35,48±0,32	32,73±0,36	32,31±0,4
35	32,91±0,31	31,91±0,35	33,15±0,38	33,69±0,42
42	35,64±0,32	33,66±0,35	34,17±0,38	40,26±0,41
49	32,06±0,34	35,07±0,35	35,91±0,38	29,57±0,41
56	31,53±0,32	37,08±0,33	38,19±0,36	33,68±0,39
63	25,74±0,38	24,56±0,39	21,78±0,42	23,53±0,46
70	25,68±0,34	29,55±0,35	30,23±0,38	29,67±0,42
77	29,52±0,35	26,99±0,38	32,89±0,41	30,24±0,45
84	31,30±0,36	30,59±0,39	31,14±0,42	29,72±0,46
91	32,60±0,37	28,10±0,4	31,97±0,43	30,15±0,47
98	29,39±0,4	32,97±0,41	33,7±0,44	33,94±0,48
105	31,58±0,41	32,43±0,42	33,6±0,45	30,84±0,48
112	33,14±0,41	34,79±0,44	36,39±0,47	31,20±0,5
119	31,52±0,44	35,81±0,47	37,01±0,5	36,89±0,53
126	30,61±0,46	34,03±0,49	35,01±0,53	34,91±0,57
133	30,70±0,46	29,98±0,47	31,33±0,51	32,94±0,55
140	32,20±0,48	31,62±0,49	29,26±0,52	30,59±0,56
147	31,67±0,51	31,38±0,52	33,76±0,55	31,89±0,59
154	31,69±0,52	31,99±0,55	33,25±0,58	31,17±0,62
161	32,89±0,58	32,6±0,61	34,69±0,64	30,14±0,68
168	32,13±0,61	31,03±0,62	31,54±0,65	32,67±0,69
175	32,71±0,64	33,37±0,65	33,79±0,68	31,81±0,71
Общий прирост за период опыта, г	767,53	783,28	808,94	784,38

Абсолютный прирост живой массы за период опыта представлен в таблице 10. Из полученных данных можно сделать вывод, что абсолютный прирост живой массы претерпевал некоторые колебания среди всех групп рыб. К концу опыта рассчитав общий прирост за период опыта, мы получили следующие данные: в контрольной группе общий прирост живой массы составил 767,53 г, в I опытной группе данный показатель был выше на 15,75 г и составил 783,28 г, во II опытной группе по сравнению с контролем данный показатель был выше на 41,41 г и составил 808,94 г, в III опытной группе в сравнении с контрольной группой общий прирост был выше на 24,56 г и составил 784,38 г (рисунок 2).

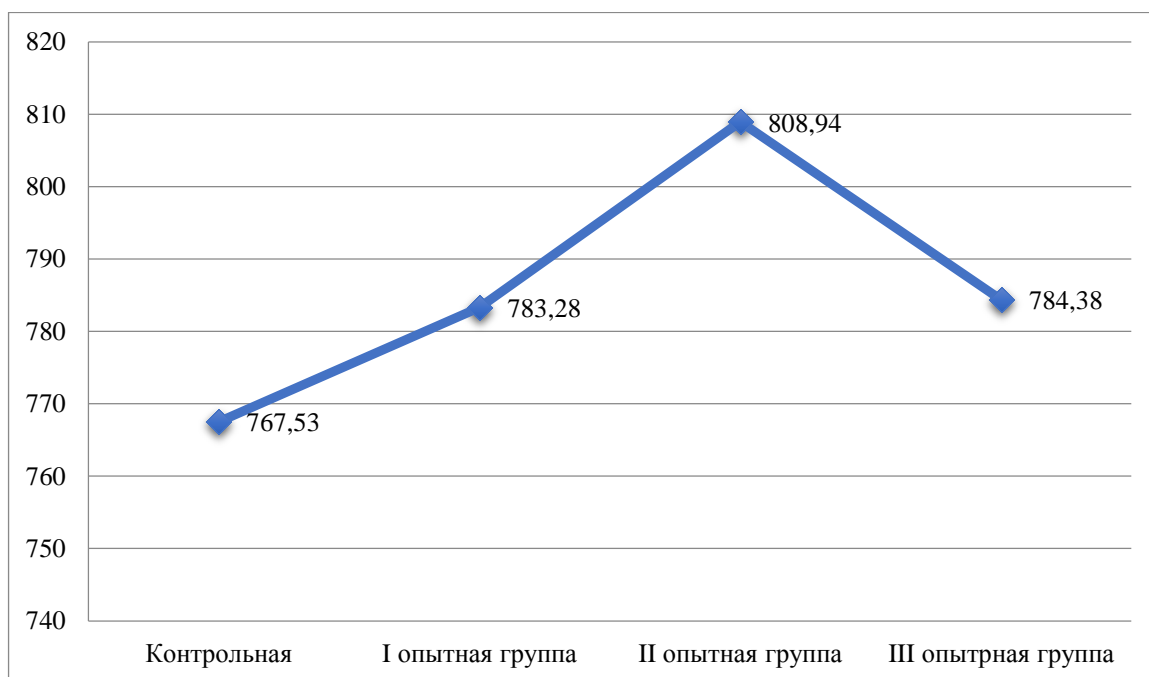


Рисунок 2 - Общий прирост за период опыта, г

Таким образом, данные результаты свидетельствуют о том, что наибольший абсолютный прирост живой массы был у рыб II опытной группы, где подсолнечный жмых был заменён высокобелковым кормовым концентратом «Горлинка» на 75 %.

Для того чтобы охарактеризовать напряжённость роста рыбы нами был рассчитан относительный прирост живой массы (относительная скорость роста в разные периоды выращивания) таблица 11.

Таблица 11 – Относительный прирост живой массы подопытных осетровых рыб, %

Период (день)	Экспериментальная группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
7	20,6	20,8	20,9	20,6
14	16,9	17,7	17,9	18,1
21	15,4	13,9	16,1	15,7
28	14,8	16,6	15,1	15,0
35	13,5	12,9	13,3	13,5
42	12,8	12,0	12,1	13,9
49	10,3	11,1	11,2	9,3
56	9,2	10,5	10,7	9,6
63	6,9	6,5	5,7	6,3
70	6,5	7,3	7,4	7,3
77	6,9	6,2	7,4	6,9
84	6,9	6,6	6,6	6,4
91	6,7	5,7	6,3	6,1
98	5,7	6,3	6,2	6,4
105	5,8	5,8	5,9	5,5
112	5,7	5,9	5,9	5,3
119	5,1	5,7	5,7	5,9
126	4,8	5,1	5,1	5,3
133	4,6	4,3	4,4	4,7
140	4,5	4,4	3,9	4,2
147	4,3	4,2	4,4	4,2
154	4,1	4,1	4,1	3,9
161	4,1	3,9	4,1	3,7
168	3,8	3,6	3,6	3,8
175	3,7	3,8	3,7	3,6
В среднем за период опыта	8,14	8,20	8,31	8,21

Таким образом, в наших исследованиях относительный прирост в среднем за опыт среди испытуемых групп рыб находился практически на одном уровне, но во II опытной группе данный показатель был 8,31 %, что всё-таки немного выше, чем в контрольной (8,14 %), I опытной группе (8,20 %) и III опытной группе (8,21 %).

Далее нами был рассчитан среднесуточный прирост живой массы подопытных русских осетров (таблица 12), наиболее высокий среднесуточный прирост в среднем живой массы наблюдался у рыб II опытной группы 4,63 г, что больше чем в контрольной группе на 0,23 г или 4,97 %, в I и III опытных группах на 0,14 г или 3,02 %.

Таблица 12 – Среднесуточный прирост живой массы подопытных осетров, г  
(n=50)

Период (день)	группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
7	3,71±0,10	3,76±0,09	3,78±0,13	3,72±0,14
14	3,66±0,08	3,87±0,15	3,94±0,15	3,99±0,13
21	3,96±0,10	3,55±0,14	4,21±0,14	4,09±0,12
28	4,44±0,10	5,07±0,16	4,68±0,15	4,62±0,18
35	4,70±0,11	4,56±0,14	4,74±0,14	4,81±0,17
42	5,09±0,12	4,81±0,17	4,88±0,17	5,75±0,18
49	4,58±0,11	5,01±0,15	5,13±0,15	4,22±0,16
56	4,50±0,15	5,30±0,22	5,46±0,21	4,81±0,20
63	3,68±0,10	3,51±0,17	3,11±0,16	3,36±0,14
70	3,67±0,16	4,22±0,23	4,32±0,25	4,24±0,23
77	4,22±0,17	3,86±0,19	4,70±0,13	4,32±0,16
84	4,47±0,17	4,37±0,21	4,45±0,23	4,25±0,24
91	4,66±0,28	4,01±0,32	4,57±0,33	4,31±0,35
98	4,20±0,37	4,71±0,44	4,81±0,45	4,85±0,34
105	4,51±0,58	4,63±0,56	4,80±0,55	4,41±0,51
112	4,73±0,43	4,97±0,49	5,20±0,28	4,46±0,37
119	4,50±0,41	5,12±0,69	5,29±0,52	5,27±0,44
126	4,37±0,44	4,86±0,57	5,00±0,33	4,99±0,49
133	4,39±0,47	4,28±0,52	4,48±0,35	4,71±0,61
140	4,60±0,49	4,52±0,63	4,18±0,58	4,37±0,51
147	4,52±0,49	4,48±0,56	4,82±0,57	4,56±0,56
154	4,53±0,61	4,57±0,58	4,75±0,55	4,45±0,66
161	4,70±0,56	4,66±0,55	4,96±0,59	4,31±0,59
168	4,59±0,76	4,43±0,83	4,51±0,71	4,67±0,79
175	4,67±0,73	4,77±0,72	4,83±0,69	4,54±0,66
Прирост в среднем за опыт, г	4,39	4,48	4,62	4,48



Проанализировав данные полученные по живой массе русского осетра можно сделать вывод, что использование высокобелкового кормового концентрата «Горлинка» частично или взамен подсолнечного жмыха в кормлении русского осетра способствует повышению рыбопродуктивности.

### 3.5 Эффективность использования комбикормов

Правильное питание имеет решающее значение не только для достижения оптимальных темпов роста, но и для поддержания здоровья выращиваемой рыбы [48]. Изучение влияния питания на способность рыб противостоять стрессовым факторам окружающей среды и формировать иммунный ответ на воздействие патогенов также является частью исследований питания рыб. Таким образом, современные исследования в области питания рыб охватывают широкий спектр взаимосвязанных областей и часто требуют интеграции знаний. Информация о питании и обмене веществ накапливалась постепенно в течение многих лет [59].

В период опыта нами была изучена поедаемость кормов и затраты корма на 1 кг прироста (таблица 13).

Таблица 13 – Затраты комбикормов за период опыта, г (n=50)

Период (день)	Затрачено комбикормов			
	группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
1	2	3	4	5
7	50,62	51,04	50,75	50,20
14	49,94	52,57	52,90	53,87
21	54,02	48,27	56,58	55,29
28	60,55	68,83	63,65	62,36
35	64,17	61,91	63,65	65,02
42	69,50	65,30	65,61	77,70
49	62,52	68,04	68,95	57,07
56	61,48	71,94	73,32	65,00
63	50,19	47,65	41,82	45,41
70	50,08	57,33	58,04	57,26
77	57,56	52,36	63,15	58,36
84	61,04	59,34	59,79	57,36

1	2	3	4	5
91	63,57	54,51	61,38	58,19
98	57,31	63,96	64,70	65,50
105	61,58	62,91	69,87	59,52
112	64,62	67,49	69,87	60,22
119	61,46	69,47	71,06	71,20
126	59,69	66,02	67,22	67,38
133	59,87	58,16	60,15	63,57
140	62,79	61,34	56,18	59,04
147	61,76	60,88	64,82	61,55
154	61,80	62,06	60,59	60,16
161	64,14	63,24	66,60	58,17
168	62,65	60,20	60,56	63,05
175	63,78	64,74	64,88	61,39
Затраты комбикорма: на 1 голову, г	1496,69	1519,56	1556,09	1513,84
на 1 кг прироста, г	1949,99	1939,99	1923,61	1929,99

Так как подопытные рыбы содержались в контролируемых условиях (УЗВ) значительных колебаний физико-химических показателей и температурных режимов воды в период опыта не было. Затраты комбикорма на 1 голову за весь период опыта составили в контрольной группе 1496,69 г, в I опытной группе 1519,56 г, что больше чем в контроле на 22,87 г, во II опытной группе 1556,09 г, что больше чем в контроле на 59,40 г, в III опытной группе 1513,84 г, что больше чем в контроле на 17,16 г. Затраты комбикорма на 1 кг прироста живой массы представлены на рисунке 3.

Таким образом к концу опыта мы получили, что наименьшие затраты на 1 кг прироста живой массы были у рыб II опытной группы и составили 1923,61 г, что было меньше чем в контрольной, I опытной группе и III опытной группе соответственно на 26,38 г, 16,38 г и 6,38 г.

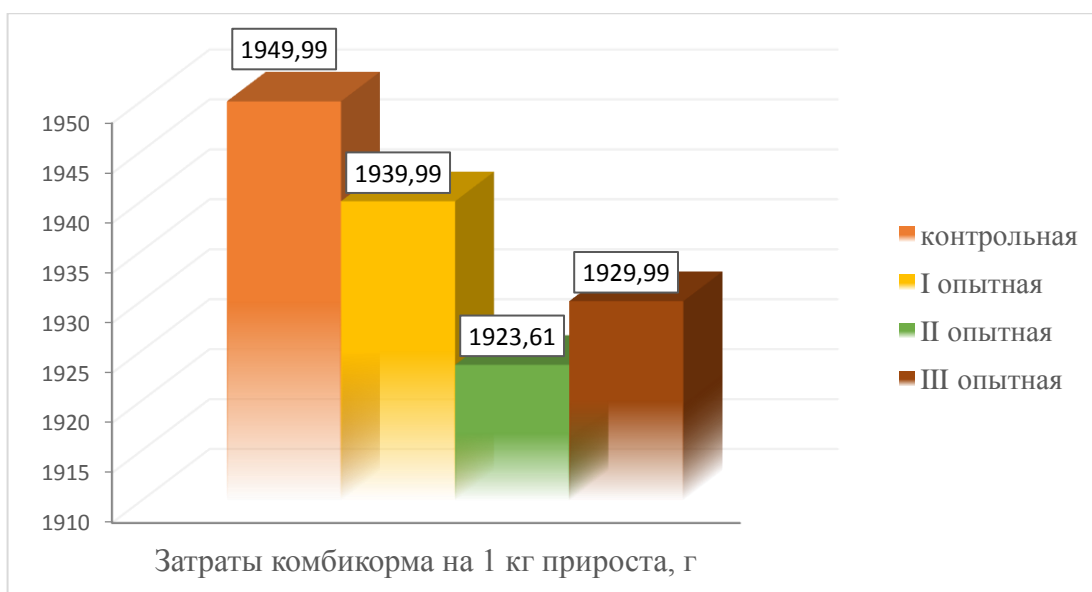


Рисунок 3 – Затраты комбикорма на 1 кг прироста подопытных русских осетров, г

Полученные результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что добавление в рацион 75 % кормового концентрата «Горлинка» взамен подсолнечного жмыха способствует уменьшению затрат корма на 1 кг прироста живой массы рыбы.

### 3.6 Морфологические и биохимические показатели крови подопытных осетровых рыб

Гематологические показатели тесно связаны с реакцией рыб на экологические и биологические факторы. Например, в ответ на экологические и физиологические условия в составе крови рыб происходят большие изменения, такие как колебания уровня эритроцитов, лейкоцитов, гормонов, гематокрита, концентрации гемоглобина, количества лейкоцитов. Поэтому анализ показателей крови является ценным ориентиром при оценке состояния рыб, так как дает надежный показатель их физиологического состояния, комплекс данных, что особенно важно при разведении осетровых [96].

В наших исследованиях для контроля влияния высокобелковой кормовой добавки «Горлинка» на здоровье рыб был проведён биохимический

и морфологический анализ крови подопытных рыб по основным показателям.

В настоящее время хорошо задокументирован тот факт, что существует четкая связь между питанием рыб и состоянием их здоровья [97]. Поэтому определение и оценка гематологических показателей русского осетра в полной мере позволяет судить о том насколько правильно подобран режим кормления и составлен рацион, особенно это важно при использовании в его составе новых кормов и добавок.

Морфологический анализ крови подопытной рыбы представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Морфологические показатели крови подопытных осетров, (M±m) (n=5)

Экспериментальные группы	Морфологические показатели крови			
	Эритроциты, $10^{12}/л$	Гемоглобин, г/л	Гематокрит, %	Тромбоциты, $10^9/л$
контрольная	0,86±0,03	73,55±1,35	26,44±0,29	132,95±5,0
I опытная	0,87±0,07	73,92±1,51	26,52±0,23	132,57±6,6
II опытная	0,90±0,04	75,44±1,22	26,84±0,26	131,34±5,6
III опытная	0,89±0,04	74,58±1,37	26,71±0,25	131,45±6,5

Эритроциты в крови осетров опытных групп в конце исследования были несколько выше, чем в группе контрольной, так в I опытной на 0,01  $10^{12}/л$  или 1,16 %, во II опытной на 0,04  $10^{12} /л$  или 4,65 % и в III -опытной на 0,03  $10^{12} /л$  или 3,49 % (рисунок 4).

Содержание гематокрита в крови осетров в контрольной группе составило 26,44 %, а в I, II и III опытной было выше, чем в контроле на 0,08 %, 0,40 % и 0,27 %.

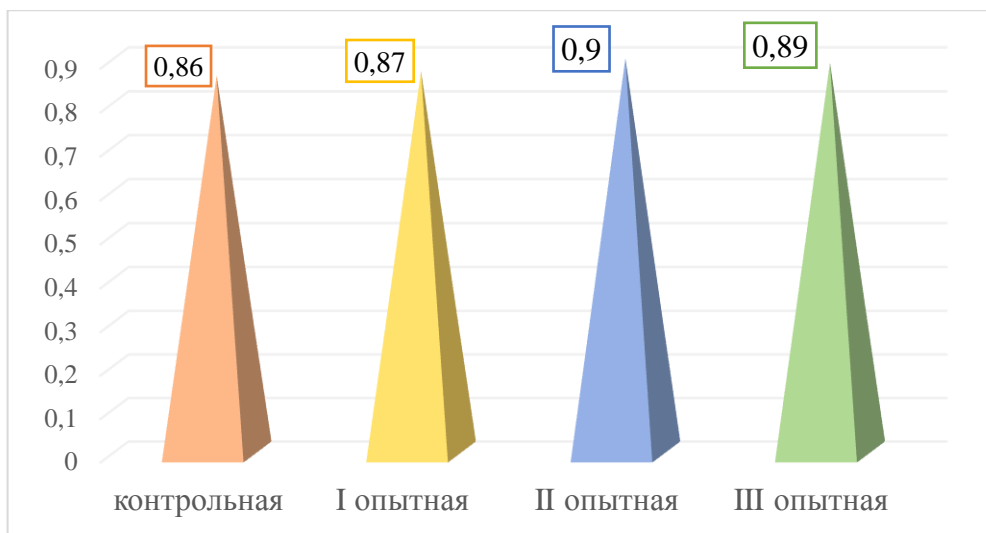


Рисунок 4 – Содержание эритроцитов в крови подопытной рыбы,  $10^{12}/л$

Содержание в крови гемоглобина у подопытных рыб было в пределах физиологической нормы, в контрольной группе – 73,55 г/л, в I, II и III опытных соответственно 73,92 г/л, 75,44 г/л и 74,58 г/л, что было непосредственно выше, чем у аналогов из контроля на 0,50 %, 2,57 % и 1,40 % (рисунок 5).

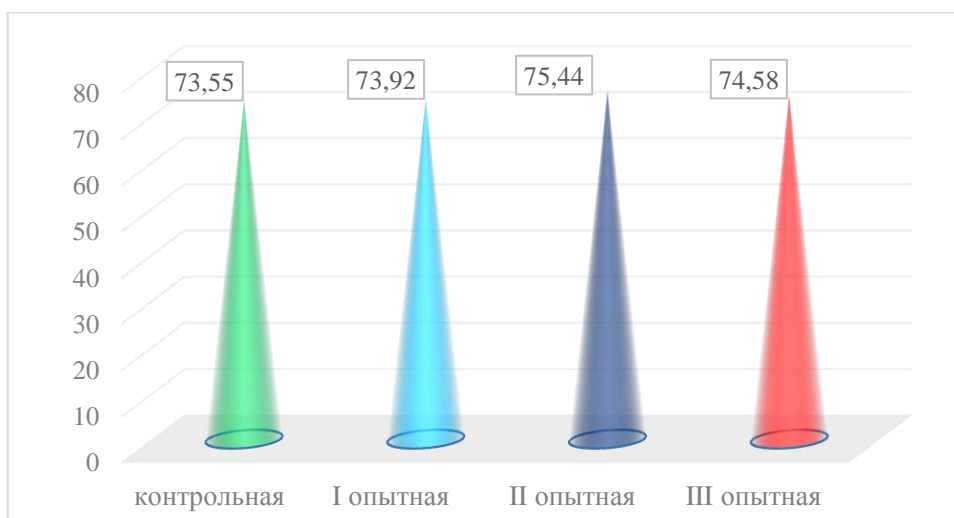


Рисунок 5 – Концентрация гемоглобина в крови подопытных осетров, г/л

Следующим показателем, который мы оценивали, было содержание тромбоцитов в крови подопытных рыб. Изучаемый показатель в контрольной группе находился на уровне  $132,95 \cdot 10^9/л$ , в I опытной –  $132,57 \cdot 10^9/л$ , что в соизмерении с контролем выше на  $0,38 \cdot 10^9/л$  или 0,29 %, во II опытной –  $131,34$  и больше контроля на  $1,61 \cdot 10^9/л$  или 1,21 % и в III опытной –  $131,45 \cdot 10^9/л$  и повыше контроля на  $1,50 \cdot 10^9/л$  или 1,13 % (рисунок 6).

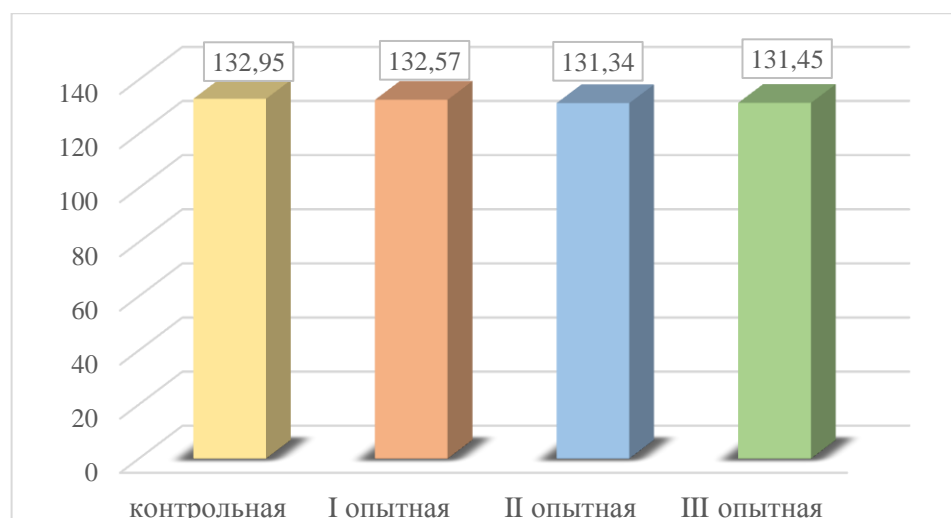


Рисунок 6– Содержание тромбоцитов в крови осетров, 10<sup>9</sup>/л

Далее нами был изучен биохимический анализ крови подопытных осетров, который приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Биохимические показатели крови осетровых рыб, (M±m) (n=5)

Показатели крови	Экспериментальные группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Содержание белка в сыворотке крови, г/л	31,07±1,18	31,25±1,37	32,08±1,28	31,52±1,19
Глюкоза, ммоль/л	1,95±0,42	1,98±0,36	2,01±0,26	1,99±0,31
Билирубин общий, ммоль/л	3,46±0,51	3,49±0,39	3,52±0,33	3,52±0,37
Холестерин, ммоль/л	3,21±0,5	3,20±0,87	3,15±0,46	3,18±0,69
Кальций, ммоль/л	2,17±0,47	2,19±0,5	2,24±0,54	2,21±0,49
Фосфор, ммоль/л	1,09±0,07	1,10±0,11	1,14±0,1	1,12±0,09
Триглицериды, ммоль/л	0,54±0,21	0,53±0,28	0,52±0,3	0,52±0,32
Мочевина, ммоль/л	1,03±0,08	1,03±0,17	1,01±0,09	1,02±0,29

Анализ данных по содержанию белка в сыворотке крови подопытной рыбы позволил заключить следующее: наблюдалось существенная положительная разница между контрольной и II опытной группами, которая

составила 3,25 %. В контрольной данный показатель составил 31,07 г/л, а во II опытной – 32,08 г/л. В I опытной было отмечено также некоторое повышение концентрации белка в сравнении с контрольной группой рыб на 0,18 г/л или 0,58 %. В III опытной группе данный показатель был выше, чем в контрольной группе рыб на 1,45 % (рисунок 7).

Глюкозы в крови опытных рыб содержалось несколько больше чем у контрольных от 0,03 до 0,06 ммоль/л.

Общий билирубин в крови подопытных осетров был в пределах нормы от 3,46 до 3,52 ммоль/л. Однако наблюдалась тенденция к повышению данного показателя в опытных группах рыб в сравнении с контролем до 0,60 ммоль/л.

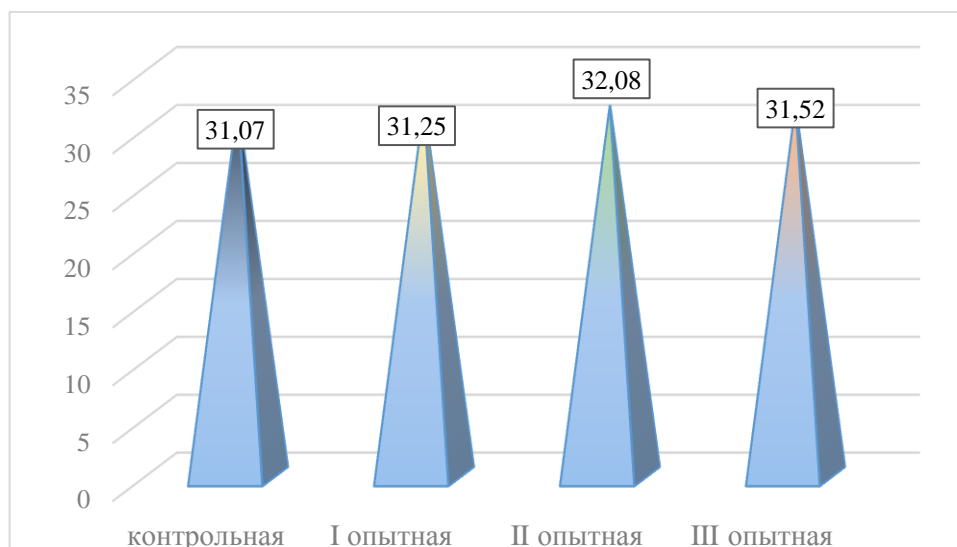


Рисунок 7 – Содержание в сыворотке крови общего белка у подопытных осетров, г/л

Концентрация холестерина в крови осетров опытных групп была снижена в сопоставлении с контролем на 0,01-0,06 ммоль/л.

Содержание кальция и фосфора в сыворотке крови подопытных рыб контрольной группы составило 2,17 ммоль/л и 1,09 ммоль/л, в I, II и III опытных больше соответственно на 0,02 ммоль/л и 0,01 ммоль/л, 0,07 ммоль/л и 0,05 ммоль/л и 0,04 ммоль/л и 0,03 ммоль/л (рисунок 8).

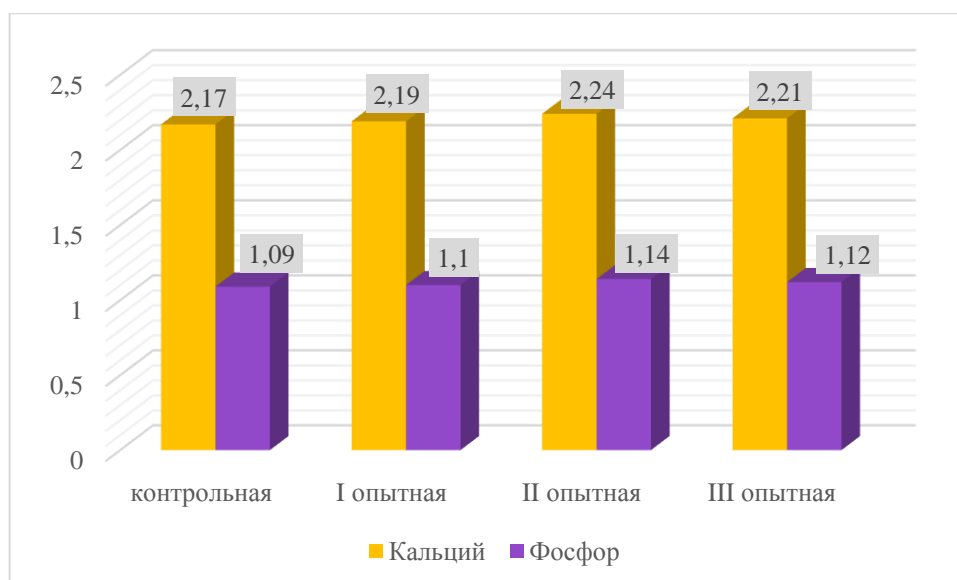


Рисунок 8 – Наличие кальция и фосфора в сыворотке крови у осетров подопытных групп, ммоль/л

Триглицериды в крови рыб были аналогично выше в опытных группах рыб, чем в контроле. Так в контрольной группе приведенный показатель составил 0,54 ммоль/л, в I опытной – 0,53 ммоль/л, что в сравнении с контролем ниже на 0,01 ммоль/л, во II опытной и в III опытной – 0,52 ммоль/л и несколько меньше контроля на 0,02 ммоль/л (рисунок 9).

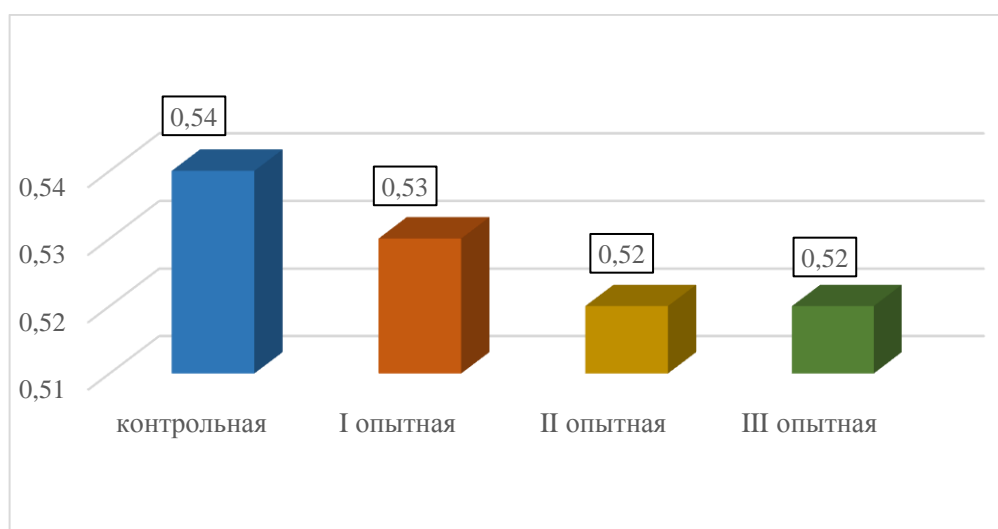


Рисунок 9 – Концентрация триглицеридов в крови подопытных рыб, ммоль/л

Содержание мочевины в крови осетров контрольной группы и I опытной было на уровне 1,03 ммоль/л, а в II и III опытной было ниже, чем в контроле на 0,02 и 0,01 ммоль/л (рисунок 10).



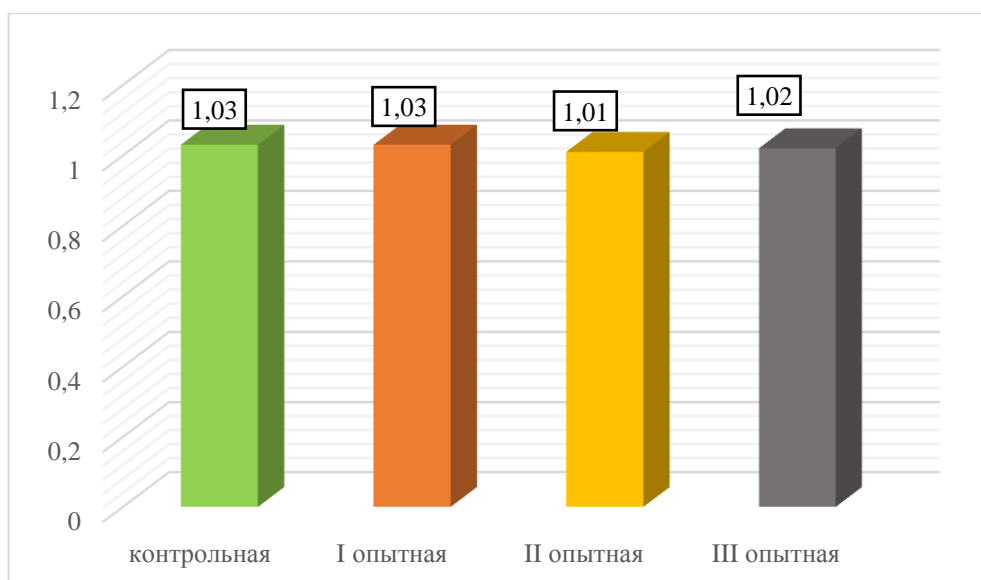


Рисунок 10– Содержание мочевины в сыворотке крови осетров, ммоль/л

Таким образом, следует отметить, что применяемая в составе комбикорма высокобелковая кормовая добавка «Горлинка» оказывает положительное влияние на состояние здоровья подопытных осетров.

### **3.7 Влияние высокобелковой кормовой добавки «Горлинка» на товарные качества русского осетра**

Осетровые рыбы относятся к пищевым деликатесам и известны своими богатыми питательными свойствами, которые необходимы для здоровья человека с доисторических времен. Интенсивное сокращение популяций диких осетровых привело к увеличению доли выращиваемых и гибридных видов в аквакультуре. Мясо осетра содержит легкоусвояемые белки, жиры, витамины и минералы, на которые влияет его биоразнообразие [104].

Рыба имеет большое значение на мировом рынке благодаря своим ценным компонентам, и ее потребление растет из года в год. Семейство осетровых является ценной промысловой рыбой благодаря богатству омега-3 высоконенасыщенными жирными кислотами омега-6 полиненасыщенных кислот, витаминов и минералов (фосфор, магний, калий, натрий, кальций, железо). Считается, что две жирные кислоты омега-3 и омега-6 с очень длинной цепью эйкозопентаеновая кислота и докозагексаеновая кислота, могут снизить риск ишемической болезни сердца у людей. Рыба является

основным диетическим источником этих двух важных жирных кислот для человека [99].

При проведении наших исследований русский осётр вырос до средней живой массы (таблица 16) в контрольной группе 867,58 г, в I опытной группе до 883,35 г, во II опытной до 908,98 г, в III опытной до 884,46 г. Для контрольного убоя были отобраны рыбы с приблизительно одинаковой массой от 850 г до 910 г.

На массу плавников и головы в %, от массы все рыбы во всех экспериментальных группах приходилось от 13,4 % до 14,5 %. Масса кожи в процентном соотношении от живой массы рыбы в экспериментальных группах составила от 10,7 % до 11,3 %. Наибольшая масса мышечной ткани в процентном соотношении была у рыб II опытной группы и составила 52,5 %, в контрольной, I опытной и III опытной группе данный показатель был ниже от 49,7 % до 51,1 %.

Выход съедобных частей у русских осетров в контрольной группе составил 56,8 %, в I опытной группе – 57,9 %, в III опытной группе 58,3 %, что было ниже, чем во II опытной группе (59,6 %) соответственно на 2,8 %, 1,7 % и 1,3 % (рисунок 11).

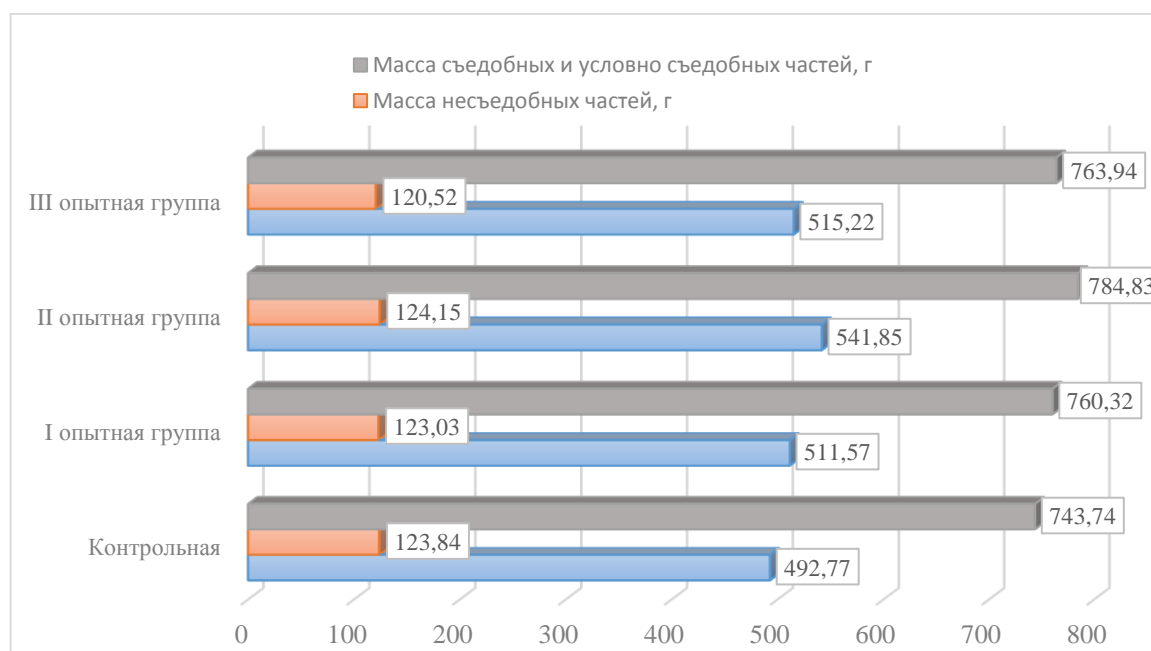


Рисунок 11 – Масса съедобных частей, несъедобных частей, условно съедобных частей, г

Таблица 16 – Результаты морфометрического анализа подопытных русских осетров ( $M \pm m$ ) ( $n=5$ )

Показатели	Экспериментальные группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Масса живой рыбы, г <i>В % от массы рыбы</i>	867,58±4,2 100	883,35±3,4* 100	908,98±4,5** 100	884,46±6,2 100
Масса головы + плавники, г <i>В % от массы рыбы</i>	125,48±2,6 14,5	121,35±2,7 13,7	121,48±2,4 13,4	119,29±2,7 13,5
Масса кожи, г <i>В % от массы рыбы</i>	98,38±1,1 11,3	96,52±1,0 10,9	99,01±1,3 10,9	94,57±0,9* 10,7
Масса хрящевой ткани, г <i>В % от массы рыбы</i>	126,45±3,4 14,6	128,98±3,6 14,6	123,49±3,4 13,6	129,58±3,6 14,7
Масса мышечная ткань, г <i>В % от массы рыбы</i>	431,48±3,3 49,7	449,52±6,5 50,9	477,56±4,3*** 52,5	452,35±3,6** 51,1
Масса внутреннего жир, г <i>В % от массы рыбы</i>	51,51±1,7 5,9	52,84±1,6 5,9	55,21±1,8 6,0	53,55±1,6 6,0
Масса внутренних органов, г <i>В % от массы рыбы</i>	25,46±1,1 2,9	26,52±1,2 3,0	25,14±0,8 2,7	25,95±1,0 2,9
Масса крови + слизи + полостной жидкости + жабр <i>В % от массы рыбы</i>	9,78±0,3 1,1	9,21±0,5 1,0	9,08±0,3 0,9	9,32±0,3 1,1
Масса съедобных частей, г <i>В % от массы рыбы</i>	492,77±4,5 56,8	511,57±2,8* 57,9	541,85±3,6*** 59,6	515,22±2,1** 58,3
Масса несъедобных частей, г <i>В % от массы рыбы</i>	123,84±0,4 14,3	123,03±0,5 13,9	124,15±0,2 13,7	120,52±0,5 13,6
Масса съедобных и условно съедобных частей, г <i>В % от массы рыбы</i>	743,74±2,9 86,2	760,32±2,8* 86,3	784,83±3,8*** 86,6	763,94±2,0** 86,4

Таким образом, данные результаты показывают, что осетровые рыбы получавшие в составе комбикорма частично или взамен подсолнечного жмыха кормовой концентрат «Горлинка», имеют наибольший выход съедобных частей.

### 3.8 Исследование внутренних органов русского осетра

Общеизвестно, что масса внутренних органов рыбы имеет прямую взаимосвязь с длиной тела и уровнем метаболизма. В связи с этим нами было изучено влияние высокобелкового концентрата «Горлинка» в составе комбикормов на развитие внутренних органов русского осетра (таблица 17).

Таблица 17 – Масса внутренних органов (сердце, печень, желудок, кишечник, спиральный клапан) молоди русского осетра, г ( $M \pm m$ ) (n=5)

Показатель	Экспериментальные группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Масса живой рыбы	867,580±4,2	883,350±3,4*	908,980±4,5**	884,460±6,2
Сердце	2,480±0,28	2,710±0,17	2,780±0,28	2,699±0,24
Печень	4,310±0,48	4,480±0,57	4,540±0,38	4,450±0,49
Желудок	4,220±0,58	4,250±0,57	4,330±0,48	4,270±0,39
Кишечник	11,420±0,78	11,210±0,87	11,290±0,68	11,330±0,59
Спиральный клапан	1,950±0,18	1,848±0,07	1,960±0,18	1,670±0,29

Масса сердца у подопытных осетров в контрольной группе была на уровне 2,480 г, в I опытной – 2,710 г, что несколько выше контроля на 0,230 г, во II опытной – 2,780 г, и больше контроля на 0,300 г, в III опытной – 2,699 г и выше контроля на 0,219 г (рисунок 12).

Масса печени у осетров в опытных группах была несколько выше контроля, так в I опытной она весила 4,480 г и превышала контроль на 3,94 %, во II опытной и III опытной группах соответственно 4,540 г и 4,450 г, что

больше аналогов из контроля на 5,34 % и 3,25 %. В контрольной группе осетров приведенный показатель был на уровне 4,310 г.

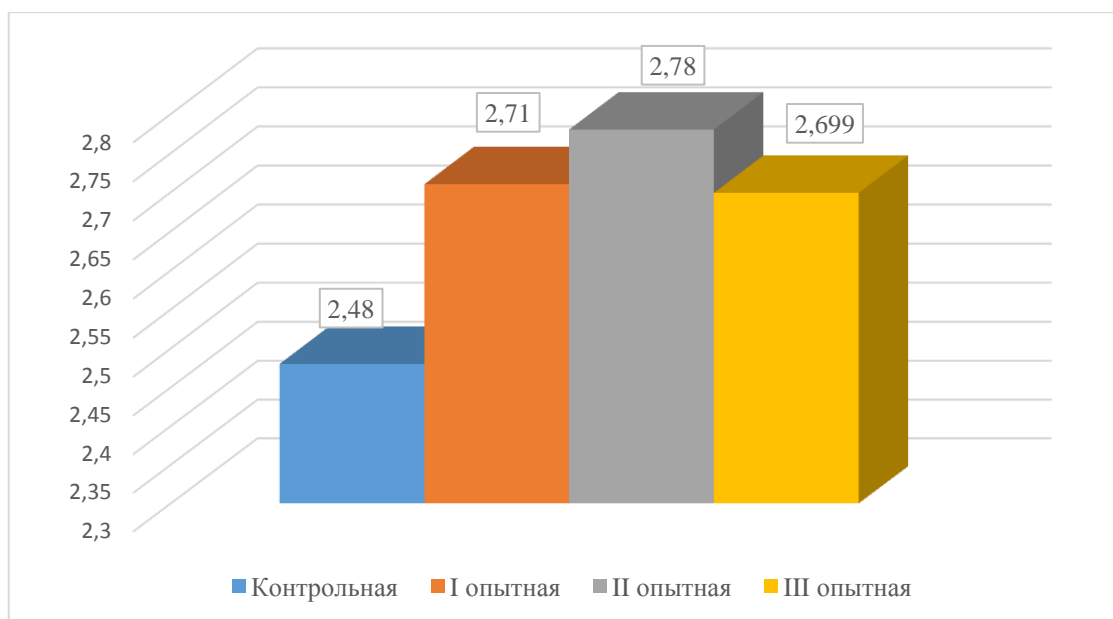


Рисунок 12– Масса сердца у осетров контрольной и опытных групп, г

В контрольной группе осетров масса желудка была 4,220 г, а в I опытной – 4,250 г, во II опытной – 4,330 г и III опытной – 4,270 г, что в соотношении с контролем было выше на 0,030 г, 0,110 г и 0,050 г (рисунок 13).

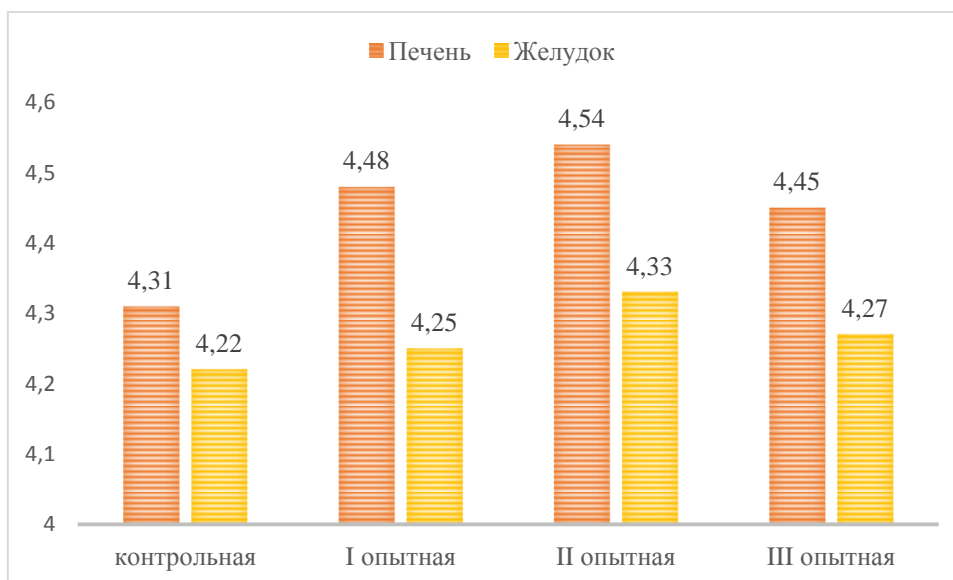


Рисунок 13– Масса печени и желудка у подопытных осетров, г

Вес кишечника у осетров из I, II и III опытной групп, получавших в рациионе добавку «Горлинка», был несколько ниже, чем у контрольных аналогов на 2,02 % или 0,210 г, 1,25 % или 0,130 г и 0,86 % или 0,090 г.

Рыба является важной частью нашего рациона, поскольку она способствуют потреблению полезных для здоровья омега-3 жирных кислот, профилактике и лечению ишемической болезни сердца. Содержание сырого белка обычно колеблется от 11,0 % до 28,4 % (обычно около 19,0 %), а содержание липидов в мышечной ткани обратно пропорционально содержанию влаги. Содержание минералов в рыбе несколько выше, чем у наземных животных [118]. Химический состав мышечной ткани русского осетра приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Химический состав мышечной ткани подопытной рыбы (в абсолютно сухом веществе), % ( $M \pm m$ ) ( $n=5$ )

Экспериментальные группы	Вещество			Итого
	Белок	Жир	Зола	
контрольная	56,1±2,9	36,8±2,3	7,1±1,4	100
I опытная	57,4±3,3	35,3±2,0	7,3±1,3	100
II опытная	59,3±2,6	33,2±2,1	7,5±1,5	100
III опытная	58,4±3,0	34,4±2,1	7,2±1,1	100

Содержание белка в мышечной ткани было самым высоким у осетров II опытной группы, получавших в составе комбикорма кормовую добавку «Горлинка» в количестве, заменяющем 75 % подсолнечного жмыха, – 59,3 %, что превосходило контроль на 3,2 %, а также было больше чем в I опытной и III опытной группах на 1,8 % и 0,9 % (рисунок 14).

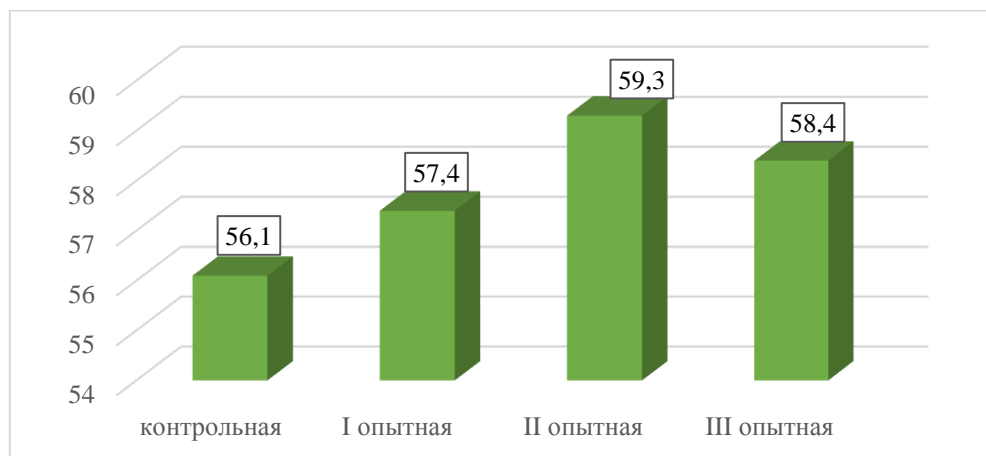


Рисунок 14 – Содержание белка в мышечной ткани подопытной рыбы, %

Меньшим содержанием жира в мышцах рыбы отличалась II опытная группа, его наличие составило 33,2 %, затем III опытная группа – 34,4 % и I

опытная – 35,3 %, что в сопоставлении с контрольными образцами было несколько меньше на 3,6 %, 2,4 % и 1,5 % (рисунок 15).

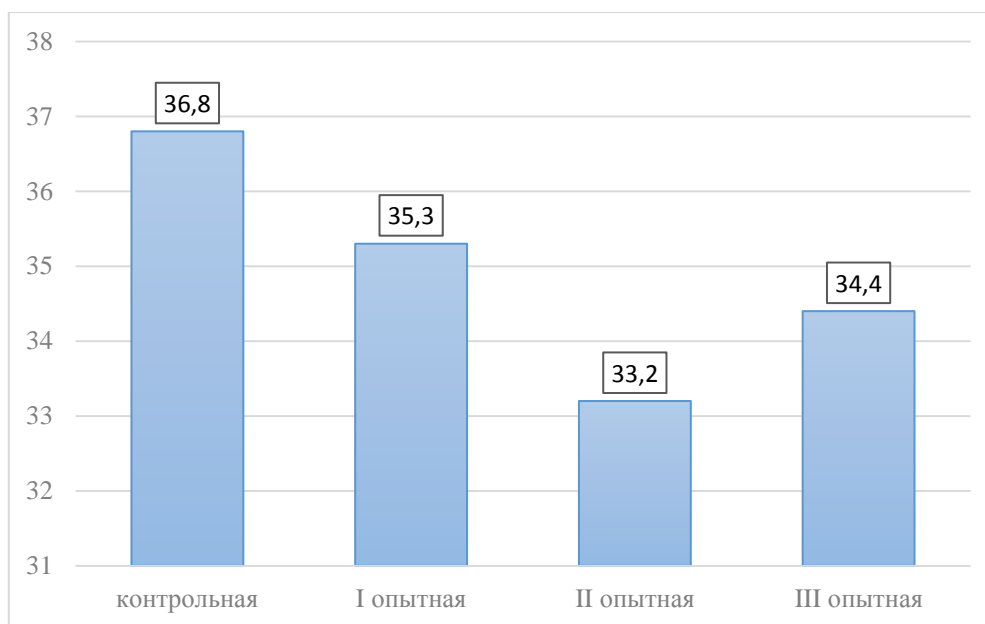


Рисунок 15 – Содержание жира в мышечной ткани русского осетра, %

Фактическое содержание золы в мышечной ткани в контрольной группе составило 7,1 %, I опытной – 7,3 %, II опытной – 7,5 % и III опытной – 7,2 %, что было выше, чем в контрольных образцах соответственно на 0,2 %, 0,4 % и 0,01 %.

Н.Л. Бацукова с соавторами констатируют факт: «Биологическая ценность белков, содержащихся в рыбе, обусловлена их аминокислотным составом. Белок рыбы по содержанию лизина, триптофана и аргинина превосходит куриный, а по содержанию валина, лейцина, аргинина, фенилаланина, тирозина, триптофана, цистина и метионина представляет собой оптимальный аминокислотный состав пищи человека. Таким образом, белки рыбы можно отнести к продуктам, обладающим выраженными липотропными свойствами, а по содержанию ростовых аминокислот — к продуктам, необходимым в детском питании» [15].

Нами были проведены исследования по изучению влияния нового высокобелкового концентрата «Горлинка» в составе комбикормов для осетров на аминокислотный состав белка их мышечной ткани (таблица 19).

Таблица 19 – Аминокислотный состав белка абсолютного сухого вещества мышечной ткани подопытного осетра, г/100 г (M±m) (n=5)

Аминокислоты	Экспериментальная группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
<i>Незаменимые аминокислоты</i>				
Метионин	0,66±0,05	0,68±0,05	0,72±0,03	0,69±0,05
Лизин	0,67±0,04	0,72±0,04	0,78±0,05	0,69±0,07
Изолейцин	0,61±0,04	0,65±0,04	0,67±0,05	0,63±0,04
Лейцин	1,31±0,07	1,36±0,08	1,45±0,07	1,41±0,08
Фенилаланин	1,15±0,08	1,19±0,06	1,28±0,07	1,25±0,07
Валин	0,59±0,04	0,63±0,04	0,73±0,03*	0,70±0,04
Гистидин	0,52±0,03	0,56±0,04	0,62±0,05	0,59±0,04
Треонин	0,69±0,03	0,71±0,04	0,78±0,05	0,74±0,03
Аргинин	0,90±0,06	0,91±0,05	0,98±0,04	0,95±0,06
<i>Заменимые аминокислоты</i>				
Аспарагиновая кислота	1,22±0,08	1,25±0,09	1,29±0,09	1,28±0,07
Глутаминовая кислота	2,16±0,09	2,21±0,09	2,25±0,1	2,23±0,08
Серин	0,73±0,04	0,79±0,05	0,85±0,02*	0,81±0,04
Глицин	0,95±0,05	0,99±0,06	1,09±0,05	1,01±0,05
Аланин	1,18±0,07	1,21±0,06	1,27±0,06	1,25±0,08
Пролин	0,49±0,04	0,51±0,04	0,60±0,03	0,56±0,04
Цистин	0,37±0,03	0,39±0,03	0,46±0,03	0,42±0,03
Тирозин	0,42±0,04	0,43±0,03	0,49±0,03	0,47±0,04
Итого	14,62	15,19	16,31	15,68

Известно, что наибольший интерес отдается содержанию незаменимых аминокислот, в особенности лизину и метионину. Так лизина было больше в 100 г мышечной ткани во II опытной группе, чем в контроле на 0,11 г, а метионина на 0,06 г.

У русских осетров опытных групп в мышечной ткани содержание незаменимых аминокислот - изолейцина, лейцина, фенилаланина, валина, гистидина, треонина, аргинина было выше, чем в контрольной группе соответственно на 0,02-0,06 г, 0,05-0,14 г, 0,04-0,13 г, 0,04-0,14 г, 0,04-0,1 г, 0,02-0,09 г и 0,01-0,08 г (рисунок 16).



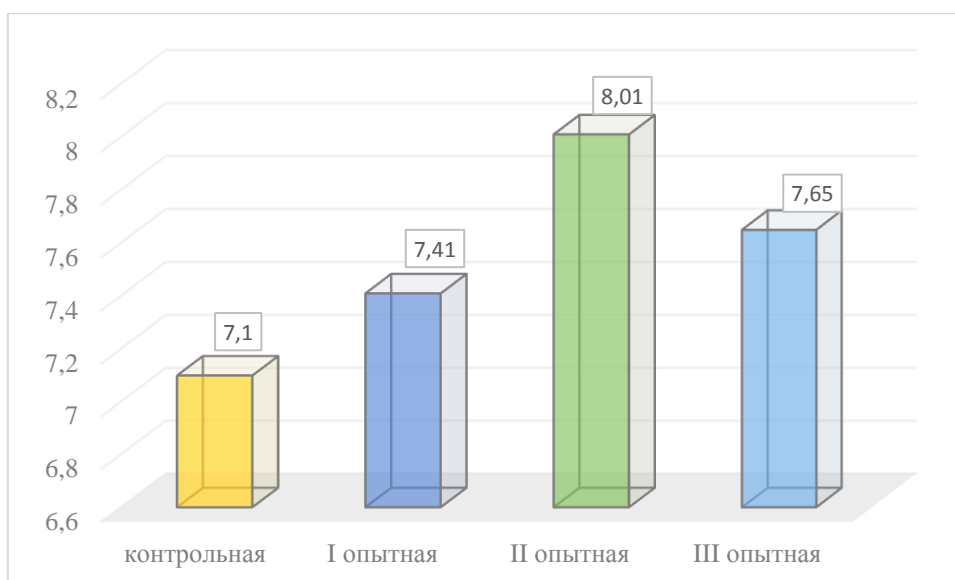


Рисунок 16 – Общее содержание исследуемых незаменимых аминокислот в мышечной ткани русского осетра подопытных групп, г/100

Также была отмечена положительная динамика в содержании незаменимых аминокислот в мышечной ткани русского осетра опытных групп по сравнению с контрольной группой, так аспарагиновой кислоты было больше на – 0,03-0,07 г, глутаминовой кислоты – 0,05-0,09 г, серина – 0,06-0,12 г, глицина – 0,04-0,14 г, аланина – 0,03-0,09 г, пролина – 0,02-0,11 г, цистин – 0,02-0,09 г, тирозин – 0,01-0,07 г (рисунок 17).

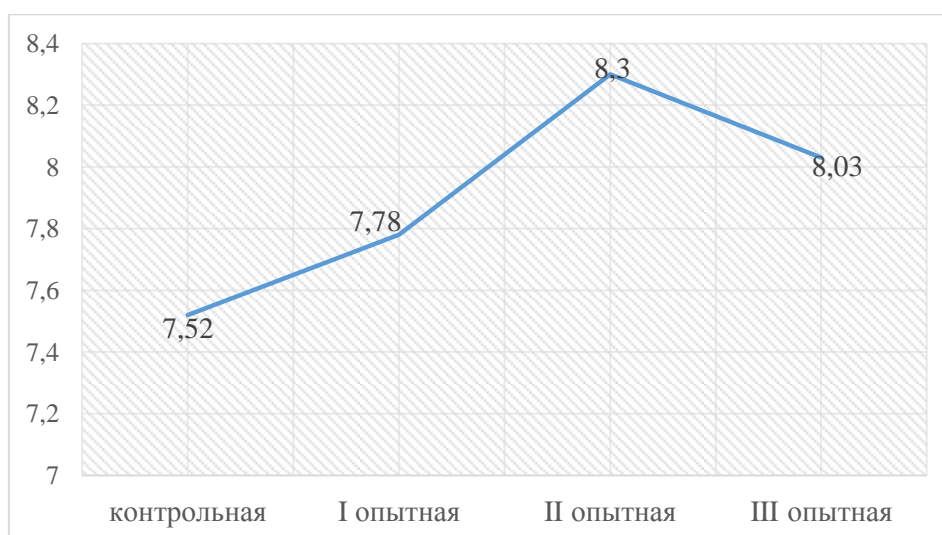


Рисунок 17 – Сумма исследуемых заменимых аминокислот в мышечной ткани подопытной рыбы, г/100

Общая сумма исследуемых аминокислот в мышечной ткани осетров I опытной была 15,19 г, II опытной – 16,31 г и III опытной – 15,68 г, что выше, чем в контрольных образцах на 0,57 г, 1,69 г и 1,06 г.

Анализ результатов проведённых исследований показал, что замена в комбикорме осетра жмыха подсолнечного на высокопротеиновый растительный корм «Горлинка» положительно сказалось на химическом и аминокислотном составе мышечной ткани.

### 3.9 Результаты дегустационной оценки мышечной ткани русского осетра

Завершающим этапом комплексного исследования является общая оценка органолептических показателей (внешний вид, консистенция, вкус и запах). С этой целью была проведена дегустация образцов мышечной ткани и бульона, результаты, которой приведены в таблице 20 и на рисунке 18.

Таблица 20 – Общая органолептическая оценка мышечной ткани и бульона рыбы, балл

Экспериментальные группы	Мышечная ткань	Бульон
контрольная	4,5	4,4
I опытная	4,6	4,6
II опытная	4,8	4,7
III опытная	4,5	4,5

Общий балл мышечной ткани в I опытной группе был 4,6, в соотношении с контрольной больше на 0,1, во II опытной – 4,8 в сравнении с контролем несколько выше на 0,3 балла. В III опытной группе данный показатель находился на одном уровне с контрольной группой и составил 4,5 балла.

Общий балл бульона в I, II и III опытных группах был также выше в соизмерении с контрольной группой соответственно на 0,02, 0,03 и 0,01 балл.

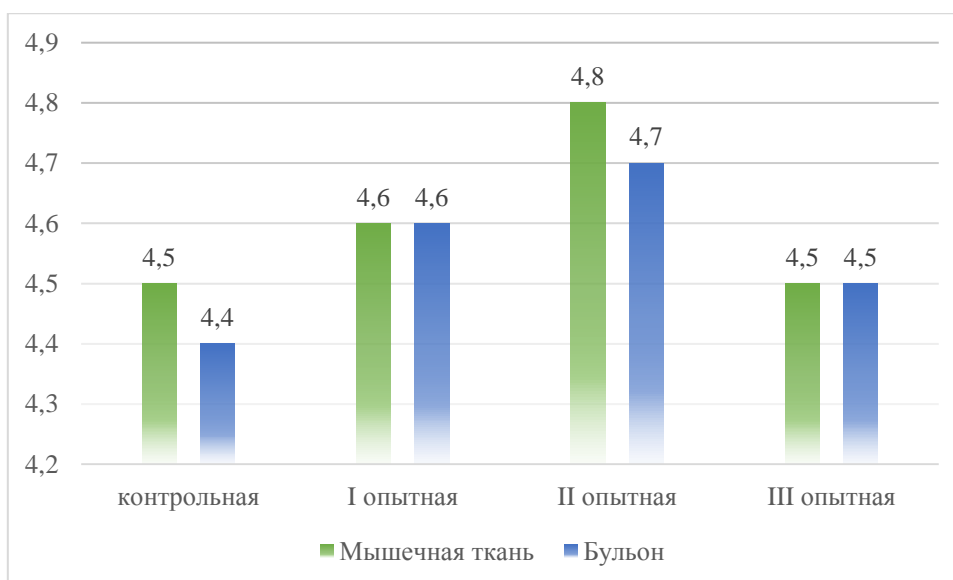


Рисунок 18 – Средний балл дегустационной оценки мышечной ткани и бульона подопытных осетров

Таким образом, замена в комбикорме для русского осетра традиционного жмыха подсолнечного на высокобелковый корм «Горлинка» привела к повышению вкусовых качеств мышечной ткани и бульона.

### **3.10 Экономическая эффективность использования кормового концентрата «Горлинка» при выращивании русского осетра**

Экономическая эффективность отражает такие показатели, как уровень рентабельности производства, прибыль от реализации продукции и себестоимость полученной продукции. Известно, что обеспечение организма рыбы полноценными и сбалансированными комбикормами способствует повышению продуктивности рыбы на 10 - 12 % [68].

Поскольку корма составляют 60 - 70 % производственных затрат в рыбоводстве, исследования в области питания рыб в основном направлены на снижение стоимости кормов за счет изменения состава корма. Значительное внимание было уделено оценке растительных белков в составе кормов для объектов аквакультуры [79]. Экономическая эффективность использования в составе комбикорма кормового концентрата «Горлинка» представлена в таблице 21. При проведении научно-исследовательского опыта было

установлено, что при замене подсолнечного жмыха кормовым концентратом «Горлинка» в количестве 50 % (I опытная группа), 75 % (II опытная группа) и 100 % (III опытная группа) снижает стоимость 1 кг комбикорма опытных групп от 2 до 4 рублей.

Таблица 21 - Экономическая эффективность использования кормового концентрата «Горлинка» при выращивании русского осетра

Показатель	Экспериментальные группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Масса всей рыбы в начале, кг	5,0	5,0	5,0	5,0
Масса всей рыбы в конце, кг	39,04	41,52	43,63	40,69
Валовый прирост рыбы, кг	34,04	36,52	38,63	35,69
Скормлено всего комбикорма на группу, кг	67,35	71,42	73,25	69,64
Затраты комбикорма на 1 кг прироста, г	1949,99	1939,99	1923,61	1929,99
Стоимость всего комбикорма, тыс. руб.	9,42	9,85	10,03	9,47
Реализационная цена 1 кг рыбы, руб.	700	700	700	700
Выручка от реализации всей рыбы, тыс. руб.	27,33	28,06	31,54	28,48
Себестоимость всей рыбы тыс. руб.	21,86	22,01	23,95	21,92
Прибыль от реализации всей рыбы, тыс. руб.	5,47	6,05	7,59	6,56
Дополнительно полученная прибыль от реализации всей рыбы, руб.	-	580	2 120	1090
Уровень рентабельности, %	25,02	27,49	31,69	29,93

Наибольшая выручка от реализации всей рыбы была получена у рыб II опытной группы и составила 31,54 тыс. руб., в контрольной, I опытной группе и

III опытной группе данный показатель был ниже соответственно на 4,21 тыс. руб., 3,48 тыс. руб. и 3,06 тыс. руб.

Дополнительно полученная прибыль от реализации всей рыбы за счёт её более высокой продуктивности увеличилась в опытных группах по сравнению с контролем на 580 руб., в I опытной группе, на 2120 руб., во II опытной группе и на 1090 рублей в III опытной группе.

Таким образом, применение белкового концентрата «Горлинка» в аквакормах для русского осетра способствует увеличению экономической эффективности, за счёт повышения рыбопродуктивности и снижению стоимости аквакормов.

### **3.11 Использование комбикормов с высокобелковой кормовой добавкой «Горлинка» схема II научно-хозяйственного опыта**

Для проведения второго научно-хозяйственного опыта по изучению влияния белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» были отобраны трёхлетки русского осетра со средней живой массой 900 г, методом аналогов были сформированы 4 группы русских осетров (контрольная и 3 опытные) по 42 головы в каждой, продолжительность опыта составила 147 дней (21 неделя).

Контрольная группа получала основной рацион с подсолнечным жмыхом. I опытная группа получала основной рацион, в котором 50 % подсолнечный жмых был заменён 50 % высокобелковым кормовым концентратом «Горлинка», II опытная группа получала рацион в 25 % подсолнечного жмыха и 75 % кормового концентрата «Горлинка», III опытная группа получала основной рацион со 100 % кормового концентрата «Горлинка» (таблица 22).

Для определения суточной нормы кормления, применяли общепринятую методику (с учётом температуры воды и массы рыбы). Ежедневно следили за поедаемостью кормов и сохранностью рыбы, каждые 7 дней производилась корректировка суточной дачи корма с учётом еженедельных контрольных взвешиваний рыбы.

Таблица 22 – Схема научно-хозяйственного опыта

Группа			
контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Особенности кормления подопытных рыб			
Основной рацион (ОР)	ОР с заменой 50 % подсолнечного жмыха на 50 % кормового концентрата «Горлинка»	ОР с заменой 25 % подсолнечного жмыха на 75 % кормового концентрата «Горлинка»	ОР с заменой 100 % подсолнечного жмыха на кормовой концентрат «Горлинка»
Количество голов			
42	42	42	42
Продолжительность опыта, дней			
147	147	147	147

Кормление подопытных русских осетров осуществлялось комбикормами, которые полностью отвечали по питательной ценности их возрасту. Рецептура комбикормов и питательная ценность для экспериментальных групп русского осетра представлена в таблице 23.

Рецептура комбикорма контрольной группы состояла из следующих ингредиентов: мука кровяная - 10 %, мука рыбная – 40 %, рыбий жир – 9 %, соевый жмых – 10,5, рапсовое масло – 10 %, подсолнечный жмых – 18 %, монокальций – 1,5 %, премикс -1 %. Различия между комбикормом контрольной и опытных групп, была в следующем: I опытная группа получала 9 % подсолнечного жмыха и 9 % кормового концентрата «Горлинка», II опытная группа получала 4,5 % подсолнечного жмыха и 13,5 % белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка», III опытная группа получала взамен подсолнечного жмыха 18 % белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка».

Питательность комбикормов подопытных групп была следующей: обменной энергии 20,83-21,08 МДж/кг, сырого протеина 45,7 – 45,99 %, сырых углеводов 11,97-12,8 %, сырой клетчатки 4,65-4,72 %, сырого жира 14,21-15,7 %, кальция 0,59-0,67 %, фосфора 0,86-0,91 %, натрия 0,13-0,16 %.

Таблица 23 – Рецептура комбикорма для экспериментальных групп трёхлеток русского осетра, %

Ингредиенты, %	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Мука кровяная	10	10	10	10
Мука рыбная	40	40	40	40
Рыбий жир	9	9	9	9
Соевый жмых	10,5	10,5	10,5	10,5
Рапсовое масло	10	10	10	10
Подсолнечный жмых	18	9	4,5	0
Кормовой концентрат «Горлинка»	0	9	13,5	18
Моно кальций	1,5	1,5	1,5	1,5
Премикс	1	1	1	1
Итого:	100	100	100	100
В 100 г содержится:				
Общей энергии, МДж/кг	20,98	21,01	21,08	20,83
Сырого протеина	45,7	45,81	45,99	45,78
Сырых углеводов	12,8	11,97	12,01	11,99
Сырой клетчатки	4,7	4,65	4,72	4,67
Сырого жира	15,7	14,21	15,23	15,02
Кальция	0,64	0,67	0,66	0,59
Фосфора	0,88	0,86	0,91	0,90
Натрия	0,13	0,13	0,16	0,15

Аминокислоты являются строительными блоками для белка. На основании потребности в рационе для роста аминокислоты традиционно классифицировали как питательно необходимые (незаменимые) или несущественные (заменимые) для рыб (таблица 24). Незаменимыми аминокислотами являются те, которые либо не могут быть синтезированы организмом, либо в недостаточном количестве синтезируются организмом рыб по сравнению с потребностями. Условно незаменимые аминокислоты должны поступать с пищей в условиях, при которых скорость утилизации превышает скорость синтеза [103].

Таблица 24 – Аминокислотный состав комбикорма для экспериментальных групп осетровых рыб, %

Аминокислоты	Экспериментальная группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Метионин	1,08	1,16	1,25	1,18
Лизин	2,89	3,01	3,28	3,10
Лейцин + Изолейцин	6,15	6,23	6,37	6,29
Фенилаланин	2,29	2,27	2,25	2,28
Тирозин	1,48	1,46	1,52	1,51
Валин	3,05	2,99	3,01	2,96
Цистин	0,87	0,91	1,02	1,07
Гистидин	1,31	1,25	1,32	1,27
Треонин	2,17	2,11	2,16	2,21
Аргинин	2,73	2,82	2,78	2,62
Глицин	1,31	1,25	1,32	1,27
ИТОГО	25,33	25,46	26,28	25,76

Метионин имеет несколько особенностей, которые делают его значимой аминокислотой для механизмов врожденного иммунного ответа. Метионин оказывает явное противовоспалительное действие. Количество метионина в комбикормах варьировало от 1,08 до 1,25 %, наибольшее его количество было в комбикорме II опытной группы и составляло 1,25 %, в остальных группах (контрольной, I опытной группе и III опытной группе) было соответственно меньше на 0,17 %, 0,09 % и 0,07 %.

У рыб лизин является незаменимой аминокислотой. Дефицит лизина вызывает задержку роста и снижение использования корма. Интенсивная аквакультура увеличивает стресс рыб и увеличивает риск заражения. Улучшение иммунитета имеет решающее значение для профилактики и борьбы с болезнями рыб. Иммунная функция иммунных органов (например, кожи, селезенки и головной почки) гарантирует иммунитет рыб [104].

Наибольшее количество лизина было в комбикорме, где проводили замену 75 % подсолнечного жмыха, белоксодержащим кормовым



концентратом «Горлинка», так в данном комбикорме лизина было на уровне 3,28 %.

Сумма аминокислот в разработанных комбикормах была в контрольной группе - 25,33 %, в I опытной группе - 25,46 %, во II опытной группе - 26,28 %, в III опытной группе - 25,76 %.

### 3.12 Динамика живой массы русского осетра

Главными зоотехническими показателями, показывающими интенсивность роста рыбы, являются приросты её живой массы и затраты кормов на единицу прироста живой массы. Данные показатели отражают влияние тех условий, в которых выращивается рыба.

Динамику живой массы рыбы контролировали путём еженедельных взвешиваний, по этим данным рассчитывали абсолютный, среднесуточный и относительный прирост живой массы. Динамика живой массы подопытной рыбы представлена в таблице 25.

Таблица 25 - Динамика живой массы подопытной рыбы, г ( $M \pm m$ ) (n=42)

Период (день)	Экспериментальная группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
1	2	3	4	5
Опыт начало	901,04±18,4	900,79±17,2	901,41±18,9	900,56±17,3
7	959,27±17,0	961,14±18,2	964,49±19,3	960,85±17,1
14	1021,72±19,2	1025,89±19,3	1034,28±19,7	1029,13±18,6
21	1079,86±14,9	1086,63±13,9	1100,15±15,4	1091,41±14,8
28	1136,18±15,7	1145,08±14,5	1169,67±15,6	1152,28±14,9
35	1189,67±16,5	1199,9±15,3	1226,94±15,8	1204,82±15,8
42	1240,99±14,7	1252,06±14,7	1281,81±15,4	1258,01±15,3
49	1288,56±12,8	1300,25±12,9	1333,18±13,9*	1306,27±13,6
56	1333,43±12,5	1346,44±14,5	1381,46±16,1*	1352,24±14,1
63	1375,86±12,4	1391,31±12,3	1428,62±18,2*	1398,11±16,3
70	1416,79±12,3	1433,28±9,6	1472,3±16**	1440,09±14,4
77	1458,73±12,9	1476,74±12,4	1516,27±13,6**	1482,22±13,1
84	1499,16±13,1	1519,71±12,6	1561,2±14,2**	1526,09±13,7
91	1537,47±12,4	1558,17±12	1600,95±13,8**	1564,17±12,6
98	1572,03±24,1	1593,38±24,4	1637,84±26,3	1598,36±23,8
105	1605,92±23,5	1628,2±22,3	1674,26±24,6*	1632,32±23,6

1	2	3	4	5
112	1641,78±25,6	1666,69±22,6	1714,55±25,8	1666,21±26,7
119	1687,34±27,7	1710,98±27,3	1760,34±27,4	1709,94±28,0
126	1735,62±28,3	1760,36±28,6	1813,07±27,7	1763,73±28,9
133	1784,9±28,6	1810,64±29,0	1866,86±28,9*	1815,02±30,7
140	1837,71±29,1	1864,51±31,1	1922,35±29,1*	1866,15±31,6
147	1892,64±30,3	1918,38±31,3	1978,7±29,8*	1916,74±33,2
В % к контролю	100,00	101,36	104,55	101,27

По данным таблицы 25 можно увидеть разницу в приростах уже с 35 дня выращивания, так рыбы II опытной группы со средней живой массой 1226,94 г, превышали живую массу своих сверстников из контрольной, I опытной группой и III опытной группой соответственно на 37,27 г, 27,04 г и 22,1 г.

Так в конце опыта мы получили рыбу со средней живой массой в контрольной группе 1892,64 г, в I опытной группе 1918,38 г, что больше чем в контроле на 1,36 %, во II опытной группе 1978,7 г, что больше чем в контроле на 4,55 % и в III опытной группе 1916,74 г, что больше чем в контроле на 1,27%.

В ходе исследования нами было изучено влияние высокобелковой кормовой добавки «Горлинка» на абсолютный прирост живой массы (таблица 26).

Таблица 26 – Абсолютный прирост живой массы за период опыта, г (M±m)  
(n=42)

Неделя	Экспериментальная группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
1	2	3	4	5
7	59,27±1,6	61,14±1,67	64,49±1,76	60,85±1,85
14	62,45±1,63	64,75±1,68	69,79±1,73	68,28±1,78
21	58,14±1,66	60,74±1,69	65,87±1,72	62,28±1,75
28	56,32±1,69	58,45±1,76	69,52±1,83	60,87±1,89
35	53,49±1,72	54,82±1,75	57,27±1,75	52,54±1,75
42	51,32±1,75	52,65±1,78	54,87±1,81	53,19±1,84
49	47,57±1,78	48,19±1,80	51,37±1,84	48,26±1,88

Продолжение таблицы 26

1	2	3	4	5
56	44,87±1,81	46,19±1,86	48,28±1,93	45,97±2,00
63	42,43±1,84	44,87±1,86	47,16±1,88	45,87±1,90
70	40,93±1,87	41,97±1,94	43,68±2,01	41,98±2,08
77	41,94±1,90	43,46±1,96	43,97±2,02	42,13±2,08
84	40,43±1,93	42,97±2,01	44,93±2,09	43,87±2,17
91	38,31±1,96	38,46±2,05	39,75±2,14	38,08±2,24
98	34,56±1,99	35,21±2,05	36,89±2,11	34,19±2,18
105	33,89±2,02	34,82±2,09	36,42±2,16	33,96±2,23
112	35,86±2,05	38,89±2,15	40,29±2,23	33,89±2,31
119	45,56±2,08	44,29±2,16	45,79±2,24	43,73±2,32
126	48,28±2,11	49,38±2,23	52,73±2,35	53,79±2,46
133	49,28±2,14	50,28±2,29	53,79±2,44	51,29±2,58
140	52,81±2,17	53,87±2,33	55,49±2,49	51,13±2,65
147	54,93±2,20	52,98±2,10	56,35±2,02	50,59±1,94
Общий прирост за период опыта	992,64	1018,38	1078,7	1016,74

По данным таблицы 26 можно сделать вывод, что абсолютный прирост массы рыбы был более интенсивный в опытных группах, при этом прирост был не равномерный. Так к окончанию опыта мы получили рыбу с наибольшим общим приростом живой массы во II опытной группе 1078,7 г, в контрольной группе данным показатель был ниже на 86,06 г, в I опытной группе ниже на 60,32 г, в III опытной группе ниже на 61,96 г.

В таблице 27 представлен среднесуточный прирост живой массы. Среднесуточный прирост живой массы в подопытных группах претерпевал колебания, так к окончанию опыта мы получили в среднем прирост за опыт в контрольной группе 6,75 г, в I опытной группе данный показатель был выше на 0,17 г, во II опытной группе выше на 0,59 г и в III опытной группе выше на 0,17г.

Таблица 27 – Среднесуточный прирост живой массы подопытной рыбы, г  
( $M \pm m$ ) (n=42)

Период (день)	Экспериментальная группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
7	8,47±1,00	8,73±0,89	9,21±1,04	8,69±0,88
14	8,92±1,05	9,25±0,92	9,97±1,09	9,75±0,91
21	8,31±1,09	8,68±0,95	9,41±1,14	8,90±0,94
28	8,05±1,14	8,35±0,97	9,93±1,19	8,70±0,97
35	7,64±1,18	7,83±1,00	8,18±1,24	7,51±1,00
42	7,33±1,23	7,45±1,03	7,84±1,29	7,60±1,03
49	6,80±1,27	6,88±1,06	7,34±1,35	6,89±1,06
56	6,41±1,32	6,60±1,09	6,90±1,40	6,57±1,09
63	6,06±1,36	6,41±1,12	6,74±1,45	6,55±1,12
70	5,85±1,41	6,00±1,14	6,24±1,50	6,00±1,14
77	5,99±1,45	6,21±1,17	6,28±1,55	6,02±1,17
84	5,78±1,50	6,14±1,20	6,42±1,60	6,27±1,20
91	5,47±1,54	5,49±1,23	5,68±1,65	5,44±1,23
98	4,94±1,59	5,03±1,26	5,27±1,71	4,88±1,26
105	4,84±1,63	4,97±1,29	5,20±1,76	4,85±1,29
112	5,12±1,68	5,50±1,31	5,76±1,81	4,84±1,32
119	6,51±1,73	6,33±1,34	6,54±1,86	6,25±1,35
126	6,90±1,77	7,05±1,37	7,53±1,91	7,68±1,38
133	7,04±1,82	7,18±1,40	7,68±1,96	7,33±1,40
140	7,54±1,86	7,70±1,43	7,93±2,02	7,30±1,43
147	7,85±1,91	7,57±1,46	8,05±2,07	7,23±1,46
Прирост в среднем за опыта, г	6,75	6,92	7,34	6,92

Абсолютный и среднесуточный приросты не характеризует напряженность роста рыбы в зависимости от их собственной массы. Данный показатель характеризует относительный прирост. В связи с этим, для более объективного суждения о сравнительном росте подопытных рыб, мы определили их относительную скорость роста в разные периоды выращивания (таблица 28). Так в среднем за опыт мы получили наибольшую напряжённость во II опытной группе – 3,67 %, в остальных группах данный показатель был в пределах от 3,47 % до 3,53 %.

Таблица 28 – Относительный прирост живой массы русского осетра, %

Период (день)	Экспериментальная группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
7	6,18	6,36	6,69	6,33
14	6,11	6,31	6,75	6,63
21	5,38	5,59	5,99	5,71
28	4,96	5,10	5,94	5,28
35	4,50	4,57	4,67	4,36
42	4,14	4,17	4,28	4,23
49	3,69	3,71	3,85	3,69
56	3,37	3,43	3,49	3,40
63	3,08	3,23	3,30	3,28
70	2,89	2,93	2,97	2,92
77	2,88	2,94	2,90	2,84
84	2,70	2,83	2,88	2,87
91	2,49	2,47	2,48	2,43
98	2,20	2,21	2,25	2,14
105	2,11	2,14	2,18	2,08
112	2,18	2,36	2,35	2,03
119	2,70	2,59	2,60	2,56
126	2,78	2,81	2,91	3,05
133	2,76	2,78	2,88	2,83
140	2,87	2,89	2,89	2,74
147	2,90	2,76	2,85	2,64
В среднем за опыт	3,47	3,53	3,67	3,53

Данные результаты позволяют сделать вывод, что применение белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» в кормлении русского осетра способствует повышению его продуктивности.

Нами был проведен учет сохранности поголовья, данные представлены в таблице 29. По данным таблице, можно сделать вывод, что к окончанию опыта мы получили следующую сохранность в контрольной группе, составила 90,5 % или 38 рыб, в I опытной группе сохранность составила 92,9 % или 39 рыб, во II опытной группе данный показатель составил 97,6 % или 41 рыба, в III опытной группе сохранность составила 97,6 % или 41 рыба.

Таблица 29 – Сохранность подопытной рыбы в период опыта, шт

Период (день)	Экспериментальная группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
7	42	42	42	42
14	42	42	42	42
21	41	41	41	41
28	41	41	41	41
35	41	41	41	41
42	41	41	41	41
49	40	40	41	41
56	40	40	41	41
63	40	40	41	41
70	40	40	41	41
77	40	40	41	41
84	40	40	41	41
91	40	40	41	41
98	39	40	41	41
105	39	40	41	41
112	39	39	41	41
119	39	39	41	41
126	39	39	41	41
133	38	39	41	41
140	38	39	41	41
147	38	39	41	41
Сохранность за весь период, %	90,5	92,9	97,6	97,6

Следующий изучаемый показатель был динамика ихтиомассы подопытных русских осетров (таблица 30). Наибольшая ихтиомасса была 78,81 кг во II опытной группе, 69,83 кг в контрольной группе, что было ниже чем во II опытной группе 8,98 кг, 72,71 кг в I опытной группе, что было ниже чем во II опытной группе на 6,10 кг, 76,51 кг в III опытной группе, что ниже чем во II опытной группе на 2,30 кг.

Таблица 30 – Динамика ихтиомассы подопытной рыбы, кг

Период (день)	Экспериментальная группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
7	37,80	37,80	37,80	37,80
14	40,28	40,36	40,50	40,35
21	41,89	42,06	43,43	43,22
28	44,27	44,55	45,10	44,74
35	46,58	46,94	47,95	47,24
42	48,77	49,19	50,30	49,39
49	49,63	50,08	52,55	51,57
56	51,54	52,01	54,66	53,55
63	53,33	53,85	56,63	55,44
70	55,03	55,65	58,57	57,32
77	56,67	57,33	60,36	59,04
84	58,34	59,06	62,16	60,77
91	59,96	60,78	64,00	62,56
98	59,96	62,32	65,63	64,13
105	61,30	63,73	67,15	65,53
112	62,63	63,49	68,64	66,92
119	64,02	65,00	70,29	68,31
126	65,80	66,72	72,17	70,10
133	65,95	68,65	74,33	72,31
140	67,82	70,61	76,54	74,41
147	69,83	72,71	78,81	76,51

В таблице 31 представлена, длина трёхлеток русского осетра за период опыта. Средняя длина русского осетра в I опытной группе составила 69,3 см, во II опытной – 75,8 см, в III опытной – 70,7 см, в контрольной группе 71,2см.

Таблица 31 – Средняя длина трёхлеток русского осетра, см ( $M \pm m$ ) (n=42)

Период (день)	Экспериментальная группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
1	2	3	4	5
7	59,5±1,35	58,2±1,37	58,1±1,40	60,4±1,44
14	60,3±1,37	59,1±1,45	59,3±1,48	60,6±1,50
21	60,4±1,39	59,4±1,44	60,4±1,47	61,3±1,49
28	61,5±1,41	60,5±1,48	61,6±1,51	61,8±1,58
35	61,1±1,42	60,3±1,49	61,2±1,52	62,7±1,59

1	2	3	4	5
42	62,9±1,44	61,1±1,52	62,3±1,55	62,9±1,59
49	62,3±1,45	62,7±1,50	62,4±1,53	62,9±1,57
56	63,1±1,47	63,5±1,55	63,5±1,57	63,8±1,59
63	64,2±1,48	64,6±1,56	64,6±1,58	64,7±1,60
70	64,4±1,50	64,3±1,58	65,7±1,63	64,6±1,65
77	65,6±1,52	65,4±1,54	66,9±1,57	64,1±1,61
84	65,3±1,53	65,5±1,60	67,4±1,63	64,1±1,70
91	66,4±1,65	65,1±1,72	68,3±1,75	65,3±1,82
98	66,7±1,77	66,5±1,85	69,3±1,88	66,5±1,92
105	66,8±1,84	66,2±1,92	70,2±1,95	66,3±2,00
112	67,3±1,85	66,5±1,93	71,7±1,96	67,4±2,00
119	68,4±1,97	67,4±2,02	72,6±2,05	68,5±2,09
126	68,3±2,00	67,5±2,08	73,4±2,13	68,3±2,15
133	69,7±2,13	68,2±2,15	74,6±2,18	69,4±2,22
140	70,1±2,14	68,1±2,16	74,3±2,23	70,3±2,27
147	71,2±2,37	69,3±2,45	75,8±2,48	70,7±2,52

Таким образом, анализ морфометрических показателей трёхлеток русского осетра подтвердил, что осетровые быстрее растут, хорошо набирают массу, всё это свидетельствует об их устойчивой резистентности, так как использование полноценных кормов, сбалансированных по основным питательным и биологически активным веществам, закрепляет наследственную резистентность, мобилизует защитные силы организма и является одним из основных условий предупреждения заболеваний.

### 3.13 Затраты комбикормов

Питание - одна из важнейших функций организма. За счет поступления с пищей в организм энергетических веществ осуществляются основные его функции - развитие, рост, размножение. На самых ранних этапах жизненного цикла пищевые потребности рыб удовлетворяются за счет резерва, обеспеченного материнским организмом - желтка икры.

Для нормального роста и развития рыбе необходимо определенное количество и соотношение основных питательных веществ. Протеин (с набором



незаменимых аминокислот), жир, углеводы, минеральные вещества, витамины и другие, биологически активные вещества должны находиться в составе корма в соответствии с потребностью рыб. Причем потребность рыб меняется в зависимости от возраста, размера, температуры воды и других факторов внешней среды. Рыба нуждается в сравнительно широком спектре макроэлементов и микроэлементов.

В таблице 32 представлены затраты корма за период опыта подопытной рыбой.

Таблица 32 – Затраты корма за период опыта у подопытной рыбы, г

Период (день)	Затрачено комбикормов			
	группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
7	118,54	119,83	124,47	118,66
14	124,90	126,91	134,69	133,15
21	116,28	119,05	127,13	121,45
28	112,64	114,56	134,17	118,70
35	106,98	107,45	110,53	102,45
42	102,64	102,23	105,90	103,72
49	95,14	94,45	99,14	94,11
56	89,74	90,53	93,18	89,64
63	84,86	87,95	91,02	89,45
70	81,86	82,26	84,30	81,86
77	83,88	85,18	84,86	82,15
84	80,86	84,22	86,71	85,55
91	76,62	75,38	76,72	74,26
98	69,12	69,01	71,20	66,67
105	67,78	68,25	70,29	66,22
112	71,72	75,44	77,76	66,09
119	91,12	86,81	88,37	85,27
126	96,56	96,78	101,77	104,89
133	98,56	98,55	103,81	100,02
140	105,62	105,59	107,10	99,70
147	109,86	103,84	108,76	98,65
За весь период опыта: на 1 голову, г	1985,28	1994,28	2081,89	1982,64
на 1 кг прироста, г	2000,00	1958,29	1929,99	1949,99

По данным таблицы можно сказать, что затраты корма на 1 кг прироста в контрольной группе составили 2000,00 г, в I опытной группе данный показатель был меньше соответственно на 41,71 г, во II опытной группе меньше на 70,01 г, в III опытной группе меньше на 51 г.

Таким образом, полученные данные позволяют сделать вывод о том, что скармливание кормового концентрата «Горлинка» русскому осетру при выращивании в контролируемых условиях (УЗВ) способствует снижению затрат кормов на единицу прироста от 41,71 г до 70,01 г.

### **3.14 Биохимические и морфологические показатели крови подопытной рыбы**

Кровь в рыбе транспортирует различные компоненты, такие как питательные вещества, гормоны, минералы, иммунные компоненты, микроорганизмы, воду, газы, токсины и отходы жизнедеятельности [96]. Наиболее важными функциями крови являются снабжение клеточных тканей кислородом и питательными веществами (включая глюкозу, аминокислоты и жирные кислоты), удаление отходов (таких как углекислый газ, мочевины и молочная кислота), иммунологические функции, коагуляция другие функции. Учитывая разнообразные роли крови, изменение параметров крови может обеспечить более надежную картину метаболизма и состояния здоровья рыб. Гематология может предоставить полезную информацию о благополучии рыб, здоровье, реакции иммунной системы, краткосрочных и долгосрочных последствиях «неоптимальных» условий ведения сельского хозяйства, качестве воды, потенциальной вспышке заболевания и состоянии питания [122].

В связи с выше сказанным нами были исследованы морфологические и биохимические параметры подопытных осетров (таблицы 33 и 34).

Таблица 33 – Морфологические показатели крови подопытных трёхлеток осетров, ( $M \pm m$ ) ( $n=5$ )

Экспериментальные группы	Морфологические показатели крови		
	Эритроциты, $10^{12}/л$	Гемоглобин, г/л	Тромбоциты, $10^9/л$
контрольная	$0,92 \pm 0,02$	$53,87 \pm 1,25$	$129,79 \pm 5,0$
I опытная	$0,94 \pm 0,03$	$54,09 \pm 0,92$	$126,94 \pm 6,1$
II опытная	$0,95 \pm 0,02$	$55,64 \pm 1,27$	$127,98 \pm 4,7$
III опытная	$0,93 \pm 0,01$	$54,78 \pm 1,31$	$128,64 \pm 6,1$

Эритроциты являются наиболее распространенным типом клеток крови у позвоночных и отвечают за доставку кислорода ( $O_2$ ). Эритроциты поглощают кислород в жабрах и выделяют его в ткани. По сравнению с высшими позвоночными, рыбы имеют меньшее количество эритроцитов на единицу объема. Более высокий уровень эритроцитов может указывать на потенциально лучшую доставку кислорода к тканям [58]. Существует прямая связь между ростом рыбы и количеством эритроцитов в крови. Так, данный показатель в контрольной группе составил  $0,92 \cdot 10^{12}/л$ , а в I, II, и III опытной группах –  $0,94 \cdot 10^{12}/л$ ,  $0,95 \cdot 10^{12}/л$  и  $0,93 \cdot 10^{12}/л$ , что выше контроля на 2,17 %, 3,26 % 1,09 % (рисунок 19).

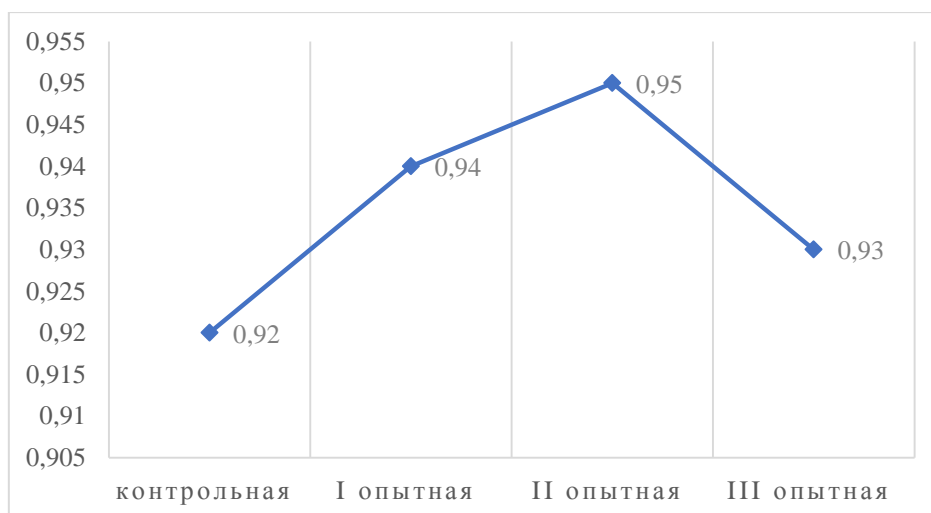


Рисунок 19 – Содержание эритроцитов в крови подопытных осетров,  $10^{12}/л$

Гемоглобин в крови рыб контрольной группы составил 53,87 г/л, в I опытной группе – 54,09 г/л, что на 0,22 г/л или 0,41 % выше контроля, в III

опытной группе – 54,78 г/л и было выше контрольной группы на 1,69 %. Наивысший показатель был отмечен у рыб во II опытной группе, получавших комбикорм, в котором 75 % жмыха подсолнечного было заменено высокопротеинового корма «Горлинка», – 55,64 г/л и в сопоставлении с контролем был выше на 1,77 г/л или 3,29 %. По сравнению с I, III опытной группами, во II опытной группе данный показатель был выше соответственно на 1,55 г/л и 0,86 г/л (рисунок 20).

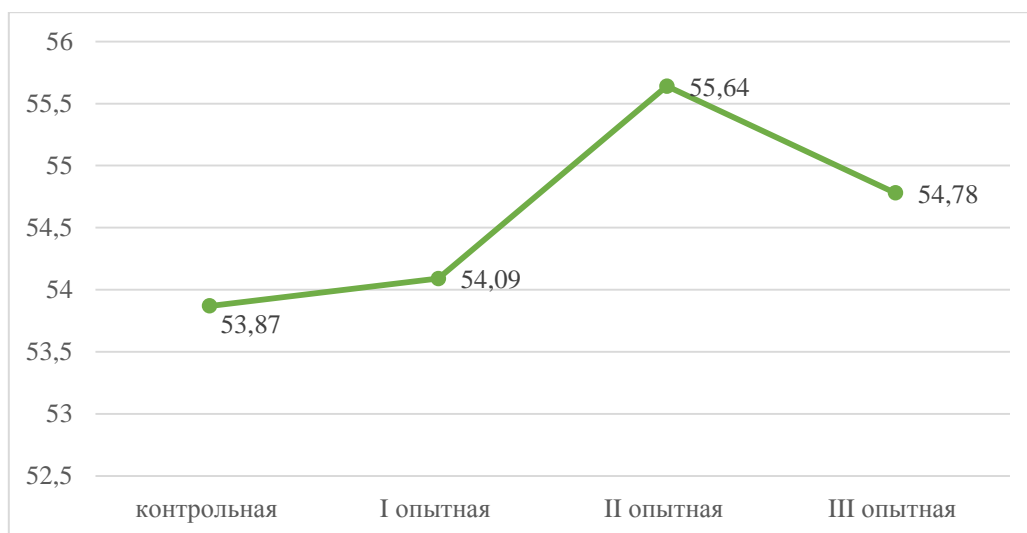


Рисунок 20 – Содержание гемоглобина в крови осетров, г/л

Содержание тромбоцитов в крови осетра опытных групп варьировало в пределах от 126,94 до 128,64  $10^9$ /л, в контрольной группе – 129,79  $10^9$ /л (рисунок 21).



Рисунок 21 – Содержание тромбоцитов в крови осетра подопытных групп,  $10^9$ /л

Общий сывороточный белок является одним из наиболее распространенных и полезных параметров крови для измерения. Сывороточные белки выполняют широкий спектр функций, включая поддержание осмотического давления, рН, транспортировку различных метаболитов и тесное взаимодействие с иммунной системой. Этот параметр может косвенно показывать питательный статус организма [70, 121].

Таблица 34 – Биохимические показатели крови осетровых рыб, (M±m) (n=5)

Показатели крови	Экспериментальные группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Содержание белка в сыворотке крови, г/л	33,98±1,34	34,45±1,16	35,06±1,18	34,71±1,26
Глюкоза, ммоль/л	1,68±0,33	1,70±0,4	1,73±0,24	1,72±0,3
Аспаргатаминотрансфераза (АсТ), Ед/л	29,46±0,19	29,98±0,26	30,37±0,16 *	30,18±0,13 *
Аланинаминотрансфераза (АлТ), Ед/л	27,65±0,09	27,71±0,16	27,94±0,06 *	27,86±0,18
Билирубин общий, ммоль/л	3,29±0,36	3,31±0,49	3,32±0,31	3,32±0,36
Холестерин, ммоль/л	3,29±0,84	3,27±0,48	3,24±0,44	3,24±0,68
Кальций, ммоль/л	2,44±0,27	2,47±0,25	2,51±0,32	2,48±0,28
Фосфор, ммоль/л	0,98±0,08	0,99±0,05	1,02±0,09	1,01±0,12
Триглицериды, ммоль/л	0,63±0,25	0,63±0,19	0,61±0,28	0,62±0,31
Мочевина, ммоль/л	1,05±0,14	1,03±0,26	0,99±0,17	1,02±0,21

По показателю крови «Общий белок» осетры II опытной группы, получавшие в составе комбикорма 75 % добавки «Горлинка» взамен жмыха подсолнечного, превосходили аналогов из контрольной, I и III опытных групп соответственно на 3,08 %, 1,74 % и 1,00 %. Между II опытной и контрольной группой рыб разница составила 1,08 г/л (рисунок 22).

Концентрация глюкозы в крови рыбы контрольной группы составила 1,68 ммоль/л, в I, II, и III опытной группах соответственно 1,70, 1,73 и 1,72 ммоль/л

и была несколько выше контрольных аналогов на 0,02 ммоль/л, 0,05 ммоль/л и 0,04 ммоль/л.

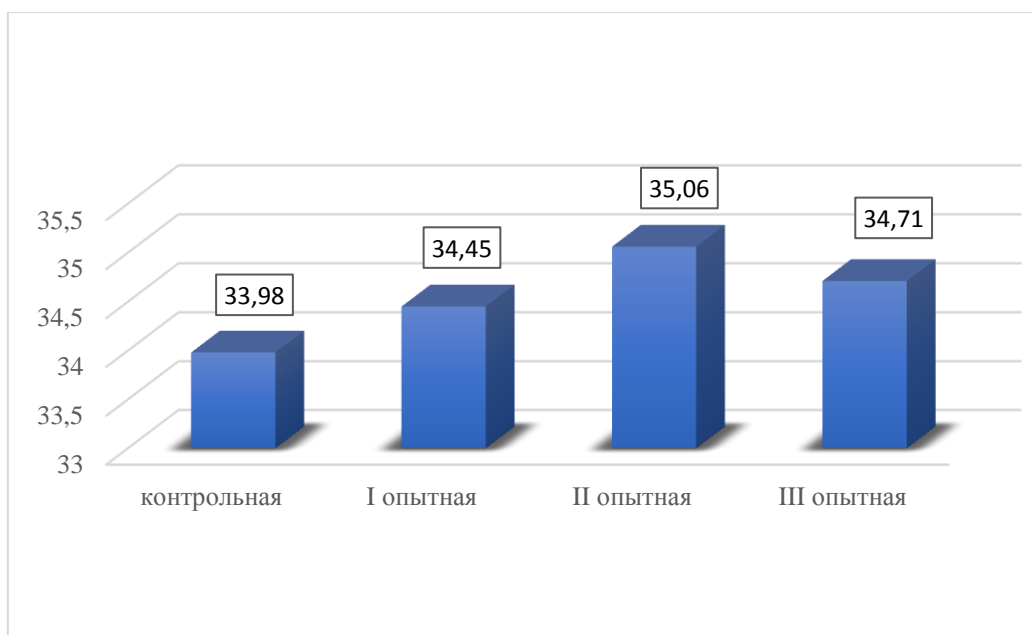


Рисунок 22– Содержание общего сывороточного белка в крови осетра подопытных групп, г/л

Общеизвестно, что по концентрации аспаратаминотрансферазы, которая является ферментом белкового обмена, в крови судят о поддержании обменных процессов во внутренних органах и тканях. Так концентрация АсТ в крови рыб опытных групп была несколько выше, чем у контрольных аналогов от 1,77 % или 3,09 %.

Аналогичная тенденция наблюдалась и в содержании аланинаминотрансфераза между группами рыб контрольной и опытными, что позволяет сделать вывод о лучшем обеспечении организма энергией. Так в I, II, и III опытной группах рыб была больше контроля соответственно на 0,06 Ед/л, 0,29 Ед/л и 0,21 Ед/л.

Концентрация АсТ и и АлТ в крови рыб отражена на рисунках 23 и 24.

Общий билирубин в сыворотке крови подопытных осетровых рыб находился в пределах нормы и варьировал в пределах от 3,29 до 3,32 ммоль/л.

Холестерина в крови рыб контрольной группы содержалось 3,29 ммоль/л, в I опытной группе 3,27 ммоль/л, во II опытной и в III опытной концентрация

была одинаковой и составила 3,24 ммоль/л, что несколько ниже контроля на 0,02 и 0,05 ммоль/л соответственно.

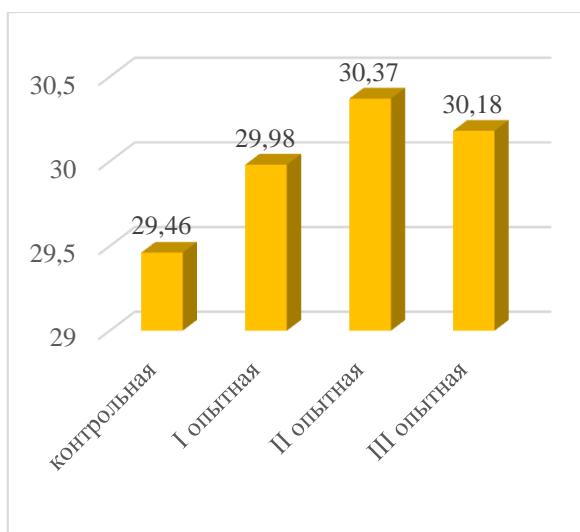


Рисунок 23– Концентрация АСТ в крови рыб, Ед/л

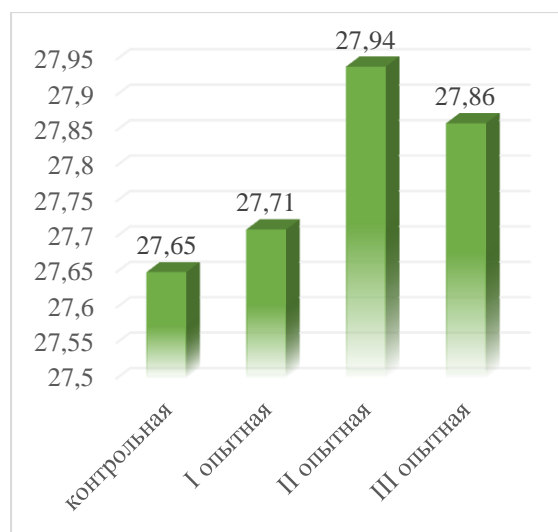


Рисунок 24 – Содержание АлТ в крови осетров, Ед/л

Концентрация кальция и фосфора в крови рыб опытных групп была выше, чем в контрольной. Так исследуемые показатели в I опытной группе рыб составили 2,47 и 0,98 ммоль/л, во II опытной группе осетров – 2,51 и 1,02 ммоль/л и в III опытной группе – 2,48 и 1,01 ммоль/л, что превосходило контроль соответственно на 1,23 и 1,02 %, 2,87 и 4,08 % и 1,64 и 3,06 % (рисунок 25).

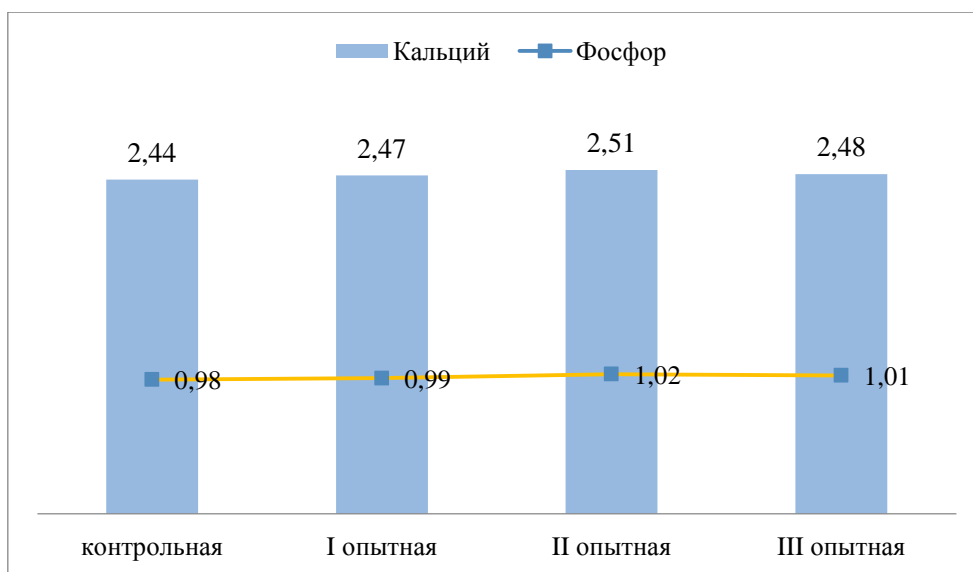


Рисунок 25 – Концентрация кальция и фосфора в крови рыб подопытных групп, ммоль/л

Триглицериды в крови осетров контрольной и I опытной групп были на одном уровне – 0,63 ммоль/л, а во II опытной группе и III опытной группе было отмечено снижение на 0,02 и 0,01 ммоль/л по сопоставлению с контролем.

Концентрация мочевины в опытных группах осетров снижалась в сравнении с контрольными аналогами до 0,06 ммоль/л.

Таким образом, проведенный анализ крови у подопытных осетров, позволил заключить следующие выводы. Ввод в комбикорм разработанной высокобелковой добавки «Горлинка» оказало положительное влияние на гематологические показатели осетров, что подтверждено приростами их живой массы.

### **3.15 Выход товарной продукции русского осетра**

Мясо осетра содержит легкоусвояемые белок и жиры. Белок мяса осетра полноценен, содержит все аминокислоты и усваивается организмом человека на 98 %. Содержание рыбьего жира в мясе колеблется от 10 до 15% и является высокопитательным продуктом. Осетр является прекрасным источником калия, фосфора, в нем так же содержится кальций, магний, натрий, хлор, железо, хром, фтор, молибден, никель. Осетр богат витамином B1, B2, C, PP. Осетр содержит большое количество полезных жирных кислот, которые способствуют снижению холестерина в крови [9].



Таблица 35 – Результаты морфометрического анализа подопытных русских осетров ( $M \pm m$ ) ( $n=5$ )

Показатели	Экспериментальные группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Масса живой рыбы, г <i>V % от массы рыбы</i>	1892,64±19,1 100	1918,38±18,5 100	1978,70±21,8* 100	1916,74±22,4 100
Масса головы + плавники, г <i>V % от массы рыбы</i>	266,46±3,4 14,08	258,25±4,1 13,46	269,76±2,6* 13,63	257,17±3,9* 13,42
Масса кожи, г <i>V % от массы рыбы</i>	228,85±2,2 12,09	232,55±2,5* 12,12	233,64±2,7** 11,81	230,35±2,9* 12,01
Масса хрящевой ткани, г <i>V % от массы рыбы</i>	243,78±2,86 13,14	248,54±2,53 13,37	253,95±3,04** 13,64	247,58±3,64 13,02
Масса мышечная ткань, г <i>V % от массы рыбы</i>	971,00±6,1 51,88	982,36±4,5 51,21	1020,52±7,8*** 51,57	989,65±6,3* 51,63
Масса внутреннего жир, г <i>V % от массы рыбы</i>	110,35±2,3 6,3	112,87±3,7 5,8	115,25±1,5 5,8	111,87±2,71 5,9
Масса внутренних органов, г <i>V % от массы рыбы</i>	45,25±0,91 2,66	52,78±1,38 2,8	58,74±1,4*** 3,1	50,95±1,29* 2,9
Масса крови + слизи + полостной жидкости + жабр <i>V % от массы рыбы</i>	26,95±1,1 1,11	31,03±1,2 1,3	26,84±0,94** 1,4	29,17±1,4 1,2
Масса съедобных частей, г <i>V % от массы рыбы</i>	1021,25 53,95	1095,23 57,09	1135,77 57,39	1101,52 57,46
Масса несъедобных частей, г <i>V % от массы рыбы</i>	255,80 13,51	263,58 13,73	260,48 13,16	259,52 13,53
Масса съедобных и условно съедобных частей, г <i>V % от массы рыбы</i>	1636,84 86,48	1654,80 86,26	1718,22 86,83	1657,22 86,46

В наших исследованиях был проведён морфометрический анализ русского осётра, подопытные особи за период опыта набрали среднюю живую массу (таблица 35) в контрольной группе 1892,64 г, в I опытной группе 1918,38 г, во II опытной группе 1978,70 г, в III опытной группе 1916,74 г.

Полученные данные показывают, что наибольший выход съедобных и условно съедобных частей был во II опытной группе и составил 1718,22 г или 86,83 %, в контрольной группе данный показатель был ниже и составил 1636,84 г или 86,48 %, в I опытной группе также был ниже, чем во II опытной группе и составил 1654,80 г или 86,26 %, в III опытной группе данный показатель оказался ниже, чем во II опытной группе и составил 1657,22 г или 86,46 %.

### **3.16 Пищевая ценность и химический состав мяса трёхлеток русского осетра**

В состав тела рыбы входит огромное количество разных химических веществ, основу составляют протеин, жир, вода и некоторые минеральные элементы. Химический состав тела осетра показан в таблице 36 и рисунке 26.

Таблица 36 – Химический состав мяса подопытной рыбы в конце опыта, % (M±m) (n=5)

Показатель	Экспериментальные группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Вода	72,40±0,21	72,10±0,25	71,70±0,24	71,80±0,27
Белок	15,70±0,10	15,90±0,15	16,20±0,09*	16,00±0,11
Жир	9,50±0,06	9,50±0,08	9,40±0,12	9,50±0,09
Зола	2,40±0,05	2,50±0,07	2,70±0,06*	2,70±0,10*
Энергетическая ценность, ккал	67,16	67,05	66,11	66,53
Коэффициент БВК	0,217	0,221	0,226	0,223

Изучение содержания белка в мышечной ткани рыбы представляет особый интерес, так как связан напрямую с качеством питания. В наших исследованиях наблюдалось повышение доли белка в мышцах осетров опытных групп в сравнении с контролем от 0,2 до 0,5 %. Лидером среди осетров опытных групп была II опытная, в которой рыба получала в составе

комбикорма протеиновый корм «Горлинка» с заменой 75 % подсолнечного жмыха.

Следующим показателем не менее важным с точки диетического питания человека является содержание жира в мясе. Так в контрольной, I и III опытной данный показатель был на уровне 9,5 %, а во II опытной – 9,4 %, что ниже по сравнению с другими группами на 0,1 %.

Неорганических веществ в мышечной ткани русского осетра было больше также в I, II и III опытной группах, чем в контрольной соответственно на 0,1, 0,3 и 0,3 %.

За счет некоторого снижения концентрации жира в тканях осетра, наблюдалось незначительное уменьшение калорийности мяса в опытных группах на 0,11-1,05 ккал, что говорит о получении наиболее диетического продукта.



Рисунок 26 – Химический состав мышечной ткани осетра, %

Для оценки пищевой и энергетической ценности мышечной ткани осетровых нами был рассчитан белково-водный коэффициент, который в опытных группах был несколько выше, чем в контроле на 0,004-0,009.

Известно, что качество белка зависит от его аминокислотного состава, в связи с этим нами было изучено влияние изучаемого корма на содержание аминокислот в мышечной ткани русского осетра (таблица 37).

Так содержание лизина и метионина в мышечной массе русского осетра контрольной группы составило 0,65 г/100 г и 0,66 г/100 г, а I, II и III опытной было больше на 1,54% и 1,47%, 4,62 % и 5,88 % и 3,08 % и 4,41 % чем в контроле соответственно.

Таблица 37 – Заменяемые и незаменимые аминокислоты в составе белков мяса подопытной рыбы, г/100 г белка (M±m) (n=5)

Аминокислоты	Экспериментальная группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
<i>Незаменимые аминокислоты</i>				
Метионин	0,65±0,08	0,66±0,09	0,68±0,04	0,67±0,07
Лизин	0,68±0,09	0,69±0,08	0,72±0,07	0,71±0,09
Изолейцин	0,60±0,09	0,63±0,06	0,65±0,07	0,61±0,06
Лейцин	1,28±0,08	1,31±0,1	1,34±0,09	1,33±0,12
Фенилаланин	1,12±0,09	1,13±0,08	1,16±0,08	1,14±0,11
Валин	0,58±0,05	0,60±0,06	0,62±0,05	0,62±0,07
Гистидин	0,51±0,04	0,54±0,06	0,55±0,05	0,55±0,07
Треонин	0,68±0,04	0,69±0,06	0,73±0,07	0,71±0,04
Аргинин	0,87±0,09	0,89±0,07	0,93±0,06	0,93±0,08
<i>Заменяемые аминокислоты</i>				
Аспарагиновая кислота	1,19±0,07	1,22±0,1	1,25±0,09	1,23±0,11
Глутаминовая кислота	2,13±0,08	2,15±0,11	2,19±0,1	2,17±0,1
Серин	0,7±0,05	0,73±0,07	0,74±0,04	0,73±0,06
Глицин	0,93±0,07	0,97±0,08	1,01±0,06	0,99±0,07
Аланин	1,16±0,09	1,19±0,08	1,22±0,09	1,22±0,1
Пролин	0,47±0,06	0,49±0,04	0,53±0,08	0,5±0,05
Цистин	0,35±0,05	0,37±0,03	0,4±0,08	0,38±0,04
Тирозин	0,4±0,06	0,41±0,03	0,44±0,06	0,42±0,05
Итого	14,30	14,67	15,11	14,91

Содержание других незаменимых аминокислот, в 100 граммах белка, мышечной ткани рыб опытных групп по сопоставлению с контрольными аналогами было выше, так изолейцина на 0,03-0,05 г, лейцина на 0,03-0,06 г, фенилаланина на 0,01-0,04 г, валина на 0,02-0,04 г, гистидина на 0,03-0,04 г, треонина на 0,01-0,05 г, аргинина на 0,02-0,06 г.

В 100 граммах белка мышечной ткани рыб I, II и III опытных групп содержание заменимых аминокислот в сравнении с контролем соответственно было несколько больше: аспарагиновой кислоты на 0,03 г, 0,06 г и 0,04 г, глутаминовой кислоты – 0,02 г, 0,06 г и 0,04 г, серина – 0,03 г, 0,04 г и 0,03 г, глицина – 0,04 г, 0,08 г и 0,06 г, аланина – 0,03 г, 0,06 г и 0,06 г, пролина – 0,02 г, 0,06 г и 0,03 г, цистин – 0,02 г, 0,05 и 0,03 г, тирозин – 0,01 г, 0,04 г и 0,02 г.

Общая сумма всех исследуемых аминокислот была выше в I, II и III опытных группах в сравнении с контролем на 2,59 %, 5,66 % и 4,27 % (рисунок 27).

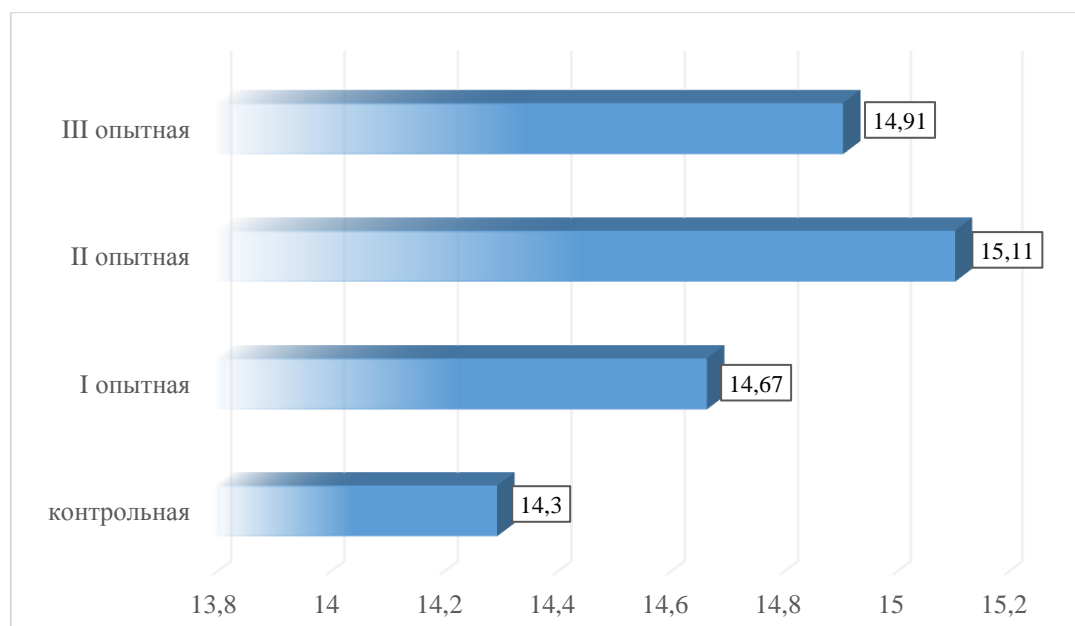


Рисунок 27 – Сумма определяемых аминокислот в мышечной массе осетров подопытных групп, %

Применение концентрата «Горлинка» в составе комбикорма оказало положительное влияние на пищевую ценность мяса трёхлеток русского осетра.

### 3.17 Органолептическая оценка мышечной ткани подопытного русского осетра

Качество мышечной ткани определяется не только питательной ценностью, но и дегустационной оценкой таблица 38.

Таблица 38 – Дегустационная оценка бульона, баллы

Экспериментальная группа	Показатель					
	Цвет	Запах	Вкус	Консистенция	Послевкусие	Общая оценка
контрольная	4,59	4,21	4,31	4,75	4,38	4,45
I опытная	4,68	4,43	4,35	4,79	4,41	4,53
II опытная	4,96	4,47	4,48	4,88	4,53	4,66
III опытная	4,73	4,45	4,46	4,87	4,49	4,60

Бульон отличался превосходным ароматом, приятным вкусом, цвет был прозрачный, нежно-желтого цвета и имел хорошую наваристость. Средняя оценка бульона русского осетра в I, II и III опытной группах составила соответственно 4,53, 4,66 и 4,60 балла (рисунок 28).

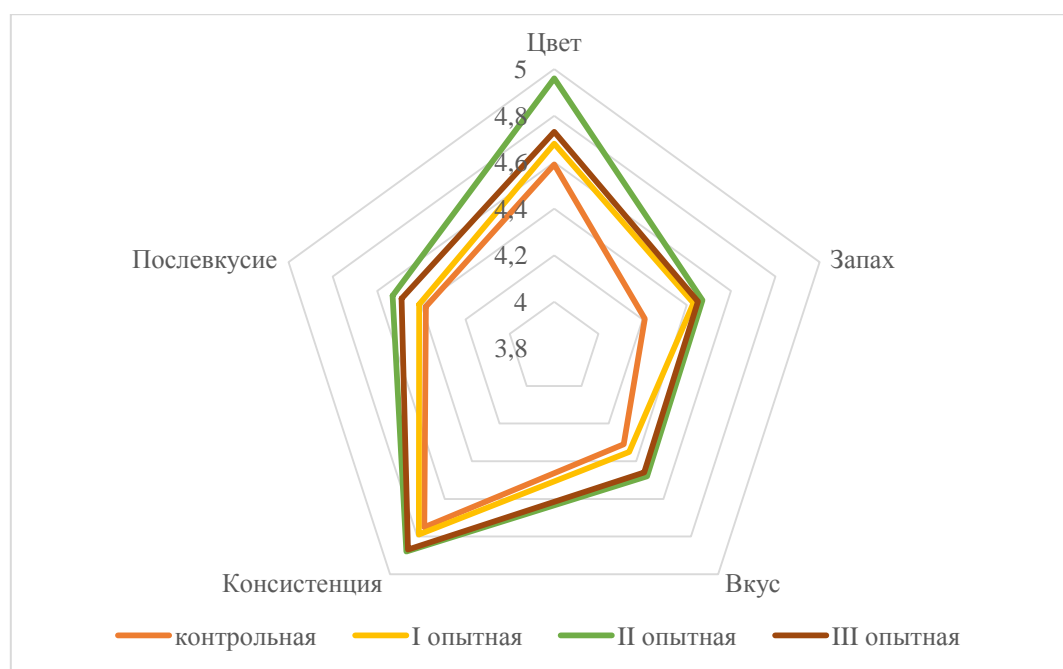


Рисунок 28 – Дегустационная оценка бульона, балл

В составе питательного мяса осетра незаменимые аминокислоты, витамины, полезные полиненасыщенные жирные кислоты Омега-3 и Омега-6, минералы, фосфор и калий. Его мышечная ткань имеет практически мясной

вкус из-за присутствия в рыбе глутаминовой кислоты — природного усилителя вкуса. Осетрина полезна для мозга и сердечно-сосудистой системы, рекомендуется для людей, страдающих атеросклерозом или другими заболеваниями, связанными с высоким уровнем холестерина, потому что жирные кислоты способны расщеплять его и способствовать выведению из организма. Отмечают, что употребление в пищу осетра нормализует давление, улучшает обменные процессы, влияет на регенерацию кожи. Кроме того, это диетический продукт: осетр не калориен, но все равно имеет высокую энергетическую ценность за счет высокой усвояемости.

Таблица 39 – Дегустационная оценка варёного мяса русского осетра, баллы

Экспериментальная группа	Показатель					
	Цвет	Запах	Вкус	Консистенция	Послевкусие	Общая оценка
контрольная	4,43	4,65	4,64	4,43	4,48	4,53
I опытная	4,46	4,67	4,69	4,47	4,51	4,56
II опытная	4,58	4,73	4,79	4,56	4,59	4,65
III опытная	4,52	4,63	4,71	4,51	4,44	4,56

Качество вареного мяса всех подопытных групп русского осетра было практически на одном уровне, однако в опытных группах средняя оценка была несколько выше. В контрольной группе данный показатель был на уровне – 4,53, I опытной и III опытной – 4,56, II опытной – 4,65 балла (рисунок 29).

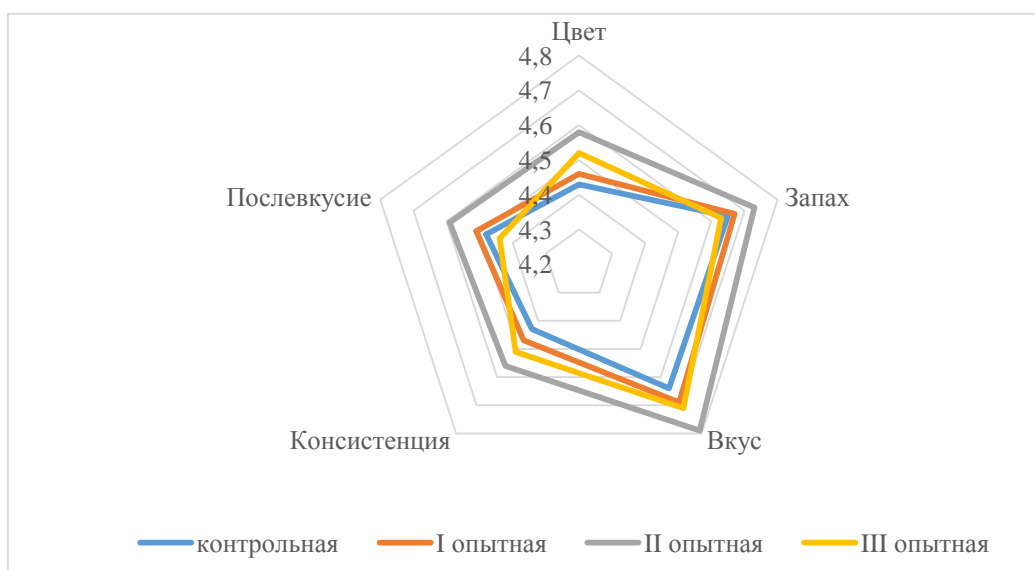


Рисунок 29 – Дегустационная оценка варёного мяса, балл

Введение разных процентов ввода протеинового концентрата взамен жмыха в комбикорма I, II и III опытных групп осетров подчеркнуло вкусовые качества бульона и вареного мяса.

### **3.18 Экономическая эффективность использования кормового концентрата «Горлинка» при выращивании русского осетра**

Индустриальное рыбоводство - узкоспециализированная отрасль агропромышленного комплекса, которая функционирует, как комплексная интегрированная система, использующая водный объект и землю под водой. Развитие индустриального рыбоводства осуществляется с учетом мировой практики, достижений науки и передового опыта. Важный фактор, обуславливающий индустриализацию отрасли - быстрая окупаемость вложений. Совокупность мер, осуществляемых государством, и использование достижений науки выдвинули отрасль в число важнейших источников пополнения ресурсов продовольствия [83].

Завершающим этапом исследований по изучению влияния высокобелковой кормовой добавки «Горлинка» при выращивании русского осетра в установках замкнутого водоснабжения был расчет экономической эффективности (таблица 40).

Наибольшая выручка от реализации всей рыбы была получена у рыб II опытной группы и составила 56,79 тыс. руб., в контрольной, I опытной группе и III опытной группе данный показатель был ниже и составил соответственно 50,34 тыс. руб., 52,37 тыс. руб., 55,01 тыс. руб.

Дополнительно полученная прибыль от реализации всей рыбы за счёт её более высокой продуктивности увеличилась в опытных группах по сравнению с контролем на 2 200 руб., в I опытной группе, на 5 190 руб., во II опытной группе и на 2 960 рублей в III опытной группе.



Таблица 40 - Экономическая эффективность использования кормового концентрата «Горлинка» при выращивании русского осетра

Показатель	Экспериментальные группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Масса всей рыбы в начале, кг	37,8	37,8	37,8	37,8
Масса всей рыбы в конце, кг	71,92	74,82	81,13	78,59
Валовый прирост рыбы, кг	34,12	37,02	43,33	40,79
Скормлено всего комбикорма на группу, кг	75,44	77,78	85,36	81,29
Затраты комбикорма на 1 кг прироста, г	2000,00	1958,29	1929,99	1949,99
Стоимость всего комбикорма, руб.	9 807,2	9 955,84	10 840,72	10 242,54
Реализационная цена 1 кг рыбы, руб.	700	700	700	700
Выручка от реализации всей рыбы, тыс. руб.	50,34	52,37	56,79	55,01
Себестоимость всей рыбы тыс. руб.	40,27	40,1	41,53	41,98
Прибыль от реализации всей рыбы, тыс. руб.	10,07	12,27	15,26	13,03
Дополнительно полученная прибыль от реализации всей рыбы, руб.	-	2 200	5 190	2 960
Уровень рентабельности, %	25,00	30,59	36,74	31,04

Таким образом, применение белкового концентрата «Горлинка» в аквакормах для русского осетра способствует увеличению экономической эффективности, за счёт повышения рыбопродуктивности и снижению стоимости аквакормов.

### 3.19 Результаты апробации

Результаты, полученные в научно-хозяйственном опыте, были апробированы в производственных условиях. Продолжительность периода производственной проверки составила 147 дней.

При этом за базовый вариант был взят основной рацион с подсолнечным жмыхом, за новый – основной рацион, в котором была произведена замена 75 % подсолнечного жмыха на высокобелковый кормовой концентрат «Горлинка». Состав и питательность комбикормов базового и нового вариантов были аналогичными комбикормам, использованным в научно-хозяйственном опыте (таблица 41).

Таблица 41 -Результаты производственной проверки

Показатель	Вариант кормления	
	Базовый	Новый
Живая масса в начале опыта, г	910,00	906,00
Живая масса в конце опыта, г	1905,76	1998,72
Количество голов	500	500
Сохранность поголовья, %	92,00	95,00
Затраты комбикорма на 1 кг прирост, кг	2,00	1,92

Результаты проведенной производственной проверки позволяют сделать вывод, что использование комбикормов с добавлением высокобелковой кормовой добавки «Горлинка» при выращивании в контролируемых условиях трехлеток русского осетра, в котором была произведена замена 75 % подсолнечного жмыха кормовом концентратом «Горлинка» способствует повышению продуктивности и сохранности.

Следовательно, выращивание русского осетра таким способом экономически целесообразно, что подтверждено производственной апробацией.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ и обобщение экспериментальных материалов, полученных при проведении исследований по оценке результативности использования кормового концентрата «Горлинка» в комбикормах для русского осетра, позволяют сделать следующие практические и теоретические выводы:

1. В ходе сравнительной оценки подсолнечного жмыха и кормового концентрата «Горлинка» было установлено, что изучаемый концентрат превосходит подсолнечных жмых по содержанию сырого протеина на 2,20 %, сырого жира - на 0,30 %. При этом содержание сырой клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ больше в подсолнечном жмыхе, на 0,98 % и 0,30 % соответственно. Влажность и количество сырой золы в анализируемых кормовых средствах были практически на одном уровне, 7,10 - 8,42 % и 6,90 - 7,00 % соответственно.
2. Применение в комбикормах кормового концентрата «Горлинка» оказало положительное влияние на рыбоводно-биологические показатели подопытных русских осетров. Скармливание изучаемой «Горлинки» способствовало повышению рыбопродуктивности молоди русского осетра на 1,80 - 4,80 %, сохранности - на 2,00 - 6,00 %, ихтиомассы - на 4,22 - 11,76 %, общего прироста - на 2,05 - 5,39 %, среднесуточного прироста - на 2,05 - 5,24 %, при скармливании трёхлеткам – повышению живой массы на 1,27 - 4,55 %, сохранности особей - на 2,90 - 7,60 %, ихтиомассы - на 4,12 - 12,86 %, общего прироста - на 2,43 - 8,67 %, среднесуточного прироста - на 2,52 - 8,74 %.
3. Включение в состав комбикорма для осетровых рыб кормового концентрата «Горлинка» не оказало негативного воздействия на состояние здоровья особей опытных групп, что подтверждается анализом гематологических показателей, которые находились в пределах физиологической нормы.

4. Использование в рационе кормового концентрата «Горлинка» способствовало улучшению товарных качеств русского осетра. Так, частичная замена подсолнечного жмыха на изучаемый кормовой концентрат (в количестве 75 %) в комбикормах для молоди и трёхлеток русского осетра – привела к увеличению мышечной ткани и общему количеству аминокислот в тканях у особей на 10,68 % и 13,65%, 11,56 % и 5,66 % соответственно при сравнении с показателями контрольных групп.
5. Проведенные исследования показали, что введение в комбикорм кормового концентрата «Горлинка» способствовало улучшению органолептических характеристик мышечной ткани молоди и трёхлеток подопытных русских осетров соответственно на 6,50 % и 4,72 %.
6. В ходе расчёта экономических показателей было отмечено, что использования высокобелкового концентрата «Горлинка» взамен 50%, 75 % и 100 % подсолнечного жмыха способствует получению экономического эффекта при выращивании молоди от 580 рублей до 2 120 рублей, при выращивании трёхлеток - от 2 200 рублей до 5 190 рублей.
7. В ходе проведения исследований была определена оптимальная норма ввода высокобелкового кормового концентрата «Горлинка». При выращивании молоди русского осетра целесообразно вводить 9 % кормового концентрата «Горлинка» от массы комбикорма, для трёхлеток русского осетра - 13,5 % кормового концентрата «Горлинка».

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ К ПРОИЗВОДСТВУ**

С целью повышения рыбопродуктивности и наибольшего выхода товарной рыбной продукции, уменьшения затрат на единицу прироста живой массы рыбы и себестоимости рыбной продукции рекомендуем вводить, при выращивании в установках замкнутого водоснабжения, для молоди русского осетра в комбикорма 9 % кормового концентрата «Горлинка», для трёхлеток русского осетра рекомендуем вводить 13,5 % кормового концентрата «Горлинка».

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАБОТЫ**

Дальнейшие перспективы работы требуется продолжить исследования по изучению кормового достоинства кормового концентрата «Горлинка» в кормлении других ценных объектов аквакультуры.

## Список использованной литературы

1. Абросимова, Н. А. Корма и кормление молоди осетровых рыб в индустриальной аквакультуре : автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.10 / Абросимова Ксения Сергеевна; АзНИИРХ. – М., 1997. – 76 с.
2. Абросимова, Н. А. Кормовое сырье и добавки для объектов аквакультуры / Н. А. Абросимова, С. С. Абросимов, Е. М. Саенко. – Ростов н/Д., 2005. – 143 с.
3. Абросимова, К. С. Оптимизация кормов и кормления молоди осетровых рыб для профилактики и лечения тимпаниии в интенсивной аквакультуре: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.04.01 / Абросимова Ксения Сергеевна; Астрахан. гос. ун-т. – Астрахань, 2015. – 23 с.
4. Абросимова, Н. А. Особенности кормления годовиков осетровых для формирования маточного стада / Н. А. Абросимова, Т. В. Лобзакова // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: сб. мат-лов докл. III Междунар. науч.-практ. конф. – Астрахань, 2004. – С. 230-231.
5. Агеец, В. Качественный комбикорм – здоровая рыба – экологически чистая продукция / В. Агеец, Ж. Кошак // Наука и инновации. – 2020. – № 3(205). – С. 17-21.
6. Акимов, Е. Б. Основные тенденции развития товарного рыбоводства в Центральном федеральном округе / Е. Б. Акимов // Вестник Академии знаний. – 2020. – № 39(4). – С 26-29.
7. Аламдари, Х. Совершенствование состава комбикормов для осетровых рыб с использованием гидролизата рыбного белка и пробиотиков: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.08 / Аламдари Ходжатоллах; Сам. гос. с.-х. акад. – Кинель, 2013. – 17 с.
8. Алымов, Ю. В. Результаты выращивания молоди русского осетра на кормах разных производителей / Ю. В. Алымов // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2015. – №1-2. – С. 61-65.
9. Антропогенные радионуклиды в воде и биоте Азовского моря / Г.

Г. Матишов, Д. Г. Матишов, Н. В. Лебедева, А. А. Намятов // Среда, биота и моделирование экологических процессов в Азовском море. – Апатиты, 2001. – 58 с.

10. Асанов, А. Ю. Перспективы использования водоемов комплексного назначения Пензенской области в целях аквакультуры / А. Ю. Асанов, В. Я. Складов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 56. – С. 61-68.

11. Бабунец, Э. В. Воспроизводство и выращивание анадромных осетровых рыб Понто-Каспийского бассейна в условиях тепловодных хозяйств : диссертация на соиск. учен. степ. доктора с.-х наук / Э. В. Бабунец. – М., 2016. – 393 с.

12. Багров, А. М. Вопросы качества рыбной муки и обеспечения ее потребностей для аквакультуры / А. М. Багров, Е. А. Гамыгин // Докл. Рос. акад. с.-х. наук. – 2006. – № 2. – С. 44-46.

13. Баканёва, Ю. М. Оптимизация липидного состава комбикормов для осетровых рыб при промышленном выращивании : дис. ... канд. с.-х. наук / Ю. М. Баканёва. – Краснодар, 2012. – 126 с.

14. Бахарева, А. А. Влияние витаминов на репродуктивные функции рыб / А. А. Бахарева // Естественные науки. – 2013. – №3 (44). – С. 86-91.

15. Бацукова, Н. Л. Гигиеническая экспертиза рыбы и баночных консервов : учеб.-метод. пособие / Н. Л. Бацукова, И. П. Щербинская, П. Г. Новиков. – Минск : БГМУ, 2008. – 64 с.

16. Бондаренко, Л. Г. Новые корма для эффективного выращивания осетровых рыб / Л. Г. Бондаренко, В. Я. Складов // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – Астрахань, 2004. – С. 217-219.

17. Бурлаченко, И. В. Актуальные вопросы безопасности кормов в аквакультуре рыб / И. В. Бурлаченко; ФГУП ВНИРО. — М.: ВНИРО, 2008. — 182 с.

18. Бурлаченко, И. В. Корма для рыб: что необходимо знать о них / И.

В. Бурлаченко // Рыбная сфера. – 2016. – № 1(15). – С. 54-55.

19. Василенко, В. Н. Научное обеспечение процессов производства полнорационных коэкструдированных и экспандированных комбикормов : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.12 / Василенко Виталий Николаевич; Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 2010. – 44 с.

20. Васильева, Л. М. Биологические и технологические особенности товарного осетроводства в условиях Нижнего Поволжья : автореф. дис. д-ра с.-х. наук / Васильева Лидия Михайловна. – Астрахань, 2000. – 52 с.

21. Васильева, Л. М. Будущее осетровых / Л. М. Васильева // Рыба и морепродукты. — 2009. — №3 . — С. 21-25.

22. Васильева, Л. М. Кормление осетровых рыб в индустриальной аквакультуре / Л. М. Васильева, С. В. Пономарев, Н. В. Судакова. — Астрахань, БИОС, 2000. – 86 с.

23. Величко, Е. Применение новых технологий в экструдировании / Е. Величко // Комбикорма. – 2009. – № 4. – С. 38.

24. Виноградов, В. К. Новые концептуальные подходы к проблеме развития осетрового хозяйства России / В. К. Виноградов // Проблемы современного товарного осетроводства: сборник докладов научно-практической конференции. – Астрахань, 2000. – С. 11-25.

25. Владовская, С. А. Опыт использования различных кормов для кормления осетровых рыб / С. А. Владовская // Рыбное хозяйство. Сер. Корма и кормление в аквакультуре: аналит. и реф. информ. — 2002. — Вып. 1.— С. 8-12.

26. Влияние препарата «Абиопептид» на продуктивность ленского осетра при выращивании в садках / Ю. А. Гусева, А. П. Коробов, А. А. Васильев, А. Р. Сарсенов // Рыбное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 94-98.

27. Влияние препарата «Аквапурин ТМ» на скорость роста молоди осетра / И. В. Моружи, Е. В. Пищенко, Г. А. Ноздрин, А. Б. Иванова, С.В. Глушко // Вестник НГАУ. – 2014. – №4. – С. 42-47.

28. Влияние скармливания активной угольной кормовой добавки на содержание химических веществ в теле осетровых рыб / Н. А. Юрина, Е. А.



Максим, Е. В. Чернышов, И. Р. Тлецерук // Вестник аграрной науки Дона. – 2016. – № 3 (35). – С. 56-61.

29. Гамыгин, Е. А. Исследования ВНИИ ПРХА по проблемам кормления рыб / Е. А. Гамыгин, М. А. Щербина // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2006. — № 7. — С. 35-37.

30. Гамыгин, Е. А. Некоторые проблемы кормов и кормопроизводства для рыб на современном этапе / Е. А. Гамыгин, А. М. Багров // Состояние и перспективы развития пресноводной аквакультуры: докл. Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, ВВЦ, 5-6 февраля 2013 г.). – М.: РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013. – С. 47-53.

31. Гематологические показатели сеголетков стерляди при выращивании в бассейнах и садках на корме «AllerFutura» в Калининградской области / Г. Г. Серпунин, Л. В. Савина, Е. И. Хрусталева, М. С. Величко // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: мат-лы докл. IV Междунар. науч.-практ. конф. — М.: ВНИРО, 2006. — С. 270-272.

32. Головин, П. П. Кадастр лечебных препаратов, используемых и апробированных в аквакультуре России и зарубежом / П. П. Головин, Н. А. Головина, Н. Н. Романова. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 56 с.

33. Головин, П. П. Сравнительная оценка применения некоторых биологически активных препаратов при выращивании молоди ленского осетра (*Acipenserbaeri Brandt*) / П. П. Головин, О. В. Корабельникова // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: материалы докладов III Международной научно-практической конференции, 22–25 марта 2004 г. – Астрахань, 2004. – С. 243-244.

34. Грозеску, Ю. Н. Инновационные методы повышения эффективности кормления осетровых рыб на основе использования в рационах нетрадиционного кормового сырья биологически активных препаратов : автореф. дис. д-ра с.-х. наук: 06.02.08 / Грозеску Юлия Николаевна; Сам. гос. с.-х. акад. — Усть-Кинельский, 2016. — 34 с.

35. Желтов, Ю. А. Кормление разновозрастных ценных видов рыб в

фермерских рыбных хозяйствах / Ю. А. Желтов. – Киев: Фирма «ИНКОС», 2006. – С. 191-192.

36. Жигин, А. В. Международные принципы сертификации продукции аквакультуры / А. В. Жигин, М. В. Сытова // Состояние и перспективы развития пресноводной аквакультуры: докл. Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, ВВЦ, 5-6 февраля 2013 г.). — М.: РГАУ МСХА им. К. А. Тимирязева, 2013. – С. 53-58.

37. Иванова, Н. Т. Атлас клеток крови рыб (сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб) / Н. Т. Иванова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 184 с.

38. Изучение применения кормовых добавок при выращивании осетра / Е. А. Максим, Е. В. Чернышов, Н. А. Юрина, С. И. Кононенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6 (57). – С. 147-150.

39. Инструкция по бассейновому выращиванию молоди осетровых на предприятиях Азово-Донского района с использованием стартового комбикорма СТ-4 Аз / Н. А. Абросимова, Е. А. Гамыгин, Е. Г. Белов, М. В. Сафонова. – Ростов н/Д., 1989. – 24 с.

40. Инструкция по кормлению молоди осетровых гранулированным кормом Ст-07 (на примере бестера) / А. А. Попова, А. П. Сливка, В. Н. Шевченко, Т. А. Ноякшева. — Астрахань, 1986. —16 с.

41. Использование цеолитов в кормах для осетровых / Ю. М. Баканёва, А. П. Бычкова, Н. М. Баканёв, Ю. В. Фёдоровых // Вестник Астраханского государственного технологического университета. – 2013. – № 5. – С. 28-34.

42. Испытание в аквакультуре биологически активных препаратов, повышающих иммунофизиологический статус рыб / П. П. Головин, Н. А. Головина, Н. Н. Романова, О. В. Корабельникова // Рыбное хозяйство. – 2008. – № 4. – С. 63-66.

43. Казанчев, С. Ч. Применение макро- и микроэлементов в рыбоводстве / С. Ч. Казанчев, А. Б. Хабжоков // Сборник научных трудов

Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2016. – Т. 1. – № 9. – С. 63-67.

44. Калайда, М. Л. Биологические основы рыбоводства. Краткая теория и практикум / М. Л. Калайда. – СПб., 2014. — С. 124-154.

45. Калмыков, В. Г. Эффективность использования кормового концентрата из растительного сырья «сарепта» в комбикормах для русского осетра : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.08 / Калмыков Виктор Геннадиевич; Сам. гос. с.-х. акад. – Усть-Кинельский, 2016. – 19 с.

46. Коноваленко, Л. Ю. Инновационные технологии и оборудование производства кормов для аквакультуры / Л. Ю. Коноваленко // Приоритетные направления регионального развития: сборник статей по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, Курган, 25 февраля 2021 года / Под общей редакцией И. Н. Миколайчика. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева, 2021. – С. 409-412.

47. Кононенко, С. И. Инновационные кормовые добавки при выращивании молоди рыб / С. И. Кононенко, Н. А. Юрина, Е. А. Максим // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2016. – № 1. – Т. 53. – С. 30-34.

48. Кононенко, С. И. Обогащение корма пробиотиками – залог стабильного роста рыбопродуктивности / С. И. Кононенко, Н. А. Юрина, Е. А. Максим // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 53. – № 2. – С. 109-113.

49. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира: ГОСТ 13496.15-2016. – М.: Стандартиформ, 2018.

50. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора: ГОСТ 26657-97. – М.: Стандартиформ, 1999.

51. Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации: ГОСТ 31675-2012. – М.: Стандартиформ, 2013.

52. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина: ГОСТ 32044.1-2012. – М.: Стандартинформ, 2014.
53. Корма, комбикорма. Определение содержания кальция, меди, железа, магния, марганца, калия, натрия и цинка методом атомно-абсорбционной спектроскопии: ГОСТ 32343-2013. – М.: Стандартинформ, 2015.
54. Корма, комбикорма. Метод определения содержания сырой золы: ГОСТ 32933-2014. – М.: Стандартинформ, 2016.
55. Корма для животных. Определение содержания влаги: ГОСТ Р 54951-2012. – М.: Стандартинформ, 2013.
56. Кривошеин, В. В. Разведение осетровых видов рыб в условиях тепловодной аквакультуры: автореф. дис... доктора биол. наук / В. В. Кривошеин. – СПб., 2007. – 51 с.
57. Кузнецов, А. А. Рыбоводно-биологическая эффективность применения природного цеолита–клиноптилолита в составе комбикормов для радужной форели и сибирского осетра : автореф. дис. ... канд. биол. наук / А. А. Кузнецов. – М., 2002. – 24 с.
58. Лакин, Г. Ф. Биометрия: учебное пособие для биол. спец. вузов / Г. Ф. Лакин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
59. Макарец, Н. Г. Кормление сельскохозяйственных животных / Н. Г. Макарец. – Калуга, 2007. – 608 с.
60. Малышев, П. В. Рынок осетровых: состояние и перспективы / П. В. Малышев // Экономика и менеджмент. – 2012. – № 1. – С. 15-17.
61. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб / Утвержденные зам. руководителя Департамента ветеринарии В.В. Селиверстовым 2 февраля 1999 г. №13-4-2/1487.
62. Мильштейн, В. В. Осетроводство / В. В. Мильштейн. – М.: Пищевая промышленность, 1982. – 152 с.
63. Минеральная добавка для рыб и птиц / В. И. Сидорова, Н. И.

Январева, М. Т. Велямов и др. // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. — 2015. — № 12. — С. 79-85.

64. Минияров, Ф. Т. Развитие интенсивной прудовой аквакультуры осетровых рыб в Нижнем Поволжье / Ф. Т. Минияров // Проблемы современного товарного осетроводства: сборник докладов научно-практической конференции. – Астрахань, 2000. – С. 64-72.

65. Миронов, С. Г. Корма «Аллер Аква» для осетровых рыб / С. Г. Миронов // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. — Астрахань, 13-15 марта 2006 г. — С. 264-267.

66. Морозова, А. А. Средства и способы защиты организма от повреждающих факторов внешней среды / А. А. Морозова, Е. Ф. Конопля. – Минск: Беларуская навука, 2010. – 395 с.

67. Наставления по применению пробиотических препаратов «Бацелл», «Моноспорин» и «Пролам» в прудовом рыбоводстве: методические наставления / Л. Г. Горковенко [и др.]. – Краснодар, 2011. – 16 с.

68. Новые стартовые комбикорма для молоди осетровых рыб и севанских форелей / С. В. Пономарев, А. Т. Казарян, Х. Латреш, У. П. Маринова, Н. В. Судакова, Е. Н. Пономарева // Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре: тез. докл. Междунар. симп. – Краснодар, 1996. – С. 25-25.

69. Новые технологии в рыбохозяйственных исследованиях / Н. В. Войнова, В.А. Чистяков, И. В. Корниенко, В. А. Барминцев. – Ростов-на-Дону: «Эверест», 2002. – 112 с.

70. Ожерельева, О. Н. Разработка и научное обоснование способа приготовления экструдированных полнорационных комбикормов для рыб осетровых пород : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12, 05.18.01 / Ожерельева Ольга Николаевна; Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 2008. – 20 с.

71. Остроумова, И. Н. Биологические основы кормления рыб / И. Н.

Остроумова. – СПб., 2001. – 372 с.

72. Пономарев, С. В. Рекомендации по разработке и использованию минеральных премиксов в кормлении рыб / С. В. Пономарев // Рыбоводство и рыбное хозяйство. — 2015. — №9. — С. 51-58.

73. Пономарев, С. В. Корма и кормление рыб в аквакультуре / С. В. Пономарев, Ю. Н. Грозеску, А. А. Бахарева. – М.: Моркнига, 2013. – 410 с.

74. Правдин, П. Ф. Руководство по изучению рыб / П. Ф. Правдин. – М.: Пищ. пром-ть, 1966. – 250 с.

75. Природные цеолиты в продукционных комбикормах для осетровых рыб / Ю. М. Баканева, А. П. Бычкова, Н. М. Баканев, Ю. В. Федоровых // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 162-166.

76. Пробиотик и сорбент: результаты совместного скармливания / З. В. Псахчиева, В. Р. Каиров, Н. А. Юрина, С. В. Булацева // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 53. – № 2. – С. 59-62.

77. Продуктивно-энергетический потенциал сельскохозяйственных культур при создании экологически безопасных кормов / О. М. Бедарева, Т. Н. Троян, Л. С. Мурачёва, А. А. Кондрацкая // Известия КГТУ. – 2019. – №54. – С. 11-19.

78. Рост осетровых рыб в установке замкнутого водоснабжения при использовании новых сухих гранулированных кормов / Ю. М. Баканёва, А. Н. Туменов, Н. В. Болонина, Б. Т. Сариев, С. В. Пономарёв // Зоотехния. – 2011. – № 8. – С. 27–28.

79. Сазонова, Л. В. Биологическая эффективность применения минеральных препаратов (на примере вокса) при воспроизводстве осетровых видов рыб : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / Сазонова Людмила Викторовна; Всерос. НИИ рыбного хоз. и океанограф. – М., 2006. – 25 с.

80. Сергеева, Ю. А. Оценка эффективности применения продуктов глубокой переработки крабов в комбикормах для осетровых рыб : автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.10 / Сергеева Юлия Анатольевна; Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань, 2005. – 24 с.

81. Скляр, В. Я. Современное состояние аквакультуры юга России, перспективы развития / В. Я. Скляр // Состояние и перспективы развития пресноводной аквакультуры: докл. Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, ВВЦ, 5-6 февраля 2013 г.). — М.: РГАУ МСХА им. К. А. Тимирязева, 2013. — С. 71-76.
82. Скляр, В. Я. Современное состояние и перспективы развития аквакультуры Юга России / В. Я. Скляр // Рыбоводство и рыбное хозяйство. — 2014. — № 5. — С. 3-10.
83. Соколов, А. В. Оценка эффективности продукционного корма для радужной форели / А. В. Соколов, О. П. Дворянинова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. — 2019. — № 3(29). — С. 53-62.
84. Соколов, Л. И. Отряд осетрообразные (Acipenseridae) / Л. И. Соколов // Жизнь животных: в 7 т. / гл. ред. В. Е. Соколов. Т. Рыбы; под ред. Т. С. Расса. — М.: Просвещение, 1983. — С. 83-95.
85. Сорбционная активность кормовой добавки «Ковелос-Сорб» / Л. Г. Горковенко, С. И. Кононенко, Н. А. Юрина, Д. А. Юрин // Актуальные проблемы современной ветеринарной науки и практики: сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Краснодарского научно-исследовательского ветеринарного института / ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский ветеринарный институт». — Краснодар, 2016. — С. 167-170.
86. Состояние и перспективы развития производства пищевой черной икры, как нового направления товарного осетроводства / Д. П. Андрианов, И. А. Бурцев, Л. Р. Копыленко, Б. Н. Котенев, А. И. Николаев, А. С. Сафронов // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: материалы докл. III Междунар. науч.-практ. конф. — Астрахань, 2000. — С. 17-20.
87. Судакова, Н. В. Сравнительная эффективность продуктов микробного синтеза в составе стартовых кормов для молоди осетровых рыб : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / Судакова Наталия Викторовна;

ВНИИПРХ. – М., 1998. — 26 с.

88. Тлецерук, И.Р. Влияние скармливания сорбента на развитие тканей и органов рыб / И. Р. Тлецерук, Е. В. Чернышов // Инновационные технологии для АПК Юга России : материалы Всеросс. научно-практ. конф., посвященной 55-летию образования Адыгейского НИИСХ (с международным участием), Майкоп, 21-23 сентября 2016. – Майкоп, 2016. – С. 263-266.

89. Ушакова, Н. Льняной жмых для карповых и осетровых рыб / Н. Ушакова, З. Кузнецова, С. Пономарев // Комбикорма. – 2009. – № 8. – С. 58-59.

90. Федосеева, Е. А. Рыбоводно-биологическая характеристика гибридов русского осетра / Е. А. Федосеева // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: материалы докл. III Междунар. науч.-практ. конф. – Астрахань, 2000. — С. 83-86.

91. Хандожко, Г. А. Влияние искусственного кормления на продуктивность стерляди в IV зоне рыбоводства : автореф. дис....канд. с.-х. наук: 06.02.08 / Хандожко Геннадий Алексеевич; Сам. гос. с.-х. акад. — Кинель, 2010. – 23 с.

92. Чернышов, Е. В. Изменение показателей роста и развития молоди рыбы при скармливании в составе рациона активной угольной кормовой добавки / Е. В. Чернышов, Н. А. Юрина, Е. А. Максим // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2016. – №3 (15). – С. 85-90.

93. Чипинова, Г. М. Технологические особенности кормления молоди осетровых рыб при индустриальном выращивании: автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.10 / Чипинова Галина Михайловна; Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань, 2006. — 24 с.

94. Шевченко, В. Н. Бассейновое выращивание осетровых / В. Н. Шевченко, А. А. Попова, А. П. Сливка // Рыбное хозяйство. Сер. Аквакультура. — 1998. — Вып. 1. — С. 1-37.

95. Шестаков, И. В. О рыбодобыче, рыбопереработке, рыбной муке и субсидировании рыбной отрасли / И. В. Шестаков // Рыбная сфера. – 2016. – №2



(16). — С. 17.

96. Щербина, М. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М. А. Щербина, Е. А. Галентин. – М.: Сельскохозяйственные технологии, 2016. – 304 с.

97. Щербина, Н. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / Н. А. Щербина, Е. А. Гамыгин. — М.: ВНИРО, 2006. — 360 с.

98. Юрин, Д. А. Изучение свойств кормовой добавки «Ковелос-Сорб» / Д. А. Юрин, Н. А. Юрина // Инновации и современные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Ставрополь, 2016. – С. 309-311.

99. Юрина, Н. А. Пробиотики – экологический подход ведения отрасли рыбоводства / Н. А. Юрина // Инновации и современные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. – Ставрополь, 2016. – С. 315-319.

100. Экспертиза рыбы, рыбопродуктов и нерыбных объектов рыбного промысла / В. М. Позняковский, О. А. Рязанова, Т. К. Каленик, В. М. Дацун. – Саратов: Издательство «Вузовское образование», 2014. – 326 с.

101. A sesame lignan, is a potent inducer of hepatic fatty acid oxidation in the rat / L. Ashakumary, I. Rouyer, Y. Takahashi, T. Ide, N. Fukuda, T. Aoyama, T. Hashimoto, M. Mizugaki, M. Sugano. – Sesamin, 1999. – P. 1303–1313.

102. Aya, F. A. Utilizing alternative ingredients in aquafeeds for sustainable aquaculture / F. A. Aya // Fish for the People. – 2017. – Vol. 15. – №. 3. – P. 37-44.

103. Bemis, W. An overview of Acipenseriformes / W. Bemis // Environmental Biology of Fishes. — 1997. — Vol. 48. — Issue 1. – P. 25-71.

104. Brummett, R. E. Aquaculture for African small holding / R. E. Brummett, R. P. Noble // ILARM Tech Rep 46. World Fish centre, Penang. – Malaysia, 1995. – P. 143-154.

105. Brummett, R. E. Aquaculture: realizing the potential / R. E. Brummett, J.

Lazard, J. Moehl // Food Policy. – 2008.– P. 371–385.

106. Chapman, F. A. The reproductive condition of white sturgeon, *Acipensertransmontanus*, in San Francisco Bay, California / F. A. Chapman, J. R. Van Eenennaam, S. I. Doroshov // Fishery Bulletin. — 1996. — Vol. 94. — P. 628-634.

107. Ciesla, B. Hematology in Practice / B. Ciesla; FA Davis Company: Philadelphia, PA, USA, 2007. – 230 p.

108. Comparative effect of sesamin and episesamin on the activity and gene expression of enzymes in fatty acid oxidation and synthesis in rat liver / M. Kushiro, T. Masaoka, S. Hageshita, Y. Takahashi, T. Ide, M. Sugano // J. Nutri Biochem. – 2002.– P. 289–295.

109. Contemporary a uaculture: implications for human nutrition / K. J. Fiorella, H. Okronipa, K. Baker, S. Heilpern // Current Opinion in Biotechnology. – 2021. – Vol. 70. – P. 83-90.

110. Creach, Y. Importanee des besoinsazotes chez les poissons / Y. Creach // Ann. Inst. – 1976. – № 9. – P. 91–92.

111. Effects of dietary phenolic compounds on tocopherol, cholesterol, and fatty acids in rats / A. Kamal-Eldin, J. Frank, A. Razdan, S. Tengblad, S. Basu, B. Vessby // Lipids. – 2000. –P. 427 – 435.

112. Effects of sesamin on the fattyacid composition of the liver of rats fed n-6 and n-3 fatty acids-rich diet / Y. Fujiyama-Fujiwara, R. Umeda- Sawada, M. Kuzuyama, O. Igarashi // J. Nurt Sci Vitaminol. – 1995. – P. 217–225.

113. Energy consumption in Norwegian fisheries / E.M. Schau et at. // Journal of Cleaner Production. – 2009.– P. 325–334.

114. Gebhardt, Reiche. Der Stor / Reiche Gebhardt. — Verlag Lassleben Kallmunz, 1997. — P. 13-27.

115. Grande, L. An exquisitely preserved skeleton representing a primitive sturgeon from the Upper Cretaceous Judith River Formation of Montana (*Acipenseriformes: Acipenseridae: n. gen. and sp.*) / L. Grande, E. J. Hilton // Memoir of the journal of paleontology. — 2006. —Vol. 65. — P. 1-3.

116. Guseva, Yu. A. Innovative cultivation of Lena sturgeon in cages / Yu. A. Guseva, A.A. Vasiliev // LAPLAMBERT Academic publishing GmbH & Co. KG. Saarbrücken, Germany, 2013. – 128 p.

117. Jobling, M. Fish nutrition research: past, present and future / M. Jobling // *Aquaculture international*. – 2016. – Vol. 24. – №. 3. – P. 767-786.

118. Interaction of dietary fat types and sesamin on hepatic fatty acid oxidation in rats / T. Ide, D. D. Hong, P. Ranasinghe, Y. Takahashi, M. Kushiro, M. Sugano // *Biochim Biophys Acta*. – 2004. – P. 80–91.

119. Kaushik, S. Nutrition et alimentation des poissons et contrcjjl des dftchetspiscicoles / S. Kaushik // *Pise Franc*. – 1990. – № 101. – P. 14–23.

120. Kolmakov, V. I., Amino acids in prospective feeds for fish aquaculture: a review of experimental data / V. I. Kolmakov, A. A. Kolmakova // *Journal of Siberian Federal University. Biology*. – 2020. – Vol. 13. – №. 4. – P. 424-442.

121. Lysine deficiency impaired growth performance and immune response and aggravated inflammatory response of the skin, spleen and head kidney in grown-up grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) / Y. Hu et al. // *Animal Nutrition*. – 2021. – Vol. 7. – №. 2. – P. 556-568.

122. Measurement of the total protein in serum by biuret method with uncertainty evaluation / K. Zheng, L. Wu, Z. He, B. Yang, Y. Yang // *Measurement*. – 2017. – Vol. 112. – P. 16–21.

123. Muller, Horst. Fische Europas / Horst Muller. — Neumann Verlag Leipzig Radebeul, 1983. — P. 122-126.

124. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds / P. Li et al. // *Amino acids*. – 2009. – Vol. 37. – №. 1. – P. 43-53.

125. Oil cakes and their biotechnological applications – A review / S. Ramachandran et al. // *Bioresource technology*. – 2007. – Vol. 98. – №. 10. – P. 2000-2009.

126. Rebl, A. Blood Will Tell: What Hematological Analyses Can Reveal About Fish Welfare / A. Rebl, H. Seibel, B. Baßmann // *Front. Vet. Sci*. – 2021. – № 8. – P.

194.

127. Shaikhov, R. F. Evaluation of trends in the development of the feed market for commercial aquaculture in Russia / R. F. Shaikhov // *International Agricultural Journal*. – 2021. – Vol. 64. – № 1. – P. 29. – DOI 10.24411/2588-0209-2021-10298.

128. Steffens, W. Grundlagen der Fischernahrung / W. Steffens // VEB GustavFischer Verlag Jena, 1985. – 226 p.

129. Tacon, A. G. J. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects / A. G. J. Tacon, M. Metian // *Aquaculture*. – 2008. – Vol. 285. – №. 1-4. – P. 146-158.

130. The use of artificial feed when growing Russian sturgeon in pools E. V. Fedorov, D. K. Zharkenov, V. I. Sidorova, N. S. Bauryzlova, E. K. Makashev, S. Zh. Asylbekova, K. B. Isbekov // *TheScientificHeritage*. — 2016. — Vol. L, №3(3). — P. 82-90.

131. Threne, M. Energy consumption in the Danish fishery. Identification of key factors / M. Threne // *J. of Ind. Ecol.* – 2004. – P. 223–239.

132. Threne, M. LCA of Danish fish products. New methods and insight / M. Threne // *Int: J. LCA*. – 2006. – P. 66–74.

133. Umeda-Sewada, R. The metabolism and n-6/n-3 ratio of essential fatty acids in rats: effect of dietary arachidonic acid and mixture of sesame lignans (sesamin and episesamin) / R. Umeda-Sewada, M. Ogawa, O. Igarashi // *Lipids*. – 1998. – P. 567–572.

134. Yue, K. An overview of disruptive technologies for aquaculture / K. Yue, Y. Shen // *Aquaculture and Fisheries*. – 2021.