

На правах рукописи

Орленко Евгений Викторович

**ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕРМИМУКИ
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОСЕТРОВЫХ
В ИНДУСТРИАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Саратов – 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»

Научный руководитель: **Поддубная Ирина Васильевна**
доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Официальные оппоненты: **Бахарева Анна Александровна** доктор сельскохозяйственных наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», кафедра ихтиологии и рыбоводства, заведующий кафедрой.

Пронина Галина Иозеповна доктор биологических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», кафедра зоологии и аквакультуры, профессор.

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», г. Ульяновск.

Защита состоится «23» июня 2026 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 99.2.128.03 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аграрный университет» по адресу: 446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2, тел/факс (84663) 46-1-31, e-mail: ssaa@ssaa.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО Самарский ГАУ и на сайте университета <http://ssaa.ru>, и на сайте ВАК Минобрнауки РФ <https://vak.minobrnauki.gov.ru>.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Хакимов Исмагиль
Насибуллович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Неуклонный рост и развитие аквакультуры во всем мире увеличивает спрос на качественные комбикорма для различных видов рыб. Поскольку производство традиционных источников протеина, таких как рыбная мука, замедляется из-за чрезмерной эксплуатации рыбных запасов, ведутся поиски новых альтернативных источников протеина и соответствующих производственных технологий (Е. А. Гамыгин, 2001; Е. А. Гамыгин и др., 2013; Е. А. Гамыгин, А. М. Багров и др., 2015; Ю. А. Гусева, О. С. Максимова, 2015; И. Б. Измайлович, Н. Н. Якимович, 2018; Л. Ю. Лагуткина, 2017; К. А. Салдеева, 2021; О. Д. Сергазиева, 2011; О. Д. Сергазиева, А. А. Бахарева и др., 2014). На современном этапе развития рыбоводства пока ещё не массово, но в экспериментальных целях уже применяются ингредиенты беспозвоночных животных в кормлении культивируемых пресноводных рыб, поскольку они менее требовательны к кормам, чем морские рыбы. Перспективными источниками белка животного происхождения являются личинки насекомых и дождевые черви, которые сочетают высокую питательную ценность с незначительным воздействием на окружающую среду при производстве кормов (Н. А. Абросимова и др., 1996; А. В. Агеев, 2018; В. Ю. Агеев и др., 2017; М. И. Баранов 2020; Ю. Н. Зименс и др., 2022; Д.А. Зими́на, С. Б. Чачина, 2022; А. А. Коровин, В. В. Голембовский, 2025; Al Fico User, Di ji Xie, 2022). Профили сырого протеина этих беспозвоночных показывают сходство с рыбной мукой (>50% или даже выше) по сравнению с 45% сырого протеина в соевой муке (Р. Артемов, М. Арнаутов и др., 2020; В. И. Воробьев, Е. В. Нижникова и др., 2015; О. В. Скрипко, 2017; N. Daniel, 2018). Использование альтернативных источников белка из беспозвоночных позволяет значительно повысить экологию производства при снижении затрат и сохранении качества продукта. При культивировании беспозвоночных появляется возможность создать экологически чистые технологии производства, не только не наносящие вреда, но и позволяющие положительно влиять на окружающую среду. Именно компостные черви являются мощными утилизаторами органических остатков. Перерабатывая их, они поглощают и нейтрализуют паразитофауну, в том числе сальмонеллу и других возбудителей заболеваний, производя здоровый, хорошо усваиваемый растениями субстрат. По количеству белка мышечной ткани компостные черви находятся на уровне или чуть ниже содержания белка в рыбной муке, но по ценности белка, по количеству незаменимых аминокислот они превосходят белок рыбной муки. Исследований по использованию вермикуки в кормлении осетровых рыб не обнаружено. Поэтому изучение влияния различных дозировок муки из компостного червя «Владимирский Старатель» в составе комбикормов на ростовые процессы, физиологическое состояние и экономическую эффективность

выращивания осетровых рыб является актуальным и ведет к накоплению знаний по использованию еще одного биологически ценного вида альтернативного белка в рыбоводстве.

Степень разработанности. В ходе отечественных и зарубежных научных исследований выявлено, что насекомые и дождевые черви имеют возможность стать полноценным заменителем рыбной муки и других протеиновых кормовых смесей. У беспозвоночных аминокислотный профиль намного больше соответствует рыбной муке, за исключением гистидина, треонина и лизина, чем растительные источники протеина (Н. А. Абросимова, 2001; В. И. Колмаков, 2020; Ж. В. Кошак, 2017; С. И. Николаев, Д. А. Ранделин и др., 2019; S. Mancini, I. Medina, 2018). Комбикорма, в которые вводятся растительные белковые концентраты, приготовленные из сои, кукурузы или люпина с заменой рыбной муки, необходимо обогащать теми аминокислотами, которые не содержатся в этих растительных белковых концентратах, чтобы удовлетворить потребности рыб. Поэтому беспозвоночные являются более предпочтительной альтернативой растительным компонентам (Ю. М. Батракова, А. Э. Ставцев и др. 2023; В. К. Виноградов, 2018; В. А. Махонина, Т. С. Иваноковский и др., 2024; R. R. Kavle, P. J. Nolan, 2023). Культивирование беспозвоночных не требует больших затрат, при этом появляется возможность создать экологически чистые технологии производства, не только не наносящие вреда, но и позволяющие положительно влиять на окружающую среду (А. Д. Мельник., 2019; В. Б. Смоленцев, Т. А. Яровикова и др., 2022; И. Г. Шайхиев, С. В. Свергузова, и др., 2021; J. KostECKa, M. Garczyńska, 2022; S. N. Musyoka, D. M. Liti, 2019; V. D. J. Vodounnou, N. S. Diane Krogue, 2016).

Цели и задачи исследования. Цель данной работы – повышение продуктивных качеств гибрида осетра под влиянием муки из компостного червя в составе комбикормов.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Разработать технологию получения муки из компостного червя;
2. Изучить химический и аминокислотный состав используемых в опыте комбикормов;
3. Определить влияние вводимой в комбикорм муки из компостного червя на ростовые процессы рыб и затраты комбикорма на единицу прироста;
4. Изучить влияние муки из компостного червя на состояние внутренних органов и гематологических показателей;
5. Определить влияние муки из компостного червя в структуре рациона на товарные качества рыбной продукции;
6. Установить оптимальные нормы ввода белкового компонента из компостного червя в структуру рационов осетровых рыб с целью замены рыбной муки;

7. Дать экономическое обоснование эффективности использования муки из компостного червя в структуре рациона осетровых рыб.

Научная новизна. Впервые изучено влияние муки из отечественного гибрида компостного червя «Владимировский Старатель» в качестве белкового компонента комбикорма в разных процентных долях на динамику живой массы, затраты кормов и товарные качества осетровых при выращивании в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ). Установлено оптимальное процентное соотношение вермимуки и рыбной муки в составе комбикорма, для кормления осетровых в промышленных условиях. Определены затраты и стоимость кормов на единицу прироста массы рыбы. Выявлено влияние оптимального количества вермимуки в рационе осетровых на ростовые процессы, гематологические показатели, физиологическое состояние внутренних органов и товарные качества рыбы.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты комплексных исследований влияния вермимуки на физиологические показатели и товарные качества рыбной продукции гибрида русского и сибирского осетра при выращивании в УЗВ расширяют знания по использованию альтернативных источников белка в кормлении различных культивируемых рыб. Введенная в состав комбикорма мука компостного червя в количестве 7 % с тождественной заменой рыбной муки повысила продуктивность гибрида осетра, не оказала негативного влияния на выживаемость, функциональное состояние внутренних органов и показатели крови. Доказано, что использование вермимуки снижает затраты корма на 1 кг прироста рыбы на 0,03 кг, увеличивает прирост ихтиомассы на 10,94 % и повышает уровень рентабельности на 7,14 % по сравнению с контролем.

Методология и методы исследования. В исследовательской работе нами были использованы эмпирические и теоретические методы исследований. Результаты экспериментов базируются на опытных данных и теоретических основах кормления объектов рыбоводства и технологий подготовки кормов к скармливанию. Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается достаточно большим объемом экспериментальных исследований и использованием апробированных методик для проведения учета и анализа с применением математических методов обработки экспериментальных данных.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- разработанная технология позволяет получить муку из компостного червя с содержанием протеина 46 %;
- аминокислотный состав опытных комбикормов превосходит по качеству и количеству данный показатель основного осетрового корма;
- вводимая в комбикорм белковая добавка положительно влияет на ростовые процессы рыб и снижение затрат кормов на единицу прироста;

➤ мука из компостного червя не оказывает отрицательного воздействия на состояние внутренних органов и гематологических показателей;

➤ белковая кормовая добавка повышает товарные качества рыбной продукции;

➤ оптимальной нормой ввода вермикули в структуру рациона осетровых рыб с заменой рыбной муки является 7 %;

➤ использование муки, приготовленной из компостного червя, способствует повышению экономической эффективности выращивания осетровых рыб.

Апробация работы и степень достоверности результатов. Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены: на VII национальной научно-практической конференции Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации. (Петропавловск-Камчатский, 2022); на III Международной научно-практической конференции Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата. ФГБНУ РосНИИСК "Россорго". (Саратов, 2023); IX национальной научно-практической конференции Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации. (Архангельск, 2024); на Международной научно-практической конференции Будущее аквакультуры. Прогрессивные биотехнологии (Саратов, 2024); на Международной научно-практической конференции «Инновации, современные тенденции развития животноводства и зоотехнической науки: методы, технологии, экологическая безопасность производства и переработки сельскохозяйственной продукции» (Саратов, 2025), на внутривузовской конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов по итогам научно-исследовательской, учебно-методической и воспитательной работы за 2024 год (Саратов, 2025); на расширенном заседании кафедры «Генетика, разведение, кормление животных и аквакультура» ФГБОУ ВО Вавиловский университет (2025).

Публикации результатов исследований. Основные материалы диссертации изложены в 10 научных статьях, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованным ВАК РФ: «Аграрная Россия», «Известия Горского государственного аграрного университета», «Вестник Мичуринского государственного аграрного университета», «Аграрный научный журнал», в 1 монографии и 1 патенте.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 138 страницах компьютерного набора и состоит из введения, обзора литературы, материала и методов исследований, результатов собственных исследований, выводов, рекомендаций производству и перспектив дальнейшей разработки темы. Содержит 46 таблиц и 13 рисунков. Список использованной литературы включает в себя 182 источника, в том числе 46 на иностранных языках.

2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Согласно тематики научных исследований, включаемых в планы научных работ научных организаций и образовательных организаций высшего образования, осуществляющих научные исследования за счет средств федерального бюджета на кафедре «Генетика, разведение, кормление животных и аквакультура», в научно - исследовательской лаборатории «Прогрессивные биотехнологии в аквакультуре» ФГБОУ ВО Вавиловский университет, выполнялась НИОКР на тему «Разработка кормовых добавок для промышленного рыбоводства» В рамках научной работы была разработана схема научных исследований (рисунок 1) и проведены эксперименты по:

-выращиванию компостного червя «Владимировский Старатель» в вермикомпостере;

- технологии получения белковой массы из компостного червя;

- скармливанию комбикорма с белковой добавкой из компостного червя опытными рыбам;

-установлению оптимального количества белковой добавки в комбикормах;

- определению влияния данной добавки в составе комбикормов на продуктивность и конверсию корма,

- изучению влияния белковой кормовой добавки на биохимию крови, состояние внутренних органов, химический состав мышечной ткани и товарные качества гибрида осетра,

- определению экономической эффективности выращивания гибрида русского и сибирского осетра при введении в рацион муки из компостного червя.

Для проведения лабораторного опыта по принципу пар-аналогов сформировали три подопытные группы из 30 особей сеголетков гибрида русского и сибирского осетра со средней массой около 304 г и разместили их по 10 экземпляров в три аквариума объемом 250 л каждый по схеме, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Схема лабораторного опыта

| Группа | Количество рыбы, экз. | Длительность опыта, сутки | Тип кормления |
|-------------|-----------------------|---------------------------|--|
| контрольная | 10 | 90 | Основной рацион (ОР) |
| 1-Опытная | 10 | | ОР с 5 % белковой добавки взамен 5 % рыбной муки |
| 2-Опытная | 10 | | ОР с 7 % белковой добавки взамен 7 % рыбной муки |

После формирования подопытных групп в течение 3 недель длился уравнительный период опыта, во время которого рыба адаптировалась к новым условиям содержания и кормления, изучали ее поведение и поедаемость кормов.

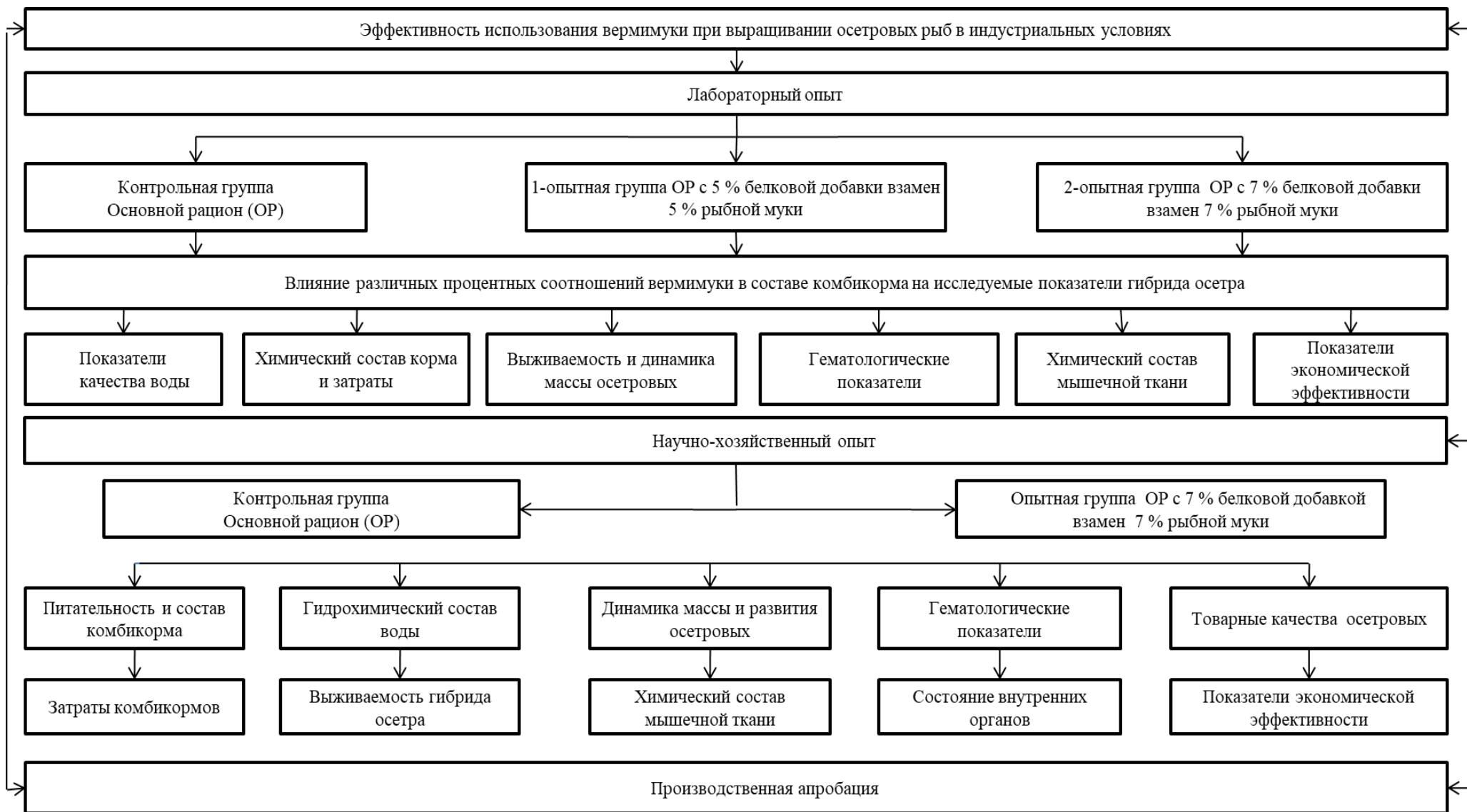


Рисунок 1 - Общая схема исследования

Опыт по использованию альтернативного источника белка - вермимуки в кормлении гибрида осетра длился 12 недель или 90 суток.

Контрольная группа получала сбалансированный по питательным веществам производственный комбикорм для осетров марки «Оптима» (производство комбикормового завода ООО «Прометрика», г. Саратов) с размером гранул 4 мм. Первая и вторая опытные группы получали комбикорм с добавлением 5 и 7 % белковой добавки из компостного червя вместо аналогичного количества рыбной муки в комбикорме, соответственно. Корм «Оптима» и опытные комбикорма для осетров имели следующий состав (таблица 2).

Таблица 2 – Состав комбикормов для контрольной и опытных групп

| Компонент корма | Количество компонента, % | | |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|
| | комбикорм «Оптима» | 1-опытный комбикорм | 2-опытный комбикорм |
| рыбная мука | 50,0 | 45,0 | 43,0 |
| вермимука | - | 5,0 | 7,0 |
| мясная мука | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| пшеничная мука | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| глютен кукурузный | 5 | 5 | 5 |
| глютен пшеничный | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| шрот соевый | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| люпин | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| премикс (витамины, аминокислоты) | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

Суточную норму корма, рассчитывали исходя из данных температуры воды, массы рыбы и содержания в воде растворенного кислорода. Во время опыта рыбу кормили трижды в день: в 9:00 ч., 12:00 ч. и в 15:00 ч. Кормление рыбы осуществляли вручную, разовую порцию корма подбирали из расчета ее полной поедаемости.

Для проведения научно-хозяйственного опыта в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ) научно-исследовательской лаборатории «Прогрессивные биотехнологии в аквакультуре» ФГБОУ ВО Вавиловский университет, было сформировано две подопытные группы гибрида русского и сибирского осетра методом групп-аналогов, контрольная и опытная, со средней массой около 255 г и разместили, по 50 особей в каждой группе по схеме, представленной в таблице 3.

Таблица 3 - Схема научно-хозяйственного опыта

| Группа | Продолжительность опыта, неделя | Количество рыбы, экз. | Тип кормления |
|-------------|---------------------------------|-----------------------|--|
| Контрольная | 27 | 50 | Основной рацион (ОР) |
| Опытная | | 50 | ОР с 7 % белковой добавки взамен 7 % рыбной муки |

Исследование проводили в бассейнах установки замкнутого водоснабжения диаметром 150,0 см и глубиной 80,0 см. Контрольная группа получала сбалансированный по питательным веществам производственный комбикорм для осетров марки «Оптима» с размером

гранул 4 мм. Опытная группа получала корм с добавлением 7 % белковой добавки из компостного червя вместо аналогичного количества рыбной муки в комбикорме.

Температуру воды, рН, содержание растворенного кислорода в опытах определяли ежедневно в 12:00 ч. Гидрохимический режим воды исследовали один раз в неделю.

По схеме, аналогичной схеме научно-хозяйственного опыта в индустриальном рыбоводном хозяйстве ООО «Рыбный дом», в условиях УЗВ, проводилась производственная апробация, которая длилась 18 недель, где было сформировано 2 группы по 300 особей в каждой, со средней массой около 204 г.

Химический состав кормов определяли методами, применяемыми в зооанализе и согласно ГОСТ13496.3-92; 32905–2014;13496.4-93; 26226-95.

Аминокислотный состав комбикормов проводили методом ВЭЖХ на хроматографе Knauer Smartline 5000 с использованием обратнофазовой хроматографии на колонке Диасфер-110 C18/2 5 мкм 2мм*150 мм.

Ростовые процессы изучались на протяжении всех опытов и включали в себя еженедельное индивидуальное в лабораторном опыте и 3-х кратное по 10 особей в научно-хозяйственном опыте взвешивание на электронных весах, определение средней массы рыбы расчетным путем. Определялся абсолютный (г) и среднесуточный прирост (г) по формулам И. Ф. Правдина (1966), относительный прирост (%), коэффициент массонакопления, как показатель более точного определения скорости роста (С. В. Купинский, 1986), а также выживаемость (%) гибрида осетра за период исследований. Был рассчитан коэффициент упитанности по Фультону (Ку) с использованием биологической длины гибрида осетра (L).

В конце экспериментов было осуществлено взятие крови из сердца для анализа биохимических показателей и контрольный убой подопытных особей из каждой группы для изучения состояния внутренних органов, химического состава мышечной ткани и качества рыбной продукции с использованием методик А. А. Кудряшевой и др. (2007) и Б. Т. Репникова (2007).

Биохимические исследования сыворотки крови проводились в лаборатории ветеринарного госпиталя ФГБОУ ВО Вавиловский университет на биохимическом и иммуноферментном анализаторе автоматического типа Chem Well 2009 (Т).

При исследовании биохимического состава мышц рыбы определялось процентное содержание следующих показателей: влажность, зола, белок, липиды, спектр аминокислот и жирных кислот. Влажность и содержание золы определяли гравиметрически для гомогенизированных образцов мышц рыбы, подвергая их нагреванию до постоянного веса в тиглях в муфельной печи при температуре от 103°C для определения влажности (ГОСТ ISO 662-2019) до 550°C для определения содержания золы (ГОСТ Р ИСО 6884-2010). Содержание кальция и фосфора определяли по ГОСТ

32343-2013 и ГОСТ 6491-2016. Содержание жира определяли по ГОСТ 13496.15-2016. Содержание азота по Кьельдалю определяли по ГОСТ 7636-85. Другие макро и микроэлементы, а также витамины учитывались согласно сертификату качества комбикорма. Безазотистые экстрактивные вещества – расчетным путем.

Идентификацию аминокислотного состава мышечной ткани проводили с применением предколоночной модификации 6-аминоквинолин гидроксисукцинамидилкарбаматом–AccQ по методу WatersAccQ-Tag с использованием набора реактивов WAT 052880.

Экстракцию липидов из исследуемых образцов мышечной ткани проводили смесью Блая-Дайера на основе хлороформа и метанола, вносимых к навеске образца в воде (Bligh E. G., Dyer W. J., 1959). Общее содержание липидов определено гравиметрическим методом, после полного удаления растворителя. Жирнокислотный состав исследуемых проб мышц рыбы определяли методом газовой хроматографии на хроматографе GC-2010 (Shimadzu, Япония), оснащенного капиллярной колонкой SPB® -5 (30 м × 0,32 мм × 0,25 мкм, Supelco, USA). Газохроматографический анализ проводили в соответствии с ГОСТ Р 51483-99.

Статистическая обработка полученного материала проводилась с применением общепринятых методик при помощи приложения «Excel» из программного пакета «Office XP» с учетом рекомендаций Н. А. Плохинского (1997). При этом определяли: объем выборки, среднюю арифметическую (M), статистическую ошибку средней арифметической (m), критерий достоверности Стьюдента.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Технология изготовления и оценка качества вермимуки и комбикормов с вермимуккой из компостного червя «Владимирский Старатель» (*Eisenia fetida*)

Технология получения белковой массы, разработанная нами, отличалась по технологии от других приемов получения вермимуки и включала в себя: очистку биомассы червей от субстрата, их мытье, сушку, последующее измельчение высушенного сырья и обработку готовой муки ультрафиолетом. Готовый порошок имел светло коричневый цвет, однородную текстуру с выраженным приятным мясным запахом. Основные показатели химического состава муки из компостного червя: влага – 9,9 %; сырой протеин – 46,06%; сырой жир – 10,09 %; сырая зола - 6,2 %; БЭВ – 26,94 %.

Вермимука вводилась в комбикорм в количестве 5 и 7 % взамен такого же количества рыбной муки на комбикормовом заводе ООО «Прометрика» г. Саратов. Питательная ценность контрольного комбикорма «Оптима»: обменная энергия - 15,21 МДж/кг; влага - 7,20 %; сырой протеин – 46,00%; сырой жир – 15,00 %; сырая зола - 8,0 %; сырая клетчатка - 1,90 %; кальций – 2,60 %; фосфор - 1,00; БЭВ – 21,90 %.

Питательная ценность комбикорма с 5 % вермимуки: обменная энергия - 15,15 МДж/кг; влага - 7,21 %; сырой протеин – 45,50 %; сырой жир – 15,72 %; сырая зола – 5,70 %; сырая клетчатка - 1,90 %; кальций – 2,61 %; фосфор - 1,38; БЭВ – 23,97 %. Питательная ценность комбикорма с 7 % вермимуки: обменная энергия - 15,17 МДж/кг; влага - 7,19 %; сырой протеин – 44,70 %; сырой жир – 16,96 %; сырая зола – 5,30 %; сырая клетчатка - 1,90 %; кальций – 2,67 %; фосфор - 1,25; БЭВ – 23,95 %. Из приведенных данных видно, что количество сырого протеина в опытных комбикормах снижено на 0,5 и 1,3 %, но содержание сырого жира выше на 0,72 и 1,96 %, соответственно, по сравнению с контролем. Оценка аминокислотного профиля подопытных комбикормов показала, что содержание фенилаланина и комплекса метионин+цистеин было наибольшим в образце с 7 % содержанием вермимуки –1,94 и 0,67 г, что выше на 25,2 % и 31,4 %, соответственно, их значений в образце контрольного корма. По количеству лизина опытный корм с 7 % содержанием муки из червя в 2 раза превысил контрольный образец. Подобная тенденция наблюдается по всем проанализированным аминокислотам комбикорма. Более высокое содержание незаменимых и заменимых аминокислот в опытных комбикормах говорит о том, что биологическая ценность белка в этих комбикормах выше за счет введения белкового компонента из компостного червя.

3.2 Результаты лабораторного опыта

3.2.1 Условия выращивания и кормления осетровых

Температура воды в период проведения эксперимента колебалась незначительно в пределах 20–21° С. Все гидрохимические показатели воды находились в пределах нормы.

3.2.2 Влияние вермимуки на рост и развитие гибрида осетровых

Анализируя динамику роста средней массы осетровых отмечено, что с четвёртой недели 1-я и 2-я опытные группы, получавшие вермимуку в рационе, превышают по весовым показателям контрольную группу и к концу опыта превосходят ее на 35 и 55 г ($P \geq 0,999$), соответственно, (таблица 4).

Таблица 4 – Ростовые показатели и выживаемость гибрида русского и сибирского осетра

| Показатель | Группа | | |
|----------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | Контрольная | 1-Опытная, | 2-Опытная |
| Начальная средняя масса, г | 304,00 ± 1,05 | 304,00 ± 0,87 | 304,00 ± 0,60 |
| Конечная средняя масса, г | 399,00 ± 2,51 | 434,0 ± 0,31*** | 454,0 ± 0,27*** |
| Абсолютный прирост, г | 95,00 | 130,00 | 150,00 |
| Относительный прирост, % | 31,25 | 42,76 | 49,34 |
| Среднесуточный прирост, г | 1,06 | 1,44 | 1,67 |
| Коэффициент массонакопления, ед. | 0,023 | 0,030 | 0,034 |
| Выживаемость, % | 100 | 100 | 100 |

*** $P \geq 0,999$

Из представленных данных по абсолютному, относительному и

среднесуточному приросту за период опыта, лучший показатель был во 2-й опытной группе и превышал контроль на 55 г, на 18,09 % и на 0,61 г, соответственно. Коэффициент массонакопления также самый высокий отмечен во 2-й опытной группе и превышал контроль на 0,011. Выживаемость за весь период лабораторного эксперимента, во всех группах составила 100 %.

За весь период опыта затраты корма на 1 кг прироста во 2-й опытной группе были снижены по сравнению с контролем на 0,83 кг.

3.2.3 Биохимические показатели крови

По окончании лабораторного опыта был проведен забор крови из сердца у 3-х особей из каждой группы для биохимического анализа крови. Значения сывороточных показателей крови у опытных групп незначительно варьировали и достоверно не отличались от контрольных значений.

3.2.4 Состояние внутренних органов и соматические индексы органов и тканей

В конце опыта для оценки физиологического состояния и товарных качеств рыбы был осуществлен контрольный убой, для которого были отобраны по 3 особи из каждой подопытной группы со средней массой 343,67-422,33 г и биологической длиной 47,67-48,50 см. При визуальном осмотре патологий органов не было выявлено. Расчет индексов органов и тканей показал, что выход мышечной ткани был наибольшим во 2-й опытной группе и составил 37,28 %, что больше на 2,3 % по сравнению с контролем. Соматические индексы внутренних органов достоверно не отличались во всех трех группах.

3.2.5 Товарные качества осетровых

Оценивая товарные качества рыбной продукции при введении различных количеств вермикули в рацион осетровых, следует отметить, что максимальная масса съедобных и условно съедобных частей отмечена во 2-й опытной группе. Выход съедобных частей был выше на 1,66 %, а выход суммы съедобных и условно съедобных частей на 1,36 % выше, чем в контроле.

3.2.6 Химический анализ мышечной ткани

Количество протеина в опытных группах на 3,8 % и 4,5 % ниже по сравнению с контрольной группой, но по количеству жира лидируют особи 2-й группы, опережающие особей в контроле на 0,7 %.

3.2.7 Экономическая эффективность выращивания рыбы с использованием вермикули

В конце эксперимента была рассчитана экономическая эффективность выращивания гибрида осетра при использовании в кормлении муки из компостного червя. Себестоимость 1,0 кг гибрида осетра во 2-й опытной группе оказалась ниже контрольных цифр на 119,3 руб. Прибыль от реализации всей рыбы в этой опытной группе превысила аналогичный показатель в контроле на 637,4 руб. Уровень рентабельности во 2-й

опытной группе достиг 29,2 %, что на 13,7 % выше, чем в контрольной группе.

3.3 Результаты научно-хозяйственного опыта

3.3.1 Условия выращивания и кормления осетровых

Были соблюдены нормы плотности посадки рыбы 50 особей на 1,7 м² площади дна бассейна. Температурный и гидрохимический режим соответствовал технологическим требованиям для выращивания осетровых. Контрольная группа получала сбалансированный по питательным веществам продукционный комбикорм для осетров «Оптима», опытная группа получала этот же комбикорм с добавлением 7 % вермикули взамен такого же количества рыбной муки в комбикорме.

3.3.2 Влияние муки из компостного червя на рост и развитие осетровых

Данные по динамике роста средней массы представлены на рисунке 2.



Рисунок 2 - Динамика роста средней массы.

С 3-й недели опытная группа имеет тенденцию в опережении по росту контрольной группы, продолжая лидировать до конца эксперимента и достигнув в конце опыта средней массы 863,84±2,82 г ($P \geq 0,999$), в то время как в контрольной группе этот показатель имел значение 804,22±3,05 г (таблица 5).

Таблица 5 – Ростовые показатели и выживаемость гибрида осетровых

| Показатель | Группа | |
|----------------------------------|-------------|----------------|
| | контрольная | опытная |
| Начальная средняя масса, г | 255,60±1,39 | 255,28±1,39 |
| Конечная средняя масса, г | 804,22±6,06 | 863,84±5,49*** |
| Абсолютный прирост, г | 548,62 | 608,56 |
| Относительный прирост, % | 68,22 | 70,45 |
| Среднесуточный прирост, г | 2,90 | 3,22 |
| Коэффициент массонакопления, ед. | 0,047 | 0,050 |
| Выживаемость, % | 100 | 100 |

*** $P \geq 0,999$

За период эксперимента, лучшие результаты по приростам были зафиксированы в опытной группе. Показатель абсолютного, относительного и среднесуточного прироста в опытной группе был выше

по сравнению с контрольной группой на 59,94 г; 2,23 % и на 0,32 г, соответственно. Коэффициент массонакопления в опытной группе превышал контрольные цифры на 0,003. Выживаемость в обеих группах составила 100 %.

Затраты корма, обменной энергии и сырого протеина на 1 кг прироста массы рыбы в опытной группе были ниже на 0,03 кг, на 0,56 МДж и 17,02 г, соответственно, по сравнению с контрольной группой, где этот показатель составил 1,28 кг комбикорма, 19,51 МДж и 590,17 г.

3.3.3 Биохимические параметры крови и мышечной ткани

В результате проведения биохимического анализа крови полученные данные по количественному содержанию общего билирубина, прямого билирубина, активность аспартатаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ), общего белка, креатинина, глюкозы, кальция и фосфора достоверно не отличались между подопытными группами (таблица 6).

Таблица 6 - Некоторые биохимические показатели сыворотки крови осетров при использовании в кормлении вермимуки

| Показатель | Единицы измерения | Группа (n=5) | |
|--------------------|-------------------|--------------|------------|
| | | контрольная | опытная |
| Билирубин общий | мкмоль/л | 10,48±0,50 | 10,40±1,75 |
| Билирубин прямой | мкмоль/л | 1,78±0,10 | 2,12±0,53 |
| АсТ | Ед./л | 28,28±1,55 | 31,10±4,84 |
| АлТ | Ед./л | 45,48±1,72 | 47,14±3,9 |
| Белок общий | г/л | 71,30±3,02 | 69,50±3,58 |
| Креатинин | мкмоль/л | 90,44±3,54 | 89,70±5,84 |
| Глюкоза | ммоль/л | 3,26±0,29 | 3,44±0,36 |
| Щелочная фосфатаза | Ед./л | 59,98±3,91 | 60,94±4,19 |
| Кальций | ммоль/л | 3,90±0,09 | 3,84±0,08 |
| Фосфор | ммоль/л | 2,54±0,13 | 2,54±0,09 |

3.3.4 Состояние внутренних органов

Для оценки состояния внутренних органов и товарного качества рыбной продукции был проведен контрольный убой пяти особей осетра из каждой подопытной группы со средней массой 808±7,27 и 864±13,83. Визуальная оценка показала, что внутренние органы без патологий и находились анатомически правильно в полости тела. Масса внутренних органов контрольной и опытной группы достоверно не отличалась. Значения соматических индексов органов у осетров опытной и контрольной групп были на одном уровне или чуть выше.

3.3.5 Товарные качества осетровых

Для определения товарных качеств гибридов осетровых во время контрольного убоя был рассчитан вес съедобных, условно съедобных и несъедобных частей рыбы и их процентное соотношение. Выход съедобных частей в опытной группе был выше на 1,37 % по сравнению с контролем и составил 40,76 %. Выход условно съедобных частей в опытной группе составил 32,66 %, что на 2,45 % ниже, чем в контроле, а выход несъедобных частей был примерно на одном уровне у подопытных групп (таблица 7).

Таблица 7 – Процентное соотношение съедобных, условно съедобных и несъедобных частей рыбы

| Показатель | Группа | |
|-----------------------------------|-------------|---------|
| | контрольная | опытная |
| Выход съедобных частей, % | 39,39 | 40,76 |
| Выход условно съедобных частей, % | 34,21 | 32,66 |
| Выход несъедобных частей, % | 26,40 | 26,58 |

Коэффициент упитанности по Фультону в контрольной и опытной группе был примерно на одном уровне и составил 0,37 и 0,38, соответственно.

3.3.6 Питательная ценность мышечной ткани гибрида осетра

Количество белка в мышцах опытной группы было несколько снижено на 1,58 % по сравнению с контрольной группой, но по количеству жира особи опытной группы, опережали своих сверстников в контроле на 0,63 % (рисунок 3).

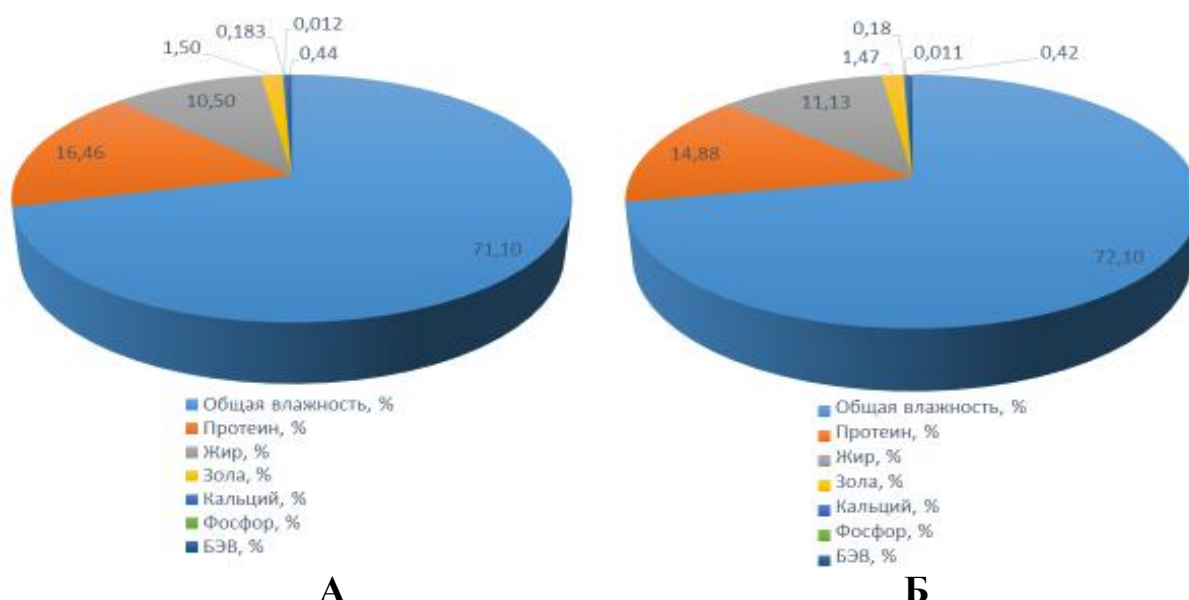


Рисунок 3 – Питательная ценность мышечной ткани гибрида осетра:

А - контрольная группа; Б – опытная группа

Исследования мышечной ткани на содержание аминокислот и биологическую ценность белка показали, что в исследованных пробах подопытных групп в количественном отношении доминируют следующие кислоты: лизин, лейцин, фенилаланин, аспарагиновая, глутаминовая, аргинин. Биологическая ценность белка была выше у опытной группы по сравнению со значением по этому показателю контрольных рыб на 6,9 % и составила 45,26 %.

При оценке жирнокислотного состава мышечной ткани было установлено, что по ряду полиненасыщенных жирных кислот (n-3 и n-6), выполняющих важную роль в функционировании мозга, всей нервной системы, способствующей ростовым процессам и резистентности к заболеваниям, опытная группа превосходит контрольную группу.

3.3.7 Результаты органолептической оценки мышечной ткани

По пятибалльной шкале была дана экспертная оценка: по вкусу, сочности, запаху, жесткости, волокнистости, цвету мышечная ткань опытной группы незначительно превосходит контрольную группу на 0,3 балла, а по качественным показателям бульона, таким как цвет, вкус, аромат, наваристость, прозрачность и капельки жира - на 0,5 балла.

3.3.8 Экономическая эффективность выращивания осетровых при использовании оптимального количества вермикуки

Себестоимость 1 кг рыбы опытной группы была ниже контрольных цифр на 38,73 руб. Прибыль от реализации рыбной продукции в опытной группе превысила прибыль в контроле на 2790 руб. и равнялась 17820 руб. (таблица 8).

Таблица 8 – Экономическая эффективность

| Показатель | Группа | |
|---|-------------|---------|
| | контрольная | опытная |
| Масса в начале, кг | 12,78 | 12,76 |
| Масса в конце, кг | 40,21 | 43,19 |
| Прирост, кг | 27,43 | 30,43 |
| Стоимость всего посадочного материала, тыс. руб. | 15,34 | 15,32 |
| Скормлено комбикорма на группу, кг | 35,19 | 37,91 |
| Стоимость комбикорма, тыс. руб. | 6,93 | 7,60 |
| Стоимость комбикорма с добавкой, тыс. руб. | | 7,74 |
| Затраты кормов на 1 кг прироста, кг | 1,28 | 1,25 |
| Реализационная цена 1 кг рыбы, тыс. руб. | 1,20 | 1,20 |
| Выручка от реализации рыбы, тыс. руб. | 48,25 | 51,83 |
| Себестоимость рыбы, тыс. руб. | 33,22 | 34,01 |
| Себестоимость 1 кг рыбы, руб. | 826,12 | 787,45 |
| Прибыль от реализации рыбы, тыс. руб. | 15,03 | 17,82 |
| Прибыль от реализации 1 кг рыбы, руб. | 373,88 | 412,61 |
| Дополнительно полученная прибыль от реализации, тыс. руб. | | 2,79 |
| Уровень рентабельности, % | 45,26 | 52,40 |

В опытной группе отмечен более высокий уровень рентабельности рыбной продукции, он составил 52,40 %, что на 7,14 % выше уровня рентабельности в контрольной группе.

Результаты проведенных исследований показывают, что уровень замещения рыбной муки в количестве 7 % является оптимальным для повышения продуктивности и эффективности выращивания рыбы.

3.3.9 Производственная апробация

Производственная апробация, проведенная в рыбоводном индустриальном хозяйстве ООО «Рыбный дом», показала, что использование вермикуки в рационе осетровых, с заменой рыбной муки в количестве 7 %, повышает выход конечной продукции по сравнению с контрольной группой на 8,4 кг. Затраты корма на один килограмм прироста в контрольной группе составили 1,25 кг, а в опытной группе,

получавшей в своём рационе вермимуку, этот показатель был ниже на 0,05 кг и составил 1,20 кг. Себестоимость 1 кг рыбы опытной группы также была меньше на 31,7 руб. по сравнению с контролем (таблица 9).

Таблица 9 – Экономические показатели производственной апробации

| Показатель | Группа | |
|---|-------------|---------|
| | контрольная | опытная |
| Масса в начале, кг | 61,68 | 60,66 |
| Масса в конце, кг | 158,79 | 166,17 |
| Прирост, кг | 97,11 | 105,51 |
| Стоимость всего посадочного материала, тыс. руб. | 92,52 | 90,99 |
| Скормлено комбикорма на группу, кг | 121,85 | 127,15 |
| Стоимость комбикорма, тыс. руб. | 24,00 | 25,50 |
| Стоимость комбикорма с добавкой, тыс. руб. | | 26,19 |
| Затраты кормов на 1 кг прироста, кг | 1,25 | 1,20 |
| Реализационная цена 1 кг рыбы, руб. | 1200 | 1200 |
| Выручка от реализации рыбы, тыс. руб. | 190,54 | 199,40 |
| Себестоимость рыбы, тыс. руб. | 127,47 | 128,13 |
| Себестоимость 1 кг рыбы, руб. | 802,79 | 771,09 |
| Прибыль от реализации рыбы, тыс. руб. | 63,07 | 71,27 |
| Дополнительно полученная прибыль от реализации, тыс. руб. | | 8,20 |
| Уровень рентабельности, % | 49,47 | 55,62 |

В результате чего дополнительно полученная прибыль составила 8,20 тыс. рублей, а уровень рентабельности выращивания гибрида сибирского и русского осетра вырос на 6,15 % по сравнению с контрольной группой, которой скормливался комбикорм со стандартной рецептурой.

Заключение

На основании данных, полученных в ходе проведённых исследований, нами были сделаны следующие выводы:

1. Разработанная технология получения муки из компостного червя, позволила получить однородную текстуру с выраженным приятным мясным запахом светло коричневого цвета с содержанием сырого протеина - 46,06 % и сырого жира 10,9 %.

2. В опытных комбикормах с 5 и 7 % вермимуки в рационе, количество сырого протеина было ниже на 0,5 и 1,3 %, но содержание сырого жира выше на 0,72 и 1,96 % по сравнению с контролем. По содержанию незаменимых аминокислот: лизин, фенилаланин, комбинации метионин+цистеин превышали контрольную группу на 15,4; 15,5; 13,7 % и на 102,6; 25,2; 31,4 %, соответственно.

3. При введении в рацион оптимального количества вермимуки динамика роста средней массы одной особи была выше у опытной группы на 40,36 г, абсолютный прирост, относительный прирост и среднесуточный прирост - был выше в этой группе на 59,94 г, 2,23 % и 0,32 г, соответственно, по сравнению с контрольной группой. Затраты

корма, на 1 кг прироста в опытной группе были ниже на 30 г по сравнению с контролем.

4. Введение в комбикорм муки из компостного червя в количестве 7 % не оказало негативного влияния на состояние внутренних органов и биохимические показатели крови гибрида русского и сибирского осетра.

5. Убойный выход съедобных частей в опытной группе был выше на 33,85 г, что в процентном отношении больше на 1,37 % по сравнению с контролем. Выход условно- съедобных частей в опытной группе составил 32,66 %, что на 2,45 % ниже, чем в контроле, а выход несъедобных частей был примерно на одном уровне у подопытных групп. При исследовании питательной ценности мышечной ткани было установлено, что количество белка в мышцах опытной группы было несколько снижено на 1,58 % по сравнению с контрольной группой, но по количеству жира особи опытной группы, опережали особей в контроле на 0,63 %. Биологическая ценность белка опытной группы выше по сравнению с мышечной тканью контрольных рыб на 6,9 %. У рыб опытной группы наблюдалось увеличение содержания полиненасыщенных жирных кислот на 0,18 % по сравнению с контролем.

6. Установлена оптимальная норма ввода белкового компонента из компостного червя в рацион гибрида русского и сибирского осетра, которая составляет 7 % от количества рыбной муки.

7. Использование вермимуки, с заменой рыбной муки в количестве 7 %, повышает продуктивность выращиваемой рыбы с уменьшением затрат кормов на единицу прироста, в результате чего рентабельность выращивания гибрида сибирского и русского осетра возрастает на 7,14 % по сравнению с контрольной группой.

Предложение производству

Рекомендуем использование вермимуки в количестве 7 % с замещением тождественного количества рыбной муки в составе комбикормов для осетровых рыб при выращивании рыбы в промышленных условиях. Это способствует повышению продуктивных и товарных качеств, а также снижению затрат кормов на единицу прироста массы рыбы и повышению уровня рентабельности производства рыбной продукции.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В перспективе намечены планы по исследованию влияния муки из компостного червя в составе комбикорма на рост и развитие молоди и производителей различных осетровых рыб.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Орленко, Е. В. Технология приготовления вермимуки из компостного червя для кормления объектов аквакультуры / Поддубная И. В., Руднева О. Н., Гуркина О. А., Тарасов П. С., Орленко Е. В. // Аграрная Россия. – 2023. – № 11. – С. 45–48.

2. Орленко, Е. В. Воздействие комбикорма с добавлением вермикули на убойные качества осетров / Поддубная И. В., Руднева О. Н., Гуркина О. А., Тарасов П. С., Орленко Е. В. // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2024. – Т. 61–1. – С. 68–74.
3. Орленко, Е. В. Использование червя *Eisenia fetida* в качестве кормовой добавки для гибрида русско-ленского осетра / Поддубная И. В., Руднева О. Н., Гуркина О. А., Орленко Е. В., Тарасов П. С. // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 12. – С. 133–137.
4. Орленко, Е. В. Включение муки из червей (*Eisenia fetida*) в качестве альтернативного источника белка в рационы для осетров / Поддубная И. В., Руднева О. Н., Гуркина О. А., Орленко Е. В. // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2024. – № 1 (76). – С. 103–106.
5. Орленко, Е. В. Оценка воздействия корма с добавлением вермикули на аминокислотный состав мышечной ткани осетров / Гуркина О. А., Поддубная И. В., Руднева О. Н., Тарасов П. С., Орленко Е. В. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 6 (144).
6. Способ производства белковой кормовой добавки для выращивания осетровых рыб : патент на изобретение RU 2821071 C1 / Поддубная И. В., Гуркина О. А., Руднева О. Н., Орленко Е. В., Ермаков М. Д., Масленников Р. В., Резепова А. В. ; заявл. 25.12.2023; опубл. 17.06.2024. – Заявка № 2023134978.
7. Орленко, Е. В. Разработка кормовых добавок для промышленного рыбоводства: монография / Поддубная И. В., Руднева О. Н., Гуркина О. А., Тарасов П. С., Орленко Е. В. – Саратов: Саратовский источник, 2024. – 110 с.
8. Орленко, Е. В. Замена рыбной муки альтернативными источниками протеина в производстве комбикормов для аквакультуры / Тарасов П. С., Поддубная И. В., Орленко Е. В. // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: материалы III Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2023. – С. 249–252.
9. Орленко, Е. В. Эффективность использования кормовой добавки с вермикулой для промышленного рыбоводства / Поддубная И. В., Руднева О. Н., Гуркина О. А., Орленко Е. В. // Будущее аквакультуры. Прогрессивные биотехнологии: материалы международной научно-практической конференции. – Саратов, 2024. – С. 45–50.
10. Орленко, Е. В. Динамика роста гибрида русского и сибирского осетра с использованием в составе комбикорма вермикули при выращивании в УЗВ / Орленко Е. В., Тарасов П. С., Поддубная И. В., Судакова А. В. // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации. IX Национальная научно-практическая конференция с международным участием. – Саратов, 2024. – С. 129–133.

ЛР №020444 от 10.03.98 г.
Подписано в печать 22.04.2026 г.
Формат 60x84 1/16. Печ.л.1 Заказ № ____.
Тираж 100 экз.
Общество с ограниченной ответственностью «НЕОДИМ»
413121, Саратовская область, г. Энгельс,
ул. 148-й Черниговской дивизии, 26.
Тел.: 8-(8453) 95-27-05, 95-35-39, 8-905-326-89-17.
E-mail: neodeem@yandex.ru