ОТЗЫВ

официального оппонента доктора сельскохозяйственных наук по специальности 06.02.08 – Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов Гусевой Юлии Анатольевны на диссертационную работу Салех Хатем «Эффективность использования аминокислотной добавки L- изолейцина и других разветвленных аминокислот в комбикормах при выращивании нильской тиляпии (*Oreochromis Niloticus*)», представленную в диссертационный совет 35.2.030.10 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет–МСХА имени К.А. Тимирязева» к защите на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 4.2.4 – Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства

Актуальность выбранной темы Аквакультура превратилась в один из ключевых сегментов мирового продовольственного комплекса: по данным ФАО, в 2022 году её объём достиг рекордных 130,9 млн тонн и впервые в истории превысил улов промышленного рыболовства (94,4 млн тонн против 91,0 млн тонн), а к 2032 году производство продукции аквакультуры прогнозируется на уровне 111 млн тонн. Интенсификация рыбоводства неразрывно связана с кормовой базой: доля кормов в себестоимости товарной рыбы достигает 60–80%, поэтому точное нормирование аминокислотного питания и оперативный контроль состава комбикормов являются задачами не только зоотехнического, но и экономического характера.

Нильская тиляпия (*Oreochromis niloticus*) — второй по объёму объект мировой аквакультуры, отличающийся неприхотливостью, высокой продуктивностью и широкой географией культивирования. Мировой рынок тиляпии оценивается в 14,5 млрд долларов США (2024 г.), причём на

нильскую тиляпию приходится 75,3% его стоимостного объёма; к 2034 году рынок прогнозируется в объёме 23 млрд долларов, что делает повышение кормовой эффективности при её выращивании актуальным для глобального и отечественного рынков.

Значимость работы усиливают рыночный и конфессиональный аспекты, так как мировой рынок халяльной продукции оценивается в 2,7 трлн долларов США (2025 г.) с прогнозом роста до 6 трлн долларов к 2034 году, а российский экспорт такой продукции охватывает 19 стран. Полное исключение мясокостной муки из рецептур рыбных комбикормов, диктуемое стандартами «Халяль» и принципами биобезопасности, расширяет экспортный потенциал разработки.

Ограничение использования рыбной и мясокостной муки — по соображениям биобезопасности, стоимости и религиозно-этическим требованиям — вынуждает переводить рационы на растительную основу, что нарушает баланс незаменимых аминокислот. Концепция «идеального протеина» применительно к аминокислотам с разветвлённой углеродной цепью (изолейцин, лейцин, валин) позволяет точно нормировать потребности рыбы, устранить избыточное включение белка в рацион и тем самым снизить азотную нагрузку на водоёмы и себестоимость кормления, что отвечает принципам устойчивого развития аквакультуры.

Международную значимость теме придаёт меморандум о сотрудничестве Российской Федерации и Сирийской Арабской Республики в области рыбного хозяйства и аквакультуры. Восстановление агропромышленного комплекса САР требует недорогих, адаптированных к местному сырью технологий, на передачу которых ориентированы результаты исследования.

Тема соответствует так же задачам Государственной программы развития сельского хозяйства Российской Федерации, утверждённой постановлением Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717, в том числе подпрограмме развития производства кормов и кормовых добавок

(постановление от 3 сентября 2021 г. № 1489) и мерам поддержки производства кормов для аквакультуры, а также отвечает запросам Прогноза научно-технологического развития агропромышленного комплекса РФ до 2030 года (приказ Минсельхоза России от 12 января 2017 г. № 3): глубокая переработка сырья и производство аминокислот, мировой рынок которых оценивается в 35 млрд долларов в год при фактическом отсутствии отечественных производителей, внедрение экспресс-методов анализа, цифровизация и импортозамещение технологий. Стратегическим ориентиром служит и Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ до 2030 года, предусматривающая рост товарной аквакультуры до 618 тыс. тонн при доле отечественных аквакормов 82%.

Таким образом, исследование находится на пересечении приоритетов мировой аквакультуры, государственной агропродовольственной политики и запросов кормопроизводства, оно предлагает научное решение проблемы нормирования аминокислотного питания тиляпии и промышленный инструмент контроля качества комбикормов, ориентированный как на внутренний рынок, так и на международную кооперацию.

Новизна исследований и полученных результатов. Салех Хатем впервые разработал и представил комплексную калибровочную модель для быстрого определения основного вещества в кормовых аминокислотах с использованием инфракрасной спектроскопии в ближнем ИК-диапазоне. Разработал рецепты комбикормов для производства гранулированного комбикорма без мясокостной муки с «чистыми» формами разветвленных аминокислот. Определил оптимальные рецепты комбикормов с добавлением разветвленных аминокислот: L-изолейцина, L-лейцина, L-валина. Оценил показатели продуктивности, химический состав мышечной ткани нильской тиляпии *O. niloticus*. Определил экономическую эффективность дополнительного использования «чистого» L-изолейцина, L-лейцина, L-валина в рационах при выращивании нильской тиляпии. Представил данные для возможной коррекции модели «идеального протеина» тиляпии.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Научные положения, изложенные в диссертационной работе, а также выводы и предложения производству, вытекающие из результатов проведенной научно-исследовательской работе, вполне обоснованы.

Научные положения, выводы и рекомендации диссертации обоснованы достаточным объёмом экспериментального материала, полученного в трёх научно-хозяйственных опытах (2021–2026 гг.) на базе двух учреждений — кафедры кормления животных РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева и кафедры водных биоресурсов и аквакультуры Волгоградского ГАУ. Общий объём исследованного поголовья составил 384 особи нильской тиляпии, охвачены разные этапы продуктивного онтогенеза: стартовый период (21 сутки), полный производственный цикл из пяти этапов общей продолжительностью 184 суток и производственная апробация на товарной стадии (45 суток).

На протяжении всех опытов контролируемые параметры среды удерживались в пределах, рекомендованных для нильской тиляпии значений: температура 27,8–28,1 °C, растворённый кислород 5,5–5,9 мг/л, pH 7,2–7,3; концентрации аммиака, нитритов и нитратов были существенно ниже предельно допустимых норм. Низкие коэффициенты вариации по средовым показателям (менее 0,7% по температуре, менее 2,0% по pH) и статистическая однородность групп на старте позволяют отнести различия в продуктивности к действию изучаемого фактора — состава рациона, а не к условиям содержания.

Калибровочные модели FT NIR спектроскопии (PLS-регрессия) для определения метионина, лизина, треонина, валина и изолейцина верифицированы эталонным методом ВЭЖХ; остаточное прогностическое отклонение превышало 1,3 по всем аминокислотам, что подтверждает применимость методики для экспресс-контроля качества сырья. Химический состав кормов и мышечной ткани определяли по стандартизированным методикам.

Данные обработаны общепринятыми биометрическими методами с использованием t-критерия Стьюдента при уровне значимости $p < 0,05$ (по Н.А. Плохинскому, 1970); достоверность межгрупповых различий в таблицах подтверждена буквенными индексами значимости.

Выводы опираются не на изолированные показатели, а на согласованную систему: динамика живой массы и линейного роста, абсолютный и среднесуточный приросты, коэффициент массонакопления, относительная скорость роста; рыбоводно-биологические показатели (ихтиомасса, выход продукции с единицы объёма, затраты корма и протеина); экстерьерные, интерьерные и гематологические показатели; химический и аминокислотный состав мышечной ткани; энергетическая ценность; расчёты биологической ценности белка по PDCAAS и DIAAS; органолептическая оценка по методикам ISO 8586, ISO 8589, ГОСТ ISO 6658-2016; экономическая оценка. Совпадение направленности эффектов по всем блокам показателей повышает надёжность заключений.

Лучшие варианты рационов, выявленные во втором опыте, были проверены в третьем (производственном) опыте, что обеспечило воспроизведение эффектов. Разработанная модель «идеального протеина» для фазы максимального роста (лизин 100: лейцин 175: изолейцин 98: валин 114) показала практическое совпадение с моделью Национального университета Тайваня (расхождение по лейцину −0,01, по валину −0,04), что свидетельствует о её согласованности с международными данными.

Материалы доложены на четырёх научных конференциях 2023–2026 гг., опубликованы в 13 работах (4 статьи в журналах ВАК, 3 патента, монография); работа удостоена двух золотых медалей Российской агропромышленной выставки «Золотая осень». Сформулированные предложения производству (дифференцированное по этапам выращивания применение добавок ВСАА: моно-добавка изолейцина на старте, комбинация изолейцина и валина в продуктивный период, комплексное обогащение

тремя аминокислотами на заключительном этапе) вытекают непосредственно из экспериментальных данных и проверены в производственном опыте.

Материалы доложены на четырёх научных конференциях 2023–2026 гг., опубликованы в 13 работах, работа удостоена двух золотых медалей Российской агропромышленной выставки «Золотая осень». Сформулированные предложения производству (дифференцированное по этапам выращивания применение добавок BCAA: моно-добавка изолейцина на старте, комбинация изолейцина и валина в продуктивный период, комплексное обогащение тремя аминокислотами на заключительном этапе) вытекают непосредственно из экспериментальных данных и проверены в производственном опыте.

Содержание диссертации, ее завершенность публикации автора. Диссертационная работа Салех Хатем на соискание ученой степени кандидата биологических наук представлена на 222 страницах машинописного текса, включает следующие разделы: введение, обзор литературы, собственные исследования, обсуждение полученных результатов, заключение, список литературы, список сокращений и условных обозначений и приложения. Работа содержит 53 таблицы и 17 рисунков. Список литературы включает 248 источников, в том числе 186 иностранных.

Обзор литературы охватывает состояние мировой и российской аквакультуры, специфику рыбоводства в Сирийской Арабской Республике, биологическую и рыбохозяйственную характеристику нильской тиляпии, вопросы белкового и аминокислотного питания рыб, включая физиологию аминокислот с разветвлённой цепью, и особенности применения модели «идеального протеина» в кормлении рыб.

Глава 2 описывает материальную базу, схемы трёх научно-хозяйственных опытов и аналитические методы.

Глава 3 излагает результаты по логике решаемых задач: разработку методики экспресс-определения изолейцина методом FT NIR спектроскопии с хемометрическими моделями; три научно-хозяйственных эксперимента с

оценкой продуктивных, рыбоводно-биологических, экстерьерных, интерьерных и гематологических показателей, химического состава и биологической ценности мышечной ткани, органолептической и экономической оценки; сопоставление разработанной модели «идеального протеина» с международными аналогами.

Диссертационная работа, выполненная Салех Хатем является законченным комплексным исследованием. По результатам выполненных исследований опубликовано опубликовано 13 научных работ, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 1 монография. Получены 3 патента РФ.

Детальное изучение рукописи диссертации, помимо отмеченных выше положительных сторон, вызвало ряд вопросов и пожеланий:

1. Как вы интерпретируете динамику КРАС (0,38 → 0,57): почему увеличение коэффициента различия трактуется как повышение сбалансированности белка, тогда как по классической методике рост КРАС означает снижение соответствия эталону? Каково точное определение КРАС в вашей работе — «коэффициент различия» или «коэффициент рациональности»?

2. Как объяснить смещение оптимума дозы изолейцина: 20% в первом опыте (21 сут.) против 30% на первом этапе второго опыта (40 сут.)? Это эффект этапа онтогенеза или длительности экспозиции?

3. В группе 7 на завершающем этапе зафиксирован максимальный прирост и максимальная биологическая ценность мяса, но минимальный экономический эффект (+450 руб/м³). Что лежит в основе этого расхождения — стоимость добавок, снижение конверсии на предыдущих этапах или иные факторы? Учитывалась ли стоимость аминокислотных добавок в расчёте экономической эффективности?

4. Какими прямыми экспериментальными данными подтверждается положение о влиянии добавок на «уровень ретенции азота»?

5. На каком основании в контрольный рацион уже заложен уровень изолейцина 1,29% корма, превышающий норму NRC (0,75–1,05%)? Рассматривался ли риск антагонизма BCAA при дозе 40% по всем трём аминокислотам?

6. Почему группы на старте этапов 2–5 второго опыта и на старте третьего опыта различались по средней массе (49,4 против 46,7 г; 265,2 против 377,3 г)? Как это повлияло на сравнение приростов и возможно ли корректное сравнение без пересчёта с учётом начальной массы?

7. Почему 5 я группа, рекомендованная к внедрению (+2160 руб/м³), не была включена в третий (производственный) опыт?

8. Как объяснить, что контроль по консистенции (4,9) и внешнему виду (4,7) в таблице 3.3.5.1 выше значений 4 й группы (4,5 и 4,8), при выводе о превосходстве 4 й группы по всем органолептическим параметрам? Почему в органолептическом анализе не представлены группы 5–7?

9. Возможно ли использование рекомендованной модели «идеального протеина» на других рецептурах (не только «местного сырья»)? Планируется ли проверка модели на промышленных комбикормах с иными источниками протеина?

Заключение. Диссертационная работа Салех Хатем является целостной, законченной научно-исследовательской работой, посвящённой решению важной научно-хозяйственной задачи — повышению продуктивности выращивания нильской тиляпии за счёт оптимизации аминокислотного профиля комбикормов по концепции «идеального протеина». Работа выполнена на актуальную тему, отличается логичностью построения, методической последовательностью (три научно-хозяйственных опыта, охватывающие полный продуктивный онтогенез) и комплексностью полученных результатов. Научная новизна подтверждается разработкой хемометрических моделей FT-NIR-контроля аминокислот, моделью «идеального протеина» для тиляпии и экономически обоснованными рекомендациями по дозировкам разветвлённых аминокислот. Практическая

значимость работы подтверждается публикациями, патентами РФ и апробацией. Диссертация соответствует критериям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Министерства науки и высшего образования РФ утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24.09.2013, а её автор — присуждения учёной степени кандидата биологических наук по специальности 4.2.4 – Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства

Официальный оппонент
Доктор сельскохозяйственных наук
(научная специальности 06.02.08 –
кормопроизводство, кормление
сельскохозяйственных животных и
технология кормов), доцент,
профессор кафедры кормление и кормопроизводство
ФГБОУ ВО «Московская государственная
академия ветеринарной медицины и
биотехнологии — МВА имени К. И.
Скрябина»
109472, г. Москва, ул, Академика
Скрябина, д. 23
89050334596
yuliyguseva@yandex.ru

Гусева
Юлия Анатольевна

Подпись Гусевой Ю.А.
заверяю Начальник административного отдела
Дешевых Е.Е. Дешевых
"16" ноября 16