

Рязанов Виталий Александрович

**Влияние скармливания «защищённых» жиров на формирование
рубцового пищеварения, эффективность использования
питательных веществ и продуктивность бычков**

06.02.08 – кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и
технология кормов

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Оренбург – 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ
Левахин Георгий Иванович

Официальные оппоненты: **Кононенко Сергей Иванович** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии», ВРИО директора);
Варакин Александр Тихонович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», профессор кафедры «Частная зоотехния»).

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Защита состоится «6» декабря 2018 г. в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 006.067.01 на базе ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» по адресу: 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ГНУ НИИММП и на сайтах: volniti.ucoz.ru; vak.ed.gov.ru

Автореферат разослан « » 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Сивков Александр Иванович

1 Общая характеристика работы

Актуальность темы. Неуклонное повышение генетического потенциала современных пород и кроссов крупного рогатого скота формирует новые требования к нормированию питания животных. Ввиду ограниченного объема пищеварительного аппарата рационы высокопродуктивных животных закономерно должны отличаться большей насыщенностью энергией и веществом, что предусматривает пересмотр традиционных подходов в нормировании питания жвачных. Одним из перспективных решений этой проблемы является более широкое использование жиров в питании животных (Мирошников С.А. и др., 2005; Andrade E.N et al., 2014; Горлов И.Ф. и др., 2018).

Вместе с тем насыщение рационов крупного рогатого скота жирами сопряжено с их распадом, депрессией микрофлоры и изменением рубцового пищеварения с последующим снижением переваримости некрахмальных полисахаридов и биодоступности кальция и магния (Алиев А.А, 1985; Muturi KN, et al, 2005; Dierking RM, et al, 2010; Ramos Morales E, et al, 2012)

Это обстоятельство определяет перспективность поиска путей снижения негативного влияния на пищеварение жвачных дополнительного включения в рацион жиров. Последнее оказывается возможным через использование «защищенных» жиров (Voigt J., 2006; Таранович А.П., 2007).

Степень разработанности темы. Жиры защищенные от расщепления в рубце принято называть «защищенными» (protected fat) или «проскакивающими» жирами – (bypass fat) (Naik P.K., 2013). Научкой разработан ряд решений по протекции жиров от расщепления в рубце. Защищённый жир можно получить путём омыления свободных жирных кислот щелочными металлами, смешиванием жиров с серосодержащими аминокислотами, обработкой альдегидами, заключением жиров в белковую оболочку и др. (Grant R. J. et al, 1990; Lurueña-Martínez M.A., et al, 2010). Отдельные из вышеперечисленных методов, по различным причинам не получили применения в животноводстве. Наибольшее распространение получили защищенные жиры в виде кальциевых солей жирных кислот и пальмовое масло, физически разделенное на фракции (Zinn R.A et al, 2007; Cooke RF et al, 2014).

Между тем используемые кормовые добавки-защищенные жиры имеют ряд недостатков, в числе которых щелочной запах и снижение поедаемости для мыл, трудности введения в рацион для твердых жиров и др. В связи с чем актуальной задачей представляется проведение дальнейших работ по совершенствованию существующих и созданию новых видов защищенного жира, в том числе при приготовления энерго-протеиновых и энергетических концентратов. Исходя из анализа литературных данных одним из возможных путей создания новых видов этих кормовых добавок является соэкструзия жирсодержащих кормов с минеральными комплексами, формирующими стойкие к воздействию микрофлоры рубца комплексы.

Цель и задачи исследований. Целью данных исследований, которые выполнялись в соответствии с Программой фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по развитию Агропромышленного комплекса РФ на

2011-2015 годы (тема 06.03.01); в соответствии планом фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы по теме № 0761-2014-0012, состояла в изучении особенностей рубцового пищеварения, эффективности использования питательных веществ и продуктивности молодняка крупного рогатого скота при скармлировании «защищённых» жиров в составе энергетической кормовой добавки.

При этом решались следующие задачи:

1. Изучить переваримость "*in vitro*" и распадаемость жиров в рубце кормосмесей с включением растительных жиров, воска, стеариновой кислоты и минеральных комплексов, в том числе после экструзионной обработки.
2. Изучить особенности рубцового пищеварения у животных при скармливании энергетических добавок с содержанием "защищенных" жиров.
3. Дать оценку влияния оцениваемых кормовых добавок на переваримость и обмен энергии в организме молодняка крупного рогатого скота.
4. Изучение влияние энергетических добавок с содержанием "защищенных" жиров на эффективность использования питательных веществ и рост подопытных животных.
5. Дать оценку экономической эффективности использования энергетических добавок, содержащих "защищенные" жиры, в кормлении молодняка крупного рогатого скота.

Научная новизна. Впервые проведены исследования по оценке влияние воска на расщепляемость растительных жиров в рубце. Дана оценка влиянию воска, стеариновой кислоты, кормосмесей после экструдирования на распадаемость сырого жира и переваримость *in vitro* сухого вещества кормов. В ходе опытов на молодняке крупного рогатого скота получены новые данные об особенностях обмена веществ, рубцовом пищеварении при скармливании кормовых средств с «защищенным» жиром. Предложено новое решение по защите жиров в составе энергетических добавок от расщепления в рубце.

Новизна научных исследований подтверждается патентом РФ на изобретение (Способ снижения распадаемости жиров корма в рубце жвачных животных RU 2627575 от 08.08.2017).

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы состоит в разработке новых решений по защите жиров от расщепления в рубце с использованием воска и стеариновой кислоты. Практическая ценность исследования заключается в том, что использование в кормлении крупного рогатого скота рационов на основе "защищенного" жира, позволит снизить негативное влияние добавок сырого жира на рубцовое пищеварение и переваримость сырой клетчатки. Разработанное технологическое решение по изготовлению кормовых добавок с использованием соэкструзии жирсодержащих отходов производства в комплексе с минеральными веществами при внедрении на производстве позволит повысить эффективность использования корма и увеличить рентабельность производства говядины на 2-5%.

Методология и методы исследований. В ходе проведения научных исследований использовались зоотехнические, физиологические, биохимические,

физико-химические методы исследований с применением современного сертифицированного оборудования. Полученный материал обработан при помощи программного пакета «Statistica 10.0».

Основные положения, выносимые на защиту:

- Включение в состав жиросодержащих кормовых добавок воска и стеариновой кислоты, их соэкструзия совместно с минеральными комплексами обеспечивает снижение распадаемости сырого жира в рубце.

- Рубцовое пищеварение и переваримость сырой клетчатки молодняком крупного рогатого скота может быть скорректировано введением жиров защищенных от распада в рубце.

- Использование защищенных жиров в кормлении молодняка крупного рогатого скота позволяет повысить экономическую эффективность производства прироста живой массы животных.

Степень достоверности и апробация работы. Научные положения, выводы и предложения производству обоснованы и базируются на аналитических и экспериментальных данных, степень достоверности которых доказана путем статистической обработки с использованием программного пакета Statistica 10.0. Выводы и предложения основаны на научных исследованиях, проведенных с использованием современных методов анализа и расчета. Основные материалы диссертационной работы доложены на Международных и Всероссийских научно-практических конференциях (Уфа, 2014; Оренбург, 2015, 2016), расширенном заседании научных сотрудников и специалистов отдела кормления сельскохозяйственных животных имени профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (Оренбург, 2018). Работа в 2015 году отмечена премией Губернатора Оренбургской области для молодых ученых.

Реализация результатов. Результаты исследований внедрены и применяются в СПК, колхоз «Красногорский», Оренбургской области, Саракташского района.

Публикация результатов исследований. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, в том числе 4 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Приоритетность исследований защищена патентом РФ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, результатов собственных исследований и их обсуждения, выводов, предложения производству, списка использованной литературы, приложения. Работа изложена на 112 печатных страницах, содержит 30 таблиц, рисунков 13. Список литературы включает 247 наименований, в том числе на иностранных языках-157 источников.

2 Материалы и методы исследований

Исследования проводились в период с 2013 по 2017 гг. в отделе кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук». Отдельные физиологические исследования выполнены в условиях Покровского сельскохозяйственного колледжа филиала ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет».

Исследования были выполнены в два этапа (рисунок 1). На первом этапе были проведены лабораторные исследования на моделях *in vitro*, *in situ* и *in vivo* по оценке эффективности различных методов «защиты» жиров. На втором этапе выполнен научно-хозяйственный опыт по апробации полученных кормовых средств, оценке продуктивного действия и экономической эффективности новых кормовых добавок.



Рисунок 1 – Общая схема исследований

С целью оценки качественных характеристик энергетических добавок были приготовлены и исследованы образцы, содержащие в своем составе: зерно ячменя, масло растительное (подсолнечное, пальмовое ГОСТ 31647 – 2012), фуз-отстой нативный и кавитированный, стеариновая кислота (ГОСТ 6484-96), отруби пшеничные, минеральные добавки (кальция фосфат кормовой ГОСТ 23999-80, сульфат натрия ГОСТ 5644-75, окись магния ГОСТ 4526-75), воск, кальциевые соли жирных кислот (мыла).

В качестве одного из методов оценки использован метод исследования жиров по Д.М. Муслюмовой (2013). Методика исследований включала последовательное обезжиривание и обезвоживание опилок, смешивание с растительным жиром (10 %) и другими компонентами, с последующей экспозицией в рубце фистулированных животных или «искусственном рубце KPL 01». Помимо этого опытные кормосмеси исследовали методами *in vitro* и *in situ* по методике В.В. Попова, Е.Т. Рыбиной (1983) в модификации Г.И. Левахина и А.Г. Мещерякова (2003).

Барогидротермическую обработку образцов осуществляли на экструдере ЭТР-500/30-КО, производительностью 45 кг/ч, с частотой вращения шнека $n=160$ об/мин. В процессе экструдирования создается давление 10 мПа и температура не выше 120°C при влажности готовой смеси 30% (Холодилина Т.Н., 2006; Дроздова Е.А. 2007).

Для проведения ультразвуковой обработки жиросодержащих веществ использовали лабораторную ультразвуковую установку И100-6/1 мощностью 700 Вт с рабочей частотой $22\pm 10\%$ кГц и амплитудой ультразвуковых колебаний торце ультразвукового преобразователя 40 мкм. Кавитация продолжалась в течение 15 минут при частоте 22 кГц.

В ходе научно-хозяйственного опыта оценивали эффективность приготовленных энергетических добавок с содержанием защищенного жира (таблица 1).

Таблица 1– Схема научно-хозяйственного опыта

Группа	Кол-во животных, гол.	Возраст при постановке на опыт	Продолжительность периода, сут.	
			подготовительный	основной
			30	122
контрольная	10	11	особенности кормления	
			Основной рацион (ОР)	ОР
I опытная	10	11	ОР	ОР + КР1
II опытная	10	11	ОР	ОР + КР2

КР1 – экструдированная кормосмесь (ячмень 79%, отруби пшеничные 6 %, фуз 12%, минеральная добавка 3 %;

КР2 – кормосмесь (экструдированный ячмень 79%, отруби пшеничные 6 %, фуз 12%, минеральная добавка 3 %).

С целью изучения особенностей рубцового пищеварения проводили исследование состава рубцовой жидкости. Для этого у фистульных животных брались пробы рубцового содержимого в количестве 300 мл через 3 часа после начала кормления. Пробы фильтровали через 4 слоя марли, в жидкой её части определяли концентрацию водородных ионов (рН) ионометром ЭВ-74.

Подсчёт инфузорий проводился микроскопическим методом в счётной камере Горяева. Общий и остаточный азот в рубцовой жидкости определяли методом Кьельдаля в модификации П.Г. Лебедева и А.Т. Усовича (1976), белковый - расчётным путём по разности общего и остаточного азота, аммиак - микро-диффузионным методом в чашках Конвея. Общее количество летучих

жирных кислот (ЛЖК) - методом паровой дистилляции в аппарате Маркгама.

Переваримость питательных веществ рациона, особенности обмена азота и энергии в организме подопытных животных устанавливали в ходе балансового опыта по общепринятой методике. Исследования кормов и биосубстратов животных выполнены в Центре коллективного пользования ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (Испытательный центр, аккредитация Рос.RU № 000121 ПФ59) на содержание в них сухого вещества, сырого протеина (ГОСТ 13496.4-93), сырого жира (ГОСТ 13496.15-97), сырой клетчатки (ГОСТ 12396.2-91), сырой золы (ГОСТ 26226-95), кальция (ГОСТ 26570-95), фосфора (ГОСТ 26657-97). В пробах мочи (2% от веса) определили количество азота (методом Кьельдаля), кальция и фосфора (Лебедев П.Т., Усович А.Т., 1976) и др.

Обмен энергии в организме подопытных животных изучался, исходя из рекомендаций Н.Г. Григорьева и др. (1989); А.П. Калашникова и др. (2003).

По окончании исследований на основании данных о затратах на содержание подопытных животных, их продуктивности, рассчитывалась экономическая эффективность различных технологий ввода жира в рацион животных, сделано заключение о перспективности использования энергетических добавок с содержанием защищенного жира в рационе молодняка крупного рогатого скота.

Основные данные были подвергнуты статистической обработке с использованием программ «Excel», «Statistica 10,0». Достоверными считали различия при $p \leq 0,05$. Полученные по ходу эксперимента цифровые данные были обработаны методом вариационной статистики (Гатаулиным А.М., 1992).

Данные в таблицах представлены в виде $M \pm m$, где M – среднее арифметическое, m – ошибка средней арифметической. В случае нормального распределения, когда в сравниваемых группах разница между средней арифметической (M) и медианой (Me) была менее 10%, оценку статистической значимости различий между группами проводили с помощью t - критерия Стьюдента. Если же сравниваемые показатели имели распределение, отличающееся от нормального, то сравнение проводили с помощью U – теста Манна-Уитни, то есть непараметрического аналога t - критерия Стьюдента.

3 Результаты собственных исследований

В ходе пилотных исследований была дана оценка эффективности мероприятий по «защите» жира с использованием добавок воска и стеариновой кислоты. Для этого были приготовлены образцы: I - опилки 90 %, пальмовое масло 9,5%, воск 0,5 %; II – опилки 90%, пальмовое масло 9 %, воска 1%; III – опилки 90%, пальмовое масло 7,5%, воска 2,5 %, IV – опилки 90% пальмовое масло 2,5%, воска 7,5 %; V - опилки 90%, кальциевые мыла 10%.

Как следует из полученных результатов введение воска сопровождалось снижением распадаемости растительного жира с 40,6% при введении 5% воска, до 25,3 – 24,3% при введении 10-25% и до 13,7% при введении 75% воска. С учетом значительной стоимости воска, от 200 тыс. рублей за тонну, эффект от включения этого продукта в состав жира кормового для снижения его расщеп-

ления представляется не эффективным. Однако, следует отметить, что само решение по снижению распадаемости жира кормового при введении воска заслуживает внимание и в случае снижении стоимости воска на рынке или наличия более дешевых его аналогов использование этого продукта для повышения продуктивного действия кормовых жиров в рационе жвачных представляется рациональным.

Для проведения исследований по оценке биологических характеристик сырого жира с включением стеариновой кислоты были приготовлены образцы следующего состава: ячмень, отруби, пальмовое масло; ячмень, отруби, пальмовое масло, минеральная добавка; ячмень, отруби, пальмовое масло + 1 % стеариновой кислоты; ячмень, отруби, пальмовое масло + 5 % стеариновой кислоты; ячмень, отруби, пальмовое масло + 10 % стеариновой кислоты; ячмень, отруби, пальмовое масло обработанное гидроксидом кальция (мыла).

Анализ характеристик кормовых смесей, по биодоступности методом *in vitro* и *in situ*, позволил выявить, что переваримость сухого вещества *in vitro* при введении стеариновой кислоты в дозировках от 1 до 10 %, составляет 93,7-94,5 %. Это превышает аналогичный показатель в контроле на 5,6-6,5%, величину переваримости при использовании мыл на 4,05 %.

Стоит отметить, что введение стеариновой кислоты способствовало снижению расщепляемости сырого жира *in situ* на 3-6%.

3.1 Результаты I лабораторного опыта

С целью оценки оптимального соотношения компонентов в концентратных смесях, содержащих ячмень и растительные жиры, нами была проведена первая серия исследований. Для проведения исследований готовились кормосмеси содержащие от 5 до 15% масла растительного, от 79 до 93% зерна ячменя и 2-6% минеральной добавки.

Полученные смеси подвергались экструдированию. Результаты исследований показали, что наиболее высокой переваримость сухого вещества *in vitro* отмечалась для образца с наибольшим содержанием зерна ячменя (93%) 78,7% для нативной смеси и 85,0% для экструдированной.

При этом нами отмечен факт снижения эффекта от экструзии, выраженный в уменьшении степени переваримости сухого вещества, на фоне увеличения содержания растительного жира до 15% в кормосмеси (ячмень – 79-81%, минеральная добавка 4-6%). Увеличение удельного содержания жира сопровождалось нарушениями в процессе экструзии. Экструдат в этом случае формировался со следами окисления, отмечалось дымообразование, зерно ячменя не вспучивалось, продукт не имел четкой структуры, не образовывал жгута на выходе. В этом случае мы отмечали снижение степени переваримости сухого вещества корма на 5,3-5,7%. Тогда как на фоне меньшего удельного содержания масла в кормосмеси эффект от экструдирования был выше.

В ходе исследований была дана оценка распадаемости сырого жира экструдатов при экспозиции в рубце молодняка крупного рогатого скота. Как

следует из полученных результатов созкструзия ячменя с растительным жиром и минеральной добавкой сопровождалась снижением расщепляемости жира корма. В частности, при распадаемости жира в рубце исходной кормосмеси - 83,5%, величина данного показателя для сырого жира этой же кормосмеси после экструзионной обработки составила 48,8%, что на 34,7 % ниже. Аналогичная разница для образцов, не содержащих минерального комплекса, изменялась от 3 до 10%.

Таким образом, относительно лучшая переваримость кормовых средств *in vitro* и выявленное снижение распадаемости жиров позволяет рассматривать созкструзию как метод производства энергетических кормовых добавок, содержащих защищенные жиры. Между тем значительная стоимость подсолнечного масла и его аналогов на рынке не позволяет рассматривать эти корма в качестве источников жира для скота. Исходя из этого нами были предприняты исследования по замене масла подсолнечного на отход производства - фуз-отстой.

Использованный нами подсолнечном фуз-отстой содержал от 65 до 78% сырого жира, в составе которого преобладали ненасыщенные кислоты 88,9%, в том числе линолевой 65,3%. Доля насыщенных жирных кислот составляла 11,1 %, в том числе пальмитиновой 9,1%.

Результаты исследований подтвердили верность нашего предположения, замена масла на фуз-отстой оказалась возможной. Так переваримость смеси с содержанием 5 % масла не отличалась от смеси с содержанием 5 % фуза и составила для первой смеси 67,8 % и для второй 66,9 %. Различий по переваримости не наблюдали и для смесей с содержанием 10 % масла и фуза, разница составила 0,9 %.

3.2 Результаты II лабораторного опыта

Дальнейшим продолжением наших исследований стали эксперименты по оценке биологических характеристик кормовых добавок приготовленных путем созкструзии с использованием стеариновой кислоты. Использованные образцы включали: ячмень (74-93%), отруби (4-6%), растительный жир (4-15%). Содержание стеариновой кислоты в кормосмесях последовательно увеличивали с 1 до 5%. Одним из контролей являлись образцы содержащие растительный жир обработанный гидроксидом кальция (мыла). В качестве источника растительного жира использован фуз-отстой. Образцы подвергали барогидротермической обработке. Проводили анализ кормовых смесей по химическому составу и биодоступности (*in vitro*, *in situ*).

Установлено, что наиболее высокой переваримостью сухого вещества *in vitro* отмечалась для образца с наибольшим содержанием зерна ячменя и наименьшим содержанием стеариновой кислоты 72,6 % для нативной смеси и 75,8% для экструдированной. При этом нами отмечен факт снижения эффекта от экструзии с использованием стеариновой кислоты, выраженный в уменьшении степени переваримости сухого вещества, на фоне включения этой кислоты

от 3- 5 %. В этом случае мы отмечали уменьшение роста степени переваримости сухого вещества корма на 4,9 – 4,5 %.

В ходе исследований была дана оценка распадаемости сырого жира экстрактов при экспозиции в рубце молодняка крупного рогатого скота. Как следует из полученных результатов соэкструзия ячменя с растительным жиром, минеральной добавкой и стеариновой кислотой сопровождалась снижением расщепляемости жира корма на 2-5%.

3.3 Результаты III лабораторного опыта

Закономерным продолжением наших исследований стали эксперименты по оценке биологических характеристик кормосмесей приготовленных с использованием кавитированного фуза. С этой целью были приготовлены кормосмеси с содержанием 10-14% нативного и кавитированного фуза, зерна ячменя (77-88%), отрубей пшеничных (6%), минерального комплекса (3%). В качестве одного из контролей использован фуз-отстой обработанный гидроксидом натрия.

По результатам химического анализа образцов опытных кормовых смесей отмечается варьирование сухого вещества в пределах 92,3 -93,3 %, сырого протеина –13,4 - 13,5 %, жира –12,5 – 15,4 %, клетчатки – 7,6 – 10,5 %. Результаты исследований показали, что наиболее высокая переваримость сухого вещества в рубце была характерна для нативной формы смеси, содержавшей фуз омыленный 73,4 %.

Наиболее низкая переваримость сухого вещества отмечена для нативного образца содержавшего наибольшее количество кавитированного фуза 66,4 %. Барогидротермическая обработка значительно изменила характеристики кормов, определив наибольшее повышение переваримости сухого вещества кормосмеси до 77,9 %, содержавшей ячмень (77%), отруби пшеничные (6%), минеральный комплекс (3%), фуз нативный (14%). Этот показатель оказался наибольшим среди всех вариантов кормосмесей.

3.4 Биодоступность жирных и аминокислот в рубце

На заключительном этапе лабораторных исследований была дана оценка биодоступности жирных кислот (*in situ*) кормовых смесей в рубце молодняка крупного рогатого скота, содержащих различное соотношение компонентов. Состав сравниваемых образцов: № 1.4 - ячмень (86%), масло растительное (10%), минеральная добавка (4%); № 1.6 - ячмень (79%), масло растительное (15%), минеральная добавка (6%); № 2.1 - ячмень (88%), фуз нативный (11%), стеариновая кислота (1%); № 2.4 - ячмень (86%), фуз нативный (8%), стеариновая кислота (2%) минеральная добавка (4%); № 3.4 - ячмень (80%), отруби пшеничные (6%); фуз кавитированный (11%), минеральная добавка (3%); № 3.8 - ячмень (88%), отруби пшеничные (6%); фуз после омыления гидроксидом натрия (10%), стеариновая кислота (2%).

Наличие в составе смеси фуза и минеральных веществ (№1.4) привело к снижению доступности таких насыщенных жирных кислот как пальмитиновая на -0,3%, ненасыщенных – пальмитолеиновая (на -0,4%), олеиновая (на -2,9%), гондоиновая (на -0,2%) (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание жирных кислот в опытных образцах до и после инкубирования в рубце (% к сумме жирных кислот)

Наименование жирной кислоты	Опытная кормосмесь											
	1.4		1.6		2.1		2.4		3.4		3.8	
	1*	2*	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
насыщенные												
Миристиновая	0,3	-	0,3	-	0,8	-	0,3	-	0,5	0,2	0,5	0,1
Пальмитиновая	10,1	9,8	10,8	14,9	8,3	7,6	17,2	6,9	9,0	10,4	10,3	11,3
Стеариновая	4,9	5,1	5,2	6,2	5,8	6,2	4,5	7,5	23,1	4,1	24,0	5,6
Арахидовая	0,8	1,2	0,5	0,6	0,8	0,9	0,2	1,3	1,0	1,4	0,4	0,8
ненасыщенные												
Пальмитолеиновая	1,3	0,9	1,2	1,5	0,7	0,5	0,4	0,3	0,5	0,1	0,6	0,3
Олеиновая	23,5	20,6	23,2	29,8	21,0	20,5	22,0	19,9	64,4	20,2	60,7	19,8
Линолевая	57,8	61,0	57,2	43,6	61,1	62,8	47,1	62,5	0,6	10,2	0,6	2,3
Линоленовая	0,8	1,1	1,1	2,6	0,9	1,0	3,7	1,0	0,8	51,7	2,2	59,2
Гондоиновая	0,5	0,3	0,5	0,8	0,6	0,5	4,6	0,6	0,1	1,7	0,7	0,6

Примечание 1* - образец до инкубирования; 2* - образец после инкубирования in situ

При включении кавитированного фуза (№1.6) жирные кислоты были менее доступны для микроорганизмов рубца за исключением линолевой кислоты (-13,6%).

Дополнительное включение в кормовую смесь стеариновой кислоты (1%) позволило ограничить доступ микроорганизмов к стеариновой и арахидовой кислотам, содержание пальмитиновой снизилось (№2.1) на -0,7%.

Содержание ненасыщенной олеиновой кислоты снизилось незначительно на -0,5%, а пальмитолеиновой на -0,2%.

В образце № 2.4 содержание пальмитиновой кислоты снизилось на -10,3%, среди ненасыщенных форм аналогичная картина наблюдалась по пальмитолеиновой кислоте (на -0,1%), и олеиновой – на -2,1%.

Барогидротермическая обработка (№ 3.4) способствовала появлению миристиновой кислоты после инкубации, кроме того увеличилась доступность стеариновой кислоты на 19%, олеиновой – на 44,2%, пальмитолеиновой на 0,4%.

Внесение стеариновой кислоты и минеральных веществ в кормовую смесь (№ 3.8) способствовало снижению доступности той же кислоты после инкубации на 18,4%, олеиновой на 40,9%.

В образцах № 1.4,1.6,2.1,2.4 после инкубирования не было обнаружено миристиновой кислоты, в то время как в образцах № 3.4 и 3.8 доля этой кислоты составила 0,2 % и 0,1 % соответственно, биодоступность данной жирной кислоты по сравнению до инкубирования стала выше на 0,3 % для образца № 3.4 и на 0,4 % для образца № 3.8.

Методом *in situ* была определена биодоступность аминокислот кормовых смесей в рубце молодняка крупного рогатого скота, содержащих модифицированный жир, подвергнутый различным воздействиям (таблица 3).

Таблица 3 – Содержание аминокислот в кормосмесях до и после инкубации в рубце, %

Наименование аминокислоты	Опытная кормосмесь					
	1.4		1.6		3.4	
	1*	2*	1	2	1	2
	Заменимые аминокислоты					
Аргинин	1,07	1,06	1,16	1,15	1,15	1,01
Тирозин	0,49	0,47	0,57	0,57	0,48	0,48
Гистидин	0,57	0,53	0,51	0,49	0,51	0,5
Пролин	1,63	1,6	1,84	1,84	1,8	1,75
Аланин	0,88	0,81	1,03	1,0	0,9	0,88
Глицин	0,72	0,72	0,89	0,87	0,76	0,73
Серин	1,17	1,06	0,86	0,85	0,84	0,84
	Незаменимые аминокислоты					
Фенилаланин	0,77	0,77	0,85	0,81	0,81	0,79
Лизин	0,8	0,76	1,03	1,0	0,77	0,76
Лейцин-изолейцин	1,05	1,0	1,19	1,18	1,16	1,14
Метионин	0,37	0,36	0,36	0,35	0,36	0,35
Валин	1,08	1,05	1,1	1,07	1,0	1,0
Треонин	0,74	0,71	0,9	0,88	0,8	0,78

Примечание 1* - нативный образец; 2* - образец после инкубирования *in situ*

Наличие нативного фуза в составе кормовой добавки (№ 1.4) снизило доступность таких заменимых аминокислот как серин на 0,11%, аланина – на 0,07% и менее значительно остальные аминокислоты. Среди незаменимых разница еще менее значительной от 0,01 до 0,04%.

В образце № 1.6 доступность заменимых аминокислот была ниже по гистидину, глицину. Среди незаменимых доступность увеличилась для фенилаланина и в меньшей у валина и треонина.

3.5 Результаты научно-хозяйственного опыта Корма и кормление подопытных животных

Научно-хозяйственный эксперимент был поставлен на молодняке крупного рогатого скота красной степной породы. Рацион бычков контрольной и

опытных групп на протяжении опыта был сбалансирован по основным питательным веществам и рассчитан на получение среднесуточных приростов 1000-1100 г в сутки.

При составлении рационов и определении питательности кормов использовались нормы кормления А.П. Калашникова и др. (2003), справочные данные по составу и питательности кормов Оренбургской области и результаты химического анализа кормов, полученные в Испытательном центре ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук». При кормлении подопытных животных использовались корма: сено злаковое, силос кукурузный, ячмень дробленый. В составе рациона опытных групп ячмень (3,5 кг) заменяли на кормовые добавки: в I опытной – экструдированная кормосмесь в составе ячмень 79 %, отруби пшеничные 6%, фуз 12%, минеральная добавка 3 %; во II опытной - ячмень экструдированный 79%, отруби пшеничные 6%, фуз 12%, минеральная добавка 3 %.

Переваримость питательных веществ рационов. С целью определения переваримости питательных веществ рационов на подопытных животных в возрасте 12 месяцев был проведен балансовый опыт. В ходе опыта было установлено, что введение в рацион жировой добавки влияет на степень переваримости питательных веществ рациона (таблица 4).

Таблица 4 – Коэффициенты переваримости питательных веществ рационов, %

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	69,7±0,93	72,7±0,87	71,4±0,97
Органическое вещество	71,6±1,05	74,5±0,96	73,8±0,82
Сырой протеин	75,7±1,01	79,5±1,05	79,4±0,79
Сырой жир	67,2±0,83	73,1±0,84	71,4±0,88
Сырая клетчатка	51,8±1,01	54,1±1,08	48,0±1,02
Безазотистые экстрактивные вещества	80,4±0,93	84,3±1,14	83,3±1,07

Примечание: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$

Наиболее высокая степень переваримости питательных веществ корма наблюдалась у бычков I опытной группы. Так, коэффициент переваримости сухого вещества был выше в сравнении с контрольной группой – на 3,0%, II опытной – на 1,3%, органического соответственно – на 2,9 и 0,7%, сырого протеина – на 3,8 и 0,5 %, сырого жира на 5,9 и 1,7%, сырой клетчатки на 2,3 -6,1; безазотистых экстрактивных веществ – на 3,9 и 1,0 %.

Рубцовое пищеварение. Скармливание защищенных жиров молодняку крупного рогатого скота сопровождалось нормализацией процессов рубцового пищеварения. При этом отмечается нарастание концентраций ЛЖК в рубце на 22,1-26,7 % (таблица 5).

Скармливание защищенных жиров способствует увеличению содержания микробного или белкового азота на 2,3-12,5 %. Характеристика рубцового пищеварения у подопытных животных демонстрирует увеличение содержания общего азота в рубцовой жидкости во II опытной группе по сравнению с контрольной на 9,9 % при использовании жировых добавок.

Таблица 5 – Характеристика показателей жидкости рубца через 3 часа после кормления, ммоль/л

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Общий азот	211,7±13,7	235,9±17,2	214,5±18,3
Белковый азот	180,5±10,7	207,8±9,6	184,7±11,3
Остаточный азот	28,1±0,5	34,8±3,4	31,2±2,2
pH	6,68±0,11	6,99±0,07	6,31±0,09
ЛЖК	11,3±0,16	13,8±0,26**	10,9±0,15
Аммиак	15,2±1,6	16,8±1,02	16,2±1,11

Примечание: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$; *** - $P \leq 0,001$

Обмен энергии в организме подопытных животных. В опытных группах нами отмечалась тенденция к большему потреблению валовой энергии (таблица 6).

Таблица 6 – Поступление и характер использования энергии рационов подопытными животными, МДж/гол

Показатель	Группа		
	контрольная	опытная	
		I	II
Валовая энергия	122,6±1,78	134,8±1,36	133,7±0,98
Переваримая энергия	83,4±1,63	94,6±1,76	93,1±1,31
Обменная энергия	68,4±1,54	78,7±1,63	77,3±1,71
Обменная энергия сверхподдержания	50,4	59,4	57,0
Чистая энергия: - поддержания	18,0	19,3	20,3
- продукции	10,3	11,3	11,4
Переваримость валовой энергии, %	68,0	70,2	69,6
Обменность валовой энергии, %	55,8	58,4	57,8

Количество обменной энергии, затраченной подопытными животными на производство продукции наиболее высокой была у бычков II и I опытной групп. В первом случае разница с контрольной группой составила 0,6 %, во втором – 6,4 %. Использование защищенных жиров сопровождалось повышением обменности валовой энергии рациона до 58,4%, что на 0,6 % превышало уровень II опытной и на 2,6% контрольные значения.

Обмен азота. Скармливание опытным животным рационов с включением экструдированных кормов увеличило количество принятого азота в сравнении с контрольной группой на 1,7-4,3% (таблица 7).

Таблица 7 – Использование азота корма подопытными животными
(г/гол в сутки)

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Принято всего	163,6±1,44	170,7±1,21**	167,9±1,67
Выделено с калом	80,2±1,66	81,6±1,14	82,7±1,23
Переварилось	83,4±1,23	89,1±1,77*	85,2±2,26
Выделено с мочой	59,8±1,43	59,0±1,09	60,1±1,87
Отложено в теле	23,6±0,79	30,1±0,91**	25,1±0,64
Коэффициенты использования, %: от принятого от переваренного	14,4±0,87 28,3±0,78	17,6±0,79 33,8±0,82**	14,9±0,91 29,4±0,65

Примечание: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$;

Различия по выделению азота с калом между сравниваемыми группами оказались минимальными, что отразилось на его переваримости. Наиболее значительные показатели переваримости азота отмечались во II опытной группе, превышая остальные группы на 4,6-6,8%.

Скармливание животным II группы рациона с экструдированной высокоэнергетической добавки способствовало более эффективному использованию азота корма и отложение его в теле животных. Разница в сравнении с контрольной группой составила 27,5% ($P < 0,05$), с I опытной группой – 19,9%.

Соответствующий коэффициент использования азота, от общего его количества принятого с кормом наиболее высоким был во II опытной группе – 17,6%, что на 3,2-3,7% выше, чем у сверстников остальных групп.

Коэффициент использования азота корма от переваренного его количества у животных II группы имел величину 33,5%, превышая аналогичные значения контрольной и I опытной групп на 5,5 и 4,4%.

Рост и развитие подопытных животных. Скармливание сравниваемых энергетических добавок, оказало неодинаковое влияние на динамику живой массы тела у подопытных бычков. Так, в начале опыта постановочная живая масса молодняка всех групп была практически одинаковой и составила в среднем 284,9-286,0 кг (таблица 8).

Таблица 8 – Динамика живой массы подопытных животных, кг

Возраст, мес.	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
11	284,9±3,28	286,0±3,02	285,3±2,74
12	314,5±3,39	321,3±3,21	318,5±2,98
13	339,6±3,51	356,0±3,28**	350,7±3,41
14	369,4±3,88	390,1±3,84**	381,3±3,74*
15	398,9±4,18	421,0±3,83**	411,5±3,98*

Примечание: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$; *** - $P \leq 0,001$

В дальнейшем бычки контрольной группы, росли менее интенсивно, чем животные I и II опытных групп, получавшие дополнительно к рационам высокоэнергетические кормовые добавки. Так, разница в живой массе между бычками контрольной и I опытной группами в конце эксперимента составила 22,1 кг ($P \leq 0,01$), II опытной – 12,6 кг ($P < 0,05$).

За весь период эксперимента от животных I опытной группы было получено 135 кг/гол прироста живой массы, что на 21 кг ($P \leq 0,001$), превышало уровень контроля и на 8,8 кг ($P \leq 0,05$), аналогичный показатель во II опытной группе.

Таким образом использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота кормосмесей, содержащих защищенные жиры позволяет повысить интенсивность роста животных.

Экономическая эффективность. Исходя из сложившейся стоимости основных компонентов, входящих в состав рациона нами рассчитана экономическая эффективность выращивания молодняка крупного рогатого скота. Анализ показал, что стоимость 1 кг добавки до экструдирования составляет 7,47 рублей. С учетом затрат на проведение экструзионной обработки кормосмеси 0,34 рубля фактическая стоимость высокоэнергетической кормосмеси составила 7,81 рубль за кг.

С учетом совокупных затрат на содержание и кормления подопытных животных нами, величины прироста живой массы и его реализационной стоимости нами была рассчитана экономическая эффективность производства прироста живой массы (таблица 9).

Таблица 9 – Расчет экономической эффективности выращивания молодняка крупного рогатого скота, руб/гол

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Прирост живой массы, кг	114,0	135,0	126,2
Общие затраты	11607,3	13136,4	12620,1
Себестоимость 1 кг прироста	101,8	97,3	100,3
Реализационная стоимость	12768,1	15120,7	14134,4
Рентабельность, %	9,9	15,1	12,0

Как следует из полученных результатов наиболее высокой рентабельность производства оказалась в I опытной группе 15,1 %, что на 3,1 и 5,2 % превосходило показатель во II опытной и контрольной группах, соответственно.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что выращивание молодняка крупного рогатого скота на рационах, в состав которых входили высокоэнергетические кормовые добавки, экономически наиболее выгодны, так как обеспечивают более интенсивный рост животных с одно-

временным снижением себестоимости прироста и повышенным уровнем рентабельности.

Выводы

1. Эффективность использования высокоэнергетических добавок, содержащих растительные жиры, в кормлении крупного рогатого скота, может быть повышена через «защиту» жиров от распадаемости в рубце. При этом экструзия кормосмеси содержащей растительные жиры совместно с оксидом магния, соединениями кальция позволяет снизить распадаемость сырого жира кормосмеси в рубце. Скармливание молодняку крупного рогатого скота растительных жиров в составе таких кормосмесей не сопровождается снижением переваримости сырой клетчатки и позволяет повысить обменность валовой энергии на 0,6-2,6%.

2. Воск может быть использован для снижения распадаемости растительных жиров в рационах крупного рогатого скота. При этом распадаемость растительного жира в рубце снижается до 40-41% при введении 5 % воска и до 25-26% при введении 10% воска. Распадаемость растительного жира в кормосмесях может быть снижена на 3-6% дополнительным введением 5-10% стеариновой кислоты.

3. Наиболее оптимальная доля масла растительного в составе зерново-минеральной кормосмеси подвергаемой экструдированию составляет не более 10%. В этом случае процесс экструдирования идет с повышением переваримости сухого вещества кормосмеси на 7-9% и формированием продукта с удовлетворительными органолептическими характеристиками. Барогидротермическая обработка приводит к стерилизации кормосмесей, что выражается в отсутствии в готовом продукте жизнеспособных грибов и плесеней, патогенной микрофлоры (*Escherichia coli*, *Salmonella*).

4. Скармливание защищенных жиров в молодняку крупного рогатого скота сопровождается нормализацией процессов рубцового пищеварения. При этом отмечается нарастание концентраций ЛЖК в рубце на 22,1-26,7 %. Повышается содержание микробного или белкового азота 2,3-12,5 %.

5. Барогидротермическая обработка кормосмеси, содержащей растительный жир, минеральные комплексы и зерно ячменя, позволяет получить экструдаты, содержащие защищенный жир. Растительный жир может быть введен в состав кормосмеси через использование фуза-отстоя. Скармливание готового продукта молодняку крупного рогатого скота сопровождается увеличением переваримости сухого вещества рационов по сравнению с контрольным рационом на 4,3%, по сравнению с рационом, содержащим нативный растительный жир на 2,4%. При этом переваримость сырой клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ повышается на 4,4-7,3 и 4,9-3,6%, соответственно.

6. Использование защищенных жиров в кормлении крупного рогатого скота позволяет повысить доступность энергии корма для обмена, что выража-

ется увеличением концентрации обменной энергии в рационах на 0,2-0,3 МДж/кг СВ, повышение уровня чистой энергии на 5,2-12,7%.

7. Скармливание растительных жиров молодняку крупного рогатого скота на фоне рационов с содержанием менее 3% сырого жира в количествах эквивалентных 3,5-4,0% от сухого вещества сопровождается повышением интенсивности роста животных на 5-6 %. Однако, эта величина может быть ещё более значительной и составлять 13-15 % при скармливании жиров в защищенном виде.

8. Включение высокоэнергетических добавок в рацион крупного рогатого скота способствует изменению биодоступности жирных кислот, так барогидротермическая обработка фуза с включением стеариновой кислоты и минеральных веществ сопровождается снижением распадаемости стеариновой кислоты в рубце на 18,4%, пальмитолеиновой на 28%.

9. Использование в кормлении молодняку крупного рогатого скота экструдированной кормосмеси содержащей до 10% растительного масла, кальций фосфат, окись магния, сульфат натрия позволяет увеличить уровень рентабельности производства говядины на 2-5%.

Предложения производству

При организации кормления молодняку крупного рогатого скота в целях восполнения энергетического и жирового дефицита, на фоне рационов с содержанием сырого жира до 5% целесообразно использовать защищенные жиры. В этом случае скармливание экструдированной кормосмеси содержащей до 10% растительного масла, кальций фосфат, окись магния, сульфат натрия позволяет повысить доступность энергии корма для обмена, повысить интенсивность роста животных на 13-14% и увеличить уровень рентабельности производства говядины на 2-5%.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Тема диссертационного исследования перспективна к дальнейшей разработке в части:

- создания инновационных форм защиты жиров от воздействия микрофлоры преджелудков жвачных и создание на их основе полнорационных кормосмесей для организации финального откорма крупного рогатого скота и организации кормления высокопродуктивных молочных коров;
- выработки новых решений по повышению эффективности использования сырой клетчатки, в том числе отходов производств, при выращивании и откорме крупного рогатого скота;
- изучения видового состава микрофлоры и фауны рубца жвачных при использовании в кормлении защищенных форм жиров.

Список научных трудов, опубликованных по материалам диссертации:

Статьи, опубликованные в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ, патентная документация

1. Левахин, Г.И. Химический состав и переваримость высокоэнергетических кормовых добавок / Г.И. Левахин, Г.К. Дускаев, Б.С. Нуржанов, **В.А. Рязанов**, И.С. Мирошников, А.Ф. Рысаев // Вестник мясного скотоводства. – 2015. – № 4(92). – С. 115 – 119.

2. **Рязанов, В.А.** Влияние «защищённых» жиров, приготовленных по разной технологии, на переваримость питательных веществ рационов и азотистый обмен в организме бычков / В.А. Рязанов, Ю.И. Левахин, И.С. Мирошников, В.В. Ваншин // Вестник мясного скотоводства. – 2016. – № 4 (96). – С. 137 – 141.

3. **Рязанов, В.А.**, Переваримость питательных веществ и обмен энергии в организме бычков при использовании рационов, содержащих «защищенный» жир / В.А. Рязанов, Г.И. Левахин, Ю.И. Левахин, Б.С. Нуржанов // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 2(98). – С. 114 – 119.

4. **Рязанов, В.А.**, Экономическая эффективность применения рационов с содержанием bypass жиров в кормлении бычков красной степной породы / В.А. Рязанов, Ю.И. Левахин, Е.Б. Джуламанов, Б.С. Нуржанов // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 3(99). – С. 147 – 151.

5. Мирошников, С.А., Способ снижения распадаемости жиров корма в рубце жвачных животных / С.А. Мирошников, Г.И. Левахин, Ю.И. Левахин, Т.Н. Холодилина, **В.А. Рязанов** // Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели». RU 2627575, 2017. – Бюл. № 22.

Статьи опубликованные в других изданиях

6. Левахин, Г.И. Защищенные жиры в кормлении жвачных / Г.И. Левахин, И.С. Мирошников, **В.А. Рязанов** // Вестник мясного скотоводства. – 2012. – № 4(78). – С. 94 – 97.

7. **Рязанов, В.А.** Исследование биодоступности липидов из экструдатов содержащих модифицированное пальмовое масло / В.А. Рязанов, А.А. Мирошникова // В сборнике: Актуальные вопросы развития науки. Сборник статей Международной научно-практической конференции: в 6 частях. Ответственный редактор: А.А. Сукиасян. Уфа. – 2014 – С. 198 – 200.

8. Левахин, Г.И. Изменение свойств кормосмесей при включении кавитированного жира / Г.И. Левахин, Г.К. Дускаев, Б.С. Нуржанов, **В.А. Рязанов**, И.С. Мирошников, А.Ф. Рысаев // Вестник мясного скотоводства. – 2015. – № 2(90). – С. 102 – 106.

9. **Рязанов, В.А.** Переваримость жиров кормовых добавок содержащих Bypass fat./ В.А. Рязанов // Инновационные разработки по импортозамещению в агропродовольственном секторе: материалы междунар.науч.-практ.конф.,посвящ.85-летию Всероссийского ВНИИ мясного скотоводства под ред. чл.-корр. РАН В.И. Левахина. Оренбург. – 2015 – С.168 –171.

10. Левахин, Ю.И. Откорм бычков: влияние фуза подсолнечного на переваримость питательных веществ рационов и азотистый обмен / К.Ш. Карте-кенов, **В.А. Рязанов**, И.С. Мирошников // Нивы России. – 2016. – № 10 (143). – С. 39 – 42.

11. Нуржанов, Б.С. Влияние барогидротермически обработанной кормо-смеси с содержанием «bypass» жиров на потребление и использование энергии рационов бычками на откорме / Б.С. Нуржанов, Ю.И. Левахин, **В.А. Рязанов** // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – №.1(1). – С. 141 –146.

Рязанов Виталий Александрович

**Влияние скармливания «защищённых» жиров на формирование
рубцового пищеварения, эффективность использования
питательных веществ и продуктивность бычков**

06.02.08 – кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и
технология кормов

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

Подписано в печать г. Формат 60×90/16. усл. Печ. 1,0 Тираж 100 экз. Заказ №11

Издательский центр ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН. 460000, г. Оренбург, ул. 9 января, 29