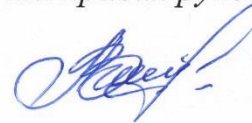


*На правах рукописи*



**Шейда Елена Владимировна**

**ОБМЕН ВЕЩЕСТВ, МИКРОБИОМ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО  
ТРАКТА И ПРОДУКТИВНОСТЬ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В  
УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОЙ НУТРИЕНТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ**

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

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора биологических наук

Оренбург – 2023

Работа выполнена в ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»

Научный консультант: доктор биологических наук,  
член-корреспондент РАН  
**Лебедев Святослав Валерьевич**

Официальные оппоненты: **Ильина Лариса Александровна**, доктор биологических наук, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», кафедра крупного животноводства, профессор

**Миронова Ирина Валерьевна**, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», кафедра технологии мясных, молочных продуктов и химии, заведующий

**Овчинников Александр Александрович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», кафедра кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, профессор

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции»

Защита диссертации состоится 27 декабря 2023 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета 24.1.252.01 на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» по адресу: 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел. 8(3532) 30-81-70.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» и на сайте: <http://www.fncbst.ru>, с авторефератом – на сайтах <http://www.fncbst.ru> и <http://www.vak.minobrnauki.gov.ru>

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Завьялов  
Олег Александрович

# 1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Современная концепция питания жвачных основана на знаниях о формировании и деятельности микробиомов преджелудков как действенного инструмента расщепления и переваривания кормов. Микрофлора преджелудков играет ключевую роль в метаболизме, оказывая влияние на иммунитет, усвоение питательных веществ корма и продуктивность животных. При этом специфика рубцового пищеварения накладывает свой отпечаток на системы оценки качества кормов для жвачных, обосновывая необходимость учета таких уникальных особенностей кормовых средств, как расщепляемость протеина и жиров в рубце (NRC, 1980; ARC, 1984; Григорьев Н.Г. с соавт., 1989).

Знания о распадаемости кормов в преджелудках, способности последних влиять на рубцовое пищеварение были использованы при разработке новых технологий, обеспечивающих повышение полноценности питания животных через «защиту» компонентов кормов от влияния микрофлоры (Фицев А.И., 1995; Prafulla N., 2013).

Между тем на фоне повышения генетического потенциала современных пород и кроссов все более очевидным становится недостаток детальных знаний о роли отдельных групп микроорганизмов в пищеварении и формировании продуктивности животных, а любые изменения в структуре, составе и качестве рационов непосредственно затрагивают систему пищеварения, микробиоценоз желудочно-кишечного тракта и обменные процессы в организме животных.

**Степень разработанности темы.** Впервые детальное описание рубцового пищеварения было представлено в начале прошлого века Mc.Donald I. (1952), Синещековым А.Д. (1965) и другими. Изучены процессы переваримости в рубце протеина, образования и обмена аммиака. Судьба липидов в рубце описана Garton G.A. et al. (1961). Почти в то же время исследования Hungate R.E. (1966) позволили дать оценку роли микрофлоры в рубцовом пищеварении. В последующем учение о микрофлоре рубца и ее функциях получило развитие через использование классических методов микробиологии (Dehority V.A., Orpin C.G., 1988; Hespell R.V. et al., 1997). Однако полученные знания были далеко не полные ввиду ряда ограничений и недостатков классических методов (Dehority V.A., 2003), в том числе невозможности правильного подсчета микробов (Wells J.E., Russell J.B., 1996), разного количества микроорганизмов, выявляемых при микроскопировании и культивировании на искусственных средах (Leedle J.A.Z. et al, 1982; Wells J.E., Russell J.B., 1996; Zoetendal E.G. et al., 2004). При этом, как оказалось, значительная часть микроорганизмов рубца представлена видами некультивируемыми на существующих питательных средах (Cammack K.M. et al., 2018; Matthews C. et al., 2019, Ильина Л.А. с соавт., 2019). И только в последние десятилетия с появлением современных высокоэффективных методов, таких как метагеномное секвенирование, изучение микроорганизмов рубца стало по-настоящему возможным. Это позволило реализовать ряд глобальных проектов. В частности, в рамках проекта

Hungate1000 выявлено и описано около 75 % таксонов на уровне рода бактерий и архей из основного микробиома рубца (Stewart R.D. et al., 2018). В целом микробиом рубца примерно на 95 % представлен бактериями, на 2-5 % археями и на 0,1 – 1,0 % эукариотами (Kim M., Morrison M., Yu Z., 2011; Mizrahi I., 2018).

Между тем пока успехи в описании роли отдельных микробных сообществ в рубцовом пищеварении куда более скромные, что лишает зоотехнику как науку о трансформации кормов в продукцию фундаментального базиса.

**Цель и задачи исследования.** Цель работы, которая выполнялась в соответствии с «Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2009-2020 годы» ФГБНУ ФНЦ БСТРАН (до 2018 года Всероссийский НИИ мясного скотоводства) (госрегистрация: № 0761-2014-0012, № 0761-2014-0010; № 115040610064; № АААА-А17-117021650038-6; № АААА-А18-118042090039-1); «Программой выполнения фундаментальных научных исследований, определяемых президиумом Российской академии наук (соглашение № 075-02-2019-1847)»; тематическим планом НИР на 2021-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТРАН (№ 0761-2019-0005); тематическим планом выполнения научных исследований при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 20-16-00088; № 21-76-10014; № 23-16-00061), изучить особенности рубцового пищеварения и таксономический состав микрофлоры в условиях изменений качественных особенностей протеина и жира кормов, разработать методы коррекции рубцового пищеварения для регуляции адаптации пищеварительной системы, повышения эффективности использования кормов и увеличения продуктивности крупного рогатого скота.

Для достижения поставленной цели выполнялись следующие **задачи**:

- изучить таксономический состав микробиома желудочно-кишечного тракта молодняка крупного рогатого скота при изменении состава рациона;
- изучить особенности процессов метаболизма в организме молодняка крупного рогатого скота при использовании в рационе различных жировых и белковых компонентов;
- изучить в опытах *in vitro* и *in vivo* физиологические особенности процессов пищеварения, протекающих на фоне использования различных кормовых добавок;
- установить дозозависимый эффект влияния препаратов хрома и железа на рубцовое пищеварение и продуктивность животных;
- провести оценку влияния различных кормовых добавок и изменения состава рационов на адаптацию пищеварительной системы крупного рогатого скота;
- установить влияние дополнительного введения микроэлементов на фоне использования белковых и жировых компонентов рационов на физиолого-биохимические процессы в организме молодняка крупного рогатого скота;
- дать научно-хозяйственную и экономическую оценку различных решений по увеличению эффективности использования корма и кормовых добавок в рационах крупного рогатого скота.

**Научная новизна** состоит в том, что впервые проведен комплексный анализ таксономического состава микробиома рубца и кишечника жвачных при изменении состава рациона по полноценности протеинового и жирового питания и построены корреляционные связи между видовым составом микробиома и метаболическими параметрами желудочно-кишечного тракта крупного рогатого скота (свидетельство о регистрации базы данных № 2022620699).

Охарактеризовано таксономическое разнообразие микроорганизмов рубца молодняка крупного рогатого скота в зависимости от состава рациона (свидетельства о регистрации базы данных № 2022620684; № 2022620671; № 2022620672; № 2022620708; № 2022620782; № 2022620784; № 2022620832).

В экспериментальных исследованиях определены количественные и качественные показатели чистого панкреатического сока и химуса при включении в рацион крупного рогатого скота различных масел (подсолнечного, пальмового, соевого, рапсового, льняного) и протеиновых добавок (соевого шрота и подсолнечного жмыха).

Получены новые для науки данные об интенсивности течения метаболических процессов в организме и биодоступности компонентов корма при включении протеиновых и жировых компонентов в рационы молодняка крупного рогатого скота.

Получены новые данные о влиянии различных комбинаций минеральных препаратов с растительными жирами и протеиновыми компонентами.

Впервые разработаны математические модели, позволяющие спрогнозировать работу секреторной функции поджелудочной железы в зависимости от жирно- и аминокислотного состава кормов. Дополнены сведения о влиянии химических элементов на морфологические и биохимические показатели, антиоксидантную и ферментативную активность крови, показаны индексы токсичности минералов, установлено изменение уровня  $\text{NO}$ -метаболитов. Ценность полученных в работе моделей заключается в возможности оценить влияние ингредиентного состава рациона на функции поджелудочной железы по фазам регуляции, что с высокой вероятностью позволит корректировать работу пищеварительной системы при изменяющемся нутриентном спектре рационов кормления полигастричных животных.

Новизна исследований подтверждена патентами РФ на изобретения № 2711259, № 2744196, № 2751961, № 2751962, № 2766683, № 2781992.

**Практическая значимость и реализация результатов работы.** Изучение таксономического состава микробиома рубца и кишечника жвачных позволило выявить классифицированные и неклассифицированные виды бактерий и установить их связь с физиолого-биохимическими показателями пищеварения (концентрацией летучих жирных кислот, метаболитов азота, переваримостью питательных компонентов корма) и продуктивностью, что позволяет предложить производству дополнительные способы регулирования микробиологических процессов в желудочно-кишечном тракте животного,



направленные на повышение эффективности использования корма и увеличение продуктивности.

Разработан способ повышения переваримости питательных компонентов корма в пищеварительном тракте крупного рогатого скота, характеризующийся тем, что бычкам в возрасте 8 – 9 месяцев вводят в комбикорм ультрадисперсное железо в дозе 2,4 мг на голову в течение 14 дней, что сопровождается повышением эффективности использования корма.

Дополнительное включение в рацион бычков белковой подкормки – подсолнечного жмыха, с включением ультрадисперсного хрома в дозе 200 мг на голову в течение 14 дней сопровождается увеличением активности ферментов поджелудочной железы: амилазы, липазы и кишечных протеаз на 24,8; 56,8 и 7,7 %, что сопровождается повышением интенсивности роста бычков на величину 7 – 15 %.

**Теоретическая значимость** работы состоит в разработке рабочих гипотез и последующей их проверкой по проблематике согласованности таксономического состава микрофлоры рубца и кишечника, формирования ферментативной вооруженности в рубце и кишечнике крупного рогатого скота в рамках разворачивания энтерального гомеостаза при введении в рацион различных источников протеина и сырого жира.

Изучение функциональной активности поджелудочной железы расширяет знания о процессах адаптации пищеварительной системы к изменениям в составе рациона.

Ранее установленные факты по снижению содержания целлюлозолитической микрофлоры в рубце при включении в рацион бычков незащищенного жира с возможным частичным перераспределением расщепления структурных углеводов на толстый отдел кишечника подтверждены экспериментальным материалом: в толстом кишечнике при таких условиях имеет место увеличение численности *Lachnospiraceae* на 11 – 13 %, участвующих в разложении клетчатки, что сопряжено с ростом численности *Bifidobacteriales* в толстом отделе кишечника.

В работе теоретически обосновано и подтверждено использование отдельных микроэлементов как дополнительного инструмента мобилизации эндогенных пищеварительных энзимов и метагенома желудочно-кишечного тракта в целях повышения доступности для обмена энергии кормов. По итогам исследований разработаны математические модели, позволяющие спрогнозировать работу секреторной функции поджелудочной железы в зависимости от ингредиентного состава рациона и создать условия для разработки моделей неинвазивной оценки пищеварения жвачных животных.

**Результаты исследований использованы** в методической работе коллектива ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН при подготовке магистров (аккредитация № 2931 от 31 октября 2018 года), ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», внедрены в хозяйствах Оренбургской области.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

- таксономический состав микробиома рубца тесно связан с составом рациона крупного рогатого скота;
- включение кормов с различным содержанием труднорасщепляемого протеина в рацион молодняка крупного рогатого скота сопровождается изменениями в микробиоме рубца и кишечника, сочетанной коррекцией ферментативной активности в тонком кишечнике;
- включение растительных масел в рацион молодняка крупного рогатого скота сопровождается изменениями в микробиоме рубца и кишечника, сочетанной коррекцией ферментативной активности в тонком кишечнике;
- использование жировых и белковых кормовых добавок отдельно и в комбинации с препаратами микроэлементов железа и хрома активизирует обменные процессы в рубце, способствует стимуляции ферментативной активности поджелудочной железы и увеличению активности пищеварительных ферментов;
- содержимое рубца ингибирует токсичность биотических доз препаратов хрома и железа, что подтверждается в тестах с использованием «репортерных» люминесцирующих клеточных тест-систем;
- отдельные морфологические и биохимические параметры крови молодняка крупного рогатого скота связаны с уровнем труднорасщепляемого протеина и незащищенного жира в рационе;
- использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота комбинации препаратов ультрадисперсных частиц, белковых и жировых кормовых добавок способствует повышению переваримости корма и увеличению экономических показателей производства говядины.

**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. Формирование баз данных проводилось с использованием современного оборудования Центра коллективного пользования ФНЦ БСТ РАН.

Основные материалы диссертационной работы доложены и получили положительную оценку на конференциях и семинарах различного уровня: Международной научно-практической конференции (Оренбург, 2018); Russian conference on innovations in agricultural and rural development AGROCON-2019 (Курган, 2019); International Conference on World Technological Trends in Agribusiness, WTТА (Омск, 2020); V International workshop on innovations in agro and food technologies (WIAFT-V-2021) (Волгоград, 2021); Sustainable development of traditional and organic agriculture in the concept of green economy SDGE 2021 (Смоленск, 2021); 2ND International conference on advances in materials, systems

and technologies, SAMSTECH 2021 (Красноярск, 2021); 3-й Международной научно-практической конференции (Москва, 2021); Всероссийской научно-практической конференции (Ижевск, 2021); Всероссийской научно-практической конференции (Оренбург, 2021); Международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 2022).

Основные положения работы доложены и обсуждены на расширенном заседании научных сотрудников и специалистов отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормления им. профессора С.Г. Леушина ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (Оренбург, 2023).

**Публикация материалов исследований.** По теме диссертации опубликована 61 научная работа, в том числе 3 монографии, 15 статей в изданиях, индексируемых в базах *Web of Science* и *Scopus*; 24 – в периодических изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки Российской Федерации. Новизна исследований подтверждена 6 патентами РФ на изобретения, 13 свидетельствами на базы данных.

**Объем и структура работы.** Диссертационная работа представлена на 468 страницах компьютерной верстки, состоит из введения, обзора литературы, главы с описанием материалов и методов исследований, глав собственных исследований, обсуждения полученных результатов, выводов, предложений производству и перспектив дальнейшей разработки темы. Содержит 183 таблицы, 85 рисунков и 10 приложений. Список литературы включает 364 источников, в том числе 311 зарубежных.

## 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования, включающие серии лабораторных (*in vitro*, *in vivo*) и научно-хозяйственных экспериментов, проводились в период с 2014 по 2023 гг. на базе отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий РАН» и лаборатории биологических испытаний и экспертиз ФНЦ БСТ РАН.

Спектр методов, использованных для достижения поставленных целей включал: зоотехнические, операционные, морфологические, биохимические, спектрофотометрические, физиологические, математические, микробиологические и молекулярно-биологические.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования осуществлялись в соответствии с требованиями инструкций и рекомендаций к выполнению биологических исследований (Сарымсакова Б.Е., Розенсон Р.И., Баттакова Ж.Е., 2007; Веселова Т.А., Мальцева А.А., Швец И.М., 2018; Russian Regulations, 1987; The Guide for Care and Use of Laboratory Animals, 1996).

Методики и объемы проведения экспериментов на животных предварительно согласовываются на заседании Комиссии по контролю и содержанию животных (Этический комитет) [http://fncbst.ru/?page\\_id=3553](http://fncbst.ru/?page_id=3553). Организация работы в лаборатории биологических испытаний и экспертиз



осуществляется согласно Приказу Министерства здравоохранения РФ «Об утверждении Правил надлежащей лабораторной практики» от 01.04.2016 г. № 199н.

Физиологические опыты проводили на бычках казахской белоголовой породы,  $n=30$  в каждой серии экспериментов. В каждом опыте животные были разделены на 3 группы: контрольная и опытные – I, II. Продолжительность каждого опыта составила 121 день.

Для осуществления запланированных исследований были установлены хронические фистулы рубца (фирма ANKOM, США) по методу А.А. Алиева (1998) и установка дуоденального анастомоза (по Синещекову А.Д., 1965).

В исследованиях использовали нерафинированное подсолнечное масло первичного холодного отжима, высшего сорта, ТУ 10.41.59-001-95662146-2017 (соответствует требованиям ТР ТС 024/2011, ООО «Хлебодар»; масло пальмовое ГОСТ 31647-2012, нерафинированное соевое масло, нерафинированное льняное масло - СТО 40490379-001-2015, ТР ТС 024/2011, ООО «Бизнесойл». В качестве протеиновых компонентов в рационе использовали белковые концентраты – соевый шрот (ГОСТ Р 53799-2010) и подсолнечный жмых (ГОСТ 11048-95).

В качестве изучаемых минеральных компонентов использовались ультрадисперсные формы (УДЧ) хрома и железа. УДЧ  $Fe$  получен методом электрического взрыва проводника в атмосфере аргона («Передовые порошковые технологии», г. Томск),  $d=90$  нм,  $Z$ -потенциал 7,7 мВ, содержит 99,8 %  $Fe$ , УДЧ  $Cr_2O_3$  ( $d=91$  нм, удельная поверхность – 9 м<sup>2</sup>/г,  $Z$ -потенциал – 93 мВ), содержит 99,8 %  $Cr$ , получен методом плазмохимического синтеза (ООО «Платина», г. Москва).

Бычки содержались привязно, поение вволю, кормление двухкратно в сутки. Учет поедаемости кормов проводили один раз в месяц, при проведении балансовых опытов ежедневно (П.Т. Лебедев, А.Т. Усович, 1976).

Кормление подопытных животных осуществлялось по общепринятым нормам, рассчитанным на получение 800 – 1000 г среднесуточного привеса (Калашников А.П. с соавт., 2003). Корма перед постановкой эксперимента исследовались на показатели питательности качества и безопасности в Испытательном центре ФНЦ БСТ РАН.

Использование питательных веществ и энергии испытуемых рационов в организме подопытных животных, их продуктивное действие изучали по общепринятому методу балансовых опытов (А.И. Овсянников, 1976).

Коэффициенты переваримости питательных веществ, использование энергии и азота рационов рассчитывали по методикам Н.Г. Григорьева и др. (1984, 1989).

Комплексную оценку мясной продуктивности, синтез компонентов мяса у бычков находили методом контрольного убоя в 15 – месячном возрасте по методикам ВИЖ(а), ВНИИМС(а).

Химический состав и питательность кормов, используемых в экспериментах, биосубстраты и остаток корма изучали по методикам согласно

ГОСТ, в испытательном центре коллективного пользования ФГБНУ Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук. Зоотехнический анализ кормов, добавок и субстратов проводили по общепринятым методикам и ГОСТам, определяли массовую долю сухого вещества (ГОСТ 31640-2012), сырого протеина (ГОСТ 13496.4-2019), массовую долю сырого жира (ГОСТ 13496.15-2016), массовую долю сырой клетчатки (ГОСТ 31675-2012), массовую долю сырой золы (ГОСТ 26226-95), кальция (ГОСТ 26570-95), фосфора (ГОСТ 26657-97), хрома (ГОСТ 30692-2000; ГОСТ 32343-2013), каротина (ГОСТ 13496.17-2019), сахара и крахмала (ГОСТ 26176-2019), витамина А (М 04-10-2007).

Изучение переваримости СВ рациона производили методом *in vitro* с помощью установки – инкубатора «АНКОМ DaisyII» (модификации D200 и D200I) по специализированной методике. Уровень летучих жирных кислот (ЛЖК) в содержимом рубца определяли методом газовой хроматографии на хроматографе газовом «Кристаллюкс-4000М», определение форм азота по ГОСТ 26180-84. Основные показатели рубцового пищеварения определялись общепринятыми методами (Н.В. Курилов и др., 1979).

Оценку свойств УДЧ на примере окиси хрома ( $Cr_2O_3$ ) и железа ( $Fe$ ) в нейтральной среде и рубцовой жидкости проводили в тесте ингибирования бактериальной биолюминесценции.

*Определение секреторной деятельности поджелудочной железы.* В работе определена активность панкреатических ферментов в соке поджелудочной железы, химусе 12-перстной кишки *in vivo*. Измерение активности амилазы проводилось по Смит-Рою в модификации для определения высокой активности фермента, протеаз – по гидролизу казеина очищенного по Гаммерстену при калориметрическом контроле (длина волны 450 нм), липазы на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd», Китай) с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия). Активность ферментов (амилаза,  $\alpha$ -амилаза, липаза, трипсин/трипсиноген) проводилась на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd», Китай) с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия).

*Морфологические и биохимические исследования крови* проводили в лаборатории «Агроэкология техногенных наноматериалов» и Испытательном центре (ФНЦ БСТ РАН). Морфологический анализ крови проводили на автоматическом гематологическом анализаторе URIT-2900 Vet Plus («URIT Medical Electronic Group Co., Ltd», Китай), биохимический анализ сыворотки крови – на автоматическом анализаторе CS-T240 («DIRUI Industrial Co., Ltd», Китай) с коммерческими наборами для ветеринарии (ЗАО «ДИАКОН-ДС», Россия).

*Количество аминокислот* в корме и химусе оценивали с помощью ионообменной хроматографии с постколоночной дериватизацией

нингидриновым реагентом и последующим детектированием при длине волны 570 нм (для пролина - 440 нм).

*Метагеномный анализ содержимого рубца и кишечника.* Микробное биоразнообразие содержимого рубца проводили с помощью MiSeq («Illumina», США) методом секвенирования нового поколения (NGS) с набором реагентов MiSeq® Reagent Kit v3 (600 cycle) в Центре коллективного пользования научным оборудованием «Персистенция микроорганизмов» (Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН). ДНК-библиотеки для секвенирования были созданы по протоколу «Illumina, Inc.» (США) с праймерами S-D-Bact-0341-b-S-17 и S-D-Bact-0785-a-A-21 к варибельному участку V3-V4 гена 16S рРНК. NGS-секвенирование выполняли на платформе MiSeq («Illumina, Inc.», США) с набором реактивов MiSeq Reagent Kit V3 PE600 («Illumina, Inc.», США).

Элементный состав биосубстратов был изучен с использованием атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии (АЭС-ИСП и МС-ИСП) в ИЦ ЦКП ФНЦ БСТ РАН.

*Статистический анализ.* Результаты полученных исследований обработаны с применением общепринятых методик при помощи программного пакета «Statistica 10.0».

### **3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

#### **3.1 Изучение влияния включения в рационы различных источников белка на пищеварение и обмен веществ в организме молодняка крупного рогатого скота**

Физиологические опыты проводили на бычках казахской белоголовой породы, возраст 8 – 12 месяцев (n=30), животные были разделены на 3 группы: контрольная и 2 опытные, по 10 голов в группе. Продолжительность опыта составила 121 день. Животные контрольной группы получали основной рацион (ОР); I опытной группы: ОР + соевый шрот (замена 5 % от концентрированной части кормов); II опытной группы: ОР + подсолнечный жмых (замена 5 % от концентрированной части кормов).

**3.1.1 Изменение таксономического состава микробиома рубца.** В опытной группе относительно контроля отмечено снижение численности представителей патогенных микроорганизмов филума *Proteobacteria* на 4,9 %, большинство из которых подавляют численность «полезной» микрофлоры в рубце, в частности *Lactobacillaceae*, *Ruminococcaceae*. Количество представителей филума *Verrucomicrobia*, при дополнительном включении белковых компонентов увеличилось на 12,1 % ( $p \leq 0,05$ ), что имело позитивное влияние для поддержания оптимального уровня pH в рубце и нормального течения ферментативных процессов (рис. 1).

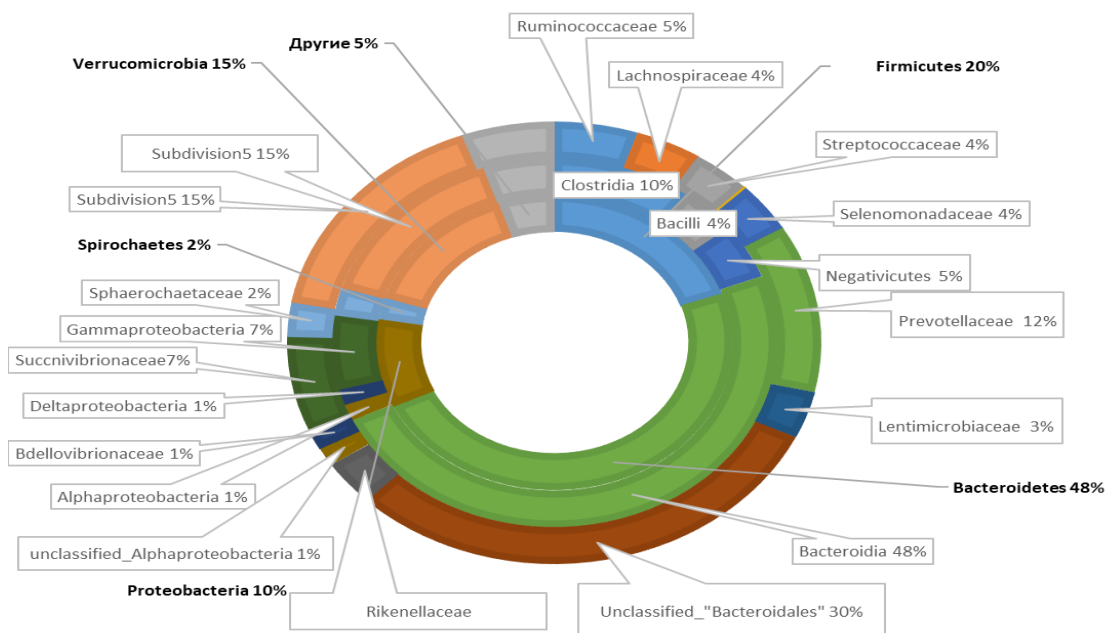
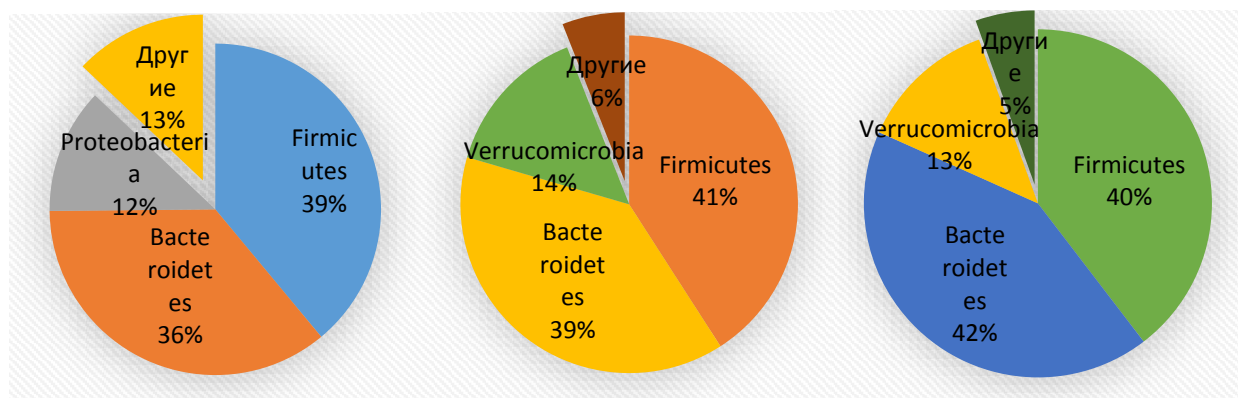


Рисунок 1. Таксономический состав (преобладающие таксоны) микробиома рубцовой жидкости *in vitro*, %

Увеличение в опытной группе представителей *Firmicutes*, участвующих в разложении клетчатки и синтезе короткоцепочечных жирных кислот, обуславливает повышение концентрации ацетата и бутирата в рубцовой жидкости на 62,7 % – 67,7 % ( $p \leq 0,01$ ) при использовании соевого шрота и 67,7 % – 68,9 % ( $p \leq 0,01$ ) – подсолнечного жмыха. Увеличение активности рубцовой микробиоты и общего уровня ЛЖК способствовало увеличению улучшению переваримости СВ в системе «искусственный рубец» на 4,7 – 7,7 %, а также и повышению уровня общего и белкового азота на 1,5 – 4,8 %.

### 3.1.2 Изменение таксономического состава микробиома кишечника.

Включение в рацион соевого шрота снижало численность бактериальных последовательностей относительно контроля на 36,6 % ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 2). Относительно контроля отмечено достоверное снижение численности представителей семейства *Ruminococcaceae* на 53,4 % ( $p \leq 0,05$ ), *unclassified Clostridiales* на 30 %, *Lachnospiraceae* на 34,3 %, *Enterobacteriaceae* на 99,8 % ( $p \leq 0,001$ ), численность представителей семейств *Bifidobacteriales*, *Bacteroidaceae*, *Prevotellaceae* напротив в данной группе повышалась. Не зависимо от источника протеина, произошло увеличение численности микроорганизмов, относящихся к семействам *Verrucomicrobiaceae* на 98,5 – 98,8 % ( $p \leq 0,001$ ), а также появлению в опытных группах семейств *Bacteroidales*, *Bifidobacteriales*, *Bacteroidaceae*, *Porphyromonadaceae*, *Prevotellaceae*, *Rikenellaceae*, *Fibrobacteraceae*, *Clostridiaceae*, при отсутствии в контрольной группе представители данных семейств.



Контрольная

I опытная

II опытная

Рисунок 2. Таксономический состав микрофлоры толстого отдела кишечника при дополнительном включении белковых компонентов на уровне филума, %

Введение в рацион соевого шрота способствовало увеличению  $\alpha$ -биоразнообразия, индекс Шеннона составил 1,4, при этом индекс Симсона  $D=0,34$ , при сравнении в контрольной группе данные значения составили  $H' = 1,1$ ,  $D= 0,38$ .

**3.1.3 Переваримость и использование питательных компонентов корма.** При добавлении белковых концентратов переваримость сухого вещества увеличивалась на 2,7 % и 1,4 %, сырого жира на 3,3 % и 3,9 % ( $p \leq 0,05$ ), сырого протеина на 1,3 % и 2,0 %, сырой клетчатки на 4,5 % ( $p \leq 0,01$ ) и 1,4 % соответственно при включении соевого шрота и подсолнечного жмыха (табл. 1).

Таблица 1 – Коэффициенты переваримости питательных компонентов корма, %

Показатель	Контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	61,7±0,21	64,4±0,20*	63,1±0,15
Органическое вещество	63,8±0,10	67,2±0,14*	66,2±0,092
Сырой протеин	73,8±0,16	75,1±0,62	75,8±0,69
Сырой жир	58,7±0,90	62,0±0,93*	62,6±0,58**
Сырая клетчатка	46,1±0,74	50,6±0,97**	47,5±0,93
БЭВ	67,4±0,78	70,1±0,88	67,4±0,84

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$

В I и II группах было отложено азота больше на 19,9 % и 16,5 % ( $p \leq 0,05$ ) относительно контрольной группы. Коэффициенты использования азота от принятого и переваренного в I опытной группе превосходили значения контрольной группы на 1,6 % и 3,0 % ( $p \leq 0,05$ ), во II на 2,3 % и 4,2 % ( $p \leq 0,05$ ) (табл. 2).

Таблица 2 – Использование азота бычками казахской белоголовой породы, г/гол в сутки

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Поступило с кормом	113,4±1,12	127,4±1,21***	120,5±0,98***
Выделено с калом	44,6±3,54	50,9±3,02**	48,2±2,24**
Переварилось	68,8±1,11	76,5±0,72***	72,3±0,94***
Выделено с мочой	41,0±2,06	44,5±3,24	41,2±3,15
Отложено	26,7±0,64	32,0±0,56***	31,1±0,54***
Коэффициенты использования, %			
от принятого	23,5±0,21	25,1±0,38	25,8±0,26
от переваренного	38,8±0,56	41,8±0,71**	43,0±0,51***

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* –  $p \leq 0,001$

**3.1.4 Продуктивное использование энергии рационов.** В I группе показатели обменной и чистой энергии поддержания были выше относительно контроля на 13,3 % и 2,0 %, во II группе на 13,1 % и 2,5 %, соответственно. Количество обменной энергии на поддержание жизни было выше у бычков II опытной группы на 13,1 %, при затратах энергии на поддержание жизни 29,9 МДж, при некотором снижении энергии затрат до 29,7 МДж в I группе. Энергия прироста в опытных группах была одинакова и выше относительно контрольной группы на 38,3 % ( $p \leq 0,05$ ).

**3.1.5 Морфологический и биохимический анализ крови.** Включение в рацион бычков белковых концентратов способствовало увеличению интенсивности течения белкового и углеводного обменов в организме, о чем свидетельствовало увеличение в сыворотке крови уровня общего белка на 12,6 – 19,3 %, альбумина на 3,4 – 13,8 % и глюкозы на 32,6 – 56,3 % при достоверном увеличении концентрации в сыворотке крови Са и Р.

**3.1.6 Изучение уровня панкреатической секреции.** При включении белковых добавок в виде соевого шрота и подсолнечного жмыха в рацион бычков активность протеолитических и амилолитических ферментов в панкреатическом соке снижалась, а активность фермента липазы напротив увеличивалась в 2,7 – 3,9 раз ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 3).



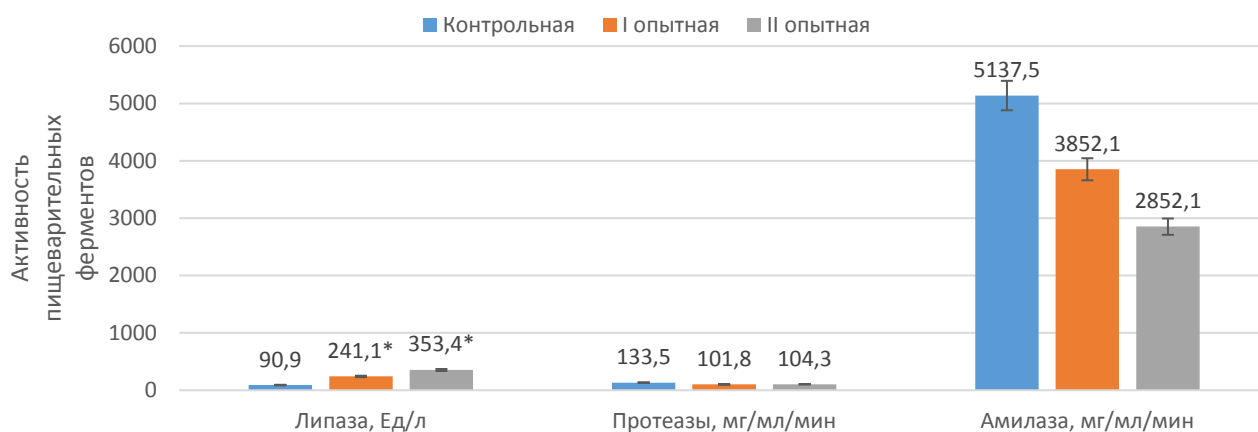


Рисунок 3. Динамика активности пищеварительных ферментов в соке поджелудочной железы у бычков при введении белковых компонентов в рацион

Уровень активности пищеварительных ферментов панкреатического сока в составе дуоденального химуса при добавлении белковых концентратов в рационе значительно повышали липолитическую активность панкреатического секрета в 2,7 раз в I группе и в 5,4 раза во II группе ( $p \leq 0,01$ ).

**3.1.7 Научно-хозяйственный опыт.** При изменении количества и качества белка в рационе показатель среднесуточного прироста был выше у бычков опытных групп при превосходстве по живой массе над контрольной группой на 3,0 и 6,3 кг при абсолютном приросте в контрольной группе – 107,6 кг, в I группе – 113,9 кг, в II группе – 110,3 кг.

**3.1.8 Экономическая эффективность.** Наибольшая себестоимость 1 кг прироста в контрольной группе составила 112,9 руб., при этом в I и II опытных группах данный показатель был равен 111,7 руб. и 111,5 руб. соответственно. Сумма выручки в I опытной группе превышала контрольные значения на 787,5 руб., II группу на 337,5 руб. Уровень рентабельности в I группе составил 11,9 %, во II – 12,1 %, что выше, чем в контроле на 1,2 % и 1,4 % соответственно.

### 3.2 Изучение влияния дополнительного введения в рационы жировых компонентов на пищеварение и обмен веществ в организме молодняка крупного рогатого скота.

Физиологические опыты проводили на бычках казахской белоголовой породы, возраст 10 – 14 месяцев ( $n=30$ ), животные были разделены на 3 группы: контрольная и 2 опытные, по 10 голов в группе. Продолжительность опыта составила 121 день. Животные контрольной группы получали основной рацион (ОР); I опытной группы: ОР + подсолнечное масло, 3 % от СВ рациона; II опытной группы: ОР + соевое масло, 3 % от СВ рациона.

#### 3.2.1 Сравнительная оценка влияния различных растительных масел на метаболические процессы и адаптацию пищеварительной системы

**жвачных.** Дополнительное включение подсолнечного, соевого и льняного масел до 6,9 % в рацион оказывало ингибирующее влияние на секрецию и выделение сока поджелудочной железы на 5,2 %, 8,9 % и 14,7 %, соответственно. Включение пальмового масла напротив увеличивало уровень панкреатической секреции на 2,4 % (рис. 4).

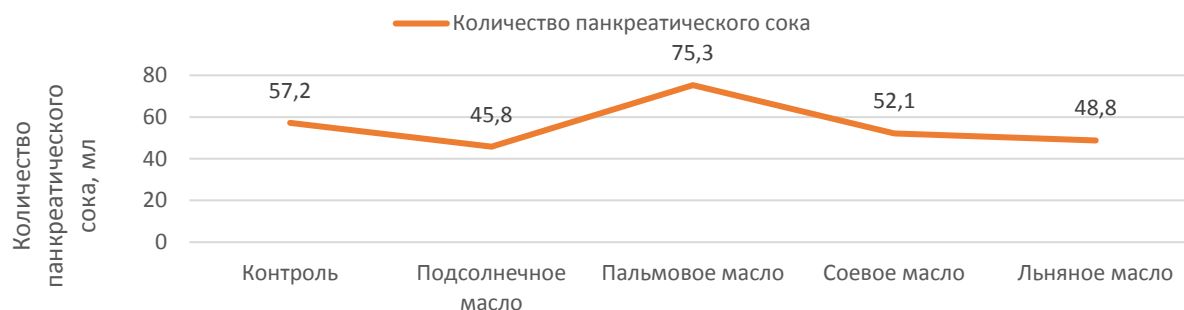


Рисунок 4. Количество панкреатического сока при включении в рацион растительных масел, мл

Включение подсолнечного масла сопровождалось увеличением липолитической и протеолитической активности в 8,5 и 1,9 раз, соответственно, и снижением активности амилазы в 2 раза. Пальмовое масло значительно повышало липолитическую активность панкреатического сока в 12,8 раз, а также активность протеаз в 3 раза относительно контроля. При введении соевого масла активность липазы относительно контроля увеличивалась в 5,6 раз, а активность амилазы и кишечных протеаз напротив снижалась в 1,7 и 1,2 раз. Использование льняного масла увеличивало активность липазы в 2,5 раз и протеаз в 1,6 раз при сравнении с контрольным рационом, при этом активность амилазы снижалась в 1,8 раз (табл. 3).

Таблица 3 – Активность ферментов поджелудочной железы у бычков при дополнительном включении в рацион растительных масел

Группа	Липаза, Ед/л	Амилаза, мг/мл/мин	Протеаза, мг/мл/мин
Контрольная	90,9±18,2	5137,0±450,0	133,5±24,3
Подсолнечное масло	773,0±14,8	2537,0±400,0	249,3±21,1
Пальмовое масло	1167,0±34,2	2520,0±300,0	394,0±28,6
Соевое масло	513,0±126,0	3025,0±360,0	1150,0±28,6
Льняное масло	230,0±26,4	2874,0±700,0	214,0±36,1

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$

**3.2.2 Морфологические и биохимические показатели крови.** При увеличении в рационе бычков сырого жира до 6,9 % отмечена стимуляция белкового и жирового обмена в организме. В сыворотке крови бычков опытных групп относительно контроля установлено повышение уровня общего белка на 17,21 – 38,1 % ( $p \leq 0,05$ ), альбумина на 24,1 – 72,4 % ( $p < 0,05$ ), триглицеридов на

27,5 – 68,9 % ( $p < 0,05$ ) и глюкозы на 17,01 – 42,5 % ( $p < 0,05$ ). В крови животных, получавших в рационе растительные масла, повышался уровень эритроцитов на 57,7 – 67,5 % и гемоглобина до 27,9 % ( $p < 0,05$ ).

### 3.2.3 Результаты экспериментов *in vitro* при использовании в рационах жировых компонентов

**Изменение таксономического состава микробиома рубца при введении жировых ингредиентов в рацион жвачных.** В результате метагеномного анализа установлено полное совпадение сообществ в контрольной и опытной группах на основании расчета индекса Жаккара и Серенсена равные 1. При введении в рацион соевого масла происходит эскалация продукции ЛЖК в рубце, при увеличении численности кислотоустойчивых бактерий филума *Bacteroidetes* (65,2 %) и снижение численности *Firmicutes* (20,12 %) (рис. 5).

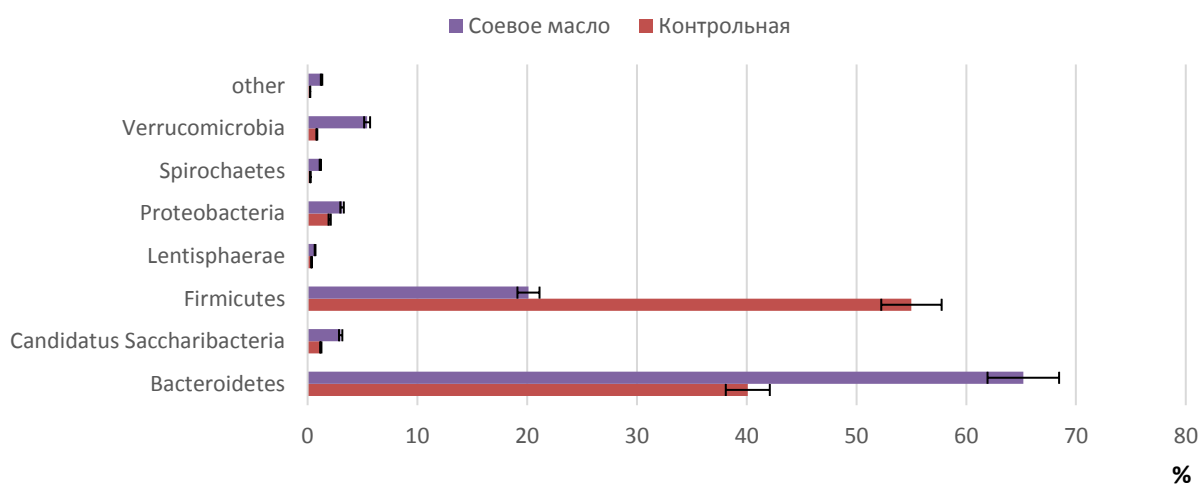


Рисунок 5. Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости на уровне филума при включении соевого масла, %

При введении соевого масла отмечено преобладание представителей семейства *Prevotellaceae*, отвечающих за разложение главным образом крахмалистых полисахаридов, их доля составила 35,9 % от общего числа представителей всех семейств и была выше относительно контроля на 10,9 %. В опытной группе относительно контроля также отмечено повышение численности микробного состава рубца семейств *Ruminococcaceae*, *Porphyromonadaceae*, *Spirochaetaceae*, *Succinivibrionaceae*, неклассифицированных *Bacteroidales* (рис. 6). При включении соевого масла отмечено снижение численности амилолитического микроорганизма *Streptococcus bovis* на 88,9 % ( $p \leq 0,05$ ) относительно контроля, продуцирующего лактат, что приводит к увеличению ЛЖК-продуцирующих бактерий и интенсивности синтеза ЛЖК.

В присутствии подсолнечного масла отмечено увеличение численности представителей семейства *Prevotellaceae* на 5,7 % и *Lachnospiraceae* в 4,8 раз.

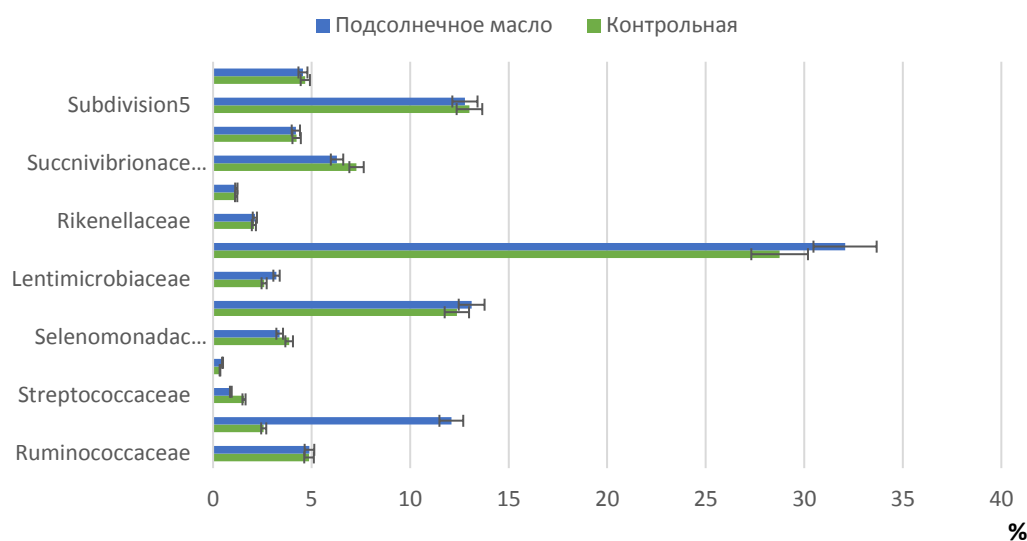


Рисунок 6. Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости на уровне семейства при дополнительном введении подсолнечного масла, %

Представители преобладающих филумов *Bacteroidetes* и *Firmicutes*, являются активными продуцентами ферментов (целлюлаз, гемицеллюлаз, ксиланаз, гликозидгидролаз и т.д.), в результате чего при включении в рацион растительных масел отмечено увеличение переваримости сухого вещества относительно контроля на 3,5 – 5,9 % ( $p \leq 0,05$ ).

Дополнительное включение масел показало повышение уровня уксусной кислоты в I группе (подсолнечное масло) на 46,8 %, во II группе (соевое масло) на 51,5 % ( $p \leq 0,05$ ) и масляной кислоты на 55,6 % и 60,5 % ( $p \leq 0,01$ ) соответственно и концентрации небелкового азота, используемого бактериями рубца, на 5,7 – 8,5 %.

### 3.2.4 Метагеномный анализ микробиома толстого отдела кишечника бычков.

При введении в рацион подсолнечного масла в содержимом кишечника численно доминировали представители *Ruminococcaceae* и *Lachnospiraceae* увеличилась на 11,1 %, при снижении представителей *Enterobacteriaceae* на 18,7 % и *unclassified\_ "Bacteroidales"* на 61,3 % ( $p \leq 0,01$ ) и *Bacteroidaceae* на 59,4 % ( $p \leq 0,01$ ). При использовании соевого масла в рационе в образце доминировали представители семейства *unclassified\_ "Bacteroidales"* (на 48,7 % больше, чем в контроле). Численность *Ruminococcaceae* была ниже контроля на 8,4 %, *Lachnospiraceae* – на 57,6 % ( $p \leq 0,01$ ), ниже контроля. *Bacteroidaceae*, *Rikenellaceae* и *unclassified Firmicutes* не были обнаружены в данном образце (рис. 7).

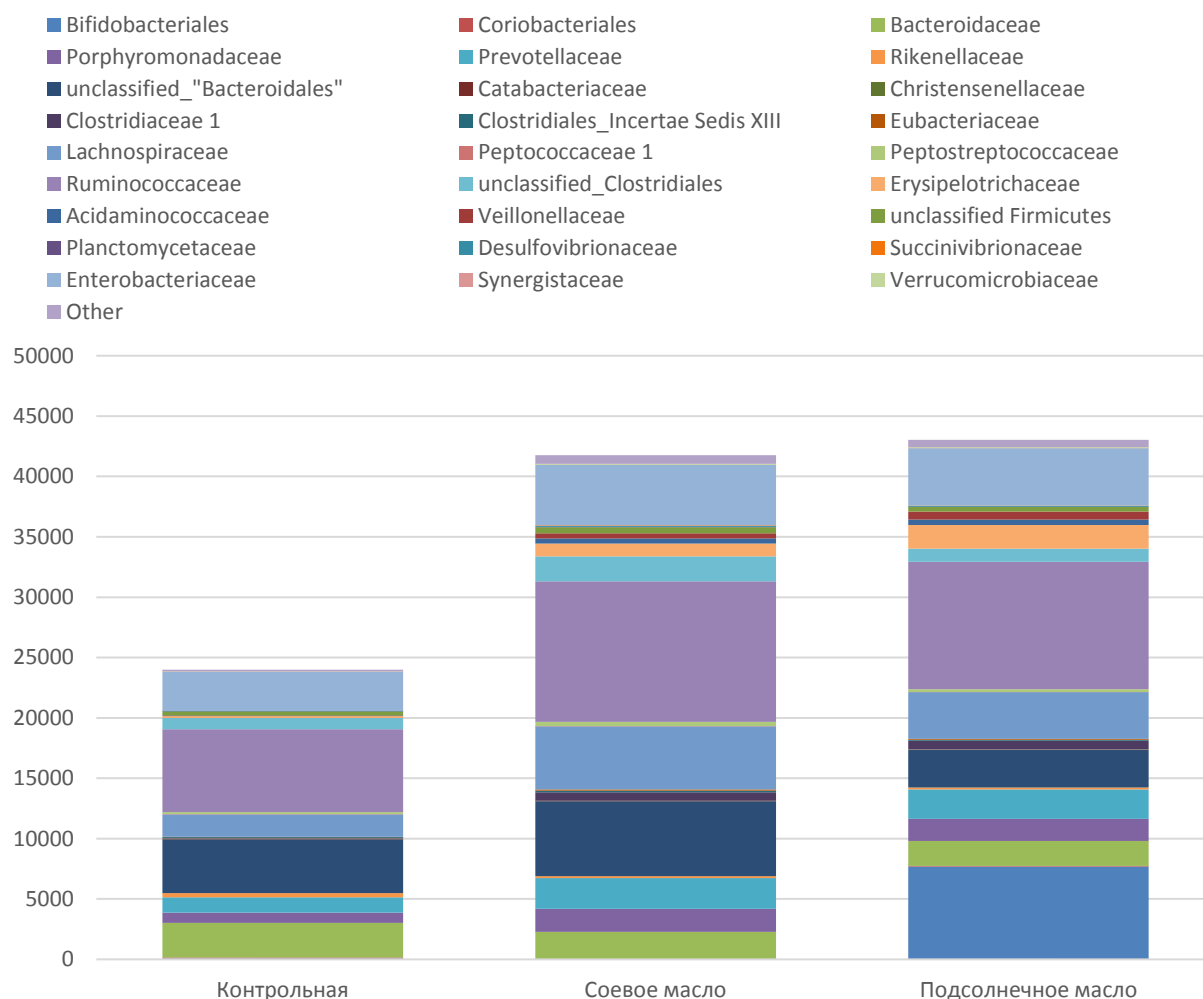


Рисунок 7. Микрофлора толстого отдела кишечника бычков при жировом рационе

**3.2.5 Исследование по оценке влияния жировых добавок на обмен веществ и энергии в организме молодняка крупного рогатого скота.** Относительно контроля в I группе отмечено увеличение переваримости сухого вещества на 2,7 %, органического на 2,6 %, сырого протеина и жира на 2,0 %, и 2,8 % ( $p \leq 0,05$ ), при снижении переваримости сырой клетчатки на 0,9 % (табл. 4).

Таблица 4 – Коэффициенты переваримости питательных веществ рациона, %

Наименование показателей	Контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	59,4±1,54	62,1±0,91*	63,2±1,65*
Органическое вещество	62,8±1,70	65,4±1,36	65,7±0,83*
Сырой протеин	73,8±0,51	75,8±0,69*	75,1±1,02
Сырой жир	58,8±1,13	61,6±1,88	62,1±0,75*
Сырая клетчатка	46,1±0,26	45,2±0,18*	45,5±0,85*
БЭВ	67,4±0,9	68,3±1,1	69,2±1,38

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$

Во II группе зафиксировано повышение переваримости сухого вещества на 3,8 % ( $p \leq 0,05$ ), сырого протеина на 1,3 %, сырого жира на 3,3 %, органического вещества на 2,9 % и БЭВ на 1,8 % относительно контроля. Переваримость клетчатки в данной группе снизилась на 0,6 %.

**3.2.6 Использование азота и энергии корма животными при дополнительном включении в рацион жировых добавок.** В контрольной группе поступление азота с кормами составило 136 г/гол, что было ниже, чем в I опытной группе на 1,3 % и на 2,3 % чем во II группе. Количество переваренного азота в I группе относительно контроля было выше на 0,7 %, а выделенного с калом на 2,2 %. Введение подсолнечного масла корректировало в сторону увеличения уровень переваренного азота на 1,2 %, выделенного с калом на 3,7 %, отложенного азота на 20,2 % ( $p \leq 0,05$ ). В I группе относительно контроля азота было отложено больше на 15,0 % ( $p \leq 0,05$ ). Коэффициенты использования азота в I группе были выше относительно контрольной группы на 2,5 % от принятого и на 4,4 % ( $p \leq 0,05$ ) от переваренного, во II группе на 3,2 % от принятого и на 5,8 % от переваренного ( $p \leq 0,05$ ) (табл. 5).

Таблица 5 – Использование азота молодняком крупного рогатого скота, г/гол в сутки

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Поступило с кормом	136,1±0,84	137,9±0,69	139,2±0,81
Выделено с калом	55,4±0,38	56,6±0,36	57,5±0,92
Переварилось	80,7±0,15	81,3±0,21*	81,7±0,39*
Выделено с мочой	57,4±1,92	52,2±1,48	51,3±1,82
Отложено	25,3±1,11	29,1±0,68*	30,4±1,04*
Коэффициенты использования, %			
от принятого	18,6±0,68	21,1±0,91	21,8±0,62*
от переваренного	31,4±0,84	35,8±0,56*	37,2±0,82*

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$

Самый высокий уровень поступления энергии в организм животного с кормами отмечался во II группе, данный показатель был выше, чем в контрольной группе на 1,1 %. Валовой энергии рациона животные I группы потребили больше на 9,5 % ( $p \leq 0,05$ ), II на 10,6 % ( $p \leq 0,05$ ) чем животные контрольной группы. Уровень переваримой и обменной энергии во II группе был выше, чем в контрольной на 11,6 % и 12,3 % ( $p \leq 0,05$ ), а в I группе на 9,6 % и 10,5 % ( $p \leq 0,05$ ), соответственно. Энергия прироста интенсивнее была у бычков II группы и оказалась выше, чем в контроле, на 27,3 % ( $p \leq 0,01$ ), а в I группе данный показатель был выше на 23,4 % ( $p \leq 0,01$ ).



**3.2.7 Научно-хозяйственный опыт.** Абсолютный прирост в опытных группах относительно контрольной во II группе был выше на 12,5 %, а в I группе на 10,1 % ( $p \leq 0,05$ ). Разница по среднесуточному приросту за 4 месяца исследования между опытными и контрольной группами составила 10,2 – 12,5 % ( $p \leq 0,05$ ).

**3.2.8 Экономическая эффективность.** Себестоимость 1 кг прироста у бычков II группы, благодаря большему абсолютному приросту живой массы оказалась ниже, чем у сверстников других групп, и составила 110,8 руб., что ниже, чем в контрольной группе на 3,2 руб. При сравнении с контрольной группой в I группе выручка была выше на 10,1 %, прибыль на 19,9 %, а во II группе на 12,5 % ( $p \leq 0,05$ ) и 46,3 % ( $p \leq 0,01$ ), соответственно. Уровень рентабельности в I группе составил 10,6 %, во II 12,9 % ( $p \leq 0,05$ ), что выше, чем в контрольной на 1,0 % и 3,3 %, соответственно.

Таким образом, использование растительных масел в рационе бычков способствует усилению обменных процессов в организме, увеличению переваримости кормов и как следствие продуктивности и рентабельности производства до 3,3 %.

### **3.3 Результаты пилотных исследований по апробации включения различных ингредиентов в рацион крупного рогатого скота**

Исследования по оценке обмена химических элементов характеризовались включением белковых концентратов (подсолнечного жмыха и соевого шрота) и растительных масел (подсолнечного и соевого).

Тестирование минеральных компонентов – УДЧ хрома и железа и установление дозозависимого эффекта, проводили методом *in vitro* в дозировках: хрома 100, 200, 300 мкг/кг СВ, железа – 1,0, 1,4 и 2,0 мг/кг СВ.

Физиологические опыты проводили на бычках казахской белоголовой породы, возраст 11 – 15 месяцев ( $n=30$ ), животные были разделены на 3 группы: контрольная и 2 опытные, по 10 голов в группе. Продолжительность опыта составила 121 день. Животные контрольной группы получали основной рацион (ОР); I опытной группы: ОР + хром 200 мкг/кг СВ; II опытной группы: ОР + железо 1,4 мг/кг СВ.

**3.3.1 Обмен химических элементов.** Увеличение в рационе бычков различных нутриентов способствовало снижению усвояемости некоторых минеральных веществ в организме (рис. 8).

Во всех опытных группах относительно контроля отмечено увеличение усвояемости В, Са, Со, I, Li, Mg, Na, Ni, P, Se и снижение Cr, Cu, Fe, V, Zn. Усвояемость Cr, Cu, Fe, Se и Zn, при использовании соевого шрота снижалась на 14,7 % ( $p \leq 0,05$ ), 11,7 % ( $p \leq 0,05$ ), 3 %, 5,6 %, 3 %, соответственно, при использовании подсолнечного жмыха на 12,0 % ( $p \leq 0,01$ ), 20,0 % ( $p \leq 0,05$ ), 3,2 %, 4,8 %, 4,4 %, соответственно. Такая же тенденция отмечена и при введении

растительных жиров – соевого и подсолнечного масла, усвояемость Cr снижалась на 12,0 % ( $p \leq 0,05$ ), Cu на 21,1 – 24,6 % ( $p \leq 0,05$ ), Fe на 1,3 – 2,5 %, V на 8,3 – 9,3 % ( $p \leq 0,05$ ), Zn на 4,7 – 5,5 %, соответственно.

При включении в рацион протеиновых компонентов отмечено достоверное снижение уровня Hg на 13,2 % и 21,2 % ( $p \leq 0,01$ ), Pb на 4,5 – 12,0 % ( $p \leq 0,05$ ), Cd на 3,7 – 7,3 % ( $p \leq 0,05$ ). Дополнительное включение растительных жиров в рацион также снижало концентрацию в сыворотке крови Pb на 2,5 – 15,8 % ( $p \leq 0,05$ ), Cd на 9,3 – 45,1 % ( $p \leq 0,01$ ), Sn на 3,5 – 6,9 % ( $p \leq 0,05$ ), Sr на 0,2 – 0,7 % относительно контрольных значений.

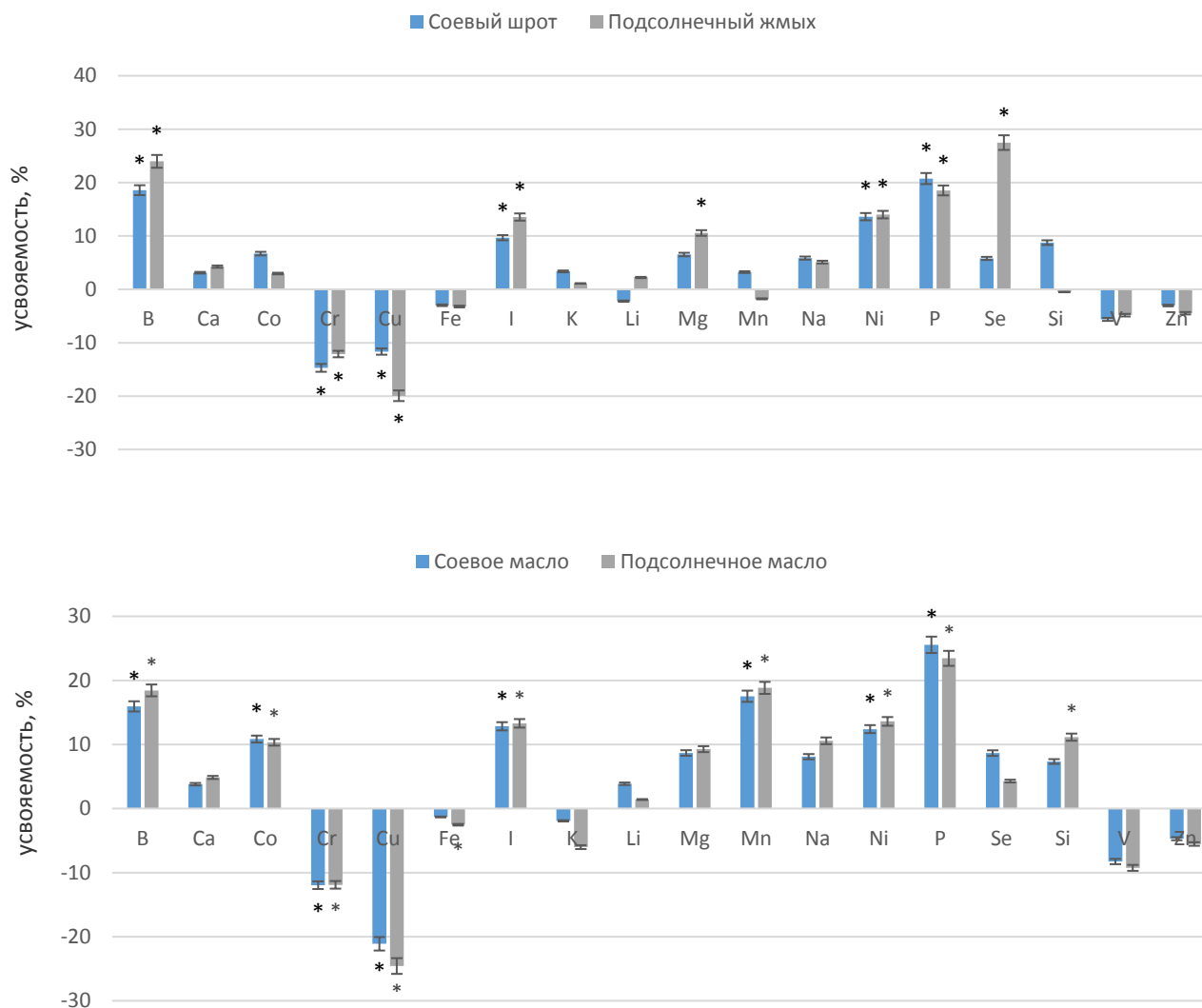


Рисунок 8. Усвояемость минеральных веществ в рационе бычков при изменении ингредиентного состава рациона, %

Таким образом, дополнительное включение белковых и жировых компонентов в рацион крупного рогатого скота способствует ретенции в организме B, Co, Mn, Ni, P, Se, K, Ca и выведению токсичных элементов Al, Hg, Pb, Sr, Sn.

### 3.3.2 Влияние минеральных компонентов на рубцовое пищеварение.

Включение хрома в различных дозировках улучшает степень переваримости СВ корма. Если в контрольном образце коэффициент переваримости СВ составил 62,1 %, то дозозависимый эффект выражался в увеличении переваримости от 2,1 % (100 мкг/кг) до 5,5 % (200 мкг/кг).

При включении хрома в дозировках 100 и 200 мкг/кг СВ количество инфузорий относительно контроля увеличивалось на 0,6 % и 3,4 % ( $p \leq 0,05$ ) соответственно на фоне снижения на 3,3 % при дозе 300 мкг/кг. Биомасса простейших в рубцовой жидкости относительно контроля масса простейших в I группе увеличилась на 23 % ( $p \leq 0,05$ ), во II группе на 35,5 % ( $p \leq 0,01$ ), в III на 26 % ( $p \leq 0,05$ ) (табл. 6).

Дополнительное включение железа при проведении исследований *in situ* способствовало увеличению переваримости СВ образцов в I группе на 1,1 %, во II на 2,7 % и в III на 2,1 % с превосходством по количеству инфузорий в зависимости от дозы вводимого железа на на 1,2 % (1,0 мг/кг СВ) и на 2,5 % (1,4 мг/кг и 2,0 мг/кг СВ) (таблица 7).

Таблица 6 – Характеристика микрофлоры рубцового содержимого при использовании препарата ультрадисперсных частиц оксида хрома в рационе бычков

Показатель	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III
Биомасса простейших, г/100 мл	2,0±0,15	2,6±0,12*	3,1±0,17**	2,7±0,21*
Биомасса бактерий, г/100 мл	3,2±0,12	1,7±0,51*	1,9±0,46*	1,6±0,50*
Количество инфузорий, тыс./мл	338±2,71	340±3,40	350±2,96*	327±4,04

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$

Биомасса простейших относительно контроля при тестировании опытных образцов увеличивалась на 35,5 % ( $p \leq 0,05$ ) в I группе, на 41,2 % ( $p \leq 0,01$ ) во II и на 39,4 % ( $p \leq 0,05$ ) в III группе.

Таблица 7 – Характеристика микрофлоры рубцового содержимого при использовании железа в рационе бычков

Показатель	Группа			
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Биомасса простейших, г/100 мл	2,0±0,34	3,1±0,13*	3,4±0,18**	3,3±0,22*
Биомасса бактерий, г/100 мл	3,2±0,121	2,6±0,201*	2,9±0,042*	2,9±0,31*
Количество инфузорий, тыс./мл	338±2,70	342±4,51	347±3,13	347±2,96

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$

Таким образом, наибольшим биологическим эффектом на количественные характеристики микробиома рубца и интенсивность переваривания питательных веществ в рубце обладает дозировка хрома 200 мкг/кг, повышая переваримость СВ на 3,4 % и увеличивая массу и количество простейших в рубце. В отношении

минерального препарата железа, наиболее конкурентной оказалась дозировка 1,4 мг/кг СВ рациона, относительно других дозировок на основании стимуляции переваримости СВ на 1,3 % и биомассы бактерий и простейших.

С целью определения порогов токсичности изучаемых химических элементов на моделях «репортерных» люминесцирующих клеточных тест-систем была проведена биологическая аттестация минеральных препаратов хрома и железа.

В опыте с рубцовой жидкостью без включения хрома и железа относительное значение биолюминесценции колеблется в пределах 24,7 % и 758,1 %, обнаруживая тенденцию к росту (рис. 9).

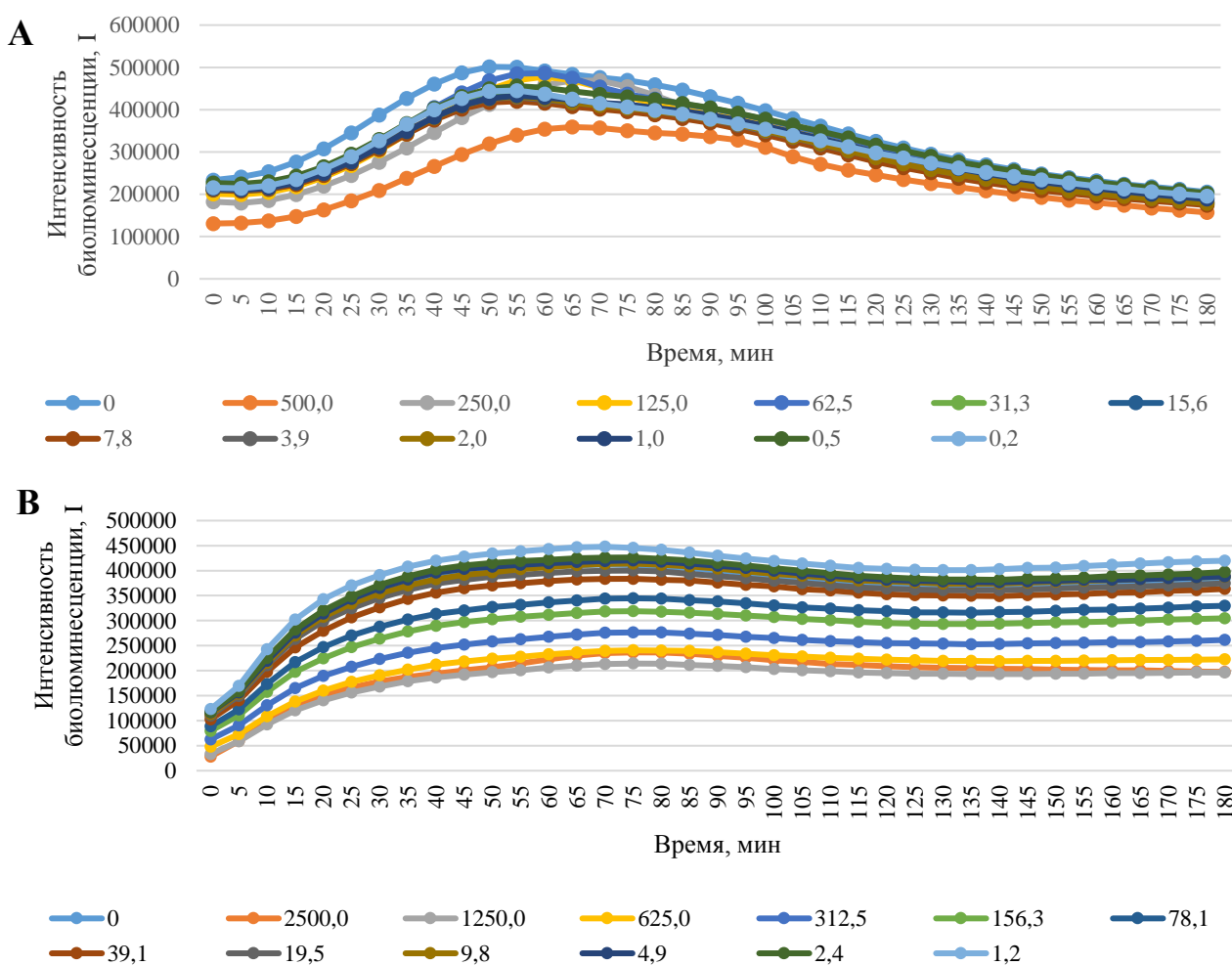


Рисунок 9. Динамика биолюминесценции бактериального штамма *Escherichia coli K12 TG1* в рубцовой жидкости при различных концентрациях А – хрома, В – железа

При комбинации рубцовой жидкости с хромом и железом наблюдается регрессия ядовитых свойств последних. Установлено, что использование минеральных препаратов хрома и железа в сочетании с рубцовой жидкостью приводит к ингибированию их токсичности по отношению к тест-объекту.

Соответственно, на основании отсутствия токсичного эффекта, использование хрома и железа в представленных дозировках, как источников микроэлементов в кормлении жвачных животных, перспективно.

**3.3.3 Мясная продуктивность опытных бычков.** Результаты контрольного убоя показали, что от бычков I (дополнительно хром в дозировке 200 мкг/кг СВ рациона) и II (железо в дозировке 1,4 мг/кг СВ) групп получены тяжеловесные, хорошо обмускуленные туши (табл. 8). Они превосходили сверстников из контрольной (основной рацион) и II группы по предубойной массе на 4,0 кг и 1,8 кг, соответственно, по массе парной туши на 5 кг и 1,6 кг, по выходу туши на 0,5 % и 0,1 % и убойному выходу на 0,5 % и 0,2 % соответственно.

Таблица 8 – Мясная продуктивность бычков при включении в рацион хрома и железа

Показатели	Группы		
	Контроль	I опытная	II опытная
Предубойная масса, кг	380,2±13,43	386,2±9,34	384,4±10,51
Масса парной туши, кг	201,4±5,86	206,4±4,64*	204,8±5,47
Масса внутреннего жира, кг	12,6±0,38	13,1±0,21	12,9±0,46
Выход туши, %	52,9±3,48	53,4±2,04	53,3±1,85
Выход внутреннего жира, %	3,32±0,142	3,39±0,216	3,36±0,134
Убойная масса, кг	214,0±7,55	219,5±6,46	217,7±6,68
Убойный выход, %	56,3±1,22	56,8 ± 1,72*	56,6±1,40*

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$

### 3.4 Влияние дополнительного включения хрома в белковые рационы на пищеварение и обмен веществ в организме молодняка крупного рогатого скота

Физиологические опыты проводили на бычках казахской белоголовой породы, возраст 8 – 12 месяцев ( $n=30$ ), животные были разделены на 3 группы: контрольная и 2 опытные, по 10 голов в группе. Продолжительность опыта составила 121 день. Животные контрольной группы получали основной рацион (ОР); I опытной группы: ОР + соевый шрот (замена 5 % от концентрированной части кормов) + хром 200 мкг/кг СВ; II опытной группы: ОР + подсолнечный жмых (замена 5 % от концентрированной части кормов) + хром 200 мкг/кг СВ.

**3.4.1 Результаты экспериментов *in vitro* при включении хрома.** При введении хрома в протеиновые рационы доминирующими филумами были *Bacteroidetes* (57,53 %), *Firmicutes* (15,27 %), *Proteobacteria* (8,80 %) и *Verrucomicrobia* (11,22 %). Относительно контрольной группы численность *Bacteroidetes* была выше на 16,1 %, а *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia* ниже на 22,2 %, 9,1 % и 24,9 %. При использовании УДЧ оксида хрома

увеличивалось количество представителей *Ruminococcaceae*, *Selenomonadaceae*, *Prevotellaceae*, *Lentimicrobiaceae* на 9,1 %, 9,4 %, 20,8 % и 1,2 %, соответственно, относительно образцов с использованием белкового компонента (рис. 10), что способствовало повышению в рубцовой жидкости, группы с использованием хрома, уровня общего азота на 1,8 – 2,7 % и белкового азота на 2,9 – 3,9 %, и увеличению общей концентрации ЛЖК, что привело к лучшей переваримости СВ на 3,2 – 6,4 %.

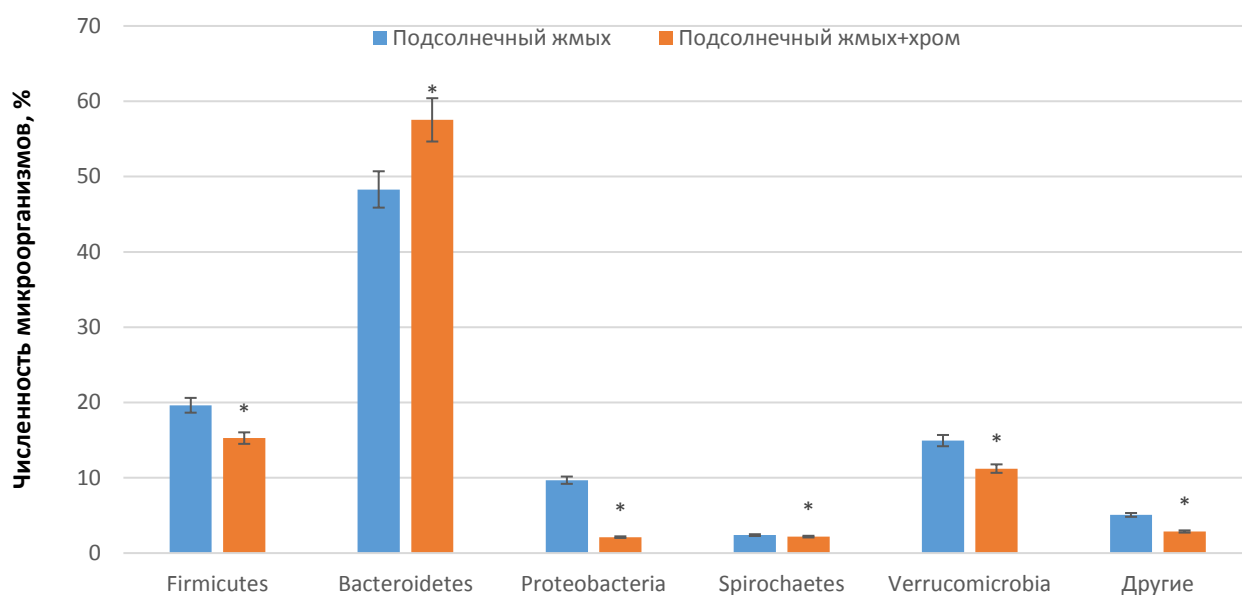


Рисунок 10. Таксономический состав микробиома рубца на уровне филума при дополнительном включении хрома, %

**3.4.2 Влияние хрома на микробиом толстого отдела кишечника, обмен веществ и энергии в организме молодняка крупного рогатого скота.** Дополнительное введение хрома снижало численность бактериальных последовательностей относительно контроля на 36,9 % ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 11). При этом видовой состав был аналогичным группы без хрома, и характеризовался наличием 6 филумов. Установлено снижение численности представителей семейства *Ruminococcaceae* на 30 %, при увеличении численности представителей семейств *unclassified\_Clostridiales*, *Lachnospiraceae*, *Bifidobacteriales*.



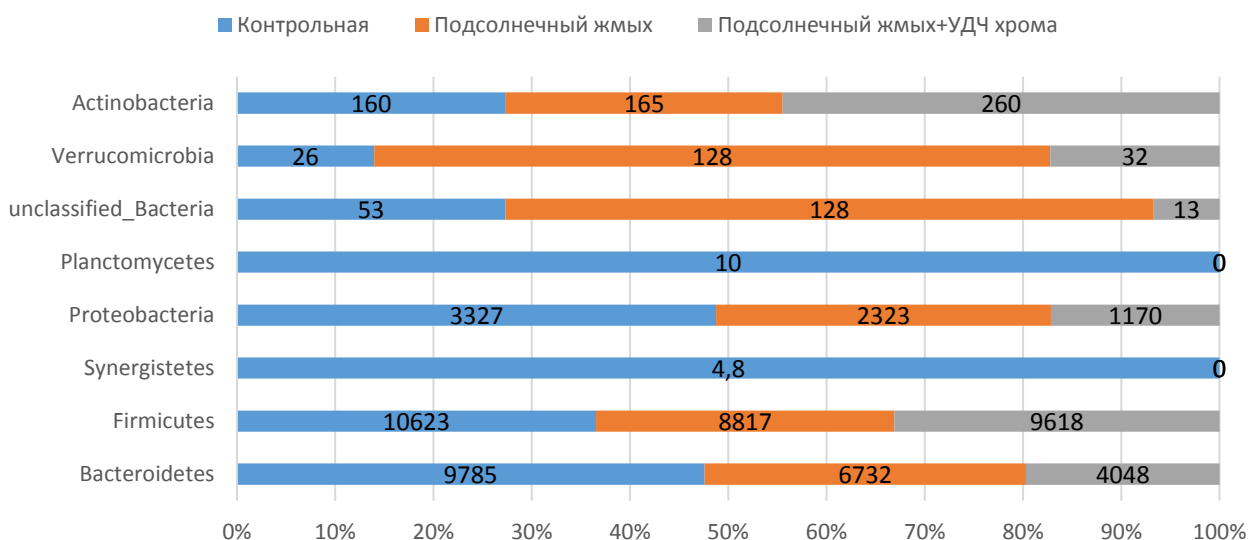


Рисунок 11 – Микрофлора толстого отдела кишечника бычков при дополнительном включении хрома

Дополнительное включение хрома способствовало увеличению численности *Firmicutes* на 8,3 %, что обусловлено включением протеиновых концентратов и наличия субстрата для расщепления данной группой микроорганизмов, в результате отмечено увеличение переваримости сырого протеина на 1,6 – 2,8 %, сухого вещества, сырого жира ( $p \leq 0,01$ ) и клетчатки относительно контрольной группы (табл. 9).

Таблица 9 – Переваримость питательных веществ рационов, %

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	68,7±1,85	76,2±1,69*	75,0±1,55*
Органическое вещество	71,8±2,35	79,7±2,51	78,1±2,19
Сырой протеин	74,0±1,54	75,2±1,49	76,1±1,34
Сырой жир	58,8±1,12	62,2±0,99	62,5±1,25
Сырая клетчатка	46,1±0,75	50,6±0,51**	46,8±0,32
БЭВ	67,7±0,48	70,4±0,36**	67,8±0,34

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$

Относительно контрольной группы в I группе количество принятого с кормом азота было выше на 46,4 г/гол в сутки, а выделенного с калом азота на 21 %. Переваримость азота в данной группе составила 96,4 мг/гол в сутки, что было достоверно выше на 55 % ( $p \leq 0,05$ ). В данной опытной группе было отложено большее количество азота в организме на 24,4 % ( $p \leq 0,01$ ). Коэффициенты использования азота в I группе составили 18,6 % от принятого и 31,7 % от переваренного. В рационе бычков II группы поступление азота с кормом было выше относительно контрольной группы на 47,3 % ( $p \leq 0,05$ ), что сопровождалось также большим выведением азота из организма с калом и мочой

на 28,8 % и 96,3 % ( $p \leq 0,01$ ), соответственно, на фоне большего отложения на 64,7 % ( $p \leq 0,01$ ).

**3.4.3 Продуктивное использование энергии рационов.** Потребление валовой энергии корма в опытных группах относительно контроля увеличивалось в I группе на 2,2 %, во II группе на 4,8 %. Разница в уровне переваримой и обменной энергии между контрольной группой и опытными группами составляла 8,4 % и 7,3 % ( $p \leq 0,05$ ) в сторону увеличения в I группе и 7,0 % и 5,9 % во II группе ( $p \leq 0,05$ ), соответственно. Энергия прироста в опытных группах была выше чем в контроле на 13,5 % – 14,6 %, а КПИ ОЭ на 2,5 % – 2,8 %.

**3.4.4 Изменение активности пищеварительных ферментов панкреатического сока под влиянием хрома на фоне скармливания белковых рационов.** Дополнительное включение белковых компонентов в рационы опытных бычков с хромом стимулировало секрецию сока поджелудочной железы в I группе на 34,4 %, во II на 12,1 % ( $p \leq 0,05$ ) (табл. 10). При включении в белковые рационы хрома относительно контрольной группы зафиксирована стимуляция амилалитической активности поджелудочного сока: в I группе на 14,2 %, во II группе на 4,6 %. Относительно контрольной группы отмечено повышение активности липазы в I группе на 88,8 %, а во II на 88,7 % ( $p \leq 0,01$ ) и активности протеолитических ферментов на 16,6 % ( $p \leq 0,05$ ) в I группе и на 33,3 % во II группе.

Уровень трипсина во всех опытных группах был достоверно выше относительно контроля: в I на 83,6 %, во II на 82,9 % ( $p \leq 0,05$ ).

Таблица 10 – Уровень активности пищеварительных ферментов панкреатического сока у бычков при введении хрома на фоне протеинового кормления

Ферменты	Группы		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Количество панкреатического сока, мл	58,1±2,3	78,4±3,1	65,0±2,8
Амилаза, мг/мл/мин	5137,0±450,0	5864,0±583,0	5375,0±346,0
Протеазы, мг/мл/мин	133,5±9,65	155,7±12,6	177,9±16,14*
Липаза, Ед/л	90,9±21,58	810,5±27,94**	812,2±12,37**

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$ , \*\* –  $p \leq 0,01$

**3.4.5 Морфологический и биохимический анализ крови.** Анализ морфологических показателей крови диагностировал достоверное увеличение уровня лимфоцитов во II группе на 17,2 %, в I на 12,5 % относительно контроля ( $p \leq 0,05$ ) и тромбоцитов в I группе на 12,9 % ( $p \leq 0,05$ ), во II группе на 35,3 % ( $p \leq 0,05$ ) относительно контроля. Установлено достоверное повышение уровня общего белка в I группе на 30,9 %, во II на 35,5 % ( $p \leq 0,05$ ), повышение уровня глюкозы в I группе на 66,6 %, во II на 29,3 % относительно контроля ( $p \leq 0,05$ ).

Тенденция к увеличению в опытных группах была отмечена и в отношении альбумина. Хром стимулировал синтез ЛДГ в I группе на 37,6 %, во II группе на 55,6 % ( $p \leq 0,05$ ). Установлено увеличение уровня активности ферментов АЛТ и АСТ и повышение коэффициента де Ритиса (отношение АСТ/АЛТ) у подопытных бычков I группы в 2,2 раза, во II в 2,1 раза относительно контроля ( $p \leq 0,05$ ).

**3.4.6 Научно-хозяйственный опыт.** Максимальная живая масса зафиксирована в I группе и составила 340,2 кг, во II группе – 338,2 кг, что оказалось выше, чем в контроле, на 9,1 и 7,1 кг, соответственно. Прирост живой массы за учетный период в опытных группах был выше в I группе на 2,7 %, во II на 2,1 %. Разница по среднесуточному приросту между молодняком опытных и контрольной групп к концу эксперимента составила: в I группе 8,4 % ( $p \leq 0,05$ ), во II группе 6,7 %. Абсолютный прирост в контрольной группе составил 107,6 кг, в I опытной группе 116,6 кг, а во II – 114,7 кг.

**3.4.7 Экономическая эффективность.** Наибольшая себестоимость 1 кг прироста отмечалась в группе бычков, находящихся на контрольном рационе, и составила 112,9 руб., в опытных группах данный показатель был ниже при сравнении с контролем на 1,1 % в I группе и на 2,5 % во II группе. Большая сумма выручки была в I группе и составила 14575 руб., уровень прибыли также был выше в данной группе. Во II группе уровень выручки составил 14337,5 руб., что выше, чем в контроле, на 887,5 руб., при этом прибыль оказалась выше на 17,4 %. Уровень рентабельности в I группе и составил 13,5 %, во II группе 11,9 %, что выше, чем в контроле, на 2,8 % и 1,2 %, соответственно.

### **3.5 Влияние дополнительного включения в белковые рационы молодняка крупного рогатого скота железа на обменные процессы в организме.**

Физиологические опыты проводили на бычках казахской белоголовой породы, возраст 8 – 12 месяцев ( $n=30$ ), животные были разделены на 3 группы: контрольная и 2 опытные, по 10 голов в группе. Продолжительность опыта составила 121 день. Животные контрольной группы получали основной рацион (ОР); I опытной группы: ОР + соевый шрот (замена 5 % от концентрированной части кормов) + железо 1,4 мг/кг СВ; II опытной группы: ОР + подсолнечный жмых (замена 5 % от концентрированной части кормов) + железо 1,4 мг/кг СВ.

#### **3.5.1. Результаты опытов *in vitro* при дополнительном включении в белковые рационы железа.**

Изменение таксономического состава микробиома рубца. Включение УДЧ железа увеличивало количество представителей *Ruminococcaceae*, *Prevotellaceae*, *Lentimicrobiaceae*, *Unclassified\_Bacteroidales* на 0,9 %, 2,7 %, 0,5 %, 3,8 % соответственно, уменьшилась численность *Lachnospiraceae*,

*Rikenellaceae*, *Succnivibrionaceae* на 1,6 %, 0,7 %, 1,7 % соответственно относительно образцов с использованием белкового компонента (рис. 12).

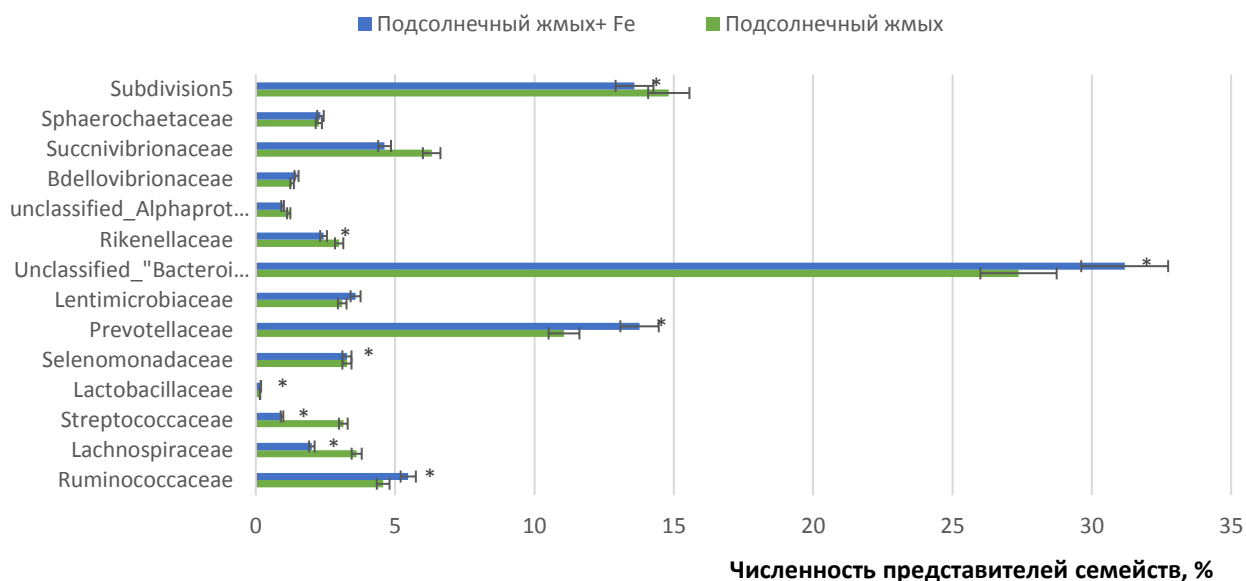


Рисунок 12. Таксономический состав (преобладающие таксоны) микробиома рубцовой жидкости *in vitro* на уровне семейства, %

В I группе переваримость СВ в опытах *in vitro* в рубце повышалась относительно контрольной группы на 1,3 %, во II группе на 0,9 %. В опытных группах концентрация уксусной кислоты была выше на 76,2 % – 78,3 % ( $p \leq 0,05$ ), масляной и капроновой кислот на 22,5 % – 24,4 % и 62,4 % – 64,4 % ( $p \leq 0,05$ ), соответственно.

Уровень общего и белкового азота в опытных группах относительно контроля увеличился во II группе на 3,3 % и 6,6 %, в I группе на 3,1 % и 5,4 % соответственно. Уровень небелкового, аммиачного и мочевинового азота в присутствии железа был ниже контрольных значений.

### 3.5.2 Изменение активности пищеварительных ферментов.

Дополнительное включение железа способствовало резкому увеличению внешнесекреторной функции поджелудочной железы, при этом количество сока за весь учетный период было выше в 2 раза в I группе и в 1,6 раза во II группе относительно контрольной. При включении в рационы железа отмечено увеличение липолитической активности в I группе на 76,4 %, во II группе на 65 % относительно контрольных показателей. Дополнительное включение железа снижало активность протеаз в I группе на 10 %, а во II на 18,4 % ( $p \leq 0,05$ ) относительно контрольного рациона (133,5 мг/мл/мин). При введении в рацион животных соевого шрота на фоне использования железа активность кишечных протеаз была выше, чем при включении подсолнечного жмыха, на 9,3 %. Уровень активности амилазы в I группе был ниже в 2,5 раза, а во II в 1,4 раза относительно данного показателя в контрольной группе (рис. 13).

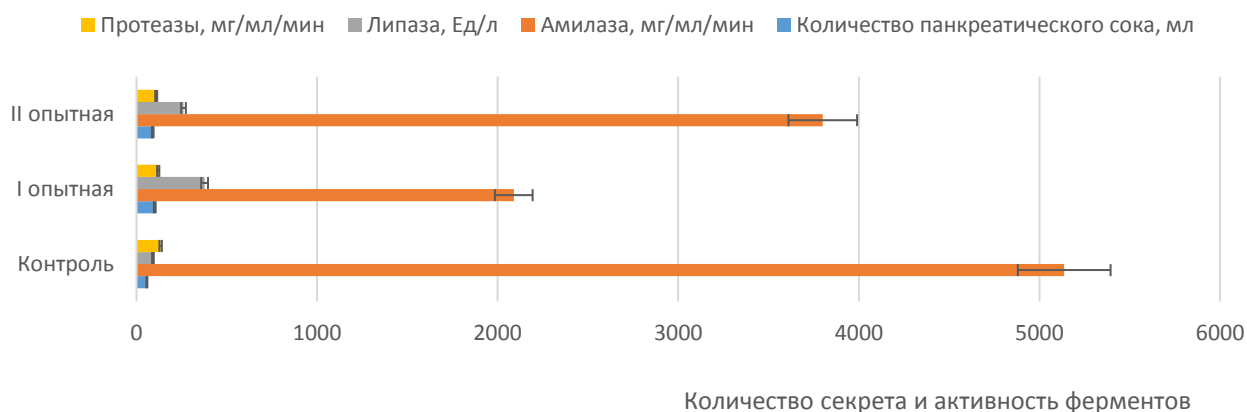


Рисунок 13. Изменение внешнесекреторной активности поджелудочной железы

При включении ультрадисперсных частиц железа на фоне белковых рационов уровень активности трипсина повышается на 28,4 % в I группе, и на 25,5 % во II группе относительно контрольной группы.

**3.5.3 Биохимические анализ крови.** Дополнительное введение в рацион железа усиливало белковый синтез на 29,2 % ( $p \leq 0,05$ ) в I группе и на 29,9 % во II группе ( $p \leq 0,05$ ) относительно контрольной группы. Концентрация альбумина в сыворотке крови была выше в группах, получавших Fe, так в I группе на 17,1 %, во II на 19,4 %. Установлено, что включение в рационы железа способствует достоверному повышению уровня Ca в крови животных на 4,3 % и 1,2 %, P на 19,8 % и 20,8 %, Fe на 15,4 % и 42,2 % ( $p \leq 0,05$ ), соответственно, в I и II группах относительно контроля.

**3.5.4. Исследование по оценке влияния железа на обмен веществ и энергии.** Дополнительное введение в белковые рационы железа сопровождалось увеличением переваримости в I группе сухого вещества на 3,7 % ( $p \leq 0,05$ ), органического вещества на 5,1 % ( $p \leq 0,05$ ), сырого протеина 2,1 %, сырого жира на 3,2 %, сырой клетчатки на 5,7 % и БЭВ на 4,3 %, относительно контроля (табл. 11).

Таблица 11 – Переваримость питательных веществ рационов, %

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	61,8±1,40	65,5±1,80*	64,2±1,8*
Органическое вещество	63,3±1,51	68,4±1,83*	66,5±1,94*
Сырой протеин	74,0±1,62	76,1±1,67	76,0±1,74
Сырой жир	58,8±0,50	62,0±0,63	61,2±0,51
Сырая клетчатка	46,1±0,85	51,8±0,99**	48,8±0,80*
БЭВ	67,7±1,15	72,0±1,57	70,4±0,99

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$

Во II группе относительно контроля повышалась переваримость сухого вещества на 2,4 % ( $p \leq 0,05$ ), органического вещества на 3,2 % ( $p \leq 0,05$ ), сырого протеина на 2,0 %, сырого жира на 2,4 %, сырой клетчатки и БЭВ на 2,7 % при сравнении с контрольной группой.

Анализируя результаты балансового опыта, следует, что животные опытных групп получали азота с кормом больше на 42,3 % ( $p \leq 0,05$ ) в I группе, и на 47,5 % ( $p \leq 0,05$ ) во II. Самый высокий показатель переваримого азота был определен в I группе и составил 84,4 г/гол/сутки, превышая показатель в контроле на 13,4 % ( $p \leq 0,05$ ). Во II группе азота переварилось больше, чем в контрольной группе на 12,8 % ( $p \leq 0,05$ ). Количество отложенного в теле азота было выше в I группе и составило 29,3 г/гол/сутки, что оказалось выше относительно контроля на 15,4 % ( $p \leq 0,01$ ), данный показатель во II группе превышал контрольные значения на 16,9 % ( $p \leq 0,01$ ).

Уровень валовой энергии между контрольной и опытными группами различался на 3,7 – 6,0 % ( $p \leq 0,05$ ) в сторону повышения опытных групп. Уровень переваримой и обменной энергии был выше относительно контроля на 14,1 % и 13,6 % ( $p \leq 0,05$ ) у животных I группы, и на 28,4 % и 12,6 % ( $p \leq 0,05$ ) – II группы. Затраты энергии на продукцию были выше в опытных группах на 45,3 % в I группе и на 42,7 % во II группе. Энергия прироста в опытных группах была практически одинаковой и выше относительно контроля на 47,7 %.

**3.5.5 Научно-хозяйственный опыт.** Дополнительное включение в рацион бычков железа способствовало повышению роста живой массы у животных опытных групп. Так к 12 месячному возрасту живая масса бычков опытных групп была выше: в I группе на 2,7 %, во II группе на 2,0 %. Прирост живой массы за 5 месяцев исследования был выше в I опытной группе и составил 116,0 кг/гол, во II группе прирост составил 114,1 кг/гол соответственно. При этом данный показатель в контроле был 107,6 кг/гол. Среднесуточный привес за весь период эксперимента относительно контроля в I группе был выше на 70,0 г/гол/сут, во II на 54,1 г/гол/сутки ( $p \leq 0,05$ ).

**3.5.6 Экономическая эффективность.** Себестоимость 1 кг прироста в опытных группах относительно контроля снижалась в I группе на 2,8 % и составила 109,7 руб., а во II группе на 1,2 % и составила 111,6 руб. сумма выручки, которая в I группе составила 14500 руб., что выше, чем в контроле, на 1050 руб., а во II группе – 14262 руб., что выше контроля на 812 руб. Прибыль, полученная в результате использования кормовой добавки с белковыми компонентами и железом, превышала аналогичное значение, полученное при скармливании основного рациона на 480,1 руб. в I группе и на 255,6 руб. во II группе. Уровень рентабельности в опытных группах по сравнению с контрольной был выше в I группе на 3,2 % и во II на 1,2 %.



### 3.6 Влияние дополнительного включения хрома и железа в жировые рационы молодняка крупного рогатого скота на пищеварение и обмен веществ в организме

Физиологические опыты проводили на бычках казахской белоголовой породы, возраст 10 – 14 месяцев (n=30), животные были разделены на 3 группы: контрольная и 2 опытные, по 10 голов в группе. Продолжительность опыта составила 121 день. Животные контрольной группы получали основной рацион (ОР); I опытной группы: ОР + подсолнечное масло 3 % от СВ + хром 200 мкг/кг СВ; II опытной группы: ОР + соевое масло 3 % от СВ + хром 200 мкг/кг СВ.

**3.6.1 Влияние дополнительного включения в жировые рационы молодняка крупного рогатого скота хрома на функциональную активность пищеварительной системы.** Анализ данных по переваримости питательных веществ рациона показал, что относительно контрольной группы в I группе степень переваримости СВ рациона повысилась на 2,2 %, сырого протеина на 1,2 %, сырого жира на 3,2 % ( $p \leq 0,05$ ), сырой клетчатки на 2,2 %, органического вещества на 1,9 % и БЭВ на 2,4 %, во II группе сухого вещества на 3,5 % ( $p \leq 0,05$ ), органического вещества на 2,7 %, сырого протеина на 1,5 %, сырого жира на 4,0 % ( $p \leq 0,05$ ), сырой клетчатки на 2,6 % ( $p \leq 0,05$ ) и БЭВ на 2,8 % (табл. 12).

Таблица 12 – Коэффициенты переваримости питательных веществ рационов, %

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	60,2±2,01	62,4±1,72	63,7±1,98*
Органическое вещество	63,4±1,74	65,3±0,84	66,1±1,64*
Сырой протеин	72,6±1,98	73,8±1,95	74,1±1,42
Сырой жир	59,4±1,74	62,6±0,64*	63,4±1,04*
Сырая клетчатка	46,6±1,28	48,8±1,05	49,2±1,75*
БЭВ	67,3±2,08	69,7±1,72	70,1±1,64

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$

У животных опытных групп отмечено увеличение переваривания и отложения азота в организме относительно контрольной группы на 2,0 % и 14,1 % ( $p \leq 0,05$ ) в I группе и на 6,1 % и 15,7 % во II, соответственно ( $p \leq 0,05$ ). Коэффициенты использования азота от принятого с кормом и от переваренного относительно контрольной группы были выше в I группе на 13,4 % и 11,9 % ( $p \leq 0,05$ ) соответственно. Во II группе данные показатели составили 21,2 г/гол/сут и 45,7 г/гол/сут соответственно от принятого и переваренного, что оказалось выше, чем в контрольной группе на 13,4 % ( $p \leq 0,05$ ) и 9,1 % ( $p \leq 0,05$ ) (табл. 13).

Таблица 13 – Использование азота корма животными при дополнительном включении  $Cr_2O_3$  на фоне использования белковых компонентов, г/гол в сутки

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Поступило с кормом	136,2±0,30	137,2±0,24*	138,9±0,64**
Выделено с калом	75,4±0,28	75,2±0,18	74,4±0,32*
Переварилось	60,8±0,61	62,0±0,28	64,5±0,50**
Выделено с мочой	35,3±1,32	32,9±1,1**	35,0±0,98*
Отложено	25,5±1,61	29,1±0,16*	29,5±0,64**
Коэффициенты использования, %			
от принятого	18,7±1,18	21,2±0,06*	21,2±0,08*
от переваренного	41,9±1,54	46,9±1,61*	45,7±1,86*

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$

**3.6.2 Продуктивное использование энергии рационов.** Разница в потреблении валовой энергии между контрольной и опытными группами составила 11,0 %. В I опытной группе уровень переваримой энергии был выше относительно контроля на 14,0 %. Такая же тенденция отмечалась и в отношении обменной энергии, данный показатель в I группе составил 81,6 МДж, а во II – 82,2 МДж, против контроля 70,9 МДж. Количество чистой и обменной энергии на поддержание жизни наиболее высокой было во II опытной группе и составило 29,3 МДж и 43,4 МДж соответственно. В I группе чистая энергия поддержания и обменная энергия поддержания были выше, чем в контроле на 3,2 % и 3,3 % соответственно.

**3.6.3 Результаты опытов *in vitro* при дополнительном включении в жировые рационы хрома.** Как в контрольной, так и опытных группах, доминирующими филумами оказались *Bacteroidetes*, их количество в контроле составило 51 %, а в опытных группах на 4 – 11 % выше, и *Firmicutes*. Соотношение *Bacteroidetes/Firmicutes* в контрольной группе составило 3 : 1, в группе с использованием подсолнечного масла 3,7 : 1, в группе с дополнительным включением растительного жира и хрома 4,1 : 1. Включение добавок способствовало снижению численности представителей филума *Proteobacteria* на 1 % в присутствии подсолнечного масла и на 3 % при дополнительном включении хрома и жира (рис. 14).

Включение растительного жира способствовало увеличению численности представителей семейства *Lachnospiraceae* на 9,5 %, *Prevotellaceae* на 0,75 %, *Lentimicrobiaceae* на 0,63 %, *unclassified\_Bacteroidales* на 3,3 % относительно контроля. Дополнительное введение хрома в жировой рацион повышало бактериальное разнообразие семейств *Prevotellaceae* на 9,1 %, *unclassified\_Bacteroidales* на 3,5 % и, напротив, снижало количество представителей семейств *Lachnospiraceae* на 1,1 % и *Succnivibrionaceae* на 2,4 % относительно контроля.

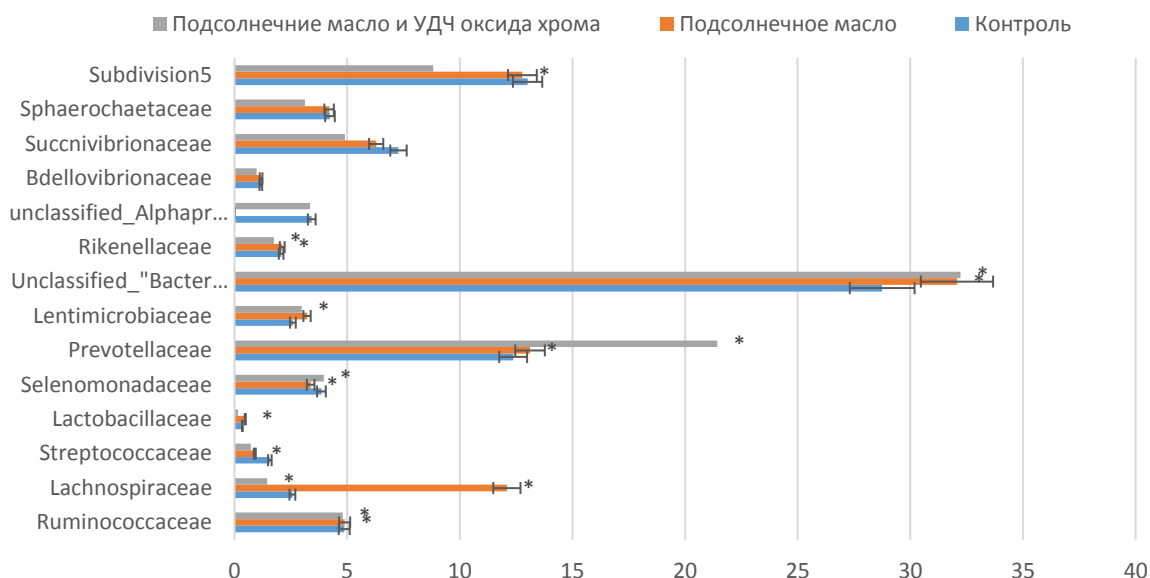


Рисунок 14. Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости *in vitro* на уровне семейства при дополнительном включении жиров и хрома, %

Относительно контроля переваримость СВ в I группе была выше на 3,6 %, во II группе на 2,2 %. Включение хрома показало смещение процессов ферментации в сторону ацетата и бутирата на 73,7 % ( $p \leq 0,01$ ) и 76,2 % ( $p \leq 0,05$ ) в I группе, и на 68,8 % ( $p \leq 0,01$ ) и 74,4 % ( $p \leq 0,05$ ) во II группе соответственно. Концентрация капроновой кислоты при совместном использовании жиров и хрома увеличивалась в I группе на 44,3 % ( $p \leq 0,01$ ) и во II группе на 43,1 % ( $p \leq 0,01$ ). В I группе зафиксировано повышение относительно контрольной уровня общего азота на 3,1 %, белкового азота на 5,1 %, концентрация небелкового и мочевинового азота в данном образце снижалась. Использование в рационе хрома и соевого масла повышало концентрацию общего азота на 2,4 %, белкового азота на 2,8 %, аммиачного азота на 6,8 % относительно контрольных значений.

**3.6.4 Биохимический анализ крови.** Введение в рационы, содержащие растительные масла, хрома, повышает уровень общего белка и альбумина в крови в I группе на 34,7 % и 19,4 % ( $p \leq 0,05$ ), во II на 30,7 % и 30,3 % ( $p \leq 0,05$ ), соответственно, относительно контроля, а также  $\alpha$ -амилазы в сыворотке крови бычков I группы в 1,4 раза, II группы в 1,2 раза ( $p \leq 0,05$ ).

**3.6.5 Изменение уровня панкреатической секреции и активности пищеварительных ферментов сока поджелудочной железы.** В I группе количество сока поджелудочной железы составило 65,7 мл/ч, что было выше, чем в контрольной на 9,4 %, а во II группе данный показатель составил 84,2 мл/ч и был выше, чем в контроле, на 29,3 % ( $p \leq 0,05$ ). Дополнительное включение подсолнечного масла с хромом показало большее увеличение активности пищеварительных ферментов относительно контроля: липазы на 87 % ( $p \leq 0,05$ ),

протеаз на 47,8 % ( $p \leq 0,05$ ). Включение в рацион с соевым маслом УДЧ хрома повышает активность липазы и протеаз при сравнении с контролем на 70,8 % и 22,9 % ( $p \leq 0,05$ ). Следует отметить, что совместное использование растительных жиров и хрома в рационах способствовало снижению активности фермента амилазы в опытных группах относительно контроля (табл. 14).

Таблица 14 – Активность ферментов панкреатического сока бычков

Показатель	Рационы		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Количество панкреатического сока, мл	59,5±4,2	65,7±3,1	84,2±4,3*
Липаза, Ед/л	90,9±20,2	696,9±192,2*	310,9±65,7*
Амилаза, мг/мл/мин	5137,5±850	3668,8±416,9	2704,2±658,3
Протеазы, мг/мл/мин	133,5±14,3	255,9±38,8*	173,1±5,1*

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$

Тенденция к увеличению активности пищеварительных ферментов липазы и протеаз в составе дуоденального химуса отмечена в опытных группах относительно контроля. Так активность липазы была выше на 18,3 % и 3,7 %, а кишечных протеаз на 50,3 % и 46,6 % ( $p \leq 0,05$ ) соответственно в I и II группах.

**3.6.6 Научно-хозяйственный опыт.** Абсолютный прирост в группе, получавшей соевое масло, был на 15,9 % выше относительно контроля ( $p \leq 0,05$ ), а в группе, получавшей подсолнечное масло, был на 13,9 % ( $p \leq 0,05$ ). Разница по среднесуточному приросту за 4 месяца исследования между опытными и контрольной группами составила 118,2 г/гол/сут и 135 г/гол/сут.

**3.6.7 Экономическая эффективность.** Себестоимость 1 кг прироста у бычков II группы, благодаря большему приросту живой массы, оказалась ниже, чем в контроле, на 3,4 % и составила 110,3 руб. Соответственно сумма выручки от реализации продукции и величина прибыли также оказались выше в группе животных, получавших добавку соевого масла с хромом. В данной группе прибыль была выше, чем в контроле, на 55,7 %, а уровень рентабельности – на 3,8 %. При использовании добавки с подсолнечным маслом и хромом в рационе бычков выручка от реализации продукции составила 14512,5 руб., что выше, чем в контроле, на 1775,0 руб., при этом прибыль оказалась выше на 43,6 %, а рентабельность на 2,7 %.

### **3.7 Влияние дополнительного включения в жировые рационы молодняка крупного рогатого скота железа на функциональную активность пищеварительной системы**

Физиологические опыты проводили на бычках казахской белоголовой породы, возраст 10 – 14 месяцев ( $n=30$ ), животные были разделены на 3 группы: контрольная и 2 опытные, по 10 голов в группе. Продолжительность опыта составила 121 день. Животные контрольной группы получали основной рацион

(ОР); I опытной группы: ОР + подсолнечное масло 3 % от СВ + железо 1,4 мг/кг СВ; II опытной группы: ОР+ соевое масло 3 % от СВ + железо 1,4 мг/кг СВ.

**3.7.1 Изменение таксономического состава микробиома рубца при дополнительном введении в жировые рационы железа.** С включением подсолнечного масла преобладающими филумами оказались *Firmicutes* (16,5 %), *Bacteroidetes* (54,37 %) ( $p \leq 0,01$ ) и *Verrucomicrobia* (11,32 %). Под влиянием железа численность семейств *Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae*, *Lactobacillales*, *Unclassified\_Bacteroidales*, *Lentimicrobiaceae*, *Sphaerochaetaceae* и *Subdivision5* относительно группы с использованием подсолнечного масла снижалась, а обилие семейств *Selenomonadaceae*, *Prevotellaceae*, *Succnivibrionaceae*, напротив, увеличивалось на 1,2 %, 0,4 % и 1,1 % (рис. 15).

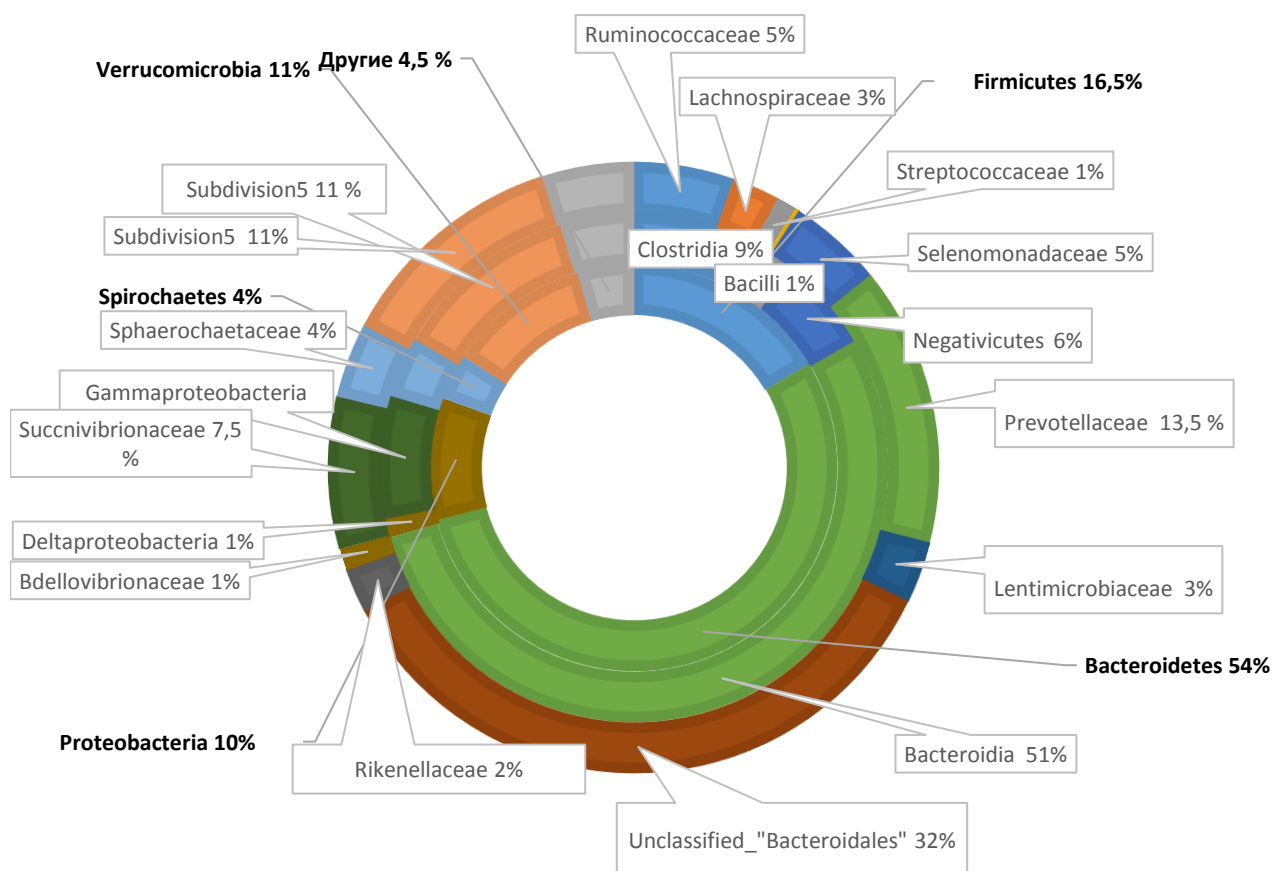


Рисунок 15. Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости *in vitro*, подсолнечное масло с дополнительным включением железа (филум, семейство, род), %

Дополнительное введение в опытные группы железа способствовало повышению переваримости СВ относительно контрольной группы на 0,9 % в I группе и на 0,3 % во II группе.

Дополнительное включение железа в жировые рационы усиливало течение обменных процессов в рубце, так в I группе уровень ЛЖК относительно

контрольной группы повышался: ацетата на 80,8 % ( $p \leq 0,05$ ), бутирата на 70,6 % ( $p \leq 0,01$ ), капроновой кислоты на 67,2 % ( $p \leq 0,05$ ). Во второй группе отмечено повышение концентрации уксусной, масляной и капроновой кислот на 81,5 % ( $p \leq 0,05$ ), 69,0 % ( $p \leq 0,01$ ), 68,4 % ( $p \leq 0,05$ ) относительно контроля. Включение различных источников жиров в сочетании с железом не изменяло уровень пропионовой и валерьяновой кислот при сравнении с контролем.

В I группе отмечено увеличение концентрации общего, белкового и аммиачного азота на 1,7 %, 1,1 % и 2,4 %, соответственно, при сравнении с контрольной группой. Такая же картина отмечалась и во II группе, тогда как жировые рационы снижали концентрацию азота в рубцовом содержимом: белкового на 9 – 12 %, общего на 23 – 25 %, аммиачного азота на 7,3 – 12,2 %, а уровень небелкового и мочевинового азота, напротив, увеличивали на 5,4 – 7,8 % и 11,4 – 17,1 %, соответственно, относительно контроля.

**3.7.2 Изучение адаптационных процессов пищеварительной системы при введении железа в жировые рационы крупного рогатого скота.** Включение в жировые рационы железа способствовало достоверному увеличению переваримости СВ, СЖ, СП, ОВ, БЭВ и сырой клетчатки относительно контроля (табл. 15). В I группе относительно контроля переваримость сухого вещества увеличилась на 3,4 %, сырого протеина на 2,2 %, сырого жира на 2,3 %, сырой клетчатки на 3,1 %, органического вещества на 3,4 % и БЭВ на 1,8 %, во II группе соответственно на 4,0 %, 2,7 %, 3,3 %, 3,8 %, 5,1 % и 4,3 %.

Таблица 15 – Коэффициенты переваримости питательных веществ, %

Наименование показателей	Контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	59,4±1,89	62,8±1,52	63,4±2,38
Органическое вещество	62,6±1,76	64,7±1,63	65,8±1,4*
Сырой протеин	72,3±2,6	74,5±2,8	75,0±2,46
Сырой жир	60,1±0,83	62,4±1,14*	63,4±1,43*
Сырая клетчатка	47,4±2,18	50,5±1,12	51,2±2,1
БЭВ	67,2±1,9	68,4±1,35	70,1±1,24

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$

Переваримость азота была более высокой во II группе и превышала данный показатель в контрольной группе на 10,8 % ( $p \leq 0,05$ ). В I группе переваримость была выше на 9,0 % относительно контроля ( $p \leq 0,01$ ) (табл. 16). Больше отложение азота в теле наблюдалось во II группе и было равно 29,1 г, что выше, чем в контроле, на 14,1 % ( $p \leq 0,01$ ). В I группе было отложено на 11,8 % ( $p \leq 0,01$ ) больше азота, чем в контроле. Коэффициенты использования азота относительно контроля были выше в I группе на 1,9 % ( $p \leq 0,05$ ) от принятого и 1,1 % от

переваренного, во II группе на 1,9 % от принятого и 1,3 % от переваренного ( $p \leq 0,05$ ).

Таблица 16 – Использование азота корма бычками, г/гол в сутки

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Поступило с кормом	131,1±1,04	133,9±0,64	136,9±1,42*
Выделено с калом	69,1±1,58	66,3±0,92**	68,2±1,18**
Переварилось	62,0±1,91	67,6±1,6**	68,7±1,88**
Выделено с мочой	36,2±0,72	39,1±0,97**	39,6±0,37**
Отложено	25,5±1,22	28,5±0,71**	29,1±0,93**
Коэффициенты использования, %			
от принятого	19,4±0,78	21,3±0,45*	21,3±0,52*
от переваренного	41,1±0,54	42,2±0,37	42,4±0,41*

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$ , \*\* –  $p \leq 0,01$

**3.7.3 Продуктивное использование энергии рационов.** Уровень валовой энергии в опытных группах от контрольной различался на 8 % в сторону увеличения в опытных группах. При этом величина перевариваемой энергии при использовании подсолнечного масла и железа была равна 95,5 МДж, что выше, чем в контроле, на 8,7 % ( $p \leq 0,05$ ). В группе с использованием соевого масла и железа перевариваемая энергия составила 97,3 МДж, что выше относительно контроля на 10,5 % ( $p \leq 0,05$ ). Наибольшие показатели общего количества обменной энергии отмечались во II группе и были достоверно выше, чем в контроле, на 12,9 % ( $p \leq 0,01$ ), при этом обменная энергия продукции составила 37,3 МДж против 29,4 МДж в контроле. При использовании подсолнечного масла и железа в рационе бычков уровень обменной энергии был выше, чем в контроле, на 10,6 % ( $p \leq 0,01$ ), обменной энергии на продукцию было затрачено больше на 22,1 %. Энергия прироста была выше во II группе, относительно контрольной группы данный показатель был выше на 25,6 %, в I группе на 20,7 %, при этом коэффициент продуктивного использования обменной энергии в контрольной и опытных группах был одинаковым.

**3.7.4 Изменение уровня панкреатической секреции.** Количество выделяемого панкреатического сока в опытных группах, относительно контрольной, увеличивались в I группе в 2 раза, во II в 2,1 раз ( $p \leq 0,05$ ). Относительно контрольной группы, находящейся на основном рационе, в I группе достоверно усилилась активность фермента липазы и кишечных протеаз на 12,1 % и 16,7 % ( $p \leq 0,05$ ) соответственно, во II группе в 2,3 раз и 38,4 % ( $p \leq 0,05$ ), соответственно. Уровень амилазы в панкреатическом соке животных опытных групп был ниже относительно контроля в I группе в 3 раза и во II группе в 3,5 раз, при этом активность  $\alpha$ -амилазы в опытных группах повышалась и составила 559,1 Ед/л и 758,1 Ед/л против 416,2 Ед/л в контроле (табл. 17).



Таблица 17 – Динамика активности ферментов панкреатического сока при введении УДЧ Fe на фоне дополнительного введения в рацион жиров

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Количество панкреатического сока, мл	57,2±3,2	114,3±5,8*	118,7±5,4*
Липаза, Ед/л	90,9±18,2	101,9±12,7	212±31,3*
Амилаза, мг/мл/мин	5137,5±1645,0	1698,4±433,0	1456,2±334,1
Протеазы, мг/мл/мин	133,5±4,3	155,8±8,6*	184,8±18,5*

Примечание: при \* –  $p \leq 0,05$

Дополнительное включение железа в рацион способствовало повышению концентрации трипсина в панкреатическом соке бычков I группы на 5,7 %, II группы на 12,8 % относительно контрольного рациона.

**3.7.5 Морфологический и биохимический анализ крови.** Установлено повышение уровня гемоглобина в крови животных: в I группе на 29,5 %, во II на 23,1 % относительно данного показателя в контрольной группе. Дополнительное введение железа повышало уровень общего белка в I группе на 31,3 % и во II группе на 31,1 % относительно контроля. В I группе уровень альбумина и мочевины достоверно повышался на 23,7 % и 36 %, во II группе на 34,4 % и 27,3 %, соответственно, относительно контроля ( $p \leq 0,05$ ). Концентрация глюкозы достоверно увеличивалась в I группе на 31 %, во II группе на 34,7 % ( $p \leq 0,05$ ).

**3.7.6 Научно-хозяйственный опыт.** Абсолютный прирост живой массы бычков II группы был на 14,3 % выше относительно контрольной ( $p \leq 0,05$ ), а I группы на 12,3 % ( $p \leq 0,05$ ). Среднесуточные приросты в контрольной группе составили 826,7 – 916,7 г/гол/сутки. В опытных группах показатели среднесуточных приростов были выше на 11,3 – 29,7 % ( $p \leq 0,01$ ) относительно контрольных значений и составили 720,0 – 1033,3 г/гол/сутки в I группе и 656,7 – 1106,7 г/гол/сутки во II группе.

**3.7.7 Экономическая эффективность.** В опытных группах себестоимость 1 кг прироста была ниже относительно контроля на 3,3 – 4,1 руб. Прирост живой массы бычков в I группе составил 114,4 кг и был выше относительно контроля на 12,3 %, а во II составил 116,4 кг и был выше на 14,3 %, сумма выручки от реализации продукции также оказалась выше. Сумма выручки и прибыль в опытных группах при сравнении в контрольной были выше на 12,3 – 14,3 % и 47,8 – 59,4 %, соответственно. Рентабельность в опытных группах относительно контроля аналогично прибыли также увеличивалась и составила в I группе 12,1 %, во II 12,9 %, что выше, чем в контроле, на 3,2 % и 4,0 % соответственно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Использование в питании крупного рогатого скота соевого шрота и подсолнечного жмыха сопровождается повышением численности в рубце представителей микробного филума *Verrucomicrobia* на 12 – 13 % ( $p \leq 0,01$ ) и *Firmicutes* на 2 – 3 %, и снижением количества *Bacteroidetes* на 2 – 4 %, с последующим снижением переваримости в рубце сырой клетчатки и повышением концентрации ацетата и бутирата в рубцовом содержимом на 62,7 – 67,7 % ( $p \leq 0,01$ ) и 67,7 – 68,9 % ( $p \leq 0,01$ ), уровня общего азота на 1,5 – 2,0 % и белкового азота на 3,7 – 4,8 %, соответственно. При этом в целом переваримость питательных веществ повышается по сухому веществу на 1,4 – 2,7 % с увеличением эффективности трансформации обменной энергии в продукцию и повышением интенсивности роста животных на 2,5 – 5,9 %.

2. Степень расщепляемости в рубце протеинов белковых концентратов тесно связана с экономической эффективностью производства говядины. При существующем соотношении качества и стоимости включение в рацион молодняка крупного рогатого скота подсолнечного жмыха, с расщепляемостью протеина – 78,7 % позволяет увеличить размер прибыли на 337,5 рублей. Тогда как скармливания в том же количестве соевого шрота с расщепляемостью протеина 58,4 % прибыль возрастает на 787,5 рублей. При этом рентабельность производства говядины возрастает на 1,2 – 1,4 %, что является экономически целесообразным.

3. Увеличение в рационе крупного рогатого скота содержания сырого жира до 5,0 – 6,9 %, через дополнительное введение растительных масел (соевое, подсолнечное), сопровождается деформацией таксономического состава микробиома рубца, что сопряжено с повышением количества микроорганизмов, принадлежащих к классам *Spirochaetia* в 4 – 5 раз, *Actinobacteria* в 1,3 раз, *Mollicutes* в 2,2 раз, *Lentisphaeria* в 2,1 раз, *Elusimicrobia* в 17 раз и снижением численности *Streptococcus bovis*, продуцирующих лактат. При добавлении соевого масла отмечено нарастание в рубцовом содержимом домена архей, в частности *Methanomassiliicoccales*, концентрация которых повышается на 97 %. При этом в рубцовом содержимом увеличивается концентрация уксусной на 46,8 – 51,5 % ( $p \leq 0,01$ ) и масляной кислот на 55,6 – 60,5 % ( $p \leq 0,01$ ), увеличивается переваримость питательных веществ, что в конечном итоге приводит к повышению интенсивности роста животных до 6,0 %.

4. Альфа-разнообразие основных типов и родов в рубце крупного рогатого скота зависит от энергетической ценности рациона и при увеличении последней с 9,4 до 11,2 МДж/кг СВ сопровождается повышением индекса Шеннона с 0,42 до 0,76. При этом имеет место снижение содержания фирмикутов до 17,3 – 19,3 % и увеличение численности кислотоустойчивых бактерий филума *Bacteroidetes* (50,4 – 64,2 %), а также численности *Prevotellaceae*, *Lashnospiraceae*, *Rikenellaceae* на уровне семейства. При этом отмечается высокая корреляция между видовым составом микробиома рубца и параметрами

ферментации – концентрацией летучих жирных кислот, уровнем общего и белкового азота и переваримостью сухого вещества.

5. В кишечнике бычков, получавших подсолнечное и соевое масла, в составе рациона с уровнем содержанием сырого жира 5,0 – 6,9 %, численность *Ruminococcaceae*, несущих гены целлюлазы и эндо-1,4-бета-ксилаказы, снижается на 25 – 29 %. При этом имеет место спад амилолитической активности сока поджелудочной железы на 41,1 – 50,7 %, что тесно коррелирует с переваримостью сырой клетчатки. Однако, в целом, включение растительных масел в небольшом количестве сопровождается ростом переваримости сырого жира рациона на 5,5 – 6,9 %, сухого вещества на 2,7 – 3,8 %, сырого протеина на 1,3 – 2,0 %, что сопряжено с увеличением интенсивности роста живой массы бычков на 2,8 – 3,4 % и повышение рентабельности производства говядины до 3,3 %.

6. Включении в рацион бычков растительных жиров сопровождается стимуляцией функционирования поджелудочной железы с увеличением синтеза фермента липазы в 5 – 6 раз при использовании подсолнечного масла и в 22 раза при использовании соевого масла, что способствует повышению переваримости сырого жира на 2,8 – 3,3 %.

7. Использование в рационе молодняка крупного рогатого скота на откорме минеральных компонентов хрома (200 мкг/кг) и железа (1,4 мг/кг) обеспечивает увеличение переваримости сухого вещества на 2,7 – 5,5 % и благоприятные условия для наращивания биомассы простейших на 55,0 – 70,0 % ( $p \leq 0,01$ ), что сопровождалось увеличением живой массы бычков на 1,1 – 1,6 % и отложением в мясе протеина на 2,34 – 2,56 % и жира на 0,26 – 0,33 %.

8. Совместное скармливание молодняку крупного рогатого скота белковой подкормки (соевый шрот, подсолнечный жмых) и препарата УДЧ оксида хрома (III) сопровождается активизацией синтеза общего и белкового азота в рубцовом содержимом на 1,5 – 4,8 % и общего уровня летучих жирных кислот в 2,5 – 3,0 раза при увеличении переваримости СВ в рубце на 3,2 – 6,4 %, а также повышению переваримости сухого вещества на 1,4 – 1,7 %, сырого протеина на 2,0 – 2,5 %, сырого жира на 2,5 – 2,9 %, сырой клетчатки на 1,4 – 1,9 % и увеличению интенсивности роста бычков на 2,1 – 2,7 %.

9. При использовании в кормлении жировых компонентов и УДЧ оксида хрома (III) доминирующими филумами оказались *Bacteroidetes*, их количество в контроле составило 51 %, а в опытных группах на 4 – 11 % выше, и *Firmicutes*. При этом отмечается увеличение переваримости сухого вещества на 2,2 – 3,5 %, сырого протеина на 1,2 – 1,5 %, сырого жира на 3,2 – 4,0 % и БЭВ на 2,4 – 2,8 % на фоне роста уровня рентабельности производства говядины на 2,7 – 3,8 %.

10. Включение УДЧ оксида хрома (III) в рационе сопровождается смещением процессов ферментации в рубце в сторону активизации синтеза ацетата и бутирата на 73,7 и 76,2 % ( $p \leq 0,01$ ) при скармливании соевого масла и на 68,8 и 74,4 % подсолнечного масла. Концентрация капроновой кислоты в рубце при совместном использовании жиров и УДЧ увеличивалась на 43,1 – 44,3 %

( $p \leq 0,01$ ). Уровень азотистых фракций в рубцовой жидкости при дополнительном введении ультрадисперсных частиц оксида хрома на фоне использования в рационе жиров повышался, концентрация общего азота на 2,4 – 3,1 %, белкового азота на 2,8 – 5,1 %.

11. Дополнительное включение препарата УДЧ оксида хрома (III) с уровнем белка в рационе 12,0 – 13,0 %, стимулирует секрецию сока поджелудочной железы на 12,3 – 26,3 %, при росте активности амилазы панкреатического сока на 4,4 – 12,4 %, кишечных протеаз на 16,6 – 33,3 %, липазы на 62,3 – 88,7 %. Дополнительное включение растительных жиров в комплексе с УДЧ оксида хрома (III) в рацион бычков увеличивало уровень секреции панкреатического сока на 10,4 – 41,5 % и активности в нем пищеварительных ферментов: липазы на 70,8 – 87 % и кишечных протеаз на 22,9 – 47,8 %.

12. Дополнительное включение в рацион УДЧ железа в дозировке 1,4 мг/кг СВ рациона, сопровождается увеличением в рубцовом содержимом численности представителей филума *Bacteroidetes* на 6,9 %, на фоне снижения численности *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Verrucomicrobia* на 4,1; 1,9 и 1,2 % и повышения интенсивности метаболических процессов в рубце. При этом имеет место увеличение концентрации уксусной кислоты на 78,3 % при использовании в качестве дополнительной подкормки подсолнечного жмыха и на 76,2 % – соевого шрота. Уровень масляной и капроновой кислот повышался на 24,4 и 22,5 %; на 64,4 и 62,4 %, соответственно. Уровень общего и белкового азота в рубце животных увеличился на 3,3 – 3,1 % и 6,6 – 5,4 %, соответственно. На этом фоне повышение переваримости в кишечнике сырого протеина составляло 2,0 – 2,1 %, сырого жира на 2,4 – 3,2 %.

13. Включение препарата УДЧ железа в смешанные рационы, сопровождается увеличением интенсивности роста молодняка крупного рогатого скота на 2,0 – 4,0 %, при этом рентабельность производства говядины увеличивается до 4,2 %. Введение УДЧ оксида хрома (III) в рационы позволяет увеличить интенсивность прироста живой массы бычков на 2,5 – 4,3 % и уровень рентабельности до 3,8 %. При этом в опытных группах имеет место увеличение в сыворотке крови уровня белка на 30,7 – 35,2 %, альбумина на 24,1 – 52,4 % и выявлено большее отложение азота на 11,8 – 24,4 %, и энергии прироста на 12,9 – 47,7 %.

14. Сочетанное скармливание растительных масел и препарата УДЧ железа оказывает непосредственное влияние на рубцовое пищеварение, способствуя увеличению концентрации в рубце ацетата на 80 – 82 %, бутирата на 70 – 72 % и капроновой кислоты на 67 – 68 %. При этом уровень панкреатической секреции возрастал на 56 – 59,8 % с селективным изменением активности пищеварительных ферментов поджелудочной железы. В частности, при использовании добавки подсолнечного масла и препарата УДЧ железа активность липазы и кишечных протеаз возрастает на 10,8 и 14,3 %, соевого масла на 57,0 и 27,8 %, соответственно. Следует отметить, что при снижении активности амилазы и повышении активности липазы в панкреатическом соке,

данные показатели в сыворотке крови имели обратную тенденцию, уровень липазы снижался на 65,3 – 71,1 %, а  $\alpha$ -амилазы повышался на 63,6 – 33,7 %.

### **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**

1. Для повышения эффективности использования корма и увеличения интенсивности роста молодняка крупного рогатого скота целесообразно вводить в смешанные рационы ультрадисперсные частицы железа в дозировке 2,2 мг на голову в течение 7 дней. Это позволит повысить уровень активности ферментов поджелудочной железы и увеличить переваримость питательных веществ кормов, что будет сопровождаться ростом интенсивности живой массы животных на 3 – 5 % и позволит увеличить рентабельность производства говядины на 1 – 2 %.

2. С целью повышения эффективности использования рационов, содержащих соевый шрот и/или подсолнечный жмых, следует дополнительно в рацион включать препарат ультрадисперсных частиц оксида хрома (III) в дозировке 200 мкг/кг сухого вещества корма. Это позволит повысить уровень панкреатической секреции и активность ферментов поджелудочной железы – амилазы, липазы и кишечных протеаз, и будет способствовать увеличению переваримости сырого протеина на 2 – 3 %, сырого жира на 10 – 13 %, сырой клетчатки на 5 – 7 % и в конечном итоге будет сопровождаться увеличением интенсивности роста молодняка крупного рогатого скота на 7 – 10 %

3. Молодняку крупного рогатого скота целесообразно скармливать льняное масло в дозировке 3 % от сухого вещества рациона с дополнительным включением препарата ультрадисперсных частиц оксида хрома (III), полученные методом плазмохимического синтеза, в дозировке 20 мкг на 1 кг сухого вещества рациона. Это позволит повысить уровень активности ферментов поджелудочной железы и увеличить прирост живой массы животных.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

Представленные вашему вниманию результаты НИР определяют дальнейший вектор научных исследований, направленный на:

- углубление знаний о микробиоме сельскохозяйственных животных, в том числе в связи с генотипом организма-хозяина;
- изучение транслокации микроорганизмов из желудочно-кишечного тракта в кровяное русло как одного из компонентов формирования резистентности организма к различным заболеваниям;
- изучение механизмов формирования рубцовой и кишечной микробиоты жвачных в развитии процессов адаптации организма животных к специфике питания;
- управление микрофлорой рубца, способной выделять вещества антикворума, ферменты и другие биологически активные соединения, посредством включения различных кормовых добавок.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Статьи, опубликованные в изданиях из перечня, установленного ВАК при  
Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации**

1. Лебедев С.В., Левахин Г.И., Губайдуллина И.З., Маркова И.В., **Шейда Е.В.** Влияние различных источников протеина в рационе на всасывание питательных веществ в желудочно-кишечном тракте животного. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (74). С. 205-208.
2. Лебедев С.В., Кван О.В., **Шейда Е.В.**, Маркова И.В., Губайдуллина И.З., Гречкина В.В., Королёв В.Л. Переваривание питательных веществ в различных отделах желудочно-кишечного тракта в зависимости от качества протеина в рационе у телят. Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 4. С. 158-163.
3. Лебедев С.В., Губайдуллина Э.З., **Шейда Е.В.**, Гречкина В.В. Обмен (синтез и усвоение) аминокислот в пищеварительном тракте крупного рогатого скота при использовании в рационе различных по ингредиентному составу кормов // Аграрный научный журнал. 2019. № 4. С. 54-57.
4. Лебедев С.В., **Шейда Е.В.**, Вершинина И.А., Губайдуллина И.З., Мирошников И.С., Рязанов В.А., Макаева А.М., Маркова И.В., Ушаков А.С. Влияние различных источников жира в рационе на переваримость и активность пищеварительных ферментов у телят. Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 4. С. 198-207.
5. Гречкина В.В., **Шейда Е.В.**, Лебедев С.В., Макаева А.М., Вершинина И.А., Губайдуллина И.З., Ушаков А.С. Морфологические и биохимические показатели крови телят казахской белоголовой породы при дополнительном введении в рацион растительных жиров. Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 4. С. 150-162.
6. Гречкина В.В., Лебедев С.В., **Шейда Е.В.**, Маркова И.В. Липидограмма сыворотки крови телят при введении в рацион растительных жиров. Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 1. С. 54-64.
7. **Шейда Е.В.**, Лебедев С.В., Мирошников С.А., Дускаев Г.К., Рязанов В.А., Гречкина В.В., Рахматуллин Ш.Г. Влияние дополнительного введения льняного масла на изменение микробиома рубца крупного рогатого скота. Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 2. С. 84-95.
8. **Шейда Е.В.**, Лебедев С.В., Рязанов В.А., Гречкина В.В., Кван О.В., Рахматуллин Ш.Г. Изменение таксономического состава микробиома кишечника крупного рогатого скота, выращиваемого на белковом рационе. Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 3. С. 186-195.
9. Рязанов В.А., Левахин Г.И., Дускаев Г.К., **Шейда Е.В.**, Нуржанов Б.С., Мирошников И.С. Изменение таксономического профиля микроорганизмов рубцовой жидкости крупного рогатого скота на фоне жиросодержащих кормовых добавок (исследование *in vitro*). Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 3. С. 36-46.

10. Гречкина В.В., **Шейда Е.В.**, Лебедев С.В., Маркова И.В., Рябов Н.И. Переваримость питательных веществ и баланс азота у телят в зависимости от уровня аминокислотного питания. Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 3. С. 47-56.
11. Лебедев С.В., **Шейда Е.В.**, Вершинина И.А. Влияние ингредиентного состава рационов на экзокринную функцию поджелудочной железы жвачных животных (обзор). Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 1. С. 142-157.
12. Гречкина В.В., Лебедев С.В., **Шейда Е.В.**, Поберухин М.М. Влияние незаменимых аминокислот на переваримость питательных веществ в различных отделах желудочно-кишечного тракта телят. Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 2. С. 114-124.
13. **Шейда Е.В.**, Лебедев С.В., Мирошников С.А., Гречкина В.В., Левахин Г.И. Воздействие ультрадисперсных частиц Fe на биохимический статус организма и экзокринную деятельность поджелудочной железы на фоне скармливания белковых рационов при выращивании крупного рогатого скота. Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 3. С. 190-203.
14. Гречкина В.В., **Шейда Е.В.**, Лебедев С.В. Химический и морфологический составы мышечной ткани телят в зависимости от сбалансированности рациона аминокислотами. Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 4. С. 117-127.
15. Рязанов В.А., Левахин Г.И., Дускаев Г.К., Нуржанов Б.С., **Шейда Е.В.**, Габидулин В.М. Оценка воздействия стеариновой кислоты (с18:0) на количественный состав микробиома рубцовой жидкости молодняка крупного рогатого скота. Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 4. С. 139-149.
16. **Шейда Е.В.**, Лебедев С.В., Мирошников С.А., Гречкина В.В., Рязанов В.А. Оценка влияния ультрадисперсных частиц  $Cr_2O_3$  на метаболические процессы в организме телят, выращиваемых на белковых рационах. Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 4. С. 14-25.
17. **Шейда Е.В.**, Лебедев С.В., Мирошников С.А., Гречкина В.В., Рязанов В.А., Шошина О.В. Изменение активности пищеварительных ферментов панкреатического сока под влиянием ультрадисперсных частиц  $Cr_2O_3$  на фоне скармливания белковых рационов при выращивании крупного рогатого скота. Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 4. С. 26-36.
18. Мирошников С.А., Дускаев Г.К., **Шейда Е.В.**, Рязанов В.А. Влияние преобразованной лузги подсолнечника на ферментативные процессы в рубце жвачных животных *in vitro*. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52(3). С. 71-78.
19. **Шейда Е.В.**, Мирошников С.А., Дускаев Г.К., Рязанов В.А., Гречкина В.В. Изменение параметров рубцового содержимого *in vitro* при использовании лузги подсолнечника и цинка в ультрадисперсной форме. Аграрная наука. 2022. № 6. С. 43-47.



20. **Шейда Е. В.** Изучение влияния различных добавок на ферментативные процессы в рубце и таксономический состав микробиома/ Аграрный вестник Урала. 2022. № 03 (218). С. 72–82.
21. Шошина О.В., Лебедев С.В., **Шейда Е.В.**, Корнейченко В.И. Сравнительный анализ влияния различных форм хрома на пищеварительные процессы в рубце телят / Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 1. С. 31-38.
22. **Шейда Е.В.**, Лебедев С.В., Мирошников С.А., Гречкина В.В., Шошина О.В. Адаптационные процессы в пищеварительной системе при введении ультрадисперсных частиц железа в жировые рационы крупного рогатого скота. Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 2. С. 328-342.
23. Лебедев С.В., **Шейда Е.В.**, Шошина О.В., Корнейченко В.И. Сравнительный анализ влияния различных форм железа на течение метаболических процессов в рубце методом "*in vitro*". Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 1. С. 192-202.
24. **Шейда Е.В.**, Рязанов В.А., Дускаев Г.К., Рахматуллин Ш.Г., Кван О.В. Влияние добавок растительных масел на микробиоту рубца жвачных и течение обменных процессов в рубце в *in vitro* исследованиях. Аграрная наука. 2023. № 6. С. 58-64.

**Публикации в международных базах Web of Science и Scopus:**

25. Lebedev S.V., Gavrish I.A., **Shejda E.V.**, Miroshnikov I.S., Ryazanov V.A., Gubajdullina I.Z., Makaeva A.M. Effect of various fats on digestibility of nutrients in diet of calves. Conference on Innovations in Agricultural and Rural development IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. 341. P. 012066 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/341/1/012066.
26. Lebedev S.V., **Sheida E.**, Vertiprakhov V., Gavrish I., Kvan O., Gubaidullina I., Ryazanov V., Miroshnikov I. A study of the exocrinous function of the cattle pancreas after the introduction of feed with various protein source in rations. Bioscience Research. 2019. V. 16. № 3. P. 2553-2562.
27. Lebedev S., **Sheida E.**, Vershinina I., Grechkina V., Gubaidullina I., Miroshnikov S., Shoshina O. Use of chromium nanoparticles as a protector of digestive enzymes and biochemical parameters for various sources of fat in the diet of calves. AIMS Agriculture and Food. 2020. V. 6. № 1. P. 14-31.
28. Miroshnikov S.A., **Sheida E.V.**, Lebedev S.V., Duskaev G.K., Ryazanov V.A., Kvan O.V. Effect of ultrafine  $Cr_2O_3$  particles on changes in the taxonomic composition of the ruminant intestine microbiome. Trace Elements and Electrolytes. 2021. V. 38. № 3. P. 148.
29. Lebedev S.V., Kvan O.V., Gavrish I.A., **Sheida E.V.**, Gubaidullina I.Z. Adaptation mechanisms of the pancreas enzyme system of calves after the introduction of ultrafine chromium particles into the ration. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2021. V. 27. № 1. P. 204-208.
30. Kondrashova K., **Shejjda E.**, Rayzanov V., Lebedev S., Miroshnikov S., Rakhmatullin Sh., Kvan O. Analysis of the chemical composition of saliva and blood

of cattle when including sunflower husk in the diet. Journal of Animal Science. 2021. V.99. № 3. P.338-339. DOI: 10.1093/jas/skab235.622

31. Klimova T., **Shejjda E.**, Rayzanov V., Lebedev S., Miroshnikov S., Rakhmatullin Sh., Kvan O. The effect of ultrafine iron particles on the adaptation of the digestive system of cattle to fat diets. Journal of Animal Science. 2021. V. 99. № 3. P. 262. DOI 10.1093/jas/skab235.479

32. Shoshina O., **Shejjda E.**, Rayzanov V., Lebedev S., Duskaev G., Kvan O. Changes in the taxonomic composition of the rumen of ruminants when introducing fat components into the diet. Journal of Animal Science. 2021. V.99. № 3. P. 232. DOI: 10.1093/jas/skab235.4242021

33. Shajahmetova E., Ryazanov V., **Shejjda E.**, Lebedev S., Miroshnikov S., Duskaev G. Ruminant microbiome of cattle changes with the feeding of fat-containing fish supplements. Journal of Animal Science. 2021. V.99, № 3. – P. 478-479. – DOI 10.1093/jas/skab235.843.

34. **Sheida E.V.**, Lebedev S.V., Vershinina I.A., Grechkina V.V., Gubaidullina I.Z. Assessment of the quality and safety of the use of vegetable fats in meat production. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "International Conference on World Technological Trends in Agribusiness". 2021. P. 012113.

35. **Sheida E.V.**, Lebedev S.V., Gubaidullina I.Z., Grechkina V.V., Ryazanov V.A. Biotechnological aspects of the use of vegetable oils in the production of meat products. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International Conference on World Technological Trends in Agribusiness". 2021. P. 012114.

36. **Sheida E.V.**, Lebedev S.V., Ryazanov V.A., Miroshnikov S.A., Rakhmatullin Sh.G., Duskaev G.K. Changes in the taxonomic composition of the rumen microbiome during the dietary supplements administration. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk. Russian Federation. 2021. P. 12058.

37. Ryazanov V.A., Duskaev G.K., **Sheida E.V.**, Nurzhanov B.S., Kurilkina M.Ya. Rumen fermentation, methane concentration, and blood metabolites of cattle receiving dietetical phytobiotic and cobalt (II) chloride. Veterinary World. 2022. V. 15. № 11. P. 2551-2557.

38. Ryazanov V.A., Lebedev S.V., Rakhmatullin Sh.G., Miroshnikov I.S., **Sheida E.V.**, Duskaev G.K. Biological aspects of changes in the rumen microbiome of cattle by means of a mixture of calcium salts of fatty acids and triglycerides. AIP Conference Proceedings. V. 2467. 2022. P. 070032 <https://doi.org/10.1063/5.0092431>

39. **Sheida E.V.**, Miroshnikov S.A., Duskaev G.K., Atlanderova K.N., Grechkina V.V. Strategies for reducing ruminant methane emissions . BIO Web of Conferences. 2022. 42. P. 01014 <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224201014>

#### Монографии

40. Техногенные наноматериалы в агробиоценозах: перспективы и риски / Сизова Е.А., Нотова С.В., Лебедев С.В., Дерябина Т.Д., Короткова А.М., Косян

Д.Б., Мирошников И.С., Яушева Е.В., Мирошникова Е.П., Гавриш И.А., Русакова Е.А., Шейда Е.В. – Оренбург: Издательско-полиграфический комплекс "Университет", 2016. – 248 с.

41. Биологическая активность рубцовой жидкости (*in vitro*) и микрофлоры жвачных, обмен веществ в организме животных, на фоне применения различных кормов и биологически активных веществ / Дускаев Г.К., Лебедев С.В., Сизова Е.А., Левахин Г.И., Галиев Б.Х., Ширнина Н.М., Холодилина Т.Н., Нуржанов Б.С., Рысаев А.Ф., Каримов И.Ф., Быков А.В., Курилкина М.Я., Макаева А.М., Атландерова К.Н., Рахматуллин Ш.Г., Кван О.В., **Шейда Е.В.**, Докина Н.Н., Рязанов В.А., Мирошников И.С., Рогачев Б.Г., Кондрашова К.С., Климова Т.А. – Оренбург: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук", 2021. – 211 с. – ISBN 978-5-6045797-5-6.

42. Особенности обмена веществ, характеристики рубцового пищеварения полигастрических, метаболизм и характеристики пищеварения моногастрических животных на фоне новых кормовых добавок Г. К. Дускаев, Г. И. Левахин, С. В. Лебедев, Галиев Б.Х., Сизова Е.А., Ширнина Н.М., Докина Н.Н., Рязанов В.А., Шейда Е.В., Мирошников И.С., Кван О.В., Дерябин Д.Г., Мирошников С.А., Холодилина Т.Н., Нуржанов Б.С., Рысаев А.Ф., Курилкина М.Я., Камирова А.М., Атландерова К.Н., Инчагова К.С., Рахматуллин Ш.Г. – Оренбург: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук", 2022. – 132 с.

#### **Патенты РФ на изобретения**

43. Способ приготовления кормовой добавки для молодняка крупного рогатого скота / С.В. Лебедев, **Е.В. Шейда**, И.З. Губайдуллина, И.А. Гавриш, О.В. Кван, И.С. Мирошников, В.А. Рязанов, А.В. Быков, Б.Г. Рогачев // Патент на изобретение RU 2711259, опубл. 15.01.2020, заявка №. 2019109435 от 29.03.2019.

44. Способ приготовления кормовой добавки для молодняка крупного рогатого скота / **Е.В. Шейда**, С.В. Лебедев, В.А. Рязанов, Ш.Г. Рахматуллин, И.З. Губайдуллина, И.А. Вершинина // Патент на изобретение RU 2744196, опубл. 03.03.2021, заявка №. 2020126160 от 03.08.2020.

45. Способ повышения переваримости питательных компонентов корма при включении в рацион крупного рогатого скота ультрадисперсных частиц оксида хрома / **Е.В. Шейда**, С.А. Мирошников, С.В. Лебедев, Г.К. Дускаев, Ш.Г. Рахматуллин, В.А. Рязанов, О.В. Кван, В.И. Колпаков, О.В. Шошина // Патент на изобретение RU 2751961, опубл. 21.07.2021, заявка №. 2020140350 от 07.12.2020.

46. Способ повышения продуктивных качеств крупного рогатого скота путем введения белковой кормовой добавки / **Е.В. Шейда**, С.А. Мирошников, С.В. Лебедев, Г.К. Дускаев, Ш.Г. Рахматуллин, В.А. Рязанов, О.В. Кван,

В.И. Колпаков, О.В. Шошина // Патент на изобретение RU 2751962, опубл. 21.07.2021, заявка №. 2020140351 от 07.12.2020.

47. Способ увеличения доступности белковых рационов в пищеварительном тракте крупного рогатого скота / **Е.В. Шейда**, С.В. Лебедев, С.А. Мирошников, В.А. Рязанов, Г.К. Дускаев, Ш.Г. Рахматуллин, В.В. Гречкина, О.В. Кван // Патент на изобретение RU 2766683, опубл. 15.03.2022, заявка №. 2021119974 от 07.07.2021.

48. Способ повышения продуктивных качеств крупного рогатого скота путем введения кормовой добавки / **Е.В. Шейда**, В.А. Рязанов, Г.К. Дускаев, Ш.Г. Рахматуллин, Г.И. Левахин, И.С. Мирошников // Патент на изобретение RU 2781992, опубл. 21.10.2022, заявка №. 2021131999 от 02.11.2021.

49. Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости телят мясной породы при дополнительном включении в жировой рацион удч железа / Г.К. Дускаев, **Е.В. Шейда**, В.А. Рязанов, С.А. Мирошников, Ш.Г. Рахматуллин // Свидетельство о регистрации базы данных 2022620671, опубл. 29.03.2022.

50. Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости телят мясной породы при дополнительном включении в белковый рацион удч железа / **Е.В. Шейда** // Свидетельство о регистрации базы данных 2022620672, опубл. 29.03.2022.

51. Количественный и качественный состав микроорганизмов рубцовой жидкости телят мясной породы при использовании в рационе пищевых добавок / В.А. Рязанов, **Е.В. Шейда**, Г.К. Дускаев, С.А. Мирошников, Ш.Г. Рахматуллин // Свидетельство о регистрации базы данных 2022620684, опубл. 30.03.2022.

52. Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости молодняка крупного рогатого скота при использовании в рационе различных добавок / С.А. Мирошников, **Е.В. Шейда**, В.А. Рязанов, Г.К. Дускаев, Ш.Г. Рахматуллин // Свидетельство о регистрации базы данных 2022620699, опубл. 31.03.2022.

53. Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости телят мясной породы при дополнительном включении в белковый рацион удч хрома // В.А. Рязанов, **Е.В. Шейда**, Г.К. Дускаев, С.А. Мирошников, Ш.Г. Рахматуллин // Свидетельство о регистрации базы данных 2022620708, опубл. 31.03.2022.

54. Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости молодняка крс при использовании в рационе ультрадисперсных частиц железа / Г.К. Дускаев, **Е.В. Шейда**, В.А. Рязанов, С.А. Мирошников, Ш.Г. Рахматуллин // Свидетельство о регистрации базы данных 2022620782, опубл. 08.04.2022.

55. Таксономический состав микробиома рубца телят мясной породы при дополнительном включении в жировой рацион ультрадисперсной формы хрома / **Е.В. Шейда** // Свидетельство о регистрации базы данных 2022620784, опубл. 08.04.2022.

56. Анализ таксономического состава микробиома рубца при использовании ультрадисперсной формы хрома / С.А. Мирошников, **Е.В. Шейда**, В.А. Рязанов, Г.К. Дускаев, Ш.Г. Рахматуллин // Свидетельство о регистрации базы данных 2022620832, опубл. 18.04.2022.

57. Биотестирование кормовых добавок / В.А. Рязанов, **Е.В. Шейда**, Г.К. Дускаев, Ш.Г. Рахматуллин, Г.И. Левахин, К.С. Инчагова // Свидетельство о регистрации базы данных 2022620937, опубл. 25.04.2022.
58. Оценка метаболических эффектов фитохимических веществ в условиях *in vitro* / В.А. Рязанов, **Е.В. Шейда**, Г.К. Дускаев, Ш.Г. Рахматуллин, Г.И. Левахин, К.С. Кондрашова // Свидетельство о регистрации базы данных 2022620992, опубл. 27.04.2022.
59. Содержание химических элементов в компонентах корма / Ш.Г. Рахматуллин, А.В. Быков, **Е.В. Шейда**, О.В. Кван, Г.К. Дускаев // Свидетельство о регистрации базы данных 2022621034, опубл. 05.05.2022.
60. Анализ бактериального разнообразия полигастричных животных при использовании в рационе биологически активных веществ / В.А. Рязанов, **Е.В. Шейда**, Ю.А. Юлдашбаев, А.М. Абдулмуслимов, Г.К. Дускаев, Ш.Г. Рахматуллин // Свидетельство о регистрации базы данных 2023620710, опубл. 27.02.2023.
61. Метагеномный анализ жвачных животных при включении в рацион фитобиотических веществ / В.А. Рязанов, **Е.В. Шейда**, Ю.А. Юлдашбаев, А.М. Абдулмуслимов, Г.К. Дускаев, Ш.Г. Рахматуллин // Свидетельство о регистрации базы данных 2023620779, опубл. 03.03.2023.

**Шейда Елена Владимировна**

**ОБМЕН ВЕЩЕСТВ, МИКРОБИОМ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО  
ТРАКТА И ПРОДУКТИВНОСТЬ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В  
УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОЙ НУТРИЕНТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ**

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

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора биологических наук

Подписано в печать 27.09.2023г  
Формат 60×90/16. Объем – 2,0 усл.печ.л  
Тираж 100 экз. Заказ № 20

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