

На правах рукописи

Кван

Кван Ольга Вилориевна

**ВЛИЯНИЕ КОРМОВЫХ ДОБАВОК НА МИКРОБИОМ,
ПРОДУКТИВНОСТЬ И ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО
СТАТУСА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

доктора биологических наук

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

Оренбург – 2024 г.

Работа выполнена в ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет».

Научный консультант: доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН
Мирошников Сергей Александрович

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

Топурия Лариса Юрьевна, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», кафедра ветеринарно-санитарной экспертизы и фармакологии, профессор;

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

Защита диссертации состоится 25 декабря 2024 года в 9⁰⁰ 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 «__» _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Завьялов
Олег Александрович

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В последние десятилетия знания о метаболической и иммуностимулирующей роли микрофлоры (McCuaig B., Goto Y., 2023) расширены представлениями о ее влиянии на пищеварительный тракт, на возникновение и развитие диабета (Islam F., et al., 2022), ожирения (Fang H. et al., 2023), рака (Rahman M. M., et al., 2022), аллергической астмы (Zheng P. et al., 2022), патологии сердечно-сосудистой системы (Liu H. et al., 2020) и др.

В настоящее время знания о взаимодействиях в системе «микрофлора-организм хозяина» находят применение в практике кормления сельскохозяйственных животных через использование пробиотиков, пребиотиков ряда и других препаратов, оказывающих влияние на микробиом пищеварительного тракта животных. Коррекцию микрофлоры различных отделов пищеварительной системы применяют для повышения биодоступности структурных углеводов и минеральных веществ (Фисинин В.И. и др., 2010; Moita V.H.C. et al., 2021).

Между тем по мере накопления знаний об энтеральном гомеостазе, становится очевидным, что дальнейшее развитие учения о кормлении сельскохозяйственных животных должно идти через более глубокое изучение роли микрофлоры пищеварительного тракта в формировании продуктивности сельскохозяйственных животных, в том числе с учетом селективного действия микрофлоры на элементный статус и эндогенные потери веществ из организма хозяина.

Степень разработанности темы. Наука располагает данными о комплексном влиянии микрофлоры на продуктивность птицы. Известно о роли микрофлоры пищеварительного тракта в предотвращении колонизации патогенов (Neveling D.P. et al., 2020); формировании и поддержании иммунитета (Richards P.J. et al., 2020), участии в распаде и поглощении питательных веществ, синтезе витаминов и гормонов (Yang J. et al., 2017; Yin D. et al., 2022); участии в созревании и пролиферации клеток (Kim S.H. et al., 2022) и др.

Особое внимание, в последние годы, стало уделяться роли микрофлоры в минеральном обмене, что для птицеводства, помимо экономической целесообразности, определяется и перспективами снижения экологической нагрузки. Известно, что микрофлора принимает непосредственное участие в усвоении экзогенных минеральных веществ (Yang J. et al., 2017; Yin D. et al., 2022), в инкорпорации и выводе из обмена отдельных химических элементов, в том числе токсических (Cao J. et al., 2020). В связи с этим, в последние годы, все больше внимания уделяется вопросам влияния кормовых добавок на элементный статус макроорганизма через изменение состава микрофлоры и селективное управление обменом эндогенных химических элементов (Zhao H.Y. et al., 2017; Chen Y. et al., 2019). Значимость вклада эндогенного сегмента минерального обмена в формирование продуктивности птицы определяется количеством эндогенных минеральных веществ, выделяемых в пищеварительный тракт,

нередко на порядок превышающий экзогенный компонент (Алиев А.А., 1985; Ouwehend, A.C. et al., 2003).

Между тем проблема влияния отдельных кормовых добавок, микрофлоры пищеварительного тракта на продуктивность и минеральный обмен в организме птицы остается пока недостаточно изучена.

Цель и задачи исследования. Целью работы, выполняемой в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» (2011-2024 годы №АААА-Б17-217061340056-1) и ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН по программе ФНИ № НИОКТР 122051800020-1, № 0761-2019-005, при финансовой поддержке гранта на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технического развития (№ 075-15-2024-550), являлось изучение влияния кормовых добавок на микробиом и минеральный обмен (уровень и состав эндогенных потерь химических элементов), для формирования новых решений по оптимизации элементного статуса и повышения продуктивности цыплят-бройлеров.

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

1. Изучить микробиом цыплят-бройлеров в связи с элементным статусом птицы, установить корреляцию численности отдельных таксонов микрофлоры с пулами химических элементов в организме.

2. Дать сравнительную оценку влияния пробиотических препаратов (штаммы *Bacillus subtilis* и *Bifidobacterium longum*) на продуктивность, обмен веществ и микробиом цыплят-бройлеров.

3. Изучить влияние пробиотических препаратов (штаммы *B. subtilis* и *B. longum*), пищевых волокон (микрористаллическая целлюлоза, лактулоза, хитозан), энтеросорбентов (энтеросгель, активированный уголь) и препаратов ультрадисперсных частиц металлов (медь, железо) на продуктивность и величину эндогенных потерь химических элементов из организма цыплят-бройлеров.

4. Исследовать особенности влияния пищевых волокон (микрористаллическая целлюлоза, лактулоза, хитозан) на продуктивность, обмен веществ, микробиоценоз и продуктивность цыплят-бройлеров.

5. Исследовать морфологический и биохимический состав крови, дать оценку элементному статусу, провести метагеномный анализ микробиома толстого отдела кишечника цыплят-бройлеров при скормливании энтеросорбентов (энтеросгель, активированный уголь).

6. Провести оценку влияния ультрадисперсных частиц меди и железа, в том числе, при скормливании совместно с пробиотиком, на обмен веществ, микробиоценоз и продуктивность цыплят-бройлеров.

7. Научно-хозяйственная и экономическая оценка эффективности используемых кормовых добавок при производстве мяса птицы.

Научная новизна работы состоит в разработке фундаментальных основ оценки действия кормовых добавок на эндогенные потери эссенциальных химических элементов из организма сельскохозяйственной птицы.

Получены новые знания о влиянии пробиотических штаммов *B. longum* и *B. subtilis* на продуктивность, состав прироста живой массы и минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров. Установлено, что скармливание цыплятам-бройлерам препарата *B. subtilis* сопровождается более значительными потерями химических элементов эндогенного происхождения из организма.

Описана зависимость пула марганца в организме цыплят-бройлеров от численности *Lactobacillus*, пула кобальта от численности *Lactobacillus* и *Ruminococcus* в кишечнике птицы. Предложены способы снижения эндогенных потерь эссенциальных химических элементов у цыплят (RU 2759845, 2720469). Впервые описана взаимосвязь между микробиомом кишечника и минеральным обменом в организме птицы при дополнительном введении в рацион пищевых волокон. Так, при скармливании препаратов лактулозы и хитозана цыплятам-бройлерам, проявляются достоверные корреляционные связи численности таксона *Bacteroides* с пулом кальция, марганца, никеля, меди, цинка, ртути и свинца.

Получены новые знания о зависимости элементного статуса и состава мяса цыплят-бройлеров от таксономического состава микробиома кишечника птицы. Описана связь размера пула отдельных химических элементов в организме цыплят-бройлеров от особенностей микробиологических процессов в желудочно-кишечном тракте птицы.

Впервые описано влияние энтеросорбентов и препаратов пищевых волокон на эндогенные потери химических элементов из организма и состава мяса цыплят-бройлеров. Описано селективное действие энтеросгеля и активированного угля на обмен химических элементов в организме цыплят-бройлеров с выраженной депрессией пулов токсических элементов (ртути, свинца и алюминия) и эндогенного пула селена, с увеличением усвояемости и эффективности использования эндогенного марганца, экзогенного кобальта, цинка и меди.

Получены новые данные о снижении пула кобальта и селена с интенсивностью эндогенных потерь этих элементов, из организма птицы на величину 9-10 % и 9-15 % в неделю, соответственно, при скармливании препаратов УДЧ меди или железа.

Присутствие в рационе УДЧ меди определяет проявление достоверной корреляционной связи численности таксона *Bacteroides* с размером пула в организме никеля и свинца. Аналогичное действие УДЧ железа распространяется на данную связь с пулом алюминия, кальция, никеля, цинка, мышьяка, свинца. В группе, получавшей УДЧ меди, численность представителей семейства *Lactobacillaceae* и *Lachnospiraceae* была ниже, чем в группе, получавшей УДЧ железа. В тоже время, при скармливании УДЧ меди, содержание бактерий семейства *Enterobacteriaceae* возрастает более чем в 20 раз.

Впервые выявлена корреляционная зависимость численности таксонов и размеров пулов химических элементов в организме подопытных цыплят-бройлеров при использовании различных кормовых добавок.

Получены новые данные по морфофункциональной характеристике тканей пищеварительного тракта, при включении в кормовые рационы пробиотических штаммов *B. subtilis* и *B. longum*, энтеросорбентов, пищевых волокон и ультрадисперсных частиц.

Предложены решения по созданию новых кормовых средств для сельскохозяйственной птицы, защищённые патентами (RU 2800836, 2778756, 2673808, 2790872)

Теоретическая и практическая значимость и реализация результатов работы: теоретически проанализированы предложения по снижению норм минеральных веществ в рационе цыплят-бройлеров, что позволит создать предпосылки к снижению экологической нагрузки промышленных птицеводческих предприятий.

В работе теоретически обосновано, в эксперименте продемонстрировано беспрецедентное воздействие энтеросгеля на свойства микрофлоры кишечника, в том числе в связи с минеральным обменом в организме цыплят-бройлеров, выражающейся в активизации микрофлоры таксона *Bacteroides* с проявлением достоверных корреляционных связей последнего с пулом 17 из 25 оцениваемых химических элементов, в организме птицы. Аналогичное действие активированного угля на микробиологический статус цыплят менее выражено и связано с обменом только 9 химических элементов.

Разработаны новые подходы к нормированию минерального питания цыплят-бройлеров за счет коррекции микробиома кишечника цыплят-бройлеров.

Практическая значимость исследований состоит в разработке принципиально новых подходов к нормированию минеральных веществ в кормлении сельскохозяйственной птицы через снижение эндогенных потерь эссенциальных химических элементов из организма цыплят-бройлеров, что даст возможность снизить экологическую нагрузку промышленных птицеводческих предприятий.

Применение на практике предложенных рекомендаций позволит повысить биологическую полноценность мяса птицы по содержанию эссенциальных химических элементов и снизить содержание токсических элементов (алюминия, свинца, ртути, кадмия и других). При этом будет достигнуто повышение продуктивности цыплят-бройлеров с общим повышением рентабельности производства мяса на 3-7 %.

Методология и методы исследования. В работе представлен материал экспериментальных исследований с использованием различных методов. Диссертационная работа выполнялась на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» и ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» с использованием

ресурсов и методик ЦКП. Эксперименты *in vivo* проводились в условиях вивария и ЗАО «Птицефабрика Оренбургская».

Основные положения, выносимые на защиту:

- элементный статус цыплят-бройлеров селективно связан с составом микрофлоры кишечника, что выражается корреляцией численности отдельных таксонов микрофлоры с пулами химических элементов в организме птицы;

- скармливание цыплятам-бройлерам препарата «Споробактерин» (штамм *B. subtilis*) сопровождается более значительными потерями эндогенных химических элементов из организма, в отличие от «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*);

- скармливание цыплятам-бройлерам препаратов «Споробактерин» и «Соя-бифидум» (штаммы *B. subtilis* и *B. longum*) сопровождается увеличением в кишечнике птицы численности представителей *Rikenellaceae*, *Lachnospiraceae* и *Ruminococcaceae*;

- введение в рацион цыплятам целлюлозы способствует увеличению живой массы исследуемой птицы, что взаимосвязано с накоплением эссенциальных химических элементов;

- скармливание цыплятам-бройлерам препаратов пищевых волокон (целлюлозы, лактулозы и хитозана) сопровождается снижением эндогенных потерь марганца и увеличением потерь селена;

- включение в рацион цыплят-бройлеров энтеросгеля и активированного угля оказывает селективное действие на обмен химических элементов в организме, в том числе приводит к значительному снижению пулов токсических элементов;

- скармливание цыплятам-бройлерам препаратов ультрадисперсных частиц меди или железа сопровождается активизацией эндогенных потерь кобальта и селена, а также появлением достоверных корреляционных связей между численностью отдельных таксонов микроорганизмов кишечника с пулами химических элементов в организме;

- включение в рацион цыплят-бройлеров препаратов ультрадисперсных частиц меди или железа сопровождается изменениями микрофлоры кишечника и увеличением конверсии обменной энергии и протеина;

- коррекция эндогенных потерь химических элементов из организма цыплят-бройлеров с использованием кормовых добавок экономически выгодна.

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: Международная научно-практическая конференция «Нанотехнологии в сельском хозяйстве: перспективы и риски» (Оренбург, 2018); Russian conference on innovations in agricultural and rural development (AGROCON-2019) (Курган, 2019); International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production (Ростов, 2020); V International workshop on innovations in agro and food technologies (WIAFT-V-2021) (Волгоград, 2021); III Международная научно-практическая конференция (Москва, 2021); Всероссийская научно-практическая конференция (Ижевск, 2021); Всероссийская научно-практическая конференция (Оренбург, 2021); XIX симпозиум с международным участием (Москва, 2022); International Scientific Conference «INTERAGROMASH» (Ростов на Дону, 2023).

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, 2024) и Института биоэлементологии ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» (Оренбург, 2007, 2010, 2011, 2013, 2019, 2024).

Реализация результатов исследований. Результаты исследований внедрены в производство на ЗАО «Птицефабрика Оренбургская».

Публикация материалов исследований. По теме диссертации опубликовано **36** научных работ, в том числе **15** статей в изданиях, индексируемых в базах *Web of Science* и *Scopus*; **13** – в периодических изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки Российской Федерации. Новизна исследований подтверждена **6** патентами РФ на изобретения, **2** свидетельствами на базы данных.

Объем и структура работы. Диссертационная работа представлена на 360 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 89 таблиц, 89 рисунков и 10 приложений. Список литературы включает 565 источников, в том числе 492 зарубежных.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в период с 2010 по 2023 г.г. в Институте биоэлементологии ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» и отделе кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (ФНЦ БСТ РАН).

Исследования были проведены в четыре этапа. На первом этапе получены результаты исследований *in vitro*. На втором этапе проведена серия экспериментальных исследований по оценке действия пробиотических препаратов (штаммы *B. sibtillis* и *B. longum*), пищевых волокон (целлюлоза, лактулоза, хитозан), энтеросорбентов (энтеросгель, активированный уголь) и ультрадисперсных частиц (УДЧ) меди и железа на обмен веществ, элементный статус и микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров. На основе полученных результатов была дана оценка величины эндогенных потерь химических элементов из организма птицы. На третьем этапе проведена серия экспериментальных исследований по оценке действия кормовых добавок на минеральный обмен, продуктивность и микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров на фоне сбалансированного рациона.

Для подтверждения поставленных гипотез был проведен четвертый этап экспериментальных исследований, с проведением производственных проверок по оценке действия пробиотических препаратов (штаммы *B. sibtillis* и *B. longum*), пищевых волокон (целлюлоза, лактулоза, хитозан), энтеросорбентов (энтеросгель, активированный уголь) и УДЧ меди и железа, находящихся на сбалансированном рационе.

На первом этапе, в рамках лабораторных исследований, был проведен модельный эксперимент *in vitro* по оценке влияния солей микроэлементов, входящих в структуру исследуемого рациона, с целью определения оптимальных концентраций микроэлементов (Mn, Co, Fe, Zn и Cu) для поддержания индигенной и транзитной микрофлоры.

Для реализации поставленной задачи были использованы монокультурные пробиотические препараты: «Колибактерин» (штамм *Escherichia coli* M-17) – в 1 дозе препарата содержится не менее 10×10^9 живых клеток штамма M-17 кишечной палочки (Российский государственный НИИ стандартизации и контроля медицинских биологических препаратов им. Л.А. Тарасовича, г. Москва; гос. регистрация № ЛСР-004224/09 от 28.05.09); «Лактобактерин» (штамм *Lactobacillus*), в 1 мл препарата 2×10^9 КОЕ (НПО Микроген, г. Москва; гос. регистрация № ЛС-002098 от 25.10.11.); «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*), в 1 мл препарата около 10^7 микробных тел (гос. регистрация М.З. РФ № 77.99.11.3.У.5249.10.04 и № 7.99.11.3.У.5246.10.04 с включением в Федеральный реестр БАД), оптимальная дозировка по М.Б. Цинбергу (2001); «Споробактерин» (штамм *B. subtilis* 534), с содержанием в 1 мл препарата

10⁹ микробных тел (Гос. регистрация МЗ РФ Р № 000792/01-2001 от 01.11.2001г.), оптимальная дозировка по П.И.Жданову (1997).

В рамках второго этапа исследований был использован опытный рацион (I контрольная) и опытный рацион, дефицитный по микроэлементам (II контрольная) по А.К. Османян. Кормление и содержание птицы производилось в соответствии с рекомендациями ВНИТИП (Фисинин В.И. и др., 2009; Егоров И.А. и др., 2019). Поение цыплят осуществлялось дистиллированной водой без ограничения. Различия в составах опытных рационов по уровню Fe, Mn, Cu, Zn, Co, Mo, Se позволили изучить действия оцениваемых кормовых добавок на эндогенные потери микроэлементов. В рамках третьего этапа исследований были использованы сбалансированные рационы ПК-5, ПК-6.

В рамках первого эксперимента исследований *in vivo*, с целью изучения эффективности введения в опытные рационы пробиотических препаратов, было отобрано 140 голов недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 4 группы (n=35). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания и кормления. Продолжительность эксперимента составила 28 суток, I контрольная группа находилась на опытном рационе, II контрольная группа получала опытный рацион, дефицитный по микроэлементам. Опытные группы дополнительно получали в составе рациона пробиотические препараты «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*) в дозировке 0,7 мл/кг корма и «Споробактерин» (штамм *B. subtilis*) в дозировке 0,25 мл/кг корма. Поение цыплят осуществлялось дистиллированной водой без ограничения.

В рамках второго эксперимента исследований *in vivo*, было отобрано 175 голов недельных цыплят-бройлеров, которых методом пар-аналогов разделили на 5 групп (n=35). Продолжительность эксперимента составила 35 суток, включавшая: подготовительный (7 суток) и учетный (28 суток) периоды, в течение которых I контрольная группа находилась на опытном рационе, II контрольная – опытный рацион, дефицитный по микроэлементам. Опытным группам дополнительно в рацион вводились пищевые волокна: I опытной – микрокристаллическую целлюлозу (E460, Hiranya Cellulose Products, Индия) – в дозировке 0,25 г/кг корма, II – лактулозу (ООО «ВТФ», г. Москва), в дозировке 1 г/кг корма, III – хитозан пищевой (Orison Chemicals Ltd, Китай), в дозировке 0,5 г/кг корма.

В ходе третьего эксперимента, с целью изучения эффективности введения в опытные рационы энтеросорбентов, было отобрано 140 голов недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 4 группы (n=35). Продолжительность эксперимента составила 28 суток, I контрольная группа находилась на опытном рационе, II контрольная – опытный рацион, дефицитный по микроэлементам. Опытные группы дополнительно получали в составе рациона энтеросгель – активное вещество *Polymethylsiloxane polyhydrate* (ООО «ТНК СИЛМА», Россия), в дозе 6,0 г/кг корма (I опытная) и

активированный уголь активное вещество – *Activated charcoal* (№ Р N001033/01, Фармстандарт-Лексредства, Россия), в дозировке, 3,0 г/кг корма (II опытная). Поение цыплят дистиллированной водой без ограничения.

В ходе четвертого эксперимента, с целью изучения эффективности введения в опытные рационы ультрадисперсных частиц, было отобрано 140 недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 4 группы (n=35). Продолжительность основного учетного периода составила 28 суток, I контрольная группа находилась на опытном рационе, II контрольная – опытный рацион, дефицитный по микроэлементам. В ходе исследований цыплята I опытной группы получали УДЧ меди в дозировке 1,7 мг/кг корма, II опытной – УДЧ железа в дозировке 17,0 мг/кг корма. Поение цыплят дистиллированной водой без ограничения.

Ультрадисперсные частицы Fe ($d = 90$ нм, Z-потенциал $7,7 \pm 0,5$ мВ, содержит 99,8 % Fe) и Cu ($d = 55 \pm 15$ нм, Z-потенциал $31 \pm 0,1$ мВ, $S_{\text{Пов}} = 9 \text{ м/г}^2$) синтезированы методом высокотемпературной конденсации на установке Миген-3 в Институте энергетических проблем химической физики РАН (г. Москва, Россия). Препараты микрочастиц приобретены у компании Alfa Aesar GmbH & Co KG (США). Материаловедческая аттестация препаратов включала: электронную сканирующую и просвечивающую микроскопию на приборах – JSM 7401F и JEM-2000FX («JEOL», Япония). Рентгенофазовый анализ выполнен на дифрактометре ДРОН-7. По итогам аттестации установлено, что частицы железа размером 80 ± 5 не содержат кристаллического металла в ядре $96 \pm 4,5\%$, оксида металла – $4 \pm 0,4\%$, толщина оксидной пленки на поверхности частиц – 6 нм. Микрочастицы железа размером $9,8 \pm 0,4$ мкм – с чистотой 99,5 %, толщина оксидной пленки – 7 нм.

В ходе пятого эксперимента, с целью изучения эффективности введения в сбалансированный рацион (ПК-5, ПК-6) ультрадисперсных частиц меди и железа, было отобрано 105 недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 3 группы (n=35). Продолжительность основного учетного периода составила 28 суток.

Птица контрольной группы получала сбалансированный рацион (СР), I опытной – СР совместно с УДЧ железа в дозировке 17 мг/кг, II опытной – СР совместно с УДЧ меди в дозировке 1,7 мг/кг корма. Дозировка железа и меди были выбраны с учетом ранее установленного положительного эффекта (Sizova E.A. et.al., 2016; 2018). Поение вволю из nippleных поилок.

В ходе шестого эксперимента, с целью изучения эффективности введения в сбалансированный рацион (ПК-5, ПК-6) ультрадисперсных частиц и пробиотических препаратов, было отобрано 175 недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 5 групп (n=35). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания и кормления. Птица контрольной группы получала сбалансированный рацион (СР), I опытной группы – СР совместно с пробиотическим препаратом «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*), в дозировке 0,7 мл/кг корма, II – СР совместно

с пробиотическим препаратом «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*), в дозировке 0,7 мл/кг корма и УДЧ Cu, в дозировке 1,7 мг/кг корм, III – СР совместно с пробиотическим препаратом «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*), в дозировке 0,7 мл/кг корма и УДЧ Fe, в дозировке 17,0 мг/кг корм, IV – СР совместно с пробиотическим препаратом «Споробактерин» (штамм «*B. Subtilis*»). Поение вволю из ниппельных поилок.

В ходе седьмого эксперимента, с целью изучения эффективности введения в сбалансированный рацион пищевых волокон, было отобрано 140 голов недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 4 группы (n=35). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания и кормления. Птица контрольной группы получала сбалансированный рацион (СР), I опытной группы – СР совместно с микрокристаллической целлюлозой (Е460, г. Москва) в дозировке 0,25 г/кг корма, II – СР совместно с лактулозой (г. Москва) в дозировке 1,0 г/кг корма, III – СР совместно с хитозаном (г. Москва) в дозировке 0,5 г/кг корма. Поение вволю из ниппельных поилок.

В ходе восьмого эксперимента, с целью изучения эффективности введения в сбалансированный рацион (ПК-5, ПК-6) энтеросорбентов, было отобрано 105 голов недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 3 группы (n=35). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания и кормления. Продолжительность основного учетного составила 28 суток. Птица контрольной группы получала сбалансированный рацион (СР), I опытной группы – СР совместно с энтеросгелем (Силма ТНК ООО, Россия) в дозировке 6,0 г/кг корма, II – СР совместно с активированным углем (Фармстандарт-Лексредства, Россия) в дозировке 3,0 г/кг корма. Поение вволю из ниппельных поилок.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования выполняли в соответствии с «Позицией по этике использования животных в исследованиях, выполняемых при поддержке Российского научного фонда» и The Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press, Washington. D.C., 1996).

Выделение тестируемых в эксперименте штаммов осуществляли путем высева тестируемых микроорганизмов на селективные (Лактоагар для *L. acidophilus* и *B. longum*) и накопительные питательные среды (ГРМ-агар для *E. coli* М-17 и *B. subtilis* 534). Реализация модельного эксперимента включала оценку биологического действия исследуемых солей на динамические показатели роста исследуемых микроорганизмов. На данном этапе использовался метод серийных разведений. Реализация метода базируется на последовательном переносе половинного объема жидкого субстрата с кратным снижением дозы 1:2 в каждом последующем разведении.

Микроклимат в помещении соответствовал требованиям и рекомендациям ВНИТИП. В ходе проведения экспериментов производилась еженедельная оценка роста и развития цыплят. Контроль над этими показателями производили

путем индивидуального взвешивания с последующим расчетом среднесуточного прироста.

В ходе балансовых опытов, переваримость питательных веществ изучалась по методике ВНИТИПа (Фисинин В.И. и др., 2010). С целью изучения действия оцениваемых факторов на интерьер подопытной птицы, было проведено два контрольных убоя, в начале и конце эксперимента.

В ходе лабораторных исследований определяли влажность кормовых продуктов (ГОСТ 13586.5-93; ГОСТ 29143-91), содержание сырой клетчатки (ГОСТ 13496.2-84), содержание белка (ГОСТ 10846-74), зольность (ГОСТ 10847-74).

Анализ гематологических показателей сыворотки крови проводился при помощи коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия) на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd», Китай). Морфологические показатели крови определяли с помощью автоматического гематологического анализатора URIT-2900 Vet Plus, (URIT Medial Electronic Co., Китай).

Количество чистой энергии в приросте живой массы бройлеров устанавливали методом сравнительных убоев по Н.Г. Григорьеву и др. (1989). Для этого были проведены убои в конце каждого эксперимента. Послеубойную анатомическую разделку тушек проводили по методике ВНИТИП (2000). Для характеристики энергетического обмена организма с внешней средой определяли значения валовой, обменной энергии по уравнениям регрессий, предложенных А.П. Калашниковым и др. (1986).

Оценка влияния изучаемых компонентов корма на эффективность межучасточного обмена, в организме подопытной птицы, производилась при сопоставлении данных по поступлению в тело обменной энергии корма с ее затратами на поддержание жизни и отложением чистой энергии в продукции.

Элементный состав биосубстратов, сыворотки крови и комбикормов исследован на базе Кольского научного центра Российской академии наук, Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева (ИХТРЭМС КНЦ РАН, <https://www.ksc.ru/>), микроволновая система 42 Berghof SW 4 (Berhof, Germany), масс-спектрометр ELAN DRC-e 9000 (Perkin Elmer, USA), а также на базе Центра коллективного пользования ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (<https://цкп-бст.рф>), масс-спектрометр с индуктивной связанной плазмой Agilent 7900 с системой ВЭЖХ 1260 Infinity II BIO-Inert.

Анализ микробного состава слепой кишки цыплят-бройлеров был проведен на базе Центра коллективного пользования «Персистенция микроорганизмов» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института клеточного и внутриклеточного симбиоза Уральского отделения Российской академии наук (<https://ckp-rf.ru/ckp/351815/>). Поскольку совещание Международного комитета по таксономии прокариот в 2021 году пересмотрело номенклатуру (Open A. et al., 2021), данные публикаций за 2018-2020 года были дополнительно реклассифицированы, что обеспечило

сопоставимость законных таксонов во всех экспериментальных сериях, включенных в мета-анализ.

Оценка экономической эффективности наших разработок и апробация полученных результатов проведена в условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская».

Результаты исследований обработаны с применением программного пакета «Statistica 10.0». Статистическое сравнение результатов проводилось с использованием критерия Стьюдента. Во всех процедурах статистического анализа рассчитывали достигнутый уровень значимости (P), при этом критический уровень значимости в исследованиях принимался меньшим или равным 0,05. Коэффициенты корреляции рассчитывались по Спирмену (Kc).

3 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Результаты лабораторных исследований по оценке используемых пробиотических препаратов *in vitro*

В ходе исследований установлен высокий уровень толерантности *E. coli* M-17 и *B. subtilis* 534 ко всем использованным химическим соединениям исследуемых микроэлементов. Так минимальные, не ингибирующие рост бактериальной популяции клеток для *E. coli* M-17, составили в отношении FeSO₄ – 0,063 М/л, MnSO₄ – 0,125 М/л, CoSO₄ – 0,016 М/л, CuSO₄ – 0,063 М/л и ZnSO₄ – 0,063 М/л, для штамма *B. subtilis* 534 данные значения составили 0,125 М/л, 0,500 М/л, 0,031 М/л, 0,016 М/л и 0,031 М/л, соответственно. Штамм *L. acidophilus* проявляет умеренную толерантность к используемым в экспериментальном исследовании солям микроэлементов, при этом наиболее чувствительным штаммом является *B. Longum*, имеющий минимальные показатели резистентности по отношению к другим исследуемым тест-организмам. Проведенные исследования позволили нам определить оптимальные рабочие концентрации исследуемых химических соединений микроэлементов в отношении тестируемых бактериальных штаммов, для проведения дальнейших исследований.

Для прогнозирования уровня эндогенных потерь микроэлементов в организме проведена серия исследований по оценке способности микрофлоры к инкорпорации химических элементов (рисунок 1).

Проведенный анализ полученных экспериментальных данных свидетельствует о выраженной биоаккумуляции железа всеми исследуемыми штаммами с максимальным уровнем для *B. subtilis* 534. Стабильные показатели сорбции по отношению к другим тестируемым индигенным пробиотическим штаммам проявляет *B. longum*, что характеризуется относительно высокими биоаккумуляционными характеристиками в отношении всех исследуемых элементов.

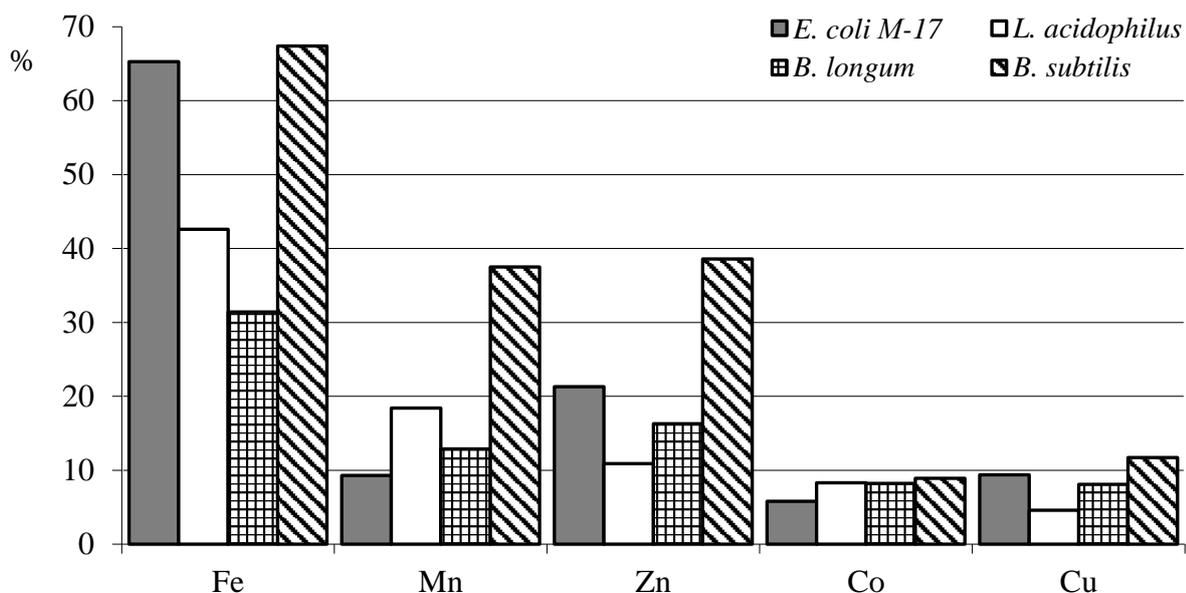


Рисунок 1 – Инкорпорация микроорганизмами химических элементов

Таким образом, по результатам полученных данных, для проведения дальнейших исследований были отобраны штаммы *B. subtilis* 534 и *B. longum*.

3.2 Результаты первой серии исследований по оценке влияния кормовых добавок на обмен веществ в организме цыплят-бройлеров, находящихся на опытных рационах

3.2.1 Изучение влияния пробиотических препаратов (штаммы *B. subtilis* и *B. longum*) на обмен веществ в организме цыплят-бройлеров.

Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров. Включение в рацион препаратов «Споробактерин» (штамм *B. subtilis*) и «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*) способствовало повышению живой массы цыплят-бройлеров к окончанию эксперимента до $2216,7 \pm 21,5$ г в I опытной группе и $2220,7 \pm 21,9$ г во II группе, против $2059,7 \pm 25,5$ г во II контрольной. Таким образом, введение в рацион пробиотических препаратов способствовало повышению живой массы, интенсивности роста, а также сохранности поголовья птицы

Обмен энергии в организме подопытной птицы. Введение пробиотических препаратов сопровождалось повышением уровня чистой энергии в I опытной группе на 0,8 МДж/гол, во II на 1,3 МДж/гол в сравнении со II контрольной (таблица 1).

Таблица 1 – Баланс энергии в организме подопытных бройлеров за эксперимент, МДж/гол

Группа	Валовая энергия питательных веществ корма (ВЭ)	Потери энергии с пометом	Обменная энергия	Потери энергии с теплопродукцией	Чистая энергия
I контрольная	39,5	5,71	33,8	9,41	24,4
II контрольная	38,1	7,26	30,8	8,23	22,6
I опытная	41,5	3,72	37,8	14,4	23,4
II опытная	43,3	4,32	39,0	15,2	23,9

Между тем эффективность межклеточного обмена в опытных группах оказалась ниже контрольных значений, что подтверждается снижением коэффициента соответствия до 0,03 против 0,04 во II опытной группе и 0,044 в группе I контрольной (таблиц 2).

Таблица 2 – Особенности межклеточного обмена в организме цыплят-бройлеров за период опыта

Показатель	Группа			
	I контрольная	II контрольная	I опытная	II опытная
Обменная энергия сверхподдержания, МДж/гол	12,73	12,68	12,90	12,60
Обменность ВЭ	80,92	85,55	90,03	91,02
КПИ обменной энергии	0,671	0,662	0,508	0,519
Уровень питания	1,342	1,161	1,255	1,253
Коэффициент соответствия	0,044	0,041	0,030	0,030

В результате полученных данных, включение пробиотических штаммов способствовало изменению межклеточного обмена веществ, как результат – повышение коэффициента конверсии в опытных группах в среднем на 1,6-2,7%.

Мясная продуктивность подопытной птицы. Предубойная живая масса птицы I опытной группы превысила уровень II контрольной группы на 7,6 %, II опытной на 7,8%. Масса съедобной части в абсолютном значении в I опытной группе составила 1170,5 г, во II – 1252,5 г, против 987,3 г во II контрольной. Убойный выход в опытных группах так же оказался выше контрольных значений на 0,7-0,8 %.

Исследование аминокислотного состава мышечной ткани птицы показали, что во II опытной группе уровень тирозина и фенилаланина превысил уровень

I контрольной на 49,7 % ($p \leq 0,001$) и на 18,1 % ($p \leq 0,01$), соответственно. При сравнении со II контрольной аналогичная разница составила 45,2 % ($p \leq 0,001$) и 13,9 % ($p \leq 0,01$), соответственно. Уровень глицина в мышечной ткани I опытной группы, при сравнении со II контрольной, снизился на 10,1 % ($p \leq 0,05$).

Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров. Введение пробиотических препаратов способствовало достоверному снижению ($p \leq 0,05$) селена относительно контрольных групп в 4,68 и в 5,24 раз, соответственно. Совокупный пул в организме марганца и меди снизился во II опытной группе в 2,69 раз и в 1,5 раза ($p \leq 0,05$) относительно I контрольной, соответственно, а в I опытной группе – в 2,07 раз и в 1,5 раза ($p \leq 0,05$), соответственно, по отношению к I контрольной. Отметим, что содержание кобальта снижается в обеих опытных группах, по отношению к контрольным аналогичным группам, в абсолютном значении с 4,0 до 0,23 мг/кг ($p \leq 0,05$). Уровень железа в опытных группах был снижен в сравнении с I контрольной на 33,5 % ($p \leq 0,05$) в I опытной группе и на 12,6 % во II опытной группе. При сравнении со II контрольной схожая картина – снижение на 28,7 % ($p \leq 0,05$) и на 8,57 %, соответственно. Показатель цинка варьировал в абсолютном значении с 383,4 мг/кг, при сравнении с I контрольной, и с 339,9 мг/кг, при сравнении со II контрольной, до 233,4 мг/кг в I группе, и до 271,4 мг/кг во II группе. Дополнительное введение пробиотических препаратов способствовало достоверному снижению пулов токсичных элементов: олово в 4,0 и 2,0 раза, относительно II контрольной, ртути в 10,0 раз и в 2,0 раза ($p \leq 0,05$) в сравнении с I контрольной и в 7,5 раза и 1,5 раза, по отношению ко II контрольной.

Скармливание пробиотических препаратов сопровождалось ростом эндогенных потерь оцениваемых химических элементов (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика пула эндогенных химических элементов в организме цыплят-бройлеров опытных групп за основной учетный период, (оценка дана в % по отношению ко II контрольной группе)

Элемент	Группа	
	I опытная	II опытная
Mn	-12,9	-30,3
Fe	-13,2	-22,9
Co	-20,2	-44,2
Cu	-21,2	-24,3
Zn	-20,5	-31,5
Se	-80,5	-78,9

Микробиоценоз слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров. Анализ прочтений 16S РНК образцов содержимого слепой кишки цыплят-бройлеров контрольных и опытных групп позволил отнести выявленные ОТЕ к 4 филумам: *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Actinobacteria* и *Bacteroidetes*. При этом, доминирующими таксономическими категориями были именно *Firmicutes* и *Bacteroidetes* (рисунок 2).

Оценивая родовое разнообразие в контрольных и опытных группах, можно отметить различия в содержании отдельных представителей. Так, в I контрольной доминирующее положение занимал род *Bacteroides* (72,3 %), содержание других варьировалась от 4,7 % (*unclassified Ruminococcaceae*) до 1,0 % (*Pseudoflavonifractor*).

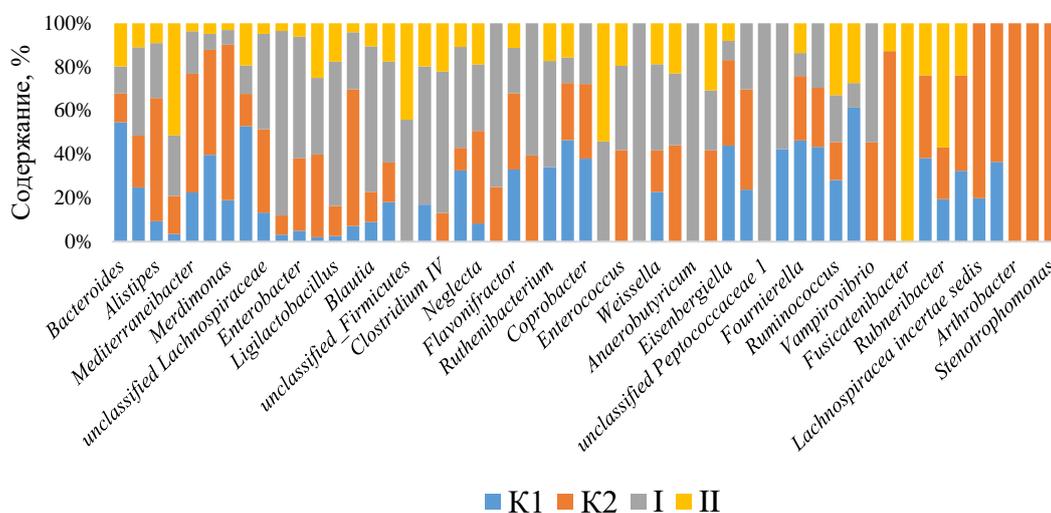


Рисунок 2 – Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при введении пробиотических препаратов (численность таксонов > 1 %)

Во II контрольной группе основными доминирующими являлись представители родов *Bacteroides* (17,4 %), *Lactobacillus* (20,3 %) и *Alistipes* (26,5 %). В I опытной группе наибольшую представленность имели бактерии рода *Lactobacillus* (32,5 %), что в 8 и 1,6 раз больше, чем в I и II контрольных группах, соответственно. Численность *Alistipes* составляла 11,8 %, что была в 2,7 раз больше, чем в I контрольной, и в 2,2 раза меньше, чем во II контрольной. На фоне этого стоит отметить увеличение процента содержания представителей рода *Faecalibacterium* (10,5 %) в 26,25 и 9,5 раз относительно I и II контрольных групп, соответственно. Данный факт является достаточно хорошей тенденцией, поскольку представители рода *Faecalibacterium* участвуют в защите клеток слепого кишечника от окислительного стресса, поглощая молекулы кислорода. Во II опытной группе также доминировали представители рода *Lactobacillus* (59,8 %). Их содержание было выше в 14,6, 2,9 и 1,8 раз в сравнении с I и II контрольными группами и I опытной группы, соответственно. Количество представителей *Bacteroides* составило 26 %, что было выше в 1,6 и 1,5 раз, в сравнении с группами I и II контрольной, но все равно в 2,8 раз было ниже, чем в I контрольной. Следует отметить, что в составе микрофлоры содержимого слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров появились микроорганизмы рода *Bacillus* несмотря на то, что их количество не превышало 0,1 %.

При проведении анализа корреляционных взаимосвязей между накоплением химических элементов в расчете на гол/мол.м./сут, при введении в рацион цыплят-бройлеров «Соя-бифидум», было установлено, что существует значимая корреляция таксона *Lactobacillus* с пулом в организме Mn ($r=0,63$), Hg

($r=0,54$) и Co ($r=0,81$). Присутствие таксона *Ruminococcus* было сопряжено с наличием значимой корреляции с пулом Mn ($r=0,52$) и Co ($r=0,67$), таксона *Alistipes* с Co ($r=0,53$). При даче «Споробактерина» была выявлена значимая корреляция таксона *Lactobacillus* с пулом Mn ($r=0,67$), Sr ($r=0,51$), Hg ($r=0,57$) и Co ($r=0,87$), таксон *Ruminococcus* коррелировал с накоплением Co ($r=0,62$). Была выявлена значимая корреляция таксона *Lactobacillus* в I контрольной группе с такими элементами, как Al ($r=0,53$), Si ($r=0,57$), Fe ($r=0,60$), Co ($r=0,96$), Ni ($r=0,65$), Cu ($r=0,64$), Zn ($r=0,65$), As ($r=0,57$), Cd ($r=0,52$), Sn ($r=0,16$), Pb ($r=0,69$); сильная – с Ca ($r=0,71$), Mn ($r=0,96$), Sr ($r=0,79$), Hg ($r=0,89$). Численность таксона *Ruminococcus* в I контрольной группе прямо коррелировала с накоплением Co ($r=0,56$). Во II контрольной численность рода *Lactobacillus* коррелировала с накоплением Co ($r=0,87$), Mn ($r=0,67$), Sr ($r=0,51$) и Hg ($r=0,57$), численность *Ruminococcus* – с Co ($r=0,73$) и Mn ($r=0,56$).

Скармливание пробиотических препаратов сопровождалось повышением альфа-разнообразия микробных сообществ слепого отдела кишечника (таблица 4).

Таблица 4 – Индексы альфа-разнообразия микробных сообществ слепого отдела кишечника цыплят-бройдеров

Показатель	Группа			
	I контрольная	II контрольная	I опытная	II опытная
Simpson 1-D	0,4698	0,5723	0,8333	0,8452
Shanon_H	1,34	1,369	2,315	2,327
Chao-1	61	63	63	65

Использование пробиотических препаратов в кормлении птицы позволило увеличить разнообразие микрофлоры кишечника птицы, работа которого находится в прямой зависимости от показателей продуктивности и минерального обмена.

3.2.2. Изучение влияния пищевых волокон на обмен веществ в организме цыплят-бройлеров.

Рост и развитие подопытной птицы. При сравнении с I контрольной, на второй неделе эксперимента, выявлено увеличение живой массы в III опытной группе на 5,2 %, на третьей недели исследования схожая картина, а именно увеличение на 3,23 %. При сравнении опытных групп между собой, повышение живой массы отмечено в группе, получавшей микрокристаллическую целлюлозу.

Обмен энергии в организме подопытной птицы. В ходе исследований установлен факт повышения потери энергии с теплопродукцией в опытных группах (таблица 5).

Таблица 5 – Баланс энергии в организме подопытной птицы, МДж/гол

Группа	Валовая энергия питательных веществ корма (ВЭ)	Потери энергии с пометом	Обменная энергия	Потери энергии с теплопродукцией	Чистая энергия
I контрольная	38,41	6,10	31,36	7,01	23,96
II контрольная	37,47	6,71	29,77	7,41	21,35
I опытная	40,61	3,35	37,25	13,65	23,60
II опытная	39,62	3,91	35,71	11,65	24,06
III опытная	39,36	3,47	35,89	15,35	20,55

Влияние пищевых волокон на межучасточный обмен сопровождалось снижением эффективности последнего. Так значения коэффициента соответствия в опытных группах изменялось от 0,025 в III группе, до 0,031 в I и 0,035 во II группе. Это существенно уступало уровню контрольных групп (таблица 6).

Таблица 6 – Особенности межучасточного обмена в организме цыплят-бройлеров за период опыта

Показатель	Группа				
	I контрольная	II контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Обменная энергия для поддержания, МДж/гол	12,3	12,1	12,5	12,4	12,8
Обменность ВЭ	89,6	87,6	91,8	90,1	91,2
КПИ обменной энергии	0,54	0,59	0,59	0,59	0,44
Уровень питания	1,36	1,35	1,30	1,36	0,95
Коэффициент соответствия	0,043	0,042	0,031	0,035	0,025

Мясная продуктивность подопытных бройлеров. Убойный выход у цыплят опытных групп оказался выше уровня II контрольной на 3,6 - 4,6 %. Мясо, полученное от птицы опытных групп, было богаче по аминокислотному составу, уровень аргинина в мышечной ткани птицы I опытной группы превысил I контрольную на 13,8 % ($p \leq 0,05$). Содержание лизина, гистидина, лейцин+изолейцина и аланина так же достоверно выше в контрольных группах, в среднем на 10,2-12,3 % ($p \leq 0,05$). Содержание тирозина в опытных группах в сравнении с первым контролем было выше на 14,1 % и на 19,1 % ($p \leq 0,05$), соответственно.

Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров. Скармливание пищевых волокон сопровождалось достоверным увеличением общего пула кальция в I опытной группе на 18,9 % ($p \leq 0,05$), относительно II контрольной.

В III опытной группе, напротив, было отмечено достоверное снижение в 1,5 раза ($p \leq 0,05$), в сравнении с I контрольной и на 26,3 % ($p \leq 0,05$) относительно II контрольной. Пул марганца во всех опытных группах достоверно снижался ($p \leq 0,05$): в I опытной группе в 1,86 раз, во II группе – в 1,50 раза и в III – в 1,77 раза. Аналогичная картина наблюдалась по кобальту. Во II и III опытных группах нами отмечено достоверное снижение селена в 4,64 раз и в 4,55 раз ($p \leq 0,05$) по сравнению с II контрольной. Уровень железа в I и во II опытных группах, в сравнении с I контрольной, был выше на 4,57 % и на 4,14 %, соответственно; при сравнении со II контрольной отмечается схожая картина, а именно увеличение последнего на 8,02 % и на 7,61 %, соответственно. В III опытной группе выявлено снижение железа на 7,50 % и на 3,61 %. По содержанию меди, в теле исследуемой птицы, отмечено его снижение в I и в III опытных группах на 20,0 % и на 4,87 % в сравнении с I контрольной и на 4,87 и на 20,8 % относительно II контрольной. Показатель цинка в опытных группах относительно I контрольной был ниже в абсолютном значении с 383,4 мг/кг до 283,6 мг/кг относительно II контрольной, в I и во II опытных группах наблюдается его увеличение 9,76 % и на 9,96 %, соответственно, в III опытной группе выявлено уменьшение на 19,9 %.

Введение пищевых волокон способствовало активному выведению токсичных элементов из организма птицы. Так, содержание стронция в I и III опытных группах достоверно снизилось на 25,7 % и 45,9 % ($p \leq 0,05$), соответственно, относительно I контрольной. По отношению к II контрольной, аналогичным образом, было выявлено уменьшение стронция на 22,2 % и на 43,4 % ($p \leq 0,05$), соответственно. Концентрация олова в опытных группах была снижена в 4,0 раза ($p \leq 0,05$) относительно II контрольной, а уровень свинца уменьшился в 1,93 раз в I и III опытных группах, и в 2,07 раза ($p \leq 0,05$), по сравнению с I контрольной. Аналогичная картина наблюдалась по алюминию, а именно достоверное ($p \leq 0,05$) его снижение во всех опытных группах.

Использование пищевых волокон не однозначно отразилось на эндогенных потерях химических элементов (таблиц 7).

Таблица 7 – Динамика пула эндогенных химических элементов в организме цыплят-бройлеров опытных групп за основной учетный период, (оценка дана в % по отношению к II контрольной группе)

Элемент	Группа		
	I опытная	II опытная	III опытная
Mn	+2,6	+26,1	+7,5
Fe	+8,7	+8,2	-3,5
Co	+27,5	-20,0	-41,0
Cu	-4,65	+35,8	-17,2
Zn	+10,8	+11,1	-16,6
Se	-44,0	-78,3	-78,0

Так, введение целлюлозы позволило уменьшить эндогенные потери марганца, железа, кобальта и цинка, в то время как пул меди и селена, напротив, снизился. При внесении лактулозы увеличились потери кобальта и селена, а при введении хитозана – всех элементов, кроме марганца.

Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров. Анализ результатов секвенирования образцов содержимого слепой кишки цыплят-бройлеров контрольных и опытных групп позволил определить, что доминирующими таксономическими категориями были *Firmicutes* и *Bacteroidetes*, их доля в совокупности составляла более 99,0 %.

При этом были отмечены различия в содержании отдельных филумов. Так, если разница между контролями в процентном содержании представителей филума *Firmicutes* была незначительна, то в сравнении с опытными I и II группами разница составляла почти в 2,0 раза (1,7), в случае сравнения с I контрольной. Несмотря на то, что их соотношение различалось в зависимости от группы, разница не превышала 10,0%.

Аналогичная ситуация наблюдается и с представителями филума *Bacteroidetes*. В опытных группах I и II наблюдается увеличение представителей данной таксономической категории в сравнении с I контрольной группой, разница составила 1,9 раз, разница между контролями и III опытной группой минимально.

Анализ микробиома на уровне родов показал значительные различия между группами (рисунок 3). Так, оценивая родовое разнообразие в I контрольной группе и опытных группах, можно отметить различия в содержании отдельных представителей.

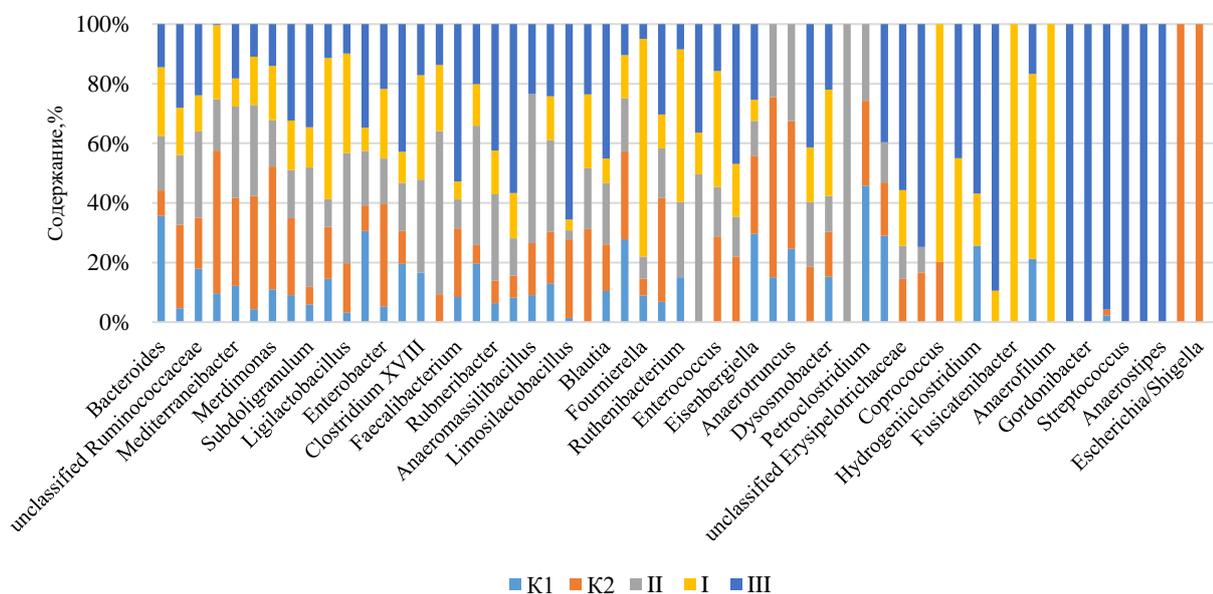


Рисунок 3 – Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при введении пищевых волокон (численность таксонов > 1 %)

Так, во всех группах, кроме III опытной, доминировали 3 рода: *Bacteroides*, *Lactobacillus* и *Alistipes*, однако их соотношение в группах различалось. Так, в

I контрольной содержание представителей рода *Bacteroides* было в 4 раза выше, чем во II контрольной, при этом количество представителей родов *Lactobacillus* и *Alistipes* уменьшилось более, чем в 5 раз.

Сравнивая опытные группы с контролями, можно также увидеть тенденцию к увеличению представителей родов *Lactobacillus* и *Alistipes* в сравнении с I контрольной более чем в 3 раза, но количество представителей рода *Bacteroides* оставалось в 2-2,5 раза меньше, чем в I контрольной, но выше в 2 раза, чем во II контрольной. Численность таких родов, как *Mediterraneibacter*, *Merdimonas*, *unclassified Bacteroidaceae*, *Limosilactobacillus* составляла до 10 % и варьировалась от 7,5 % до 2 %. Данные различия полностью объяснимы изменением рациона путем добавления пищевых волокон, среди которых также наблюдаются различия в действии.

В частности, происходит увеличение численности бактерий, способных утилизировать сложные углеводы и клетчатку. Особенно это заметно при добавлении целлюлозы.

В целом, добавление в рацион пищевых волокон благоприятно сказалось на структуре микрофлоры кишечника, поскольку значения индексов Chao-1 во II и III группах также выше, чем в контрольных. Коэффициент Simpson 1-D, показатель также выше в группах I и III, а минимальное значение характерно для I контрольной группы (таблица 8).

Таблица 8 – Индексы альфа-разнообразия микробных сообществ слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров

Показатель	Группа				
	I контрольная	II контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Chao-1	61	63	74	70	69
Simpson_1-D	0,4698	0,7266	0,8452	0,7669	0,8329
Shannon_H	1,369	2,327	2,471	2,079	1,985

При введении в рацион целлюлозы численность таксона *Alistipes* и *Bacteroides* прямо коррелировала с пулом Co ($r=0,84$ и $r=0,80$). При добавлении в рацион птицы лактулозы была отмечена прямая корреляция численности таксона *Bacteroides* с накоплением таких химических элементов, как Ca ($r=0,51$), Mn ($r=0,70$), Co ($r=0,96$), Ni ($r=0,53$), Cu ($r=0,50$), Zn ($r=0,50$), Hg ($r=0,65$) и Pb ($r=0,55$), таксона *Alistipes* – с Co ($r=0,66$). При введении, в корм птице, хитозана отмечали прямую корреляцию между численностью таксона *Bacteroides* и накоплением Ca ($r=0,51$), Mn ($r=0,71$), Co ($r=0,96$), Ni ($r=0,54$), Cu ($r=0,50$), Zn ($r=0,51$), Hg ($r=0,66$) и Pb ($r=0,56$), таксона *Alistipes* – с Mn ($r=0,58$), Co ($r=0,96$) и Hg ($r=0,54$).

3.2.4. Изучение влияния энтеросорбентов на обмен веществ в организме цыплят-бройлеров.

Рост и развитие подопытной птицы. К концу второй недели эксперимента живая масса опытных групп была выше, чем в аналогичных контрольных группах, например, при сравнении с I контрольной выявлено повышение на 3,27 и на 2,01 %, соответственно. Относительно II контрольной также отмечено повышение, так в I опытной группе на 3,69 % и во II группе – на 2,45 %, но без достоверных различий. В конце третьей недели исследований контроль взвешиваний показал, что живая масса в I группе была выше I контрольной – на 4,07 % и II контрольной – на 3,73 %, во II опытной группе напротив наблюдается незначительное снижение относительно контрольных групп на 0,26 и на 0,62 %, соответственно. В конце экспериментальных исследований в I опытной группе выявлено повышение массы в абсолютном значении от 2059,7 г до 2145,3, во II группе отмечено достоверное снижение по отношению к I контрольной – на 9,47 % ($p \leq 0,05$) и на 7,53 %, в сравнении со II контрольной.

Обмен энергии в организме подопытной птицы. Максимальный уровень валовой энергии корма отмечен во II опытной группе – 40,85 МДж/гол, что на 6,84 % выше I и на 3,37 % II контроля (таблица 9).

Таблица 9 – Динамика характеристики межучточного обмена

Показатель	Группа			
	I контрольная	II контрольная	I опытная	II опытная
ОЭ для поддержания, МДж/гол	13,56	13,45	12,90	12,56
Обменность ВЭ	91,65	91,16	90,00	89,76
КПИ обменной энергии	0,698	0,677	0,630	0,617
Уровень питания	1,342	1,161	1,284	1,477
Коэффициент соответствия	0,046	0,045	0,041	0,036

При расчете трансформации протеина корма выявлено, что уровень последнего выше во II опытной группе, разница с первым контролем составила 11,1% и со вторым контролем – 9,04%. Коэффициент конверсии во II группе составил 35,5 %, превысив первый контроль на 2,4 % и второй – на 2,0 %.

Мясная продуктивность подопытной птицы. Предубойная живая масса птицы I опытной группы оказалась ниже уровня II контрольной на 8,3%. В то время как во II опытной группе живая масса превосходила I контрольную на 2,4 %. Дополнительное включение энтеросорбентов в рацион сопровождалось снижением уровня аминокислот в мясе цыплят-бройлеров. Так, в мясе I опытной

группы содержание гистидина, лейцин+изолейцина, треонина, аланина и глицина были снижены на 22,3; 11,5; 17,7; 15,8 и 14,1 % ($p \leq 0,05$), соответственно, в сравнении с I контрольной.

Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров. Дополнительное включение энтеросорбентов в рацион цыплят-бройлеров привело к изменениям в элементном статусе птицы. Содержание кобальта достоверно снизилось в опытных группах в 11,9 раз ($p \leq 0,05$), по сравнению с I контрольной, показатель селена в I опытной группе уменьшился в 6,09 раза ($p \leq 0,05$) по отношению ко II контрольной, во II опытной группе выявлено накопление последнего в 2,68 раз ($p \leq 0,05$), относительно I контрольной. Содержание меди в I опытной группе выше, чем в I контрольной на 5,01 % и II контрольной на 16,9 %, во II опытной группе напротив отмечено снижение последнего при сравнении с I контрольной на 5,12 %, по отношению ко II контрольной, напротив, увеличение на 8,11 %.

Содержание марганца в опытных группах было ниже, чем в I контрольной на 44,4 и на 55,0 %, соответственно, при сравнении со II контрольной наблюдается противоположная картина, а именно накопительный эффект на 24,1 и на 18,5 %, соответственно. Уровень железа в I и во II опытных группах был выше, по отношению к I контрольной на 10,7 и на 3,27 %, соответственно, по сравнению со II контрольной на 13,9 % и на 6,77 %, соответственно. Содержание меди в I опытной группе было выше, чем в I контрольной на 5,01 % и II контрольной на 16,9 %, во II опытной группе отмечено снижение при сравнении с I контрольной на 5,12 %, по отношению ко II контрольной, напротив, увеличение на 8,11 %. Показатель уровня цинка в I опытной группе был ниже в сравнении с I контрольной на 8,98 %, по отношению ко II контрольной на 3,38 %, во II опытной группе отмечалось его снижение на 19,9 % и на 6,35 % по отношению к контрольным группам.

Дополнительное введение активированного угля сопровождается снижением потерь марганца и меди, оказывая накопительный эффект. Пул железа в организме птицы I опытной группы увеличивается на +6,1 %, кобальта снижается, при сравнении со II контрольной – на -22,5 %.

Таблица 10 – Динамика пула эндогенных химических элементов в организме цыплят-бройлеров опытных групп за основной учетный период, (оценка дана в % по отношению ко II контрольной группе)

Элемент	Группа	
	I опытная	II опытная
Mn	+31,8	+15,8
Fe	+6,1	-3,3
Co	-15,0	-22,5
Cu	+20,5	+1,1
Zn	+3,5	-13,9
Se	-82,7	-38,3

Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров. В опытных группах численность представителей *Bacteroidetes* повышалась: в I опытной группе – в 2,26 раза и в 2,4 раза; во II опытной группе – в 1,6 раза и в 1,78 раза выше, чем в I и II контрольных, соответственно. Численность представителей *Firmicutes* снижалась в I опытной группе в 2,69 раза и в 2,7 раза, по сравнению с I и II контрольными группами, соответственно (рисунок 4).

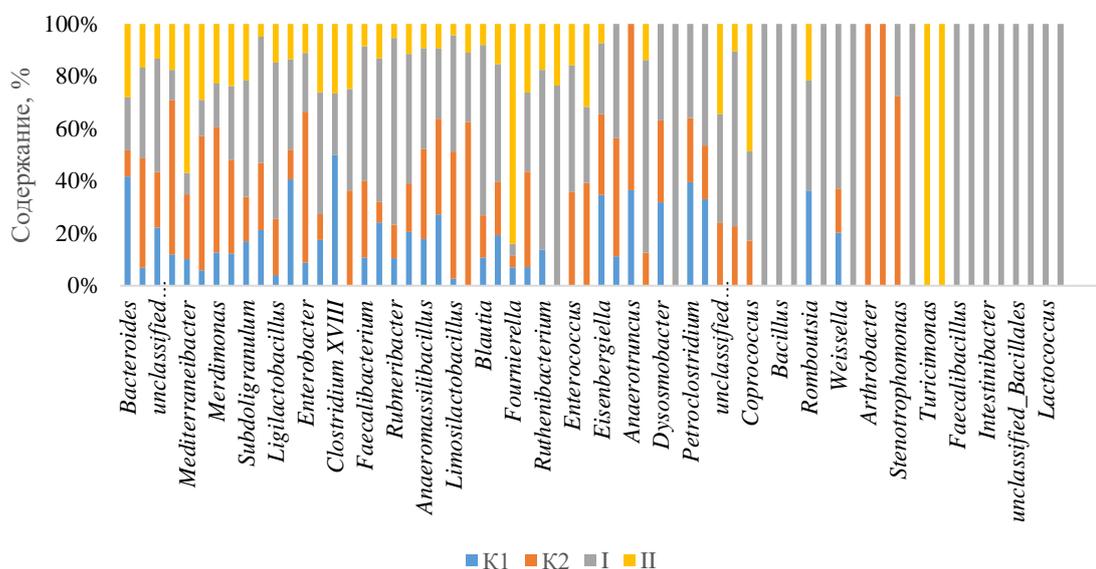


Рисунок 4 – Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров при введении энтеросорбентов (численность таксонов > 1 %)

При анализе микробияльного профиля на уровне рода было показано, что доминирующими родами являлись *Alistipes*, *Bacteroides*, *Lactobacillus* и *Mediterraneibacter*. Их содержание было различно в зависимости от группы. Так, в I контрольной содержание представителей рода *Bacteroides* было в 4 раза выше, чем во II контрольной, при этом количество представителей родов *Lactobacillus* и *Alistipes* уменьшилось более, чем в 5 раз. В I и II опытных группах содержание представителей рода *Bacteroides* меньше в сравнении с I контрольной в 2,0 и 1,5 раза, соответственно, при этом разница со II контрольной группой составила 2,0 и 2,8 раз, но уже в пользу опытных групп.

Содержание представителей рода *Alistipes* в опытных группах было выше в 5,0 и 2,4 раза относительно I контрольной группы, а вот со II контрольной группой разница была минимальна в сравнении с I группой, но была выше в 2,5 раз в сравнении со II группой, а при внутригрупповом анализе между опытными группами разница составила 2,0 раза в пользу I опытной группы. Разница в содержании микроорганизмов рода *Lactobacillus* между I контрольной группой и опытными группами была минимальна, но резко отличалась от II контрольной группы, где общее их количество было в 5 и в 3,4 раз выше, чем в опытных группах I и II, соответственно. Во II группе было отмечено высокое содержание представителей рода *Mediterraneibacter*. Так, разница с I и II контрольными группами составила 5,5 и 2,3 раза, а с I опытной группой – 7,0 раз.

Бактерии данного рода являются основными продуцентами уксусной, муравьиной и молочной кислоты, что достаточно хорошо способствует ингибированию развития патогенной микрофлоры.

Анализ основных индексов биоразнообразия показал, что наиболее «бедной» бактериальной флорой является I опытная группа. Данный вывод сделан на основе значения индекса Chao-1, а наибольшим «богатством» характеризуется II опытная группа. Максимальные значения коэффициента Simpson 1-D зафиксированы в группах: II опытной и II контрольной, а минимальное значение характерно для I контрольной (таблица 11).

Таблица 11 – Индексы альфа-разнообразия микробных сообществ кишечника цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			
	I контрольная	II контрольная	I опытная	II опытная
Chao-1	61	63	58	80
Simpson_1-D	0,47	0,85	0,70	0,83
Shannon_H	1,37	2,33	1,87	2,49

Численность рода *Bacteroides*, при даче энтеросгеля, прямо коррелировало с накоплением таких химических элементов как: В ($r=0,51$), Na ($r=0,53$), Mg ($r=0,57$), Al ($r=0,50$), Si ($r=0,53$), P ($r=0,57$), K ($r=0,54$), Ca ($r=0,66$), V ($r=0,51$), Fe ($r=0,55$), Ni ($r=0,61$), Cu ($r=0,59$), Zn ($r=0,61$), As ($r=0,54$), Hg ($r=0,83$) и Pb ($r=0,65$). Численность семейства обнаруживала сильную корреляцию с Mn ($r=0,96$), Co ($r=0,96$) и Sr ($r=0,74$).

Численность рода *Bacteroides*, при даче активированного угля, прямо коррелировало с пулом в организме Ca ($r=0,56$), Ni ($r=0,51$), Cu ($r=0,50$), Zn ($r=0,51$), Sr ($r=0,62$), Hg ($r=0,69$) и Pb ($r=0,54$). Численность семейства *Bacteroides*, при даче активированного угля, обнаруживала сильную корреляцию с Mn ($r=0,81$) и Co ($r=0,96$).

3.2.5 Изучение влияния ультрадисперсных частиц меди и железа на обмен веществ в организме цыплят-бройлеров.

Рост и развитие подопытной птицы. В ходе исследований констатирован факт изменения живой массы цыплят-бройлеров в I и II опытных групп на 2,6 % относительно I контрольной и на 2,2 %, в сравнении со II контрольной. Во II опытной группе, напротив, повышение на 0,49 % и 0,92 %, соответственно, по отношению к I и II контрольной группам. На конец экспериментального исследования нами отмечено снижение живой массы в опытных группах, в среднем на 6,47-8,75 % относительно I и II контрольных групп, однако при всем этом следует отметить, что все изменения носили недостоверный характер. При сравнении опытных групп между собой выделим, что группа с дополнительным включением в рацион УДЧ меди превышает по живой массе группу с УДЧ железа на 2,44 %, но без достоверных различий.

Обмен энергии в организме подопытной птицы. Использование препаратов ультрадисперсных металлов привело к некоторому повышению эффективности пищеварения, но при этом потери с теплопродукцией возросли (таблица 12).

Таблица 12 – Баланс энергии в организме подопытных бройлеров за эксперимент, МДж/гол

Группа	Валовая энергия питательных веществ корма (ВЭ)	Потери энергии с пометом	Обменная энергия	Потери энергии с теплопродукцией	Чистая энергия
I контрольная	39,529	4,534	36,911	10,536	24,615
II контрольная	39,043	4,864	36,526	11,398	24,598
I опытная	40,135	4,671	35,464	12,653	22,811
II опытная	40,240	4,181	36,059	12,617	23,442

Как и в трех предыдущих исследованиях коэффициент соответствия в опытных группах оказался ниже контроля, что указывает на факт снижения межклеточного обмена (таблица 13).

Коэффициент конверсии обменной энергии в опытных группах превысил контрольные группы в среднем на 0,5-1,3 %.

Таблица 13 – Динамика характеристик межклеточного обмена

Показатель	Группа			
	I контрольная	II контрольная	I опытная	II опытная
Обменная энергия поддержания, МДж/гол	13,56	13,75	12,82	12,55
Обменность ВЭ	84,75	84,88	88,36	89,61
КПИ обменной энергии	0,656	0,634	0,543	0,559
Уровень питания	1,189	1,186	1,170	1,278
Коэффициент соответствия	0,039	0,035	0,033	0,033

Мясная продуктивность подопытной птицы. В опытных группах была получена птица с предубойной живой массой на 4,6-5,0 % меньшей в сравнении со II контрольной. Величина убойного выхода во всех контрольных и опытных группах оказалась примерно равной.

При анализе аминокислотного состава мяса птицы установлено, что уровень лизина в I опытной группе снизился на 13,6-16,8 % ($p \leq 0,05$), в сравнении с контрольными группами. Во II опытной группе данная разница оказалась ещё более значительной: 20,2 и 23,2 %, соответственно. Содержание гистидина и

лейцин+изолейцина в мясе опытной птицы снижалось в среднем на 15-20 % ($p \leq 0,05$). Во II опытной группе уровень валина уменьшился на 22,0 и 23,3 % ($p \leq 0,05$) по отношению к контрольным группам. Также отмечено достоверное снижение таких аминокислот, как треонина в абсолютном значении с 4,67 до 3,27; серина с 5,05 до 2,92; аланина с 7,59 до 5,48 и глицина с 5,13 до 3,86. Только показатель тирозина в мясе птицы I опытной группы достоверно превысил уровень I контрольной на 18,3 %, II контрольной на 15,8 %.

Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров. Уровень железа в опытных группах достоверно изменился. Так, в I опытной группе выявлено снижение последнего в 1,56 раз ($p \leq 0,05$) и в 1,55 раз ($p \leq 0,05$), относительно I и II контрольных групп.

Включение в рацион УДЧ меди и железа приводит к достоверному снижению ($p \leq 0,05$) пула марганца в 1,98 и 1,94 раз; кобальта в 15,0 и 15,7 раз и меди в 1,5 раза, соответственно, относительно I контрольной. По отношению ко II контрольной достоверное снижение ($p \leq 0,05$) в опытных группах кобальта в 1,5 раза, селена в 1,5 и 4,83 раза, соответственно, а во II опытной группе мышьяка в 1,5 раза. Пул хрома в организме птицы I опытной группы превысил контрольные значения в 1,9 раз ($p \leq 0,05$).

Включение УДЧ меди и железа в рацион цыплят-бройлеров способствовало снижению токсичных элементов. Так, в I опытной группе выявлено достоверное снижение стронция в 1,6 раз и 1,52 раз, ($p \leq 0,05$) соответственно, относительно контрольных групп. Уровень свинца, также достоверно уменьшился в I опытной группе в 2,06 раз ($p \leq 0,05$), относительно I контрольной. Содержание олова в опытных группах снизилось в 1,86 и в 2,6 раз ($p \leq 0,05$), относительно I контрольной, а также в 1,71 и в 2,4 раза, соответственно, по отношению ко II контрольной. Концентрация алюминия уменьшилось в 2,06 и в 2,67 раз, соответственно ($p \leq 0,05$), в сравнении с I контрольной, а также отмечено его достоверное снижение во II опытной группе в 1,85 раз ($p \leq 0,05$), по отношению ко II контрольной.

Использование препаратов ультрадисперсных частиц металлов микроэлементов привело к росту величины эндогенных потерь элементов (таблица 14).

Таблица 14 – Динамика пула эндогенных химических элементов в организме цыплят-бройлеров опытных групп за основной учетный период, (оценка дана в % по отношению ко II контрольной группе)

Элемент	Группа	
	I опытная	II опытная
Mn	-4,1	-11,8
Fe	-3,3	-9,5
Co	-39,9	-38,0
Cu	-20,6	-23,9
Zn	-18,2	-20,7
Se	-38,2	-63,1

По результатам полученных данных можно сделать вывод о действенном результате при включении УДЧ меди, что способствует меньшим потерям в организме цыплят-бройлеров.

Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров. Анализ полученных данных секвенирования позволил определить, что доминирующими таксономическими категориями были *Firmicutes* и *Bacteroidetes*. В опытных группах I и II, в сравнении с I контрольной группой, содержание представителей филума *Bacteroidetes* было выше в 1,9 и 2 раза, соответственно. Аналогичная картина и наблюдалась в сравнении со II контрольной, но разница была незначительной. Различие между опытными группами по содержанию представителей данного филума практически не было обнаружено.

Количество представителей филума *Firmicutes*, напротив, в опытных образцах было ниже, чем в контролях, однако различие не превышало 1,8 раза в сравнении с I контрольной и 1,2 – со II контрольной группой. Между группами большей разницы обнаружено не было (рисунок 5).

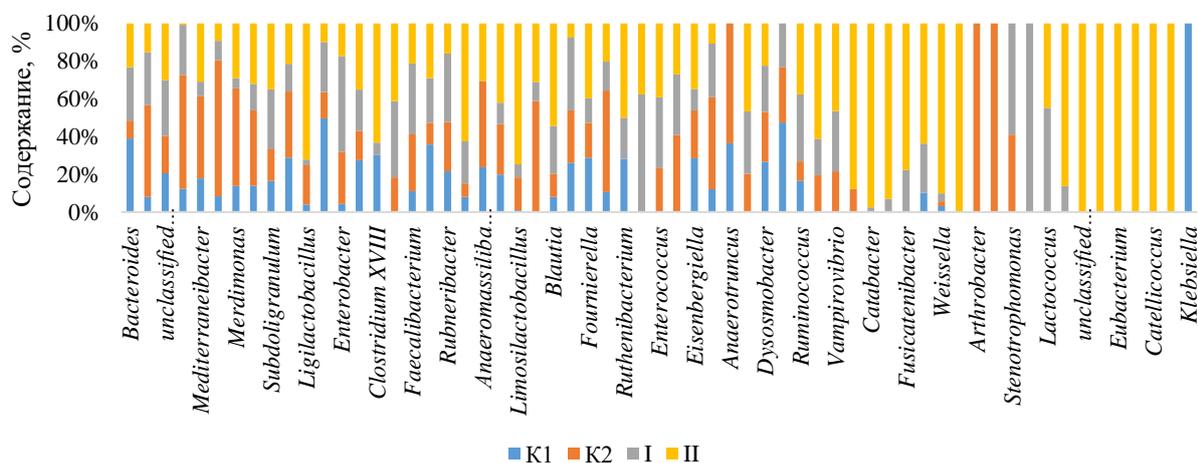


Рисунок 5 – Микробиоценоз кишечника подопытных цыплят-бройлеров при включении УДЧ меди и железа (численность таксонов > 1 %)

Оценивая родовое разнообразие в контрольной и опытных группах, можно отметить ряд различий. Доминирующими родами являлись *Alistipes*, *Bacteroides*, *Lactobacillus*, их содержание превышало 10%. Так, в I контрольной группе содержание представителей рода *Bacteroides* было в 4 раза выше, чем во II контрольной, при этом количество представителей родов *Lactobacillus* и *Alistipes* уменьшилось более, чем в 5 раз, а при сравнении с I и II опытными группами данная разница составила 1,4 и 1,7 раз, соответственно.

Содержание представителей рода *Alistipes* было выше в I и II опытных группах относительно I контрольной в 3,5 и 1,9 раз, соответственно, но ниже, чем во II контрольной группе в 1,7 и 3,2 раз. Содержание таких родов, как *unclassified Ruminococcaceae*, *Mediterraneibacter*, *Limosilactobacillus*, *Merdimonas*, как в опытных, так и контрольных группах не превышало 10 %.

Анализ основных индексов биоразнообразия показал, что наиболее «бедной» бактериальной флорой является I контрольная группа (таблица 15).

Таблица 15 – Индексы альфа-разнообразия микробных сообществ слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров

Показатель	Группа			
	I контрольная	II контрольная	I опытная	II опытная
Chao-1	60	63	77	77
Simpson_1-D	0,47	0,78	0,80	0,85
Shannon_H	1,37	2,33	2,23	2,33

При введении в рацион птицы УДЧ меди, численность рода *Bacteroides* прямо коррелировала с накоплением Co ($r=0,96$), Ni ($r=0,50$) и Pb ($r=0,79$). При введении в рацион птицы УДЧ железа численность рода *Bacteroides* прямо коррелировала с накоплением Al ($r=0,52$), Ca ($r=0,55$), Co ($r=0,96$), Ni ($r=0,62$), Zn ($r=0,53$), As ($r=0,51$), Sr ($r=0,55$) и Pb ($r=0,96$).

В группе, получавшей УДЧ меди, численность представителей семейства *Lactobacillaceae* и *Lachnospiraceae* была ниже, чем в группе, получавшей УДЧ железа. В тоже время, в I опытной группе содержание бактерий семейства *Enterobacteriaceae* было более 20,0 раз выше, чем во II опытной группе. Было показано, что облигатная микрофлора слепого кишечника птиц может модулировать уровень накопления химических элементов в теле птицы при внесении УДЧ металлов. Это открывает новые перспективы в разработке технологий по управлению накопления химических элементов в теле цыплят-бройлеров.

3.3 Исследования второй серии по оценке действия кормовых добавок на минеральный обмен, продуктивность и микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров

3.3.1 Изучение влияния ультрадисперсных частиц на минеральный обмен, продуктивность и микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров

Рост и развитие цыплят-бройлеров. На третьей недели исследований в I опытной группе наблюдается увеличение живой массы на 1,01 %, во II опытной группе – на 2,63 %, на четвертой недели эксперимента на 2,27 % и 2,92 %, соответственно, на конец эксперимента в I опытной группе живая масса увеличилась на 2,64 %, во II опытной группе – на 5,12 %. Исходя из полученных данных, ростостимулирующий эффект в течении всего экспериментального исследования отмечен при дополнительном введении ультрадисперсных частиц меди.

Мясная продуктивность подопытных цыплят-бройлеров. Дополнительное включение ультрадисперсных частиц в рацион птицы

способствовало повышению показателей мясной продуктивности. Так, масса потрошенной тушки в I опытной группе превысила контроль на 1,33 %, во II опытной группе – на 5,04 %. Различия по массе мышечной ткани составили 6,59 и на 10,4 %, соответственно. Убойный выход в I опытной группе повысился на 0,1 %, во II – на 1,1 %.

Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров. По результатам исследований было установлено, что использование УДЧ Fe в кормлении птицы сопровождалось увеличением концентрации Ca на 78,5 % ($p \leq 0,05$) на фоне снижения концентрации P на 19,3; K – на 11,8; Na – на 7,05; Mg – на 15,6 % в теле бройлеров, относительно контрольной группы. Отмечено увеличение концентрации эссенциальных элементов Zn – на 10,9; Si – на 70,5; Mn – на 46,7; Fe – на 21,8; Cr – на 14,4; I – на 23,6; Mn – на 46,7; As – на 52,5 и V – на 31,8 % ($p \leq 0,05$), при снижении концентрации Cu на 31,3; Se – на 59,5; Ni – на 52,7 и B – на 47,8 % ($p \leq 0,05$) в теле птицы, относительно контроля. При анализе концентрации тяжелых металлов установлено, что включение УДЧ Fe в рацион способствовало снижению концентрации Al – на 42,7; Pb – на 40,2; Cd – на 33,3 и Sn – на 99,2 % ($p \leq 0,05$) в теле птицы, относительно аналогов из контрольной группы.

$$\text{ОР+УДЧ Fe} = \frac{\text{Zn,Cr,Fe,I,V,Mn,As,Sr,Si,Ca,Co,Li}}{\text{Sn,Sr,Se,Al,Ni,B,Pb,Cd,Cu,P,Mg,K,Na}}$$

Аналогичная тенденция в отношении концентрации макроэлементов наблюдалась при введении УДЧ Cu в рацион, что выражалось в увеличении содержания Ca – на 93,9 % ($p \leq 0,05$) на фоне снижения концентрации P – на 14,8 %; Mg – на 12,5; K – на 7,14 %, относительно контрольной группы. Анализ эссенциальных химических элементов показал увеличение содержания Co на 92,9 %; Si – на 84,8; Li – 79,8; As – 52,5; Fe – на 34,8; Cr – 32,0; V – 26,9; Mn – 21,6; Cu – на 16,6 % и Zn – на 14,6 % ($p \leq 0,05$) при снижении концентрации Se на 61,2; B – на 53,9; Ni – на 39,5 и I – на 19,9 % в теле птицы, относительно контроля, на фоне введения УДЧ Cu в рацион. Снижению концентрации Sn на 99,8; Pb – на 44,3; Al – на 55,2 и Cd – 37,5 % ($p \leq 0,05$) в теле подопытной птицы, по сравнению с аналогами из контрольной группы, способствовало введение УДЧ Cu в рацион.

$$\text{ОР+УДЧ Cu} = \frac{\text{Zn,Mn,V,Cr,Fe,As,Li,Si,Ca,Co,Cu}}{\text{Sn,Sr,Se,B,Pb,Al,Ni,Cd,I,P,Mg,K,Na}}$$

Включение препарата ультрадисперсных частиц Fe и Cu в рацион сопровождалось увеличением концентрации Fe ($p \leq 0,05$), при снижении концентрации Cu ($p \leq 0,05$) в теле птицы, относительно контроля. Аналогичная тенденция выявлена и в отношении уровня содержания железа и меди в теле исследуемой птицы при введении УДЧ Cu в рацион, различное поведение химических элементов, в зависимости от нутриентной обеспеченности рациона, связано, по-видимому, с интенсивностью протекания биохимических реакций и избирательностью организма при расходовании химических элементов на процессы обмена.

Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров. В опытной группе, получавшей с кормом препарат УДЧ железа, среди представителей филумов доминировали Firmicutes (63,42 %), также присутствовали Bacteroidetes (17,34 %) и Proteobacteria (7,43 %). Среди семейств преобладали Ruminococcaceae (23,03 %) и Lachnospiraceae (13,05 %). При этом самым многочисленным среди родов были представители Faecalibacterium (13,53 %), Blautia (9,62 %) и Bacteroides (9,89 %).

В кишечнике цыплят-бройлеров, получавших УДЧ меди в дозировке 2,5 мг/кг корма, присутствовали представители филумов Firmicutes (67,36 %), Bacteroidetes (19,48 %) и Proteobacteria (5,23 %). Среди семейств, наиболее многочисленными были такие таксоны, как Ruminococcaceae (21,58 %), Lachnospiraceae (18,67 %) и Sphingobacteriaceae (13,10 %). Среди родов были идентифицированы представители: Ruminococcus, Oscillospira, Faecalibacterium, Blautia, Lactobacillus, Pedobacter и Flavobacterium. Учитывая вышеизложенные результаты, было показано, что добавление в рацион УДЧ меди привело к увеличению числа лактобацилл, что является благоприятным для состояния желудочно-кишечного-тракта птиц и метаболических процессов в целом.

Результаты производственной проверки

В ходе производственной проверки, в условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская», на 500 цыплятах-бройлерах кросса «Арбор Айкрес» была дана оценка эффективности включения УДЧ меди в рацион цыплятам-бройлерам в дозировке 1,7 мг/кг корма. В процессе производственной проверки получено, что сохранность поголовья увеличилась с 98,0 % до 99,0 %, увеличение продукции с 668,3 кг до 711,2 кг. Введение в рацион опытной группы УДЧ Cu, в дозировке 1,7 мг/кг корма, способствует повышению сохранности птицы на 1,0 %, убойного выхода на 1,1 %, тем самым получению большей продукции на 42,9 кг, прибыли от реализации – 3212,2 руб., на 2,47 % повышение уровня рентабельности производства мяса птицы.

3.3.2 Изучение влияния ультрадисперсных кормовых добавок и пробиотических препаратов (штаммы *B. longum* и *B. subtilis*) на минеральный обмен, продуктивность и микробиоценоз слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров

Рост и развитие цыплят-бройлеров. На конец эксперимента живая масса цыплят-бройлеров в I опытной группе выросла до 2121,1 г, что превысило уровень контроля на 2,95 %. Живая масса, в других опытных группах, так же превысила контрольные значения на 2,36 % во II опытной группе, 2,90 % в III и на 2,64 % в IV. С учетом показателя окупаемости корма, прироста живой массы, наиболее рациональным представляется применение пробиотического штамма *B. longum*.

Мясная продуктивность подопытных цыплят-бройлеров. В ходе исследований были получены данные мясной продуктивности птицы. Масса

потрошенной тушки в опытных группах превысила аналогичный показатель в контрольной группе – на 4,69; 3,33; 3,81 и 3,00 %, соответственно. Выход мышечной ткани с тушки цыплят наибольшим оказался в I опытной группе – на 7,51 % превышающем контроль. Аналогичная разница во II опытной группе составила 5,75 %, в III –6,36 % и в IV –5,13 %, по отношению к контролю. Убойный выход в I опытной группе повысился на 1,2 %, во II группе – на 0,4 %, в III – на 0,7 % и в IV – на 0,3 %.

Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров. Использование пробиотического штамма *B. longum* в кормлении подопытной птицы сопровождалось увеличением пула Si на 94,2 %; Co – на 64,3; Li – на 46,1; Cr – на 34,9; Mn – на 26,9 и Zn – на 8,59 % ($p \leq 0,05$) при снижении пула Cu на 15,1; V – на 26,5; I – на 49,6; B – на 53,5; Ni – на 55,6 и Se – на 63,5 % ($p \leq 0,05$) в теле бройлеров, относительно аналогов из контрольной группы.

$$OP + Bifidobacterium longum = \frac{Zn, Mn, Cr, Li, Sr, Co, Si, Ca, Fe}{Sn, Se, Pb, Ni, B, I, V, P, Cu, Mg, K, Na}$$

Введение композиции штамм *Bifidobacterium longum* и препарата УДЧ Cu в рацион сопровождалось ростом общего пула Ca в организме птицы на 71,9 % ($p \leq 0,05$), что имело место на фоне снижения пулов Mg, K и P на 23,3; 20,9 и 19,6 % ($p \leq 0,05$), соответственно.

$$OP + Bifidobacterium longum + \text{УДЧ Cu} = \frac{Cr, Sr, V, Si, I, Ca, As, Li, Co, Fe, Mn}{Sn, Pb, Cd, Se, B, Al, Mg, K, P, Ni, Cu, Zn}$$

Скармливание опытной птице композиции штамма *Bifidobacterium longum* и препарата УДЧ Fe привело к увеличению пулов макроэлементов Ca, Mg, P, K и Na на 33,5; 21,2; 20,4; 19,9 и 18,2 % ($p \leq 0,05$), соответственно. При этом нами констатирован факт увеличения пулов Si, Li, As, Co, Cr, Mn и Fe на 51,7; 23,6; 15,0; 14,2; 2,88; 2,39 и 1,47 % ($p \leq 0,05$), на фоне снижения концентрации I, Se, Ni, B, Cu, V и Zn на 83,0; 72,3; 67,3; 53,5; 25,4; 20,1 и 4,02 % ($p \leq 0,05$), соответственно.

$$OP + Bifidobacterium longum + \text{УДЧ Fe} = \frac{Fe, Mn, Cr, Co, As, Li, Si}{Sn, I, Se, Ni, Al, Pb, B, Cd, Ca, Cu, P, V, K, Na, Sr, Zn}$$

Скармливание птице штамма *Bacillus subtilis* привело к увеличению пула Ca на 9,26 % ($p \leq 0,05$), при снижении совокупного количества Mg, K, P и Na на 8,33; 1,54; 7,06 и 1,76 %, соответственно.

$$OP + Bacillus subtilis = \frac{Sr, B, Zn, Ca, Li, Si, Co}{Sn, I, Pb, Al, Cd, Ni, V, Cr, As, Mg, Se, P, Ca, Fe, Na, K}$$

Микробиоценоз слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров. При применении пробиотического препарата I опытной группы было показано, что среди представителей бактериальных таксонов на уровне филума преобладали представители *Firmicutes* (63,82 %). Также выделяли представителей *Bacteroidetes* (19,27 %) и *Proteobacteria* (7,25 %). В образце преобладали такие семейства, как *Ruminococcaceae* (18,58 %) и *Lachnospiraceae* (14,31 %), а также

обнаруживались *Clostridiaceae*, *Lactobacillaceae*, *Heliobacteriaceae*, *Sphingobacteriaceae*, *Flavobacteriaceae* и *Enterobacteriaceae*. В содержимом кишечника цыплят-бройлеров II опытной группы преобладали представители филума *Firmicutes* (52,25 %), при этом, по сравнению с контролем увеличилась численность *Bacteroidetes* (34,83 %), а также в образце присутствовали представители *Proteobacteria*. Наиболее многочисленным из представленных семейств было *Ruminococcaceae* (19,89 %), *Sphingobacteriaceae* (11,77 %) и *Lachnospiraceae* (11,52%). Микрофлора кишечника цыплят-бройлеров III опытной группы была представлена филумом *Firmicutes* (73,64 %) и представителями *Bacteroidetes* (12,44 %) и *Proteobacteria* (6,06 %). Наиболее многочисленные классы были представлены: *Clostridia* (60,96 %), *Bacilli* (10,66 %), *Bacteroidia* (4,67 %), *Flavobacteriia* (3,86 %), *Sphingobacteriia* (3,52 %), *Deltaproteobacteria* (2,77 %) и *Betaproteobacteria* (1,62 %). При добавлении в рацион пробиотического штамма *Bacillus subtilis* было показано, что среди представителей бактериальных таксонов наиболее многочисленным филумом были *Firmicutes* (61,88 %), семейства – *Ruminococcaceae* (20,57 %), рода – *Oscillospira* (8,36 %). Учитывая вышеизложенные результаты, было показано, что добавление в рацион «Соя-бифидум» привело к увеличению числа лактобацилл, что является благоприятным для состояния желудочно-кишечного тракта птиц и метаболических процессов в целом. Введение же ультрадисперсных частиц железа приводило к увеличению *Proteobacterium* и *Bacteroidetes*, что может приводить к снижению конверсии корма и увеличению числа условно-патогенных микроорганизмов в кишечнике.

Результаты нашего исследования демонстрируют необходимость изучения бактериального разнообразия в кишечнике цыплят-бройлеров для изучения влияния различных кормовых добавок на метаболизм и состояние желудочно-кишечного тракта сельскохозяйственной птицы.

Результаты производственной проверки.

В ходе проведенных исследований, в условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская», на 500 цыплятах-бройлерах кросса «Арбор Айкрес» проведен научно-хозяйственный эксперимент в течение 35 дней (n=500), в результате которого была определена экономическая эффективность производства мяса птицы. В процессе производственной проверки установлено, что сохранность поголовья увеличилась с 98,0 % до 99,0 %, увеличение продукции с 668,3 кг до 724,2 кг (таблица 16).

Введение в рацион пробиотического препарата «Соя-бифидум» (штамм *B. longum*) в дозировке 0,7 мл/кг корма способствует повышению сохранности птицы на 1,0 %, убойного выхода на 1,3 %, тем самым получено больше продукции на 55,9 кг, прибыли от реализации 4904,5 руб., на 4,1 % повысится уровень рентабельности производства мяса птицы.

Таблица 16 – Результаты производственной проверки

Показатель	Варианты	
	контроль	опыт
Поголовье цыплят: на начало	500	500
на конец	490	495
Сохранность, %	98	99
Срок выращивания, сут	35	35
Убойный вес 1 гол., г.	2005,6	2111,2
Убойных вес общий, кг	982,7	1045,0
Убойный выход, %	68,0	69,3
Получено продукция, кг	668,3	724,2
Производственные затраты, руб.	89248,7	93567,9
Себестоимость продукции, руб.	133,5	129,2
Цена за 1 кг с субпродуктами, руб.	165,0	165,0
Выручка от продажи, руб.	110269,5	119493,0
Прибыль от реализации, руб.	21020,6	25925,1
Уровень рентабельности, %	23,6	27,7

3.3.3 Изучение влияния пищевых волокон на минеральный обмен, продуктивность и микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров

Рост и развитие подопытной птицы. Введение пищевых волокон в сбалансированный рацион оказывало ростостимулирующий эффект (таблица 17).

Таблица 17 – Живая масса цыплят-бройлеров по периодам, г

Группа	Неделя эксперимента					
	1	2	3	4	5	6
Контрольная	188,2 ±5,41	311,2 ±22,5	562,5 ±35,2	965,6 ±72,8	1601,4 ±52,2	1982,5 ±56,4
I опытная	188,2 ±4,32	392,4 ±16,0*	742,1 ±47,2*	1316,8 ±78,4*	1972,1 ±96,2*	2267,7 ±81,4*
II опытная	188,2 ±3,81	313,6 ±18,3	560,8 ±27,2	944,3 ±53,7	1521,2 ±88,3	1995,9 ±74,6
III опытная	188,2 ±4,22	336,4 ±26,8	610,2 ±44,6	988,4 ±62,1	1687,4 ±45,5	2104,5 ±54,8

Примечание: - * $p \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой

На 2 неделе эксперимента в опытных группах отмечено увеличение живой массы во II и III опытных группах, в абсолютном значении, на 1,4-25,2 г, в I опытной группе на 81,2 г ($p \leq 0,05$), в сравнении с контролем. В конце третьей недели эксперимента введение лактулозы способствовало повышению живой массы, в III опытной группе на 9,15 %, в I опытной группе на 25,3 %

($p \leq 0,01$). В конце 4-й и 5-й недели экспериментального периода, во II опытной группе отмечено незначительное снижение массы цыплят-бройлеров на 2,21 и 5,01 %, соответственно, относительно контроля, в III группе было отмечено повышение на 2,35 % и на 5,37 %, соответственно. В I опытной группе нами определено также достоверное повышение ($p \leq 0,01$) живой массы на 36,3 % и на 23,2 %, соответственно. В конце исследования во всех опытных группах выявлено повышение живой массы в сравнении с аналогичной группой, достоверное повышение было в I опытной группе на 14,4 % ($p \leq 0,05$).

Мясная продуктивность подопытных цыплят-бройлеров.

Дополнительное включение пищевых волокон в рацион исследуемой птицы способствовало повышению показателей мясной продуктивности. Масса потрошенной тушки в опытных группах превысила контрольные значения на 14,2 ($p \leq 0,05$), 1,25 и на 6,76 %, соответственно. Аналогичная разница по массе мышечной ткани составила 15,0 ($p \leq 0,05$), 1,57 и 7,34 %, соответственно. Убойный выход в I опытной группе повысился на 1,1%, во II – на 0,4 %, в III – на 0,7 %, относительно контроля.

Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров. Дополнительное включение пищевых волокон в рацион экспериментальной птице повлияло на обмен минеральных веществ в организме цыплят-бройлеров (таблица 18).

Таблица 18 – Содержание макроэлементов в теле цыплят-бройлеров, г/гол

Элемент	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Na	5,82±0,51	8,01±0,55*	7,81±0,46*	8,02±0,62*
P	22,9±2,01	37,0±3,21**	28,2±4,12	31,4±6,55*
K	15,8±1,31	20,7±1,34*	19,8±1,66	20,1±2,01
Ca	24,2±2,04	33,0±6,44*	28,4±5,86	22,1±6,11
Mg	1,58±0,22	2,13±0,16*	1,62±0,22	1,64±0,18

Примечание: - * $p \leq 0,05$; - ** $p \leq 0,01$ при сравнении с контрольной группой

Дополнительное введение целлюлозы в рацион цыплятам-бройлерам способствует накоплению макроэлементов: натрия – на 27,3 % ($p \leq 0,05$), фосфора – на 38,1 % ($p \leq 0,01$), калия – на 23,7 % ($p \leq 0,05$), кальция – на 26,7 % ($p \leq 0,05$) и магния – на 25,8 % ($p \leq 0,05$). Лактулоза способствовала достоверному повышению натрия на 25,5 % ($p \leq 0,05$), по остальным макроэлементам был отмечен накопительный эффект, но без достоверных различий, введение хитозана привело к увеличению содержания натрия на 27,4 % ($p \leq 0,05$) и фосфора – на 27,1 % ($p \leq 0,05$).

Включение целлюлозы в рацион птицы способствовало достоверному увеличению таких элементов, как никель – на 36,3 % ($p \leq 0,05$), медь – на 21,7 % ($p \leq 0,05$), цинк – на 23,9 % ($p \leq 0,05$) и селен – на 27,9 % ($p \leq 0,05$). В целом представленная картина указывает на факт того, что пищевые волокна в большей степени способствуют накоплению эссенциальных элементов, в частности: марганца, железа, кобальта, меди, цинка, селена, кремния. В целом скармливание

пищевых волокон сопровождалось снижением пулов токсичных элементов в теле цыплят-бройлеров.

Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров. Анализ полученных данных секвенирования позволит определить наличие 4 основных филумов (рисунок 6).

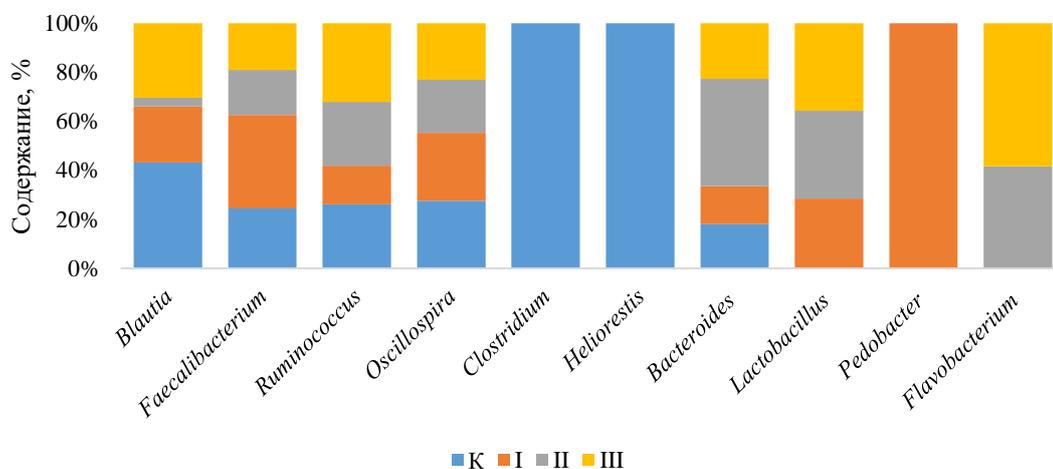


Рисунок 6 – Микробиоценоз кишечника подопытных цыплят-бройлеров при включении пищевых волокон в сбалансированный рацион (численность таксонов > 1 %)

При анализе микробиального профиля установлено, что доминирующими таксономическими категориями были *Firmicutes* и *Bacteroidetes*, их доля в совокупности составляла более 99%. Представленность филума *Bacteroidetes* в группах была различна, максимальные значения были зафиксированы в опытных группах II, III, а минимальные в контроле и I группе. Разница составила 1,5 раза. На уровне рода было показано, что доминирующими родами являлись *Blautia*, *Faecalibacterium*, *Bacteroides*, *Lactobacillus* и *Ruminococcus*, их содержание было различно в зависимости от группы. Так, в контроле отмечают высокие значения представителей рода *Blautia*, превысив II опытную группу в 12,0 раз, I группу в 1,9 раз, а в III разница была незначительной. Более равномерное распределение во всех группах было характерно для представителей рода *Ruminococcus*. Высокие значения содержания представителей рода *Faecalibacterium* отмечены в I опытной группе, разница с другими группами не превышала 2,0 раза. Присутствие микроорганизмов рода *Lactobacillus* отмечено в опытных группах I, II и III, отличие в содержании было минимальным. В контроле данный род не представлен.

Максимальное значение коэффициента Simpson 1-D зафиксировано в I группе, а минимальное значение характерно для контрольной группы. Это подтверждается приведенными данными выше, где было отмечено высокое содержание отдельного вида *Bacteroides*. По мере увеличения видового богатства и равномерности, увеличивается и разнообразие микрофлоры. Этот вывод можно сделать по значению индекса Шеннона, его значение максимально в группе I, а минимально в контроле.

Результаты производственной проверки. В ходе проведенных исследований, в условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская», на 500 цыплятах-бройлерах кросса «Арбор Айкрес» проведен научно-хозяйственный эксперимент в течение 35 дней (n=500), в результате которого была определена экономическая эффективность производства мяса птицы. В процессе производственной проверки получено, что сохранность поголовья увеличилась с 98,0 % до 99,0 %, увеличение продукции с 668,3 кг до 716,9 кг. Введение в рацион целлюлозы, в дозировке 2,5 г/кг корма, способствует повышению сохранности птицы на 1,0 %, убойного выхода на 1,3 %, тем самым получено больше продукции на 48,6 кг, прибыли от реализации 4900,1 руб. и на 4,5 % повышение уровня рентабельности производства мяса птицы.

3.3.4 Изучение влияния энтеросорбентов на минеральный обмен, продуктивность и микробиоценоз слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров

Рост и развитие подопытной птицы. Оценка динамики живой массы экспериментальной птицы, при введении в рацион энтеросорбентов, позволила установить следующие закономерности (таблица 19).

Таблица 19 – Живая масса цыплят-бройлеров по периодам, г

Группа	Неделя эксперимента					
	1	2	3	4	5	6
Контроль	188,2 ±5,41	305,6 ±38,9	554,4 ±69,2	959,6 ±89,8	1531,4 ±62,4	2082,5 ±56,4
I опытная	188,2 ±3,81	348,2 ±54,9	664,5 ±44,6	1088,8 ±64,2	1624,8 ±32,2	2189,4 ±54,3
II опытная	188,2 ±4,32	374,6 ±17,8	730,2 ±25,4	1170,4 ±32,0*	1788,2 ±42,7*	2217,2 ±68,2

Примечание: - * $p \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой

В конце 4-й недели отмечено достоверное повышение массы в группе, получавшей активированный уголь, разница с контролем составила 18,0 % ($p \leq 0,05$), схожие изменения в конце 5-й недели исследования, а именно достоверное увеличение последнего на 14,4 % ($p \leq 0,05$), по отношению к контролю. К концу выращивания, птица I опытной группы превысила контроль по живой массе на 4,89 %, II опытной группы – на 6,08 %. Включение активированного угля дает лучшие показатели роста и развития исследуемой птицы в сравнении с другими группами.

Мясная продуктивность подопытной птицы. В ходе исследований нами проведен контрольный убой подопытной птицы. Как следует из полученных результатов масса потрошенной тушки в опытных группах превысила контрольную группу на 5,85 % и 7,84 %, соответственно. Аналогичная картина

по массе мышечной ткани: в I опытной группе составила 6,15 %, во II – 8,42 %, по отношению к контролю. Убойный выход в I опытной группе увеличился на 0,7 %, во II группе – на 1,4 %, относительно контроля.

Минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров. Анализ минерального обмена в организме цыплят-бройлеров, при включении энтеросорбентов, позволил установить следующие закономерности (таблица 20).

Таблица 20 – Содержание макроэлементов в теле цыплят-бройлеров, г/гол

элемент	группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Na	5,63±0,41	6,88±0,16	6,48±0,22
P	21,8±1,99	27,0±0,61*	29,0±0,58*
K	15,8±1,31	20,2±0,58*	20,0±0,28*
Ca	24,2±2,04	28,7±0,64*	30,4±0,84*
Mg	1,58±0,22	1,88±0,08	2,01±0,06

Примечание: - * $p \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой

Включение энтеросгеля в сбалансированный рацион цыплят-бройлеров сопровождалось достоверным увеличением пула фосфора на 19,3 % ($p \leq 0,05$), калия – на 21,8 % ($p \leq 0,05$), кальция – на 15,7 % ($p \leq 0,05$), по отношению к контрольной группе.

По содержанию эссенциальных и условно-эссенциальных элементов в теле цыплят-бройлеров выявлено достоверное снижение ванадия в I опытной группе на 18,2 %, относительно контроля. Содержание марганца превысило контроль на 18,7 % и на 19,2 % ($p \leq 0,05$), кобальта – на 18,2 % и на 25,0 % ($p \leq 0,05$), соответственно. Во II группе выявлено достоверное повышение меди на 17,1 % ($p \leq 0,05$) и цинка – на 19,5 % ($p \leq 0,05$), по отношению к контролю. В целом отметим, что наибольший накопительный эффект эссенциальных элементов наблюдался при включении активированного угля в рацион цыплятам-бройлерам.

По содержанию токсичных элементов, энтеросорбенты, оказывая сорбционный эффект, способствуют выведению токсичных элементов из организма птицы. По результатам табличных данных можно выделить такие элементы, как стронций, олово, ртуть в 3,0 раза ($p \leq 0,001$), свинец и алюминий.

Микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров. Анализ полученных данных секвенирования определил наличие 4 основных филумов и одного филума неклассифицированных форм (рисунок 7). При этом, доминирующими таксономическими категориями также были *Firmicutes* и *Bacteroidetes*, их доля в совокупности составляла более 85 %. Содержание данных таксономических категорий варьировалось в зависимости от группы. Доля представленности представителей филума *Firmicutes* была максимальной в контрольной группе, а минимальной во II опытной группе. Представленность филума *Bacteroidetes* в группах была различна, максимальные значения были зафиксированы в опытной группе II, а минимальные в контроле и I группе, разница составила 1,2 раза.

Неклассифицированные формы во всех группах были обнаружены, их разница в содержании между группами была незначительной.

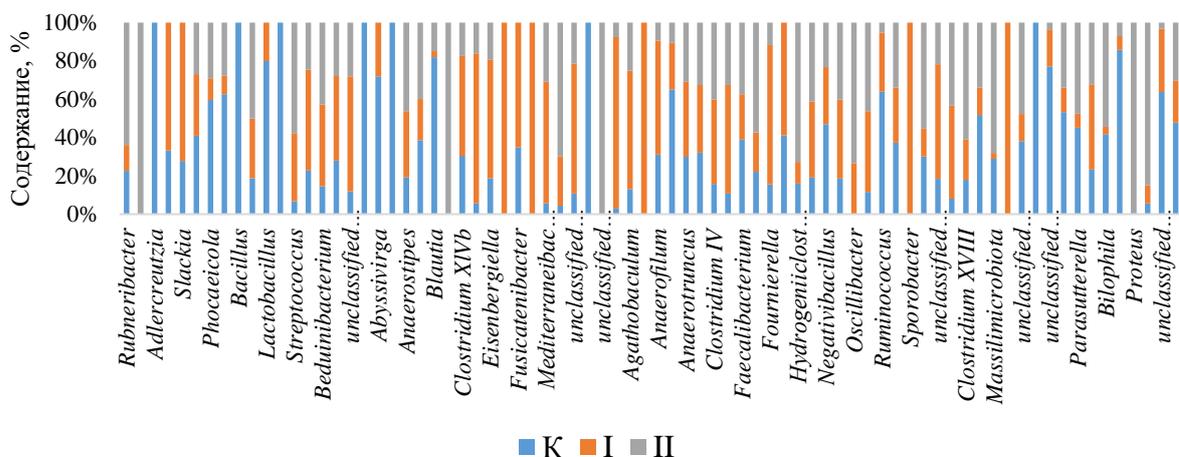


Рисунок 7 – Микробиоценоз кишечника подопытных цыплят-бройлеров при включении энтеросорбентов в сбалансированный рацион (численность таксонов > 1 %)

Оценивая родовое разнообразие в контрольной и опытных группах, можно отметить ряд различий. Доминирующими родами являлись *Alistipes*, *Phocaeicola*, *Mediterraneibacter*, *unclassified Ruminococcaceae*, их содержание превышало 10%. Так, в контроле содержание представителей рода *Phocaeicola* было в 2 раза больше, чем во II группе и в 5,2 – чем в I. Количество представителей рода *Alistipes* также было выше в контрольной группе более чем в 6 раз, по сравнению с I опытной группой, и более чем в 2 раза относительно II. Содержание представителей рода *Mediterraneibacter* было максимально в I опытной группе относительно контроля в 10 раз и относительно II группы в 2,0 раза, соответственно. Количество представителей рода *unclassified Ruminococcaceae* в опытных группах I и II различалось как между собой, так и с контролями. Так, содержание бактерий этого рода в группе I в 2,77 раза было выше, чем во II и в 3,25 раза, чем в контроле. Содержание таких родов, как *unclassified Ruminococcaceae*, *Mediterraneibacter*, *Limosilactobacillus*, *Merdimonas*, как в опытных, так и контрольных группах не превышало 10 %.

Анализ основных индексов биоразнообразия показал, что наиболее «бедной» бактериальной флорой является группа II. Данный вывод сделан на основе значения индекса Chao-1, а наибольшим «богатством» характеризуются опытные группы, в частности, I опытная группа

Результаты производственной проверки. В ходе проведенных исследований, в условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская», на 500 цыплятах-бройлерах кросса «Арбор Айкрес» проведен научно-хозяйственный эксперимент в течение 35 дней (n=500), в результате которого была определена экономическая эффективность производства мяса птицы (таблица 21).

Таблица 21 – Результаты производственной проверки

Наименование показателя	Варианты	
	контроль	опыт
Поголовье цыплят: на начало	500	500
на конец	490	496
Сохранность, %	98	99,2
Срок выращивания, сут	35	35
Убойный вес 1 гол., г.	2005,6	2098,4
Убойных вес общий, кг	982,7	1040,8
Убойный выход, %	68,0	69,3
Получено продукция, кг	668,3	721,3
Производственные затраты, руб.	89248,7	92981,2
Себестоимость продукции, руб.	133,5	128,9
Цена за 1 кг с субпродуктами, руб.	165,0	165,0
Выручка от продажи, руб.	110269,5	119014,5
Прибыль от реализации, руб.	21020,6	26033,3
Уровень рентабельности, %	23,6	28,0

В процессе производственной проверки получено, что сохранность поголовья увеличилась с 98,0 % до 99,2 %, увеличение продукции с 668,3 кг до 721,3 кг. Введение в рацион активированного угля в дозировке 3,0 г/кг корма способствует повышению сохранности птицы на 1,2 %, убойного выхода на 1,3 %, тем самым получено больше продукции на 53,0 кг, прибыли от реализации 5012,7 руб. и на 4,4 % повышение уровня рентабельности производства мяса птицы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Продуктивность цыплят-бройлеров определяется сбалансированностью рациона, влиянием отдельных кормовых добавок на микробиом кишечника цыплят-бройлеров и опосредованным действием последнего, на биодоступность и обмен отдельных химических элементов в организме птицы. В частности, при скармливании препаратов *Bacillus subtilis* и *Bifidobacterium longum*, пул марганца в организме цыплят коррелирует с численностью *Lactobacillus*, пул кобальта с численностью *Lactobacillus* и *Ruminococcus* в кишечнике птицы. Лактулоза и хитозан в рационе цыплят-бройлеров оказывают значительное влияние на минеральный обмен и скармливание последних сопряжено с проявлением достоверных корреляционных связей численности таксона *Bacteroides* с пулом в организме Ca, Mn, Ni, Cu, Zn, Hg и Pb. При скармливании птице целлюлозы, лактулозы или хитозана размер пула эндогенного кобальта коррелирует с численностью

таксонов *Alistipes* и *Bacteroides*. Применение энтеросгеля в исследуемой дозировке сопряжено с появлением достоверной корреляционной связи численности таксона *Bacteroides* с пулом в организме птицы В, Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr. Аналогичное действие активированного угля на микробиологический статус цыплят менее выражено и связано с возникновением достоверной связи численности таксона *Bacteroides* с обменом Ca, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Hg, Pb.

2. Минимально-подавляющие концентрации солей макроэлементов на рост *B. Subtilis*, *B. Longum*, *Lactobacilli*, *Escherichia coli* М-17, для дигидроортофосфата калия – 21,3 мг/мл, монофосфата калия – 42,5 мг/мл, хлорида кальция – 8,6 мг/мл, хлорида натрия – 72,5 мг/мл, сульфата магния – 76,9 мг/мл. При изучении влияния солей макроэлементов на динамику роста *B. subtilis* 534 было выявлено, что соли $\text{KН}_2\text{PО}_4$, CaCl_2 , NaCl , в исследуемых дозировках, оказывают стимулирующее действие на рост *E. coli*.

3. Скармливание цыплятам-бройлерам препарата *Bifidobacterium longum* сопровождается ростом переваримости сухого вещества корма на 2-3 %, сырого протеина на 5,5-6,5 %. Включение в рацион цыплят-бройлеров пробиотика *Bacillus subtilis* сопровождается более значительными потерями химических элементов эндогенного происхождения из организма, в отличие от *Bifidobacterium longum*, в частности марганца на 17-18 %, железа на 9-10 %, кобальта на 24-25 %, цинка 11-12 %. При этом введение пробиотических препаратов приводит к снижению пулов токсичных элементов в организме: олово на величину от 2,0 до 4,0 раз. Скармливание цыплятам-бройлерам препаратов *Bacillus subtilis* и *Bifidobacterium longum* сопровождается увеличением в кишечнике птицы численности представителей *Rikenellaceae*, *Lachnospiraceae* и *Ruminococcaceae*.

4. Введение в рацион цыплят-бройлеров кристаллической целлюлозы сопровождается повышением содержания общего белка в сыворотке крови на величину до 23,6 %, увеличивается ретенция меди на 21,7 %, цинка на 23,9 %, селена из рациона на 27,9 % и, напротив, снижается уровень в организме кадмия на 70-75 % и олова на 46-47 %. При этом повышается сохранность цыплят-бройлеров, увеличивается интенсивность роста птицы на величину до 14 %, повышается убойный выход на 1,2-1,3 %, и уровень рентабельности производства мяса птицы на 4,5 %. Использование в кормлении цыплят лактулозы и хитозана в исследуемых дозировках не позволяет достоверно изменить интенсивность роста птицы с незначительными изменениями в элементном статусе птицы – повышении пула никеля.

5. Скармливание цыплятам-бройлерам препаратов пищевых волокон: целлюлозы, лактулозы и хитозана – сопровождается не однозначными изменениями в обмене эндогенных химических элементов. Использование этих кормовых добавок сопряжено со снижением эндогенных потерь марганца на величину 3-4 % в неделю и увеличением потерь селена на величину до 20 % в неделю. При этом эндогенный кобальт при даче целлюлозы сохраняется

на 3-4 % лучше, а при скармливании лактулозы снижается на 2-3 %, хитозана на 5-6 % в неделю.

6. Включение в рацион цыплят-бройлеров препаратов – энтеросгеля и активированного угля оказывает селективное действие на обмен химических элементов в организме, что позволяет повысить качество продукции, получаемой от цыплят-бройлеров, со снижением уровня в мясе токсических элементов: ртути в 3 раза, свинца на 19,4-40,8 %, алюминия на 13,0-15,5 %, олова на 18,8 % ($p \leq 0,05$) – за четыре недели скармливания. Причем сорбционные свойства активированного угля в исследованных дозировках оказываются выше, чем у энтеросгеля. Между тем на фоне применения сорбентов отмечается рост усвояемости марганца из кормов на 22,9-23,8 % и повышение использования эндогенного пула этого микроэлемента на 15-32 %. Так же отмечается рост усвояемости из корма кобальта, цинка и меди. На фоне снижения пула селена с интенсивностью 5-12 % в неделю.

7. Скармливание препаратов УДЧ меди или железа сопровождается снижением пула кобальта и селена с интенсивностью эндогенных потерь этих элементов из организма птицы на величину 9-10 и 9-15 % в неделю, соответственно. При этом присутствие в рационе УДЧ меди определяет проявление достоверной корреляционной связи численности таксона *Bacteroides* с размером пула в организме Ni и Pb. Аналогичное действие УДЧ железа распространяется на данную связь с пулом Al, Ca, Ni, Zn, As, Pb. При этом действие УДЧ меди и железа депрессировало связь численности таксона *Ruminococcus* с пулом кобальта в организме птицы. В группе, получавшей УДЧ меди, численность представителей семейства *Lactobacillaceae* и *Lachnospiraceae* была ниже, чем в группе, получавшей УДЧ железа. В тоже время, при скармливании УДЧ меди содержание бактерий семейства *Enterobacteriaceae* возрастает более чем в 20 раз.

8. Включение в рацион цыплят-бройлеров УДЧ меди и железа сопровождается увеличением конверсии обменной энергии на 1,8-2,6 %, протеина на 1,2-2,6 %. При этом в кишечнике цыплят-бройлеров, получавших препарат УДЧ меди, численность представителей семейства *Lactobacillaceae* и *Lachnospiraceae* снижается в сравнении с группой, получавшей УДЧ железа. В тоже время, содержание бактерий семейства *Enterobacteriaceae* возрастает более чем в 20 раз.

9. Введение в рацион УДЧ меди повышает сохранность птицы на 1-2 %, убойный выход на 1,1 % и уровень рентабельности производства мяса повысится на 2,7 %. Включение пробиотического препарата «Соя-бифидум» повышает сохранность птицы на 1-2 %, убойный выход на 1,3 % и уровень рентабельности на 3,5 %.

10. При включении в рацион микрокристаллической целлюлозы, сохранность птицы увеличивается на 1-2 %, убойный выход на 1,3 % и уровень рентабельности на 4,3-4,4 %. Дополнительное введение активированного угля повышает сохранность цыплят-бройлеров на 1-2 %, убойный выход увеличится

на 1,3 % и уровень рентабельности на 4,4 %. Введение в рацион «Соя-бифидум» позволяет повысить сохранность поголовья на 1-2 %, убойный выход на 1,4 % и уровень рентабельности производства мяса на 4,0-4,1 %.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В целях повышения продуктивности и улучшения качества продукции, получаемой от цыплят-бройлеров, целесообразно в рацион птицы вводить активированный уголь в дозировке 3,0 г/кг корма, что позволяет повысить сохранность птицы на 1-2 % и обеспечить рост рентабельности производства на 4,4 %, при снижении содержания токсических элементов в мясе птицы: по алюминию на 14-15 %, свинцу на 40-41 %, ртути в 3 раза, олову на 18-19 % за четыре недели применения.

Скармливание цыплятам-бройлерам микрокристаллической целлюлозы в дозировке 0,25 г/кг корма позволяет повысить сохранность птицы на 1,0-1,1 % и увеличить выход продукции на 5,0-7,0 %, с совокупным ростом рентабельности производства на 4,3-4,5 %. При этом качество продукции повышается с увеличением содержания в мясе птицы металлов-микроэлементов: меди на 21,0-22,0 %, цинка на 23,0-24,0 %, селена на 27,0-30,0 %, со снижением содержания кадмия на 70,0-75,0 % и олова на 46,0-47,0 %

Включение в рацион цыплят-бройлеров пробиотического препарата «Соя бифидум» в дозировке 0,7 мл/кг корма сопровождается оптимизацией микрофлоры кишечника птицы и повышением эффективности использования корма на 2,0-3,0 % по сухому веществу и на 5,5-6,5 % по сырому протеину. При этом сохранность цыплят возрастает на 1,5-1,7 %, а убойный выход на 1,0-1,3 % с ростом рентабельности производства мяса 4,0-4,1 %.

В целях повышения экономической эффективности производства мяса птицы целесообразно включение в рацион цыплят-бройлеров препарата ультрадисперсных частиц меди в дозировке 1,7 мг/кг корма, что способствует повышению сохранности птицы на 1,0-1,2 %. При этом продуктивность птицы повышается по уровню убойного выхода на 1,1-1,3 %, с общим ростом рентабельности производства мяса птицы на 2,47 %.

Снижение эндогенных потерь, жизненно необходимых химических элементов, из организма цыплят-бройлеров через оптимизацию микрофлоры кишечника, путем скармливания пробиотических препаратов, позволяет снизить нормы минеральных веществ в рационе птицы на 10,0-15,0 %, что позволит создать предпосылки к снижению экологической нагрузки промышленных птицеводческих предприятий.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Тема диссертационной работы перспективная к дальнейшим исследованиям, направленная на:

- разработку новых подходов к изучению метаболизма в организме сельскохозяйственной птицы на основе знаний о влиянии пробиотических штаммов микроорганизмов, энтеросорбентов, пищевых волокон, ультрадисперсных частиц металлов на обмен веществ, элементный статус и продуктивность;

- дальнейшие исследования микробиоценоза кишечника сельскохозяйственной птицы;

- создание новых кормовых добавок, оказывающих селективное влияние на минеральный обмен в организме сельскохозяйственной птицы.

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., Рахматуллин Ш.Г., Сизова Е.А., **Кван О.В.** Элементный статус организма цыплят-бройлеров на фоне различной нутриентной обеспеченности. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2008. №4(20). С. 103-105.

2. Мирошников С.А., **Кван О.В.**, Нуржанов Б.С. Роль нормальной микрофлоры в минеральном обмене животных. Вестник Оренбургского государственного университета. 2010. № 6 (112). С. 81-83.

3. **Кван О.В.**, Лебедев С.В., Русакова Е.А. Моделирование дефицита химических элементов в организме животных. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 4 (32). С. 312-315.

4. Суханова О.Н., Мирошников С.А., **Кван О.В.** Влияние группы факторов на обмен химических элементов в организме. Вестник мясного скотоводства. 2011. Т. 3. № 64. С. 87-92.

5. Мирошников С.А., **Кван О.В.** Оценка величины эндогенных потерь ионов Рb и Sn на фоне перорального приема пробиотического препарата. Вестник мясного скотоводства. 2012. № 4 (78). С. 91-93.

6. **Кван О.В.**, Шейда Е.В., Дускаев Г.К., Рахматуллин Ш.Г. Влияние пробиотического штамма *Vifidobacterium longum* на содержание химических элементов в биологических тканях цыплят-бройлеров при минералдефицитной диете. Аграрный вестник Урала. 2020. № S14. С. 28-34.

7. Мирошникова Е.П., Русакова Е.А., **Кван О.В.**, Рахматуллин Ш.Г. Влияние комплекса ультрадисперсных металлов-микроэлементов и пробиотического препарата на обмен веществ и интерьерные особенности

цыплят-бройлеров. Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 1. С. 33-46.

8. **Кван О.В.**, Сизова Е.А., Вершинина И.А., Камирова А.М. Изучение влияния ультрадисперсных частиц меди и железа на минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров, находящихся на полусинтетической диете. Аграрная наука. 2022. № 6. С. 48-51.12

9. **Кван О.В.**, Сизова Е.А., Вершинина И.А., Камирова А.М. Минеральный обмен и микробное разнообразие слепого отдела кишечника у цыплят-бройлеров (*Gallus gallus l.*) при включении в полусинтетический рацион пищевых волокон. Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58. № 4. С. 700-712.

10. **Кван О.В.** Эндогенные потери веществ: оптимизация микронутриентной обеспеченности рационов сельскохозяйственных животных. Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 4. С. 148-163.

11. **Кван О.В.**, Мирошников С.А., Шейда Е.В., Сизова Е.А. Влияние энтеросорбентов на микробное разнообразие слепой кишки цыплят-бройлеров при скормливании полусинтетического рациона. Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 4. С. 203-215.

12. **Кван О.В.**, Шейда Е.В., Сизова Е.А. Влияние пищевых волокон на динамику живой массы и гематологические показатели цыплят-бройлеров, находящихся на полусинтетическом рационе. Птицеводство. 2024. № 2. С. 29-34.

13. **Кван О.В.**, Сизова Е.А., Вершинина И.А. Влияние ультрадисперсных частиц на микробиоценоз кишечника -бройлеров. Аграрная наука. 2024. № 2. С. 61-65.

Патенты РФ на изобретения

14. Способ отбора микроорганизмов для их включения в состав пробиотических штаммов /Дерябин Д.Г., Нотова С.В., Мирошников С.А., **Кван О.В.**, Иванов Ю.Б., Лебедев С.В. // Патент на изобретение RU 2293118, опубл. 10.02.2007, заявка 2005111447/13, от 18.04.2005

15. Способ повышения продуктивности цыплят-бройлеров / Лебедев С.В., Мирошников С.А., Суханова О.Н., Рахматуллин Ш.Г., Малюшин Е.Н., ипайлова О.Ю., **Кван О.В.**, Барабаш А.А., Нестеров Д.В. // Патент на изобретение RU 2370095, опубл. 20.10.2009, заявка 2008117781/13, от 04.05.2008

16. Способ кормления цыплят-бройлеров / Рахматуллин Ш.Г., Мирошников С.А., Лебедев С.В., Русакова Е.А., Вишняков А.И., Сизова Е.А., **Кван О.В.**, Суханова О.Н., Быков А.В. // Патент на изобретение RU 2450532, опубл. 20.05.2012, заявка 2011107320, от 25.02.2011

17. Концентрация химических элементов в организме сельскохозяйственных животных при использовании в кормлении различных кормовых добавок / **Кван О.В.**, Шейда Е.В., Кислова Д.А., Шевченко А.Д., Букарева Е.А. // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024621772, опубл. 22.04.2024

18. Способ селективного снижения содержания токсичных элементов в организме цыплят-бройлеров / **Кван О.В.**, Сизова Е.А., Рахматуллин Ш.Г.,

Шейда Е.В., Камирова А.М., Быков А.В.// Патент на изобретение RU 2796271, опубл. 22.05.2023, заявка 2022125069, от 23.09.2022

19. Способ снижения эндогенных потерь лития, хрома и селена из организма животных / **Кван О.В.**, Быков А.В., Сизова Е.А., Рахматуллин Ш.Г., Шейда Е.В., Вершинина И.А., Камирова А.М., // Патент на изобретение RU 2776891, опубл. 28.07.2022, заявка 2021130884, от 22.10.2021

20. Концентрация химических элементов в организме сельскохозяйственных животных при использовании в кормлении различных кормовых добавок / **Кван О.В.**, Шейда Е.В., Кислова Д.А., Шевченко А.Д., Букарева Е.А. // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024621772, опубл. 22.04.2024

21. Эндогенные потери химических элементов из организма сельскохозяйственных животных при включении в рацион различных добавок / **Кван О.В.** // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024621852, опубл. 27.04.2024

Публикации в международных базах Web of Science и Scopus:

22. Sizentsov A.N., **Kvan O.V.**, Vishnyakov A.I., Babushkina A.E., Drozdova E.A. The use of probiotic preparations on basis of bacteria of a genus Bacillus during intoxication of lead and zinc. Life Science journal. 2014. Т. 11. №10. P. 18-20.

23. Tinkov A.A., Popova E.V., Nikonorov A.A., Polyakova V.S., Skalny A.V., **Kvan O.V.** Adipose tissue chromium and vanadium disbalance in high-fat fed wistar rats. Journal of trace elements in medicine and biology. 2015. Т.29. P. 176-181.

24. Miroshnikov S.A., **Kvan O.V.**, Duskaev G.K., Rusakova E.A., Davydova N.O. Endogenous losses of chemical elements in the digestive tract and their correction. Modern Applied Science. 2015. Т. 9. №9. P. 72-79.

25. Sizentsov A.N., **Kvan O.V.**, Miroshnikova E.P., Gavrish I.A., Bykov A.V., Serdaeva V.A. Assessment of biotoxicity of cu nanoparticles with respect to probiotic strains of microorganisms and representatives of the normal flora of the intestine of broiler chickens. Environmental Science and Pollution Research. 2018. Т. 25. № 16. С. 15765-15773.

26. **Kvan O.V.**, Gavrish I.A., Lebedev S.V., Korotkova A.M., Miroshnikova E.P., Bykov A.V., Serdaeva V.A., Davydova N.O. Effect of probiotics on the basis of bacillus subtilis and bifidobacterium longum on the biochemical parameters of the animal organism. Environmental Science and Pollution Research. 2018. Т. 25. № 3. С. 2175-2183.

27. Sizentsov A.N., Klimova T.A., Karpova G.V., **Kvan O.V.**, Barysheva E.S., Salnikova E.V., Burtseva T.I., Bibartseva E.V. Perspectives of genus bacillus-based probiotic strain application in the correction of copper-deficient states. International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018. Т. 9. № 11. С. 161-171.

28. Sizentsov A.N., Karpova G.V., Bibartseva E.V., **Kvan O.V.**, Kunavina E.A., Levenets T.V., Strekalovskaya A.D., Cherkasov S.V. the technology of chemical

compound biotoxicity assessment by the method of agar basins. International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018. T. 9. № 11. C. 455-461.

29. Sizentsov A., Sizentsov Y., Klimova T., Barysheva E., Salnikova E., **Kvan O.**, Torshkov A., Duskaev G. Experimental tests of application of zinc-containing preparations based on probiotic strains of microorganisms. Bioscience Research. 2019. T. 16. № 2. C. 2328-2335.

30. Lebedev S., Nikitin A.Yu., Fisinin V.I., Egorov I.A., Miroshnikov S.A., Ryazanov V.A., Grechkina V.V., **Kvan O.V.** Formation of element status at chickens when using enzyme, probiotic and antibiotic agents in food. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. C. 012077.

31. Sizentsov A., Karpova G., Klimova T., Salnikova E., **Kvan O.**, Barysheva E., Gavrish I. Evaluation of anionic components of lead on biotoxicity and bioaccumulation ability in respect of probiotic stamps. International Journal of GEOMATE. 2019. T. 16. № 55. C. 8-13.

32. Sizentsov A.N., **Kvan O.V.**, Bykov A.V., Zamana S.P., Torshkov A.A., Sizentsov Ya.A. A technology of experimental studies on the xenobiotic element sorption characteristics of representatives of the intestinal normal flora. Biointerface Research in Applied Chemistry. 2019. T. 9. № 4. C. 4131-4135.

33. Sizentsov A., Sizentsov Y., **Kvan O.**, Salnikova E., Salnikova V. A study on heavy metal sorption properties of intestinal microbiota in vitro. E3S Web of Conferences. Cep. "International Symposium on Architecture Research Frontiers and Ecological Environment, ARFEE 2018" 2019. C. 03021.

34. Sizentsov A., Mindolina Y., Barysheva E., Ponomareva P., Kunavina E., Levenets T., Dudko A., **Kvan O.** Effectiveness of combined use of antibiotics, essential metals and probiotic bacterial strain complexes against multidrug resistant pathogens. Bio interface Research in Applied Chemistry. 2020. T. 10. № 1. C. 4830-4836.

35. **Kvan O.V.**, Miroshnikov S.A., Duskaev G.K. Monitoring the exchange of toxic elements in poultry nutrition. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Cep. "International Conference on World Technological Trends in Agribusiness" 2021. C. 012186.

36. **Kvan O.V.**, Sizova E.A., Sheida E.V., Rakhmatullin S.G., Bykov A.V. the effect of different levels of dietary fiber intake on endogenous losses. Trace Elements and Electrolytes. 2021. T. 38. № 3. C. 146.

Кван Ольга Вилориевна

**ВЛИЯНИЕ КОРМОВЫХ ДОБАВОК НА МИКРОБИОМ,
ПРОДУКТИВНОСТЬ И ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА
ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ**

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Подписан в печать 17.09.2024 г
Формат 60×90/16. Объем – 2,0 усл.печ.л
Тираж 100 экз. Заказ № 12

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