



**Нечитайло Ксения Сергеевна**

**Эффективность использования биогенных и абиогенных веществ  
в составе энзимсодержащего рациона цыплят-бройлеров**

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

**Автореферат**  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата биологических наук

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

Научный руководитель **Сизова Елена Анатольевна**  
доктор биологических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Шацких Елена Викторовна**, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», кафедра зооинженерии, заведующая

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

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

Защита диссертации состоится «2» декабря 2022 г. в 9<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета 24.1.252.01 на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» по адресу: 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел. 8 (3532) 30-81-70

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

Автореферат разослан «      » \_\_\_\_\_ 2022 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Завьялов  
Олег Александрович

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Современный рацион цыплят-бройлеров — это многокомпонентная смесь, включающая вещества различной природы, в том числе антибиотические и ферментные препараты (Gadde U. et al., 2017; Овчинников А.А. и др., 2019; Мирошников С.А., Мартыненко С.С., 2000; Шацких Е. В., Нуфер А.И., 2020; Околелова Т.М., Енгашев С.В., 2021; FAO, 2021). При этом, совместное использование препаратов подобного функционала, в зависимости от их природы и происхождения, может как потенцировать, так и угнетать действие друг друга (Tang K.L. et al., 2017). К тому же, актуальные проблемы антибиотикорезистентности (Chattopadhyay M. K., 2014) и нарастающая тенденция использования дешёвых компонентов с антипитательными веществами совместно с ферментами (Muaz K. et al., 2018) инициирует поиск альтернативных биологически активных веществ, обеспечивающих интенсификацию пищеварения, увеличение продуктивности, профилактику инфекций, высокую сохранность и как следствие, увеличение экономической эффективности (Poole T., Sheffield C., 2013).

С целью увеличения продуктивных показателей цыплят-бройлеров необходимо подбирать многофункциональные кормовые добавки не только на основе совместимости, биобезопасности, синергии, принципов и технологии ввода, но и с учетом показателей экономической эффективности (Huyghebaert G. et al. 2011, Фисинин В. И. и др., 2017). Таким образом, вышеперечисленное позволяет заключить о перспективах научно-исследовательской работы в данной области знаний.

**Степень научной разработанности темы.** Мировые и российские научные школы направленно ведут поиск и разработку рецептуры комбикормов, кормовых добавок на основе ферментных, фитобиотических, пробиотических, пребиотических и минеральных агентов, как отдельно, так и в сложных комплексах, ориентированных на повышение продуктивных показателей цыплят-бройлеров (Фисинин В.И., 2017; Zhang YJ., 2019; Егоров И.А. и др., 2021; Манукян В.А. и др., 2021). Так, в глобальном масштабе актуальными классами веществ, способствующими полноценному проявлению генетического потенциала цыплят-бройлеров, и как следствие увеличению продуктивности, являются: пробиотики (Салеева И.П. и др., 2014; Фисинин В.И. и др., 2017; Wang Y. et al., 2021), пребиотики (Tejeda J.O., Kim K.W., 2021), синбиотики (Mohammed A.A. et al., 2019), фитобиотические препараты (Mohammadigheisar M., Kim I. H., 2017; Шацких Е.В. и др., 2021), органические кислоты (Mohammadagheri N. et al., 2016; Polycarpo G.V. et al., 2017; Gadde U. et al., 2017), ферменты (Amerah A.M., 2015), антимикробные пептиды (Li J. et al., 2017; Daneshmand A. et al., 2019), бактериофаги (Zhang J. et al., 2015; Orndorff P.E., 2016; Zeng Y., 2021), гипериммунные антитела к яичному желтку (Gadde U. et al., 2017), ультрадисперсные частицы (Глущенко Н.Н., 2011; Сизова Е.А. и др. 2018, 2019).

К тому же, в эпоху проблемы антибиотикорезистентности, многофункциональные кормовые добавки в рамках научно обоснованных рекомендаций, могут выступать в качестве альтернативы антибиотикам, в силу обладания рядом преимуществ таких как, специфичность и биобезопасность (Мирошников С.А., Сизова Е.А., 2017).

Данный подход позволяет выйти за рамки традиционных алгоритмов использования антибиотиков в сельском хозяйстве, применять корма, свободные от антибиотиков, открывая новую главу в области изучения применения альтернативных веществ с антибактериальными свойствами (Околелова Т. М. и Енгашев С. В., 2021). Однако, имеются значительные пробелы в оценке и практическом применении комплексных стимуляторов роста на основе различных классов биологических веществ (Фисинин В. И., 2015; Broom L. J. et al., 2021).

Анализ накопленных данных позволяет заключить, что с учетом разностороннего аспекта влияния на системы организма цыплят-бройлеров перспективным направлением является детальное изучение механизма действия веществ биогенной и абиогенной природы в качестве компонентов кормовых добавок на элементный статус, микробиом желудочно-кишечного тракта птицы с выявлением корреляционных и синергетических эффектов.

**Цель и задачи исследований.** Исследования проведены в соответствии с «Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2012 – 2020 годы» (госрегистрация № 0761-2018-003, № ААА-А18-118042090039-1; № 0761-2019-0005, № ААА-А19-119040290046-2), проектами Российского научного фонда № 16-16-10048 и № 20-16-00078, целью которых явилось: изучение эффективности комплексного применения биологически активных веществ различной природы: биогенной (антибиотики (АБ)) и абиогенной (ультрадисперсные частицы  $\text{Cu}$  (УДЧ  $\text{Cu}$ ), вещества ингибиторы «кворум сенсинга» (ВИКС)), в рационах цыплят-бройлеров на фоне энзимсодержащей диеты.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Охарактеризовать действие биогенных и абиогенных веществ в комплексе с мультиэнзимной композицией (МЭ) на рост, продуктивность и обмен веществ цыплят-бройлеров

2. Оценить морфо-биохимический состав крови цыплят-бройлеров на фоне использования исследуемых композиций.

3. Изучить влияние биологически активных веществ в сочетании с МЭ на особенности элементного состава тела цыплят-бройлеров.

4. Исследовать действие изучаемых комплексов на качественные и количественный состав микробиома слепой кишки цыплят-бройлеров.

5. Провести производственную проверку полученных результатов в условиях научно-хозяйственного эксперимента.

**Научная новизна.** Впервые посредством комплексного подхода была произведена оценка инновационных стимуляторов роста цыплят-бройлеров ВИКС в сочетании с МЭ.

Впервые описаны биологическое действие ВИКС в комплексе с МЭ на метаболизм и продуктивность цыплят-бройлеров. Установлена особенность их влияния на элементный состав биосубстратов цыплят-бройлеров.

Впервые изучен качественный и количественный состав микробиома слепой кишки цыплят-бройлеров под действием комплекса веществ на основе УДЧ  $\text{Cu}$ , ВИКС в сочетании с энзимсодержащим рационом.

Впервые предложен способ повышения продуктивности цыплят-бройлеров, через использование комплекса: ВИКС и МЭ (RU 2771971).

**Теоретическая значимость работы.** В работе установлены и теоретически обоснованы продуктивные эффекты безопасных и эффективных аналогов кормовых АБ на основе проявления синергизма действия комплекса ВИКС с антибиотическими свойствами и МЭ. Получено экспериментальное подтверждение разработанной гипотезы и предложено решение по совместному применению исследуемых добавок, как новый способ повышения продуктивности цыплят-бройлеров.

**Практическая значимость работы** опосредована данными, которые могут быть использованы при формировании систем кормления цыплят-бройлеров и оптимизации процессов пищеварения.

Введение в рацион цыплят-бройлеров биологически активных веществ абиогенной и биогенной природы позволяет добиться высокого уровня продуктивности и рентабельности благодаря возникновению комплекса причинно-следственных связей: реорганизации кишечного микробиома, улучшению переваримости, активизации метаболизма цыплят-бройлеров. Полученные результаты могут стать научно-обоснованным фундаментом отказа от кормовых АБ без экономических и технологических последствий.

**Методология и методы исследования.** В ходе исследований, для решения поставленных экспериментальных задач применялись унифицированные биохимические, физиологические и зоотехнические методы исследования на современном оборудовании.

Полученные данные были обработаны с использованием общепринятых методик при помощи программного пакета «Statistica 12.» («StatSoft Inc.», USA).

**Положения, выносимые на защиту:**

- Эффективность действия МЭ зависит от присутствия биологически активных веществ;

- Актуальные биологически активные вещества с антибиотическими свойствами в сочетании с МЭ способны заменить кормовые АБ в рационах цыплят-бройлеров с целью предотвращения антибиотикорезистентности с сохранением должной эффективности;

- Введение в рацион цыплят-бройлеров исследуемых комплексов на фоне энзимсодержащей диеты улучшает параметры продуктивности и характеристики обмена веществ.

**Степень достоверности и апробации работы.** Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы фактическими данными. Подготовка, биометрический анализ и интерпретация полученных результатов проведены с использованием современных методов обработки информации и статистического анализа. Основные положения работы доложены и обсуждены на расширенном заседании научных сотрудников и специалистов центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» и отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов имени профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук». Результаты научной работы доложены на научно-практических конференциях: Международная научно-практическая конференция «Нанотехнологии в сельском хозяйстве: перспективы и риски» (Оренбург, 26–27 сентября 2018 г.); Российская научно-практическая конференция с международным участием

«Фундаментальные основы технологического развития сельского хозяйства» (Оренбург, 24–25 октября 2019 г.); V Международная научно-практическая конференция «Биоэлементы» (фундаментальные основы и практический опыт применения биоэлементов в медицине, пищевой промышленности, экологии и сельском хозяйстве) (г. Оренбург, 12–13 мая 2021 г.); VII Международная научная конференция «Актуальные проблемы биологии в животноводстве», посвященной 60-летию ВНИИФБиП, (г. Боровск, 18-19 мая 2021 г.); IV научно-практическая конференция с международным участием «Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы» (г. Вологда, 3-4 июня, 2021 г.); IX Международная научно-практическая конференция «Биотехнология: наука и практика» (г. Ялта, 20-24 сентября, 2021 г.); 3-я Международная научно-практическая конференция «Молекулярно-генетические технологии анализа экспрессии генов продуктивности и устойчивости к заболеваниям животных» (г. Москва, 30 сентября 2021 г.); Ежегодная конференция Американского и Канадского общества наук о животных (2021 ASAS-CSAS-SSASAS Annual Meeting & Trade Show; Луисвилл, Кентукки, 14-17 июля, 2021).

**Публикация материалов исследований.** Основные результаты, выводы и рекомендации диссертационного исследования представлены в 16 научных работах, из них 5 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 5 в изданиях, индексируемых в базах Web of Science и Scopus, получен 1 патент Российской Федерации на изобретение.

**Реализация результатов исследований.** Результаты исследований внедрены в производство ЗАО «Птицефабрика Оренбургская» и в учебный процесс при подготовке специалистов по направлению «Зоотехния».

**Объем и структура работы.** Диссертация изложена на 151 странице компьютерной верстки, состоит из введения, обзора литературы, главы с описанием материалов и методов исследований, глав собственных исследований, обсуждения полученных результатов, выводов, предложений производству. Содержит 23 таблицы, 13 рисунков. Список использованной литературы включает 307 источников, в том числе зарубежных авторов - 271.

## 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования были проведены в период 2018-2021 гг., на базе центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» и отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. профессора С.Г. Леушина Федерального государственного научного учреждения «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (ФНЦ БСТ РАН). Результаты исследований были апробированы в производственных условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская» Оренбургской области. Общая схема исследований представлена на рисунке 1.

Лабораторные исследования осуществлялись с использованием материально-технической базы Центра коллективного пользования биологических систем и агротехнологий РАН (ЦКП ФНЦ БСТ РАН) (<https://ckp-rf.ru/ckp/77384/>). Для проведения экспериментальных исследований были отобраны суточные цыплята-бройлеры кросса Арбор Айкрес (ЗАО «Птицефабрика Оренбургская, [www.pfo56.ru](http://www.pfo56.ru)) и методом групп-аналогов (ВНИТИП, 2010) сформированы группы (n=35). Основной

рацион (ОР) составлен в соответствии с возрастом в рамках рекомендаций ВНИТИП (Фисинин В.И. и Егоров И. А., 2015). За основу рациона была взята пшенично-кукурузно-ячменная кормосмесь с содержанием обменной энергии 12,95 - 13,11 МДж/ кг.

|                                                                                                                |                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Эффективность использования биогенных и абиогенных веществ в составе энзимсодержащего рациона цыплят-бройлеров |                                                                                                                  |
| Оценка эффективности применения ферментных и антибиотических веществ в составе рациона                         | Оценка влияния УДЧ Су и веществ ингибиторов «кворум сенсинга» на продуктивность и обмен веществ цыплят-бройлеров |
| Рост и продуктивные показатели                                                                                 |                                                                                                                  |
| Морфологические и биохимические показатели сыворотки крови                                                     |                                                                                                                  |
| Переваримость питательных веществ рациона                                                                      |                                                                                                                  |
| Химический состав тканей тела                                                                                  |                                                                                                                  |
| Обмен энергии                                                                                                  |                                                                                                                  |
| Особенности межклеточного обмена                                                                               |                                                                                                                  |
| Особенности элементного состава тканей тела                                                                    |                                                                                                                  |
| Качественный и количественный состав микробиома слепой кишки                                                   |                                                                                                                  |
| Научно-производственный эксперимент                                                                            |                                                                                                                  |

Рисунок 1 – Общая схема исследований по оценке эффективности использования биогенных и абиогенных веществ в составе энзимсодержащего рациона цыплят-бройлеров.

Целью первого этапа исследований являлась сравнительная оценка эффективности применения биогенных веществ с антибиотической и мультиэнзимной активностью в рационах цыплят-бройлеров (таблица 1).

Таблица 1 - Схема первого эксперимента

| Группы      | Характеристика групп      |                                     |
|-------------|---------------------------|-------------------------------------|
|             | Период эксперимента, сут. |                                     |
|             | подготовительный 1-6      | учетный 7-42                        |
| Контрольная | ОР                        | ОР                                  |
| I опытная   |                           | ОР+ МЭ <sup>а</sup>                 |
| II опытная  |                           | ОР+АБ <sup>б</sup>                  |
| III опытная |                           | ОР+МЭ <sup>а</sup> +АБ <sup>б</sup> |

Примечание: а - МЭ - Акстра ХАР 102 ТРТ (ООО «Данзим», Россия), в дозе 0,5 мг/кг корма; состав: эндо-1,4-бета-ксилаза (4000 ед/г), альфа-амилаза (400 ед/г), субтилизин (8000 ед/г); продуценты: *Bacillus subtilis*, *Trichoderma reesei* и *Bacillus licheniformis*.

б - АБ - Биовит 80 (ООО «МИРАГРО», Россия), в дозе 10 г/кг корма; состав: 80 мг хлортетрациклина, 8 мкг витамина В<sub>12</sub>.

На основании результатов первого экспериментального исследования, с целью оценки действия биологически активных веществ абиогенного происхождения, с

одной стороны, потенцирующих действие МЭ, с другой - выступающих в роли эффективной альтернативы АБ, был проведен второй эксперимент (таблица 2).

Таблица 2 - Схема второго эксперимента

| Группы      | Характеристика групп      |                                                             |
|-------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------|
|             | Период эксперимента, сут. |                                                             |
|             | подготовительный 1-6      | учетный 7-42                                                |
| Контрольная | ОР                        | ОР                                                          |
| I опытная   |                           | ОР+ МЭ <sup>а</sup>                                         |
| II опытная  |                           | ОР+ УДЧ Cu <sup>с</sup> +ВИКС <sup>д</sup>                  |
| III опытная |                           | ОР+МЭ <sup>а</sup> + УДЧ Cu <sup>с</sup>                    |
| IV опытная  |                           | ОР+МЭ <sup>а</sup> +ВИКС <sup>д</sup>                       |
| V опытная   |                           | ОР+МЭ <sup>а</sup> + УДЧ Cu <sup>с</sup> +ВИКС <sup>д</sup> |

Примечание: а - МЭ - Акстра ХАР 102 ТРТ (ООО «Данзим», Россия), в дозе 0,5 мг/кг корма; состав: эндо-1,4-бета-ксилаза (4000 ед/г), альфа-амилаза (400 ед/г), субтилизин (8000 ед/г); продуценты: *Bacillus subtilis*, *Trichoderma reesei* и *Bacillus licheniformis*.

с - УДЧ Cu (ООО «Платина» (Москва); Cu: 99,7%; гидродинамический радиус: 127±24,3 нм; Z-потенциал, 31±0,1 мВ) в дозе 1,7 мг/кг корма (Сизова Е.А., 2018).

д - транс-коричный альдегид («Sigma-Aldrich», Китай) в дозе 0,8 мг/кг живой массы и 7,8 – дигидрокси-4-метилкумарин («Sigma-Aldrich», Китай) - 0,5 мг/кг живой массы (Дускаев Г.К., 2020; Дерябин Д.Г., 2019).

Используемая композиция ВИКС представляет собой комплекс малых регуляторных молекул, аналог веществ растительного происхождения (Дерябин Д.Г., 2019; Дускаев Г.К., 2019, 2020).

В ходе экспериментальных исследований проводилась оценка роста и цыплят-бройлеров, путем ежесуточных индивидуальных взвешиваний с последующим расчетом среднесуточного прироста. Ежедневно вели учет поедаемости и сохранности.

В ходе балансовых физиологических опытов определили переваримость питательных веществ рациона по методикам ВНИТИП (Фисинин В.И. и др., 2010). Исходя из результатов ежесуточного учета массы помета, производили расчет потерь веществ с установлением усвоенного количества корма. Послеубойную анатомическую разделку тушек и оценку химического состава осуществляли по методике ВНИТИП (Фисинин В.И. и др., 2010).

Определение физико-химического состава помета, кормов и тканей тела бройлеров выполняли в соответствии со стандартизированными методиками: ГОСТ 31640-2012, ГОСТ 32044.1.2012, ГОСТ 13496.15-97, ГОСТ 51479-99, ГОСТ 23042-86, ГОСТ 25011-81, ГОСТ Р 53642-2009 на базе ЦКП ФНЦ БСТ РАН (<https://ckp-rf.ru/ckp/77384/>).

Элементный состав биосубстратов и комбикормов, который включал определение 25 химических элементов (Ca, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Ni, As, Cr, K, Na, P, Zn, I, V, Co, Se, Al, B, Cd, Pb, Hg, Sn, Si, Sr) анализировали с использованием методов атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии на оборудовании ELAN DRC-e 9000 (Perkin Elmer, USA) в институте химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева, Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» г. Апатиты. Озоление биосубстратов было проведено с использованием микроволновой системы разложения Berghof SW 4 (Berhof, Germany).



Морфологические показатели крови были определены при помощи гематологического анализатора URIT-2900 Vet Plus, (URIT Medial Electronic Co., Китай), биохимические исследовались на анализаторе CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd», Китай) с использованием наборов ДиаВетТест (Россия). Для лабораторных исследований отбирались образцы от 10 голов из каждой группы.

Анализ микробиома слепой кишки цыплят-бройлеров проведен на базе Центра коллективного пользования «Персистенция микроорганизмов» Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза Уральского отделения Российской академии наук (<https://ckp-rf.ru/ckp/351815/>). Для определения таксономического состава образцы полостного содержимого помещали в стерильные микропробирки. Далее производили выделение и очищение ДНК с последующим построением спектров оптической плотности и анализа чистоты препарата (по OD260/OD280) при помощи спектрофотометра NanoDrop («Thermo Scientific», США), для определения концентрации (нг/мкл) - флуориметра Qubit 2.0 («Invitrogen/Life Technologies», США). Анализ проводился методом метагеномного секвенирования (Illumina MiSeq, «Illumina», США) с набором реагентов MiSeq® Reagent Kit v3 (600 cycle). Последующая биоинформатическая обработка результатов производилась посредством программы PEAR (Pair-End AssembleR, PEAR v0.9.8). Фильтрация, дупликация, удаление химерных последовательностей, кластеризация, сортировка (отсечка синглетонов), удаление контаминации осуществлялась в программе USEARCH.

Статистическая обработка экспериментальных данных была проведена с применением программного пакета «Statistica 12.» («StatSoft Inc.», USA) и «Microsoft Excel». Проверка на нормальность распределения данных проводилась с использованием критерия согласия Колмогорова-Смирнова. С целью оценки статистической значимости был использован параметрический t- критерий Стьюдента независимых групп.

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

#### **3.1 Результаты I эксперимента по оценке эффективности применения ферментных и антибиотических веществ в составе рациона цыплят-бройлеров**

##### **3.1.1 Рост и продуктивные качества цыплят-бройлеров**

В ходе исследований выявлено, что отдельное введение как АБ, так и МЭ, стимулирует прирост живой массы на протяжении всего экспериментального периода. В частности, исследуемые факторы приводили к увеличению роста цыплят к концу эксперимента с разницей по живой массе с контролем при введении АБ на 19,2 % ( $P \leq 0,05$ ), МЭ - 13,7 % ( $P \leq 0,05$ ). При этом, затраты корма на 1 кг прироста живой массы в группе скормливания МЭ были снижены на 7,3 % в сравнении с контролем.

##### **3.1.2 Морфо-биохимические показатели крови**

Применяемые в эксперименте вещества (МЭ и АБ) приводили к метаболическим изменениям в организме цыплят-бройлеров, что выражалось трансформацией состава крови птицы. Скормливание МЭ сопровождалось стимулированием эритропоэза, что обеспечивает увеличение количества эритроцитов и гемоглобина на 5,3 % ( $p \leq 0,05$ ), и 1,48 % ( $p \leq 0,05$ ) по отношению к контролю.

Использование в рационе МЭ обеспечивало снижение основных показателей липидного обмена холестерина и триглицеридов на 9,6 % ( $p \leq 0,05$ ) и 35,5 % ( $p \leq 0,05$ ) соответственно по сравнению с контролем. В свою очередь, введение АБ приводило к увеличению триглицеридов на 35,5 % ( $p \leq 0,05$ ) и холестерина. Метаболиты белкового обмена имели общую тенденцию к повышению в опытных группах, так уровень общего белка возрастал в I опытной группе на 4,3 % ( $p \leq 0,05$ ), во II на 10,7 %, с одновременным повышением концентрации мочевины в I группе на 14,6 % ( $p \leq 0,05$ ), во II на 12,2 % ( $p \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем. Анализ ферментативной активности крови, выявил тенденцию увеличения  $\alpha$ -амилазы на фоне снижения липазы и р-амилазы во всех опытных группах. Кальций, магний и фосфор, как показатели минерального обмена, увеличивались при добавлении МЭ на 2,1% ( $p \leq 0,05$ ), 3,6 % ( $p \leq 0,05$ ), 3,96 % ( $p \leq 0,05$ ), соответственно относительно контроля.

### 3.1.3 Переваримость питательных веществ корма

В эксперименте установлено, что переваримость компонентов рациона в опытных группах была выше контрольной. Однако, межгрупповые различия были значимы в большей степени при отдельном скармливании как МЭ, так и АБ. Совместное потребление указанных веществ определило минимальную разницу с контролем (таблица 3). Ожидается, введение МЭ повышало коэффициент переваримости сырого протеина, сырой клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) на 5,53 % ( $P \leq 0,05$ ), 2,72 % ( $P \leq 0,01$ ) и 2,3 % ( $P \leq 0,01$ ) соответственно, относительно группы контроля.

Закономерно, действие энзимных компонентов, таких как ксиланаза оказывает влияние на арабиноксиланы, высвобождая инкапсулированные питательные вещества, содержащиеся в пшенице и ячмене.

Таблица 3 - Коэффициенты переваримости питательных веществ ростового рациона, % ( $M \pm m$ )

| Группа      | Органическое вещество | Сырой жир                     | Сырой протеин                | Сырая клетчатка               | БЭВ                          |
|-------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Контрольная | 70,6 $\pm$ 0,47       | 81,98 $\pm$ 0,26              | 68,57 $\pm$ 0,45             | 18,21 $\pm$ 1,62              | 74,18 $\pm$ 0,51             |
| I опытная   | 71,29 $\pm$ 0,91      | 82,37 $\pm$ 0,48              | 74,1 $\pm$ 0,57 <sup>a</sup> | 20,93 $\pm$ 0,45 <sup>a</sup> | 76,48 $\pm$ 0,7 <sup>b</sup> |
| II опытная  | 70,97 $\pm$ 0,67      | 84,53 $\pm$ 0,40 <sup>b</sup> | 72,31 $\pm$ 0,70             | 19,03 $\pm$ 1,83              | 73,89 $\pm$ 0,60             |
| III опытная | 71,44 $\pm$ 0,73      | 83,37 $\pm$ 0,43 <sup>a</sup> | 71,66 $\pm$ 0,73             | 19,97 $\pm$ 0,96              | 74,32 $\pm$ 0,66             |

Примечание: <sup>a</sup> -  $P \leq 0,05$ ; <sup>b</sup> -  $P \leq 0,01$ , при сравнении контрольной и опытных групп

Протеаза, действуя на запасные белки, улучшает усвояемость аминокислот, доступность крахмала и нивелирует действие ингибиторов трипсина (Dupont, 2014). Во II и III группах коэффициент переваримости сырого жира превысил аналогичный показатель в контроле на 2,55 % ( $P \leq 0,01$ ) и на 1,39 % ( $P \leq 0,05$ ). Переваримость сырой клетчатки и сырого протеина в данных группах имели незначительную тенденцию к повышению в сравнении с контролем.

### 3.1.4 Химический состав тканей тела цыплят-бройлеров

Высокие показатели переваримости обеспечили ряд особенностей химического состава тела. Так, отдельное скармливание МЭ (I группа) и АБ (II группа) приводило к увеличению концентрации протеина. Применение АБ, как отдельно, так в и

комплексе с МЭ (III группа) повышало уровень жира в теле, о чем свидетельствовало изменение его концентрации во II опытной группе на 2,1 % ( $P \leq 0,05$ ), в III группе на 3,8 % ( $P \leq 0,05$ ). Аналогичная ситуация прослеживалась в отношении сухого вещества. Так, концентрация данного показателя во II группе составила 29,7 %, в III – 30 %, в контрольной - 26,8 %.

Анализируя абсолютное содержание химических веществ в отдельных биосубстратах отметим увеличение содержания протеина в мышцах в I и II группах на 24,4 % ( $P \leq 0,05$ ) и 30,5 % ( $P \leq 0,05$ ) в сравнение с контролем. При этом, применение АБ, отдельно и в комплексе с МЭ, приводило к накоплению жира в мышцах, о чем свидетельствовало увеличение данного показателя во II и III группах.

### **3.1.5 Баланс энергии в организме цыплят-бройлеров**

Установлено, что бройлеры всех опытных групп эффективнее использовали энергию корма в сравнении с контролем. В частности, в теле птицы II опытной группы, получавшей АБ, за экспериментальный период отложилось 14,56 МДж/гол чистой энергии, что составило 25,83 % от валовой энергии, поступившей с кормом и на 28,9 % выше показателей группы контроля.

При скормливании МЭ (I группа), доля чистой энергии от валовой составила 25,09 %. В I опытной группе наблюдалось снижение потерь энергии как с помётом на 2,6 %, так и с теплопродукцией на 2,4 %. Во II опытной группе большая часть поступившей энергии в тело подопытной птицы, расходовалась на теплопродукцию, на фоне наименьшей потери энергии с помётом.

### **3.1.6 Особенности межуточного обмена**

В рамках исследования эффективности межуточного обмена, было установлено, при общем уровне обменной энергии сверхподдержания в контроле 19,97 МДж/гол, в опытных группах он составил в I – 23,04 МДж/гол, II -25,27 МДж/гол, III - 20,95 МДж/гол. Таким образом, введение АБ способствовало повышению обменной энергии сверхподдержания. Коэффициент соответствия был максимальным в I группе, разница с контролем составила 2,3 %. При этом, во II группе данный показатель был снижен относительно контроля на 2,32 %.

Одновременно с этим, коэффициент полезного использования обменной энергии оказался максимальным в I группе – 0,59, в остальных опытных группах находился в диапазоне 0,57-0,58 против 0,56 в контрольной.

Однако, если рассматривать сбалансированность кормления по соотношению усвоенных нутриентов корма к желательному составу метаболитов, скормливание МЭ является более эффективной стратегией на основании увеличения не только обменной энергии сверхподдержания, но и коэффициентов соответствия и полезного использования обменной энергии.

Таким образом, опираясь на полученные результаты по оценке роста, переваримости кормов, уровню метаболитов, использование АБ в энзимсодержащих рационах цыплят-бройлеров менее эффективно, по сравнению с отдельным применением МЭ и АБ, что побуждает на поиск альтернативных антибиотикам веществ, на фоне актуализации проблемы антибиотикорезистентности и популяризации стратегии отказа от кормовых антибиотиков.

## 3.2 Результаты II эксперимента по оценке эффективности влияния УДЧ Cu и веществ ингибиторов «кворум сенсинга» на продуктивность и обмен веществ цыплят-бройлеров

### 3.2.1 Рост и продуктивные качества цыплят-бройлеров

Использование в рационе веществ биогенного и абиогенного происхождения сопровождалось изменением роста цыплят-бройлеров (рис. 2).

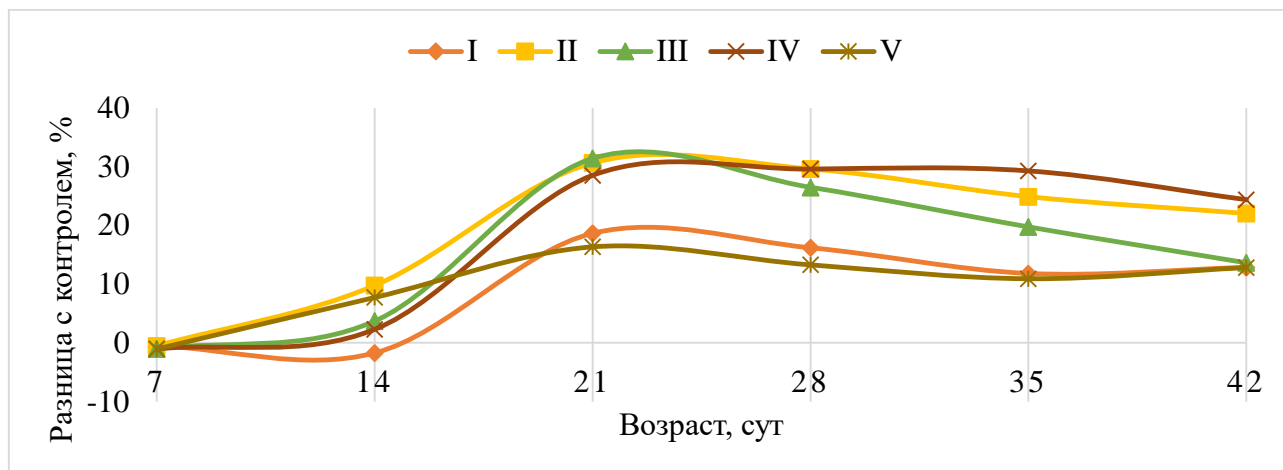


Рисунок 2 - Разница по живой массе между опытными и контрольной группами, %

Максимальный ростостимулирующий эффект был отмечен при введении комплекса МЭ и ВИКС (IV группа), разница с контролем составила 24,21 % ( $P \leq 0,001$ ), при сравнении с группой, получавшей только МЭ (I группа) разница составила 9,3%. Скармливание комплекса УДЧ Cu и ВИКС (II группа) обеспечило схожую динамику в первые три недели эксперимента, с последующим спадом интенсивности роста и разницей с контролем к концу эксперимента – 22,05 % ( $P \leq 0,05$ ). Животные остальных групп (III, V), имели схожую тенденцию роста, и разница с контролем в конце эксперимента находилась в пределах 12,8-13,8 %.

Таким образом, высокая продуктивность определена введением как МЭ, так и биологически активных веществ (ВИКС и УДЧ Cu). Следовательно, сочетание веществ УДЧ+ВИКС, аналогично действию ферментам, а введение ВИКС в энзимсодержащий рацион может стать альтернативой антибиотической добавки.

### 3.2.2 Биохимический состав сыворотки крови цыплят-бройлеров

Согласно результатам анализа биохимических показателей сыворотки, уровень общего белка превышал контрольные значения в I группе на 3,7 % ( $P \leq 0,05$ ), во II на 9,2 % ( $P \leq 0,05$ ) и в V на 5,9 % ( $P \leq 0,05$ ). Концентрация альбумина имела тенденцию к повышению в I и III опытных группах. Уровень мочевины превышал контрольное значение в I и II опытных группах на 14,3 % ( $P \leq 0,05$ ), в IV группе на 28,57 % ( $P \leq 0,05$ ). Изменения показателей липидного обмена отражались увеличением холестерина во II опытной группе на 17,89 % ( $P \leq 0,01$ ), и снижением концентрации триглицеридов на 25,6 % ( $P \leq 0,05$ ) во II группе, на 16,9 % ( $P \leq 0,05$ ), в V и на 30,6 % ( $P \leq 0,01$ ), в VI, по сравнению с контролем.

В ходе оценки ферментов сыворотки крови было выявлено увеличение активности  $\alpha$ -амилазы во II группе на 4,1 % ( $P \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем. Во II и

IV группах было отмечено снижение липазы на 29,3 % ( $P \leq 0,05$ ) и 29,2 % ( $P \leq 0,05$ ) соответственно.

Применение МЭ в комплексе с УДЧ Си приводило к снижению активности АЛТ на 10,6 % ( $P \leq 0,05$ ), в комплексе с УДЧ Си на 11,5 % ( $P \leq 0,05$ ), и с ВИКС и УДЧ Си на 19,7 % ( $P \leq 0,05$ ) в сравнении контролем.

Среди показателей водно-электролитного обмена, отметим снижения уровня Mg во II группе на 11,96 % ( $P \leq 0,05$ ) по отношению к контролю.

Статистически значимые изменения концентрации Ca в сторону увеличения наблюдались в IV группе, разница с контролем 2,24 % ( $P \leq 0,05$ ). Уровень P в III группе был выше на 10,5 % ( $P \leq 0,05$ ) по отношению к контрольным значениям.

### 3.2.3 Переваримость питательных веществ рациона

Результаты показывают, что внесение в рацион как МЭ отдельно, так и в комплексе с биологически активными веществами улучшало переваримость компонентов корма. Так, применение комплекса ВИКС в сочетании с УДЧ Си (II группа) способствовало увеличению переваримости сырого протеина на 5,77 % ( $P \leq 0,05$ ), БЭВ на 4,11 % ( $P \leq 0,01$ ) в сравнение с контролем (таблица 4). Совместное использование ВИКС и МЭ (IV группа) улучшало переваримость сырой клетчатки на 2,74 % ( $P \leq 0,05$ ). Помимо этого, коэффициент переваримости сырого протеина и БЭВ в IV группе был выше на 4,25 % ( $P \leq 0,05$ ) и 3,26 % ( $P \leq 0,01$ ) по отношению к группе контроля.

Таблица 4 – Коэффициенты переваримости питательных веществ корма, % ( $M \pm m$ )

| Группа      | Органическое вещество   | Сырой жир               | Сырой протеин           | Сырая клетчатка         | БЭВ                     |
|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Контрольная | 70,57±0,62              | 82,41±0,37              | 68,69±0,66              | 18,19±1,71              | 74,21±0,54              |
| I опытная   | 71,34±0,92              | 82,44±0,56              | 71,16±0,84 <sup>a</sup> | 20,06±0,55 <sup>a</sup> | 75,52±0,85              |
| II опытная  | 75,52±1,11 <sup>b</sup> | 85,43±0,66 <sup>c</sup> | 74,46±1,16 <sup>b</sup> | 19,71±3,02              | 78,32±0,99 <sup>b</sup> |
| III опытная | 73,16±0,67              | 84,41±0,39 <sup>b</sup> | 72,25±0,70              | 23,94±1,91 <sup>a</sup> | 76,15±0,60 <sup>b</sup> |
| IV опытная  | 73,35±0,82              | 81,92±0,55              | 72,94±0,83 <sup>a</sup> | 20,93±0,59 <sup>a</sup> | 77,47±0,70 <sup>b</sup> |
| V опытная   | 70,52±1,56              | 84,67±0,81 <sup>b</sup> | 70,12±1,59              | 17,78±1,44              | 73,54±1,23              |

Примечание: <sup>a</sup> -  $P \leq 0,05$ ; <sup>b</sup> -  $P \leq 0,01$ ; <sup>c</sup> -  $P \leq 0,001$  при сравнении контрольной и опытных групп

У бройлеров V группы, степень использования такого нутриента, как сырая клетчатка, имела тенденцию к снижению –17,78 % против контрольных 18,19 %. В IV группе аналогичная динамика наблюдалась в отношении сырого жира.

### 3.2.4 Химический состав тканей тела

Совместное введение УДЧ Си и ВИКС (II группа) изменяло концентрацию жира в теле в сторону увеличения на 2,2 % ( $P \leq 0,01$ ) по отношению к контролю (таблица 5). В V опытной группе разница по жиру составила 1,9 % ( $P \leq 0,01$ ) с одновременным увеличением уровня протеина в сравнение с контрольными значениями. По концентрации сухого вещества, статистически значимые различия по отношению к контролю были зафиксированы также во II и V опытных группах.

При сочетанном введении МЭ и УДЧ Си (III группа) было отмечено увеличение концентрации протеина. Максимальная разница по содержанию протеина была

зафиксирована в IV опытной группе, совместного введения МЭ и ВИКС, и составила 1,2 % ( $P \leq 0,001$ ) в сравнении с контрольными значениями.

Таблица 5 – Химический состав тела цыплят-бройлеров, % ( $M \pm m$ )

| Показатель  | Сухое вещество         | Протеин                | Жир                    |
|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Контрольная | 26,7±0,49              | 16,9±0,12              | 7,9±0,75               |
| I опытная   | 28,9±0,86              | 17,4±0,09 <sup>a</sup> | 9,4±0,81               |
| II опытная  | 29,0±0,28 <sup>a</sup> | 16,8±0,11              | 10,1±0,33 <sup>b</sup> |
| III опытная | 27,7±0,23              | 17,4±0,18 <sup>a</sup> | 9,0±0,15               |
| IV опытная  | 27,0±0,19              | 18,1±0,01 <sup>c</sup> | 7,9±0,50               |
| V опытная   | 29,1±0,56 <sup>a</sup> | 17,2±0,11 <sup>a</sup> | 9,8±0,45 <sup>b</sup>  |

Примечание: <sup>a</sup> -  $P \leq 0,05$ ; <sup>b</sup> -  $P \leq 0,01$ , <sup>c</sup> -  $P \leq 0,001$  при сравнении контрольной и опытных групп

### 3.2.5 Обмен энергии в организме цыплят-бройлеров

На основании результатов исследования, установлено, что совместное введение ВИКС и МЭ приводило к максимальным значениям чистой энергии прироста. В данной группе этот показатель был равен 13,86 МДж/гол, что составило 26,14 % от объёма валовой энергии корма, против контрольных – 11,28 МДж/гол. Во III и V группах значения чистой энергии прироста находились практически на одном уровне и составили – 12,74 МДж/гол и 12,65 МДж/гол, что на 12,9 % и 12,1 % соответственно выше группы контроля. При введении УДЧ Си в комплексе с ВИКС, разница чистой энергии прироста в сравнении с контрольными значениями составила 18,6 %.

Анализируя полученные данные, стоит отметить, цыплята-бройлеры опытных групп лучше использовали энергию корма, для формирования продуктивности. В контрольной группе показатель энергии прироста был минимальным среди всех групп, потери энергии с пометом составили 33,21 % ВЭ, и выделение энергии с теплопродукцией 43,47 % ВЭ. Для III и V опытных группах были характерны минимальные потери энергии с пометом, с одновременной компенсацией потерь энергии с теплопродукцией. Комплекс веществ МЭ + ВИКС приводит к увеличению обменной энергии с одновременным снижением потерь энергии с пометом и с теплопродукцией, что влечёт за собой максимально эффективное использование энергии корма. Экспериментально доказано, что такие вещества как МЭ, ВИКС, УДЧ Си влияют на интенсивность пищеварительных процессов, что отражается на процессе обмена энергии в организме подопытной птицы, обеспечивая наилучшую переваримость и всасывание.

### 3.2.6 Особенности элементного состава тканей тела цыплят-бройлеров

При введении в рацион комплекса УДЧ Си и ВИКС (II группа) растёт концентрация в тканях тела кальция на 8,53 % ( $P \leq 0,05$ ), железа на 7,11 % ( $P \leq 0,05$ ), меди на 7,27 % ( $P \leq 0,01$ ), при одновременном снижении цинка на 5,72 % ( $P \leq 0,01$ ), кадмия на 15,57 % ( $P \leq 0,05$ ), марганца на 19,42 % ( $P \leq 0,05$ ) и кобальта на 23,62 % ( $P \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем (рисунок 9).

Комплекс МЭ и УДЧ Си (III группа), введённый в рацион бройлеров, способствовал увеличению концентрации кальция на 31,3 % ( $P \leq 0,05$ ), кремния на 22,73 % ( $P \leq 0,01$ ), железа на 11,16 % ( $P \leq 0,05$ ), магния на 10,69 % ( $P \leq 0,05$ ), на фоне

снижения кобальта на 14,75 % ( $P \leq 0,001$ ), марганца на 19,87 % ( $P \leq 0,05$ ), алюминия 20,29 % ( $P \leq 0,01$ ) и селена на 28,74 % ( $P \leq 0,05$ ) относительно контрольных значений.

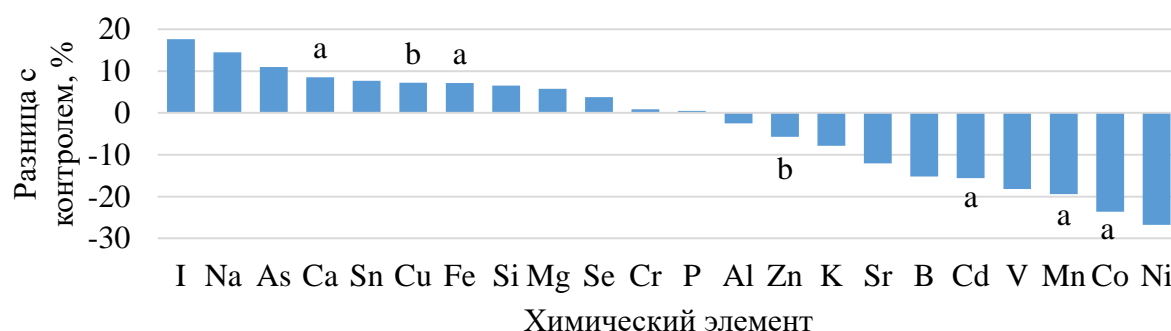


Рисунок 9 – Разница концентрации химических элементов в тканях тела цыплят-бройлеров II опытной группы по отношению к контрольной (возраст 42 суток), % ( $a - P \leq 0,05$ ;  $b - P \leq 0,01$  при сравнении контрольной и опытных групп)

Если обобщить перечисленные изменения концентрации химических элементов, то МП для данной группы:

$$\text{МП (III гр (УДЧ Cu + МЭ))} = \frac{\uparrow \text{Na, Ca, Ni, Si, As, Fe, Mg, Cu, Zn}}{\downarrow \text{Se, Sn, I, Al, Mn, Co, B, V}}$$

Скармливание ВИКС на фоне энзимсодержащего рациона (IV группа) сопровождалось повышением концентрации в тканях железа на 31,18 % ( $P \leq 0,01$ ), кремния на 28,47 % ( $P \leq 0,05$ ), калия 16,39 % ( $P \leq 0,05$ ), фосфора на 16,09 % ( $P \leq 0,05$ ), хрома на 6,68 % ( $P \leq 0,05$ ) в сравнении с контрольными значениями (рисунок 10). При этом, Ni, Se, Co снижались на 11,14 % ( $P \leq 0,05$ ), 16,86 % ( $P \leq 0,01$ ) и 42,16 % ( $P \leq 0,05$ ) соответственно, в сравнении с контролем.

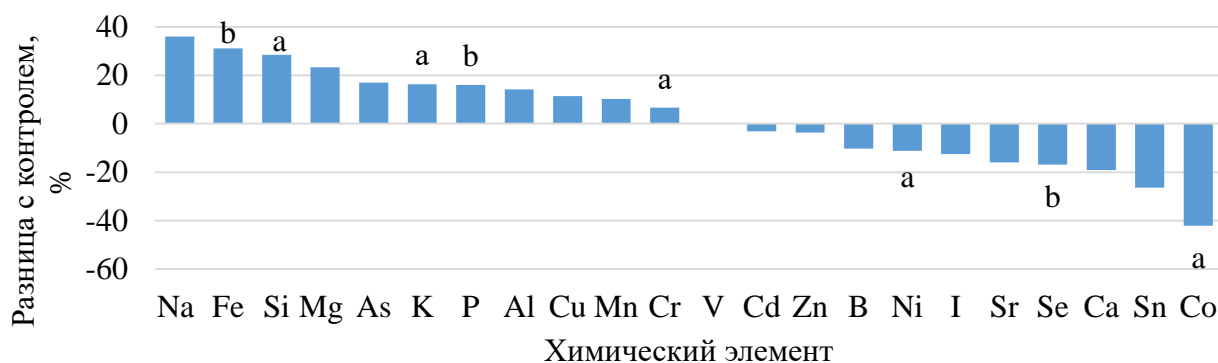


Рисунок 10 – Разница концентрации химических элементов в тканях тела цыплят-бройлеров IV опытной группы по отношению к контрольной (возраст 42 суток), % ( $a - P \leq 0,05$ ;  $b - P \leq 0,01$  при сравнении контрольной и опытных групп)

В ходе анализа элементного состава печени, установлено, увеличение концентрации железа на фоне скармливания МЭ (I группа) в 3,7 раз ( $P \leq 0,05$ ), комплексов МЭ + УДЧ Cu (III группа) в 4,1 раз ( $P \leq 0,05$ ) и МЭ + ВИКС (IV группа) в 3,6 раз ( $P \leq 0,05$ ) по отношению контролю. Концентрация цинка превышала контроль в группе МЭ (I группа) в 3,2 раза ( $P \leq 0,05$ ), в группе МЭ + УДЧ Cu в 3,4 раз ( $P \leq 0,05$ ) и в МЭ + ВИКС (IV группа) в 1,5 раз ( $P \leq 0,001$ ) в сравнении с контрольным значением. Также было установлено снижению концентрации хрома в III группе в 1,5 раза

( $P \leq 0,05$ ), в IV группе – в 3,3 раза ( $P \leq 0,05$ ) и в V группе – в 4,2 раза ( $P \leq 0,05$ ). При скормливании МЭ отмечено увеличение меди в печени на 31,65 %, в теле на 34 % ( $P \leq 0,05$ ) (рисунок 11).

Применение в рационе УДЧ Си совместно с ВИКС приводило к снижению концентрации меди в печени на 11,5 % ( $P \leq 0,05$ ). При этом, введение в рацион УДЧ Си на фоне энзимсодержащего рациона сопровождалось увеличением уровня меди как в печени на 31,65 % ( $P \leq 0,05$ ), так и в теле на 8,7 % ( $P \leq 0,01$ ). Скармливание ВИКС + МЭ приводило к увеличению концентрации меди в печени на 38,53 % ( $P \leq 0,05$ ). Комплексное скормливание МЭ+ВИКС+УДЧ Си сопровождалось увеличением уровня меди в печени в 2,12 раз ( $P \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем.

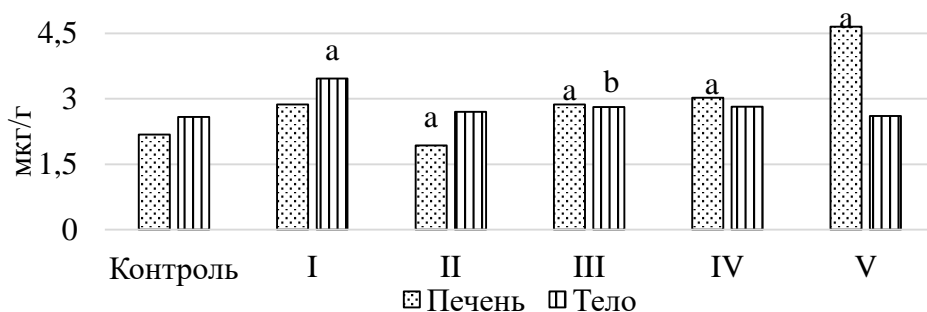


Рисунок 11 - Концентрация Си в биосубстратах цыплят-бройлеров (возраст 42 суток), мкг/г (a -  $P \leq 0,05$ ; b -  $P \leq 0,01$  при сравнении контрольной и опытных групп)

Таким образом, ферменты, в составе рациона, способствуют лучшему усвоению меди и её отложению в печени.

### 3.2.7 Особенности качественного и количественного состава микробиома слепой кишки цыплят-бройлеров

Учитывая тот факт, что ферментация НКП в организме бройлеров происходит в слепой кишке, нами был определен таксономический состав содержимого (рисунок 12, рисунок 13). Так, на уровне филума микробиом был преимущественно схожим во всех опытных группах, за исключением групп с МЭ (I группа) и УДЧ Си+ВИКС (II группа). Во всех опытных группах наблюдалось увеличение количества представителей *Bacteroidetes* и снижение доли *Firmicutes*. При этом, важное диагностическое значение при определении любых метаболических изменений имеет соотношение *Firmicutes/Bacteroidetes* (*F/B*) (Magne F. et al., 2020). Особенно низкие цифры *F/B* были характерны для групп с высокой продуктивностью, УДЧ Си+ВИКС (II группа - 0,36) и МЭ+ВИКС (IV группа - 0,57).

Каждый микроорганизм кодирует ряд ферментов, диссоциирующих определенный набор нутриентов. Любые композиционные изменения приводят к различиям в способности микробного сообщества переваривать сложные углеводы (Segura-Wang M. et al., 2021). Выявленные зависимости увеличения доли представителей филума *Bacteroidetes* с продуктивностью, связаны в первую очередь с вырабатываемыми метаболитами. Так, вырабатываемый *Firmicutes* бутират, в основном служит источником энергии для эпителиальных клеток кишечника (Chen, D.F. et al., 2020). В свою очередь, *Bacteroidetes* в процессе переваривания полисахаридов, способны синтезировать как бутират, так пропионат и ацетат,



устанавливая баланс между устойчивым существованием и получением достаточного количества энергии из доступных нутриентов (Polansky O. et al., 2015).

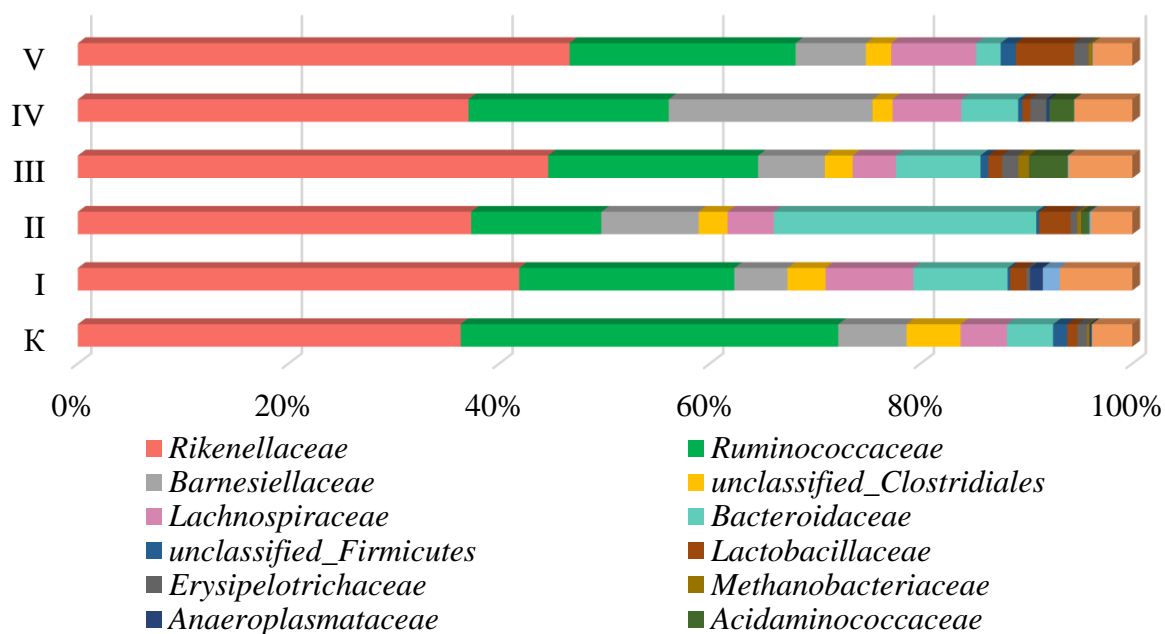


Рисунок 12 - Микробиом слепой кишки цыплят-бройлеров на уровне семейства

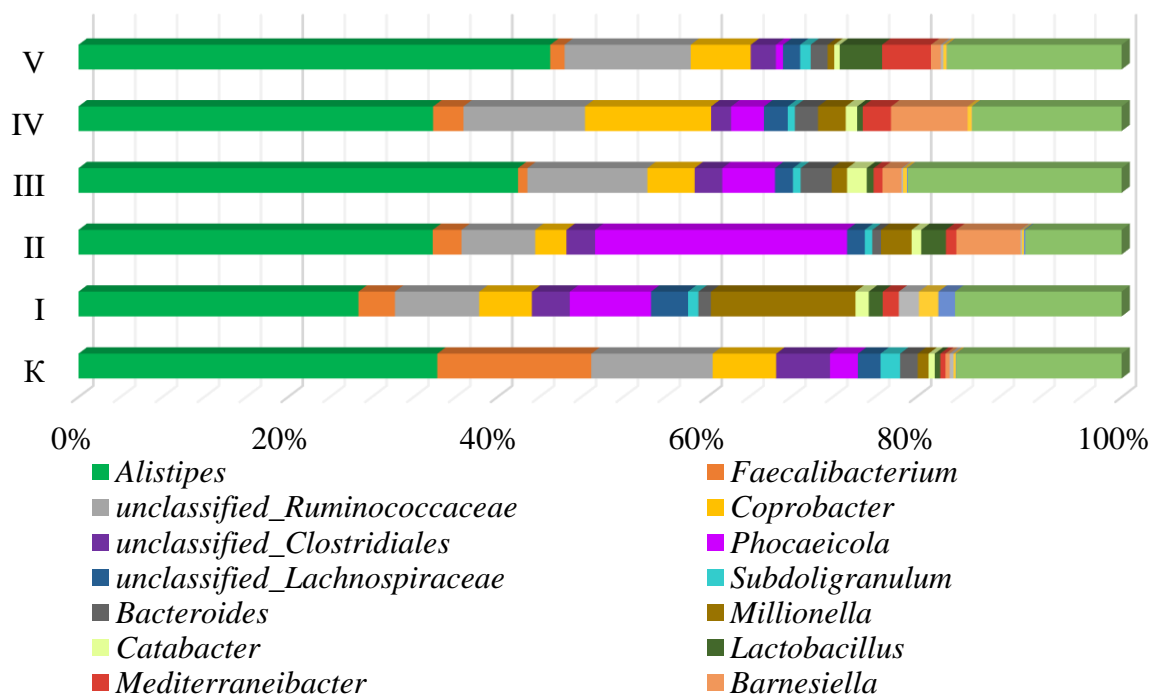


Рисунок 13 - Микробиом слепой кишки цыплят-бройлеров на уровне рода

При введении УДЧ Су и ВИКС отметим появление *Verrucomicrobia* и *Proteobacteria*. В группе применения УДЧ Су совместно с МЭ в кишечном содержимом на уровне семейства в рамках *Bacteroidia*, в сравнении с контрольной группой отметим увеличение семейства *Rikenellaceae* на 22,8 %, *Bacteroidaceae* на 84,3 %, в рамках *Clostridia* соответственное снижение доли *Ruminococcaceae* на 44,4 % (рисунок 12). В IV группе бройлеров, получавших ВИКС на фоне

энзимсодержащей диеты характер изменения таксономического профиля был схожим с III группой относительно контроля. Среди особенностей отметим увеличение представителей родов *Coprobacter*, *Mediterraneibacter*, *Barnesiella* и снижение *Faecalibacterium* в сравнении с контролем. В группе МЭ+ВИКС+УДЧ Су (V группе) были идентифицированы бактерии на уровне рода, не обнаруженных в контроле, такие как, *Mediterraneibacter* (7,58 %), *Lactobacillacillus* (рисунок 13).

Для групп комплексного введения УДЧ Су и ВИКС (II группа), УДЧ Су и МЭ (III группа) и МЭ+ВИКС+УДЧ Су (V группа) характерно появление представителей семейств *Lactobacillaceae*. Подобные изменения предопределили функциональную способность микробного сообщества переваривать нутриенты, в том числе, сложные углеводы.

Таким образом, пластичность микробиома, обеспеченная введением каждого комплекса веществ совместно с компонентами рациона, модулирует таксономический профиль, напрямую стимулируя или ингибируя рост бактерий, что впоследствии прямым образом влияет на эффективность выращивания цыплят-бройлеров.

### 3.2.8 Научно-производственный эксперимент

В процессе производственной проверки, осуществляемой на базе ЗАО «Птицефабрика Оренбургская», в бройлерном цехе проведено испытание комплексного введения МЭ и ВИКС (таблица 6).

Таблица 6 – Экономическая эффективность научно-хозяйственного эксперимента продуктивного действия комплекса мультиэнзимной кормовой добавки и препарата ингибиторов «кворум сенсинга»

| Показатель                                                    | Вариант |       |
|---------------------------------------------------------------|---------|-------|
|                                                               | Базовый | Новый |
| Количество птицы                                              | 600     | 600   |
| Среднесуточный прирост                                        | 51,1    | 53,43 |
| Сохранность, %                                                | 97,8    | 98,2  |
| Срок выращивания, дн                                          | 42      | 42    |
| Расход корма на 1 кг прироста                                 | 1,65    | 1,58  |
| Убойная масса: 1 гол, г                                       | 2196    | 2294  |
| общий, кг                                                     | 1289    | 1351  |
| Убойный выход потрошенной тушки, %                            | 69,9    | 70,3  |
| Масса потрошенной тушки, г                                    | 1535    | 1613  |
| Получено потрошенного мяса, кг                                | 901     | 949   |
| Производственные затраты, всего                               | 84788   | 88718 |
| Себестоимость 1 кг мяса                                       | 94,1    | 93,4  |
| Средняя реализационная цена на 1 кг мяса с субпродуктами, руб | 100     | 100   |
| Общая выручка от реализации, руб                              | 90105   | 94987 |
| Прибыль от реализации мяса, руб                               | 5316    | 6269  |
| Рентабельность, %                                             | 6,3     | 7,1   |

Для проведения исследования было сформировано две группы цыплят по 600 голов в каждой группе. Контрольная группа получала комбикорм (базовый вариант) используемый в производственных условиях, в рацион птицы опытной группы к

базовому комбикорму добавляли МЭ (0,5 мг/кг корма) + ВИКС: транс-коричный альдегид (0,8 мг/кг живой массы) и 7,8 – дигидрокси-4-метилкумарин - (0,5 мг/кг живой массы). В результате проверки был подтвержден продуктивный эффект, полученный ранее.

Анализ производственных расчетов бройлерного производства демонстрирует эффективность предложенного решения, в частности при включении испытуемых препаратов расход корма на 1 кг прироста снизился на 4,2 %. Включение комплекса ВИКС+МЭ в рацион бройлеров сопровождается снижением себестоимости 1 кг мяса на 0,7 руб., что повлекло за собой увеличение прибыли на 17,93 % и соответствовало экономическому эффекту в 0,8 %.

Таким образом, проведенные производственные испытания подтвердили основные результаты лабораторных исследований и доказали экономическую эффективность включения в рацион цыплят-бройлеров комплекса МЭ (0,5 мг/кг корма) и ВИКС: транс-коричный альдегид (0,8 мг/кг живой массы) и 7,8 – дигидрокси-4-метилкумарин - (0,5 мг/кг живой массы). Выявленная комбинация является эффективной альтернативой применения АБ в кормлении цыплят-бройлеров.

#### **4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Из анализа литературных данных и результатов экспериментальных исследований, следует что для интенсификации производства продукции птицеводства с условием соблюдения биобезопасности и высокими показателями сохранности поголовья в связи с низким уровнем естественной резистентности организма цыплят в начальный период выращивания требуется введение новых альтернативных подходов к использованию стимуляторов роста на основании комбинированного воздействия и синергии биоактивных средств различной природы.

1. Раздельное введение как АБ, так и МЭ, стимулирует прирост живой массы на протяжении всего экспериментального периода, с максимальной эффективностью при введении АБ. При этом, их совместное применение не обеспечивает подобный результат. Сочетание МЭ с ВИКС увеличивает продуктивность на 24,7 % относительно контроля и на 9,6 % при сравнении с рационом, содержащим только МЭ. Продуктивный эффект скормливания ВИКС и УДЧ Си достигается без применения МЭ.

2. Анализ химического состава тела и отдельных тканей, показывает, что скормливание МЭ в комплексе с ВИКС способствует синтезу и отложению протеина в теле птиц. Стратегия, подразумевающая сочетание веществ УДЧ Си и ВИКС приводит к отложению жира в составе тела бройлеров.

3. Цыплята-бройлеры всех опытных групп эффективнее использовали энергию корма в сравнении с контролем. При этом, продуктивный эффект в отношении чистой энергии прироста был максимальным в группе с АБ - 14,56 МДж/гол, а при использовании МЭ - 13,51 МДж/гол. Введение в рацион комплекса веществ МЭ + ВИКС приводило к увеличению обменной энергией с одновременным снижением потерь энергии с пометом и с теплопродукцией, что влечёт за собой максимально эффективное использование энергии корма.

4. Выявленные изменения морфо-биохимического состава крови свидетельствуют о стимуляции метаболических процессов, а именно, активации эритропоэза, белкового и липидного обмена, что обеспечило повышение уровня эритроцитов, гемоглобина, холестерина, триглицеридов, общего белка и мочевины при использовании ВИКС, МЭ и УДЧ Су в рационах цыплят-бройлеров.

5. Анализ элементного состава тела цыплят-бройлеров, показал, что, как отдельное, так и совместное скормливание исследуемых веществ биогенного и абиогенного происхождения оказывало влияние на скорость накопления химических элементов и их концентрацию. Использование МЭ приводило к увеличению концентрации в теле Cr, Co, P, с одновременным снижением Cd, Se, V, Mn. Стратегии кормления, включающие сочетание МЭ с УДЧ и ВИКС приводила к снижению - Co, Mn, Se на величину от 14,8 % до 42,2 %. Тенденцией к накоплению обладали Si, Cr, Fe в диапазоне от 2,8 % до 31,2 %. Скармливание МЭ приводило к снижению скорости накопления Se в комплексе с ВИКС на 27,21 % ( $P \leq 0,05$ ), в комплексе с УДЧ Су на 38,81 % ( $P \leq 0,05$ ).

6. Оценка микробиома слепой кишки показала, что введение МЭ сопровождается трансформацией бактериальных консорциумов, в частности увеличение численности *Bacteroidetes* (55,75 %), снижение доли *Firmicutes* (32,63 %) на фоне появления *Actinobacteria* (4,3%), *Proteobacteria* (2,5 %), *Tenericutes* (2,5%). Применение МЭ в сочетании с УДЧ Су приводит к росту представителей семейств *Rikenellaceae* и *Bacteroidaceae*, со снижением доли *Ruminococcaceae*, а комплекс с ВИКС увеличивает долю *Coprobacter*, *Mediterraneibacter*, *Barnesiella* при снижении *Faecalibacterium*. Сочетание УДЧ Су + ВИКС приводит к появлению *Verrucomicrobia* и *Proteobacteria*.

7. Включение комплекса ВИКС + МЭ в рацион цыплят-бройлеров при промышленном выращивании позволяет снизить расход корма на 1 кг прироста, при повышенном уровне продуктивности, что обеспечивает снижение себестоимости 1 кг мяса на 0,7 руб., как следствие увеличение прибыли на 17,93 % и экономическому эффекту в 0,8 %.

## 5. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В целях повышения эффективности производства продукции птицеводства с условием соблюдения биобезопасности и высокими показателями сохранности поголовья рекомендуем вводить в рацион цыплят-бройлеров комплекс мультиэнзимной кормовой добавки (0,5 мг/кг корма) и вещества ингибиторы «кворум сенсинга» (транс-коричный альдегид (0,8 мг/кг живой массы) и 7,8 – дигидрокси-4-метилкумарин - (0,5 мг/кг живой массы), что обеспечит увеличение прибыли на 17,93 % и рентабельности производства на 0,8 %.

## 6. ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Тема диссертационного исследования перспективна к дальнейшей разработке в части:

- формирования новых подходов к управлению метаболизмом в организме сельскохозяйственной птицы с использованием комплекса биологически активных веществ различной природы;

- исследований по оценке действия комплекса биологически активных веществ различной природы на МБ ЖКТ птицы различных отделов в возрастном аспекте;
- определение тонких механизмов адаптации внешекреторной функции поджелудочной железы к комплексу энзимов в сочетании с биологически активными веществами.

## **7. СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Статьи, опубликованные в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки**

1. Сизова, Е. А. Сравнительная оценка влияния ультрадисперсных форм меди и цинка на переваримость сухого вещества корма *in vitro* / Е. А. Сизова, **К. С. Нечитайло** // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – Т. 103. – № 1. – С. 121-133. – DOI 10.33284/2658-3135-103-1-121.

2. Перспективность использования ультрадисперсной формы металлов в кормлении животных / Е. А. Сизова, **К. С. Нечитайло**, А. П. Иванищева, Н. И. Рябов // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – Т. 103. – № 3. – С. 177-189. – DOI 10.33284/2658-3135-103-3-177.

3. **Нечитайло, К. С.** Влияние мультиэнзимной кормовой добавки на продуктивные показатели, переваримость и химический состав тела цыплят-бройлеров / К. С. Нечитайло, Е. А. Сизова // Животноводство и кормопроизводство. – 2021. – Т. 104. – № 4. – С. 148-157. – DOI 10.33284/2658-3135-104-4-148.

4. **Нечитайло, К. С.** Биохимические показатели крови и антиоксидантный статус цыплят-бройлеров при использовании фульвогумата в рационе / К. С. Нечитайло, Е. А. Сизова // Животноводство и кормопроизводство. – 2021. – Т. 104. – № 4. – С. 182-192. – DOI 10.33284/2658-3135-104-4-182.

5. Иванищева, А. П. Переваримость питательных веществ при использовании в рационе цыплят-бройлеров органоминеральной добавки / А. П. Иванищева, Е. А. Сизова, **К. С. Нечитайло** // Животноводство и кормопроизводство. – 2021. – Т. 104. – № 4. – С. 22-31. – DOI 10.33284/2658-3135-104-4-22.

### **Статьи в изданиях, входящих в БД Scopus и Web of Science**

6. **Nechitailo, K.S.** Concentration of trace elements in liver of broiler chickens after use of multienzyme feed composition in the diet /K.S. Nechitailo, E.A. Sizova, and D.E. Shoshin. Trace Elements and Electrolytes, Vol. 38 – No. 3/2021, Page 150. - DOI 10.5414/TEX01685

7. **Nechitailo, K.S.** The effectiveness of using the enzyme-mineral complex in the nutrition of broiler chickens / K.S. Nechitailo, E.A. Sizova // Journal of Animal Science, Volume 99, Issue Supplement\_3, November 2021, Page 414. – DOI 10.1093/jas/skab235.745

8. Ivanishcheva, A. P. Elemental composition of body tissues of broiler chickens using organo-mineral feed additive / A. P. Ivanishcheva, E. A. Sizova, **K. S. Nechitaylo** // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volgograd, 17–18 июня 2021 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. – Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 12063. – DOI 10.1088/1755-1315/848/1/012063.

9. Vlasenko, L.V. Bacterial luminescent biosensors in the system for assessing the mechanisms of antibacterial activity of carbon-based nanomaterials / L.V. Vlasenko, **K. S. Nechitailo** // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 979, International Scientific and Practical Conference "Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture" (EESTE 2021) 19/10/2021 - 24/10/2021 Online Earth and Environmental Science, 2022. – 979. – P. 012056. – DOI 10.1088/1755-1315/979/1/012056.

10. **Nechitaylo, K.** Productive Indicators of Broiler Chickens Against the Background of the Combined Use of a Multienzyme Complex and Copper in the Form of Ultrafine Particles in the Diet / K. Nechitaylo, E. Sizova // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 354 LNNS. – P. 449-458. – DOI 10.1007/978-3-030-91405-9\_49.

#### **Патенты**

11. **Нечитайло, К.С.** Способ повышения продуктивности цыплят-бройлеров / К.С. Нечитайло, К.В. Рязанцева, Е.А. Сизова, Ш.Г. Рахматуллин, Г.К. Дускаев, С.В. Лебедев, А.П. Иванищева, Л.Л. Мусабаева // Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели». RU 2771971, 16.05.2022. – Бюл. № 14.

#### **Публикации в других научных изданиях и в материалах научно-практических конференций**

12. Фролов, А. Н. Влияние различных форм меди и цинка на элементный статус цыплят-бройлеров / А. Н. Фролов, **К. С. Нечитайло**, М. С. Косинова // Нанотехнологии в сельском хозяйстве: перспективы и риски: Материалы международной научно-практической конференции, Оренбург, 26–27 сентября 2018 года. – Оренбург: ФНЦ БСТ РАН, 2018. – С. 158-162.

13. Сизова, Е. А. Применение ультрадисперсных форм металлов в рационах, как минеральной кормовой добавки / Е. А. Сизова, **К. С. Нечитайло**, А. П. Иванищева // Фундаментальные основы технологического развития сельского хозяйства: материалы российской научно-практической конференции с международным участием, Оренбург, 24–25 октября 2019 года. – Оренбург: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук", 2019. – С. 280-284.

14. **Нечитайло К.С.**, Сизова Е.А. Энзимсодержащие рационы и кишечная микробиота цыплят-бройлеров: аспекты влияния. В сборнике: Материалы 3-й Международной научно-практической конференции «Молекулярно-генетические технологии анализа экспрессии генов продуктивности и устойчивости к заболеваниям животных». Под общей редакцией С.В. Позябина, И.И. Кочиша, М.Н. Романова; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина», 2021, С. 349-355.

15. **Нечитайло К.С.** Эффективность применения ферментных препаратов в качестве безопасной альтернативы кормовым антибиотикам в рационах цыплят-бройлеров / К.С. Нечитайло, Е.А. Сизова // Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы. Материалы IV научно-практической

конференции с международным участием, посвященной 100-летию СЗНИИМЛПХ, 3-4 июня 2021 года – Вологда – Молочное: ФГБУН ВолНЦ РАН, 2021. – С. 242 – 247.

16. **Нечитайло К. С.** Влияние мультиэнзимной кормовой добавки на показатели мясной продуктивности цыплят-бройлеров / К. С. Нечитайло, Е. А. Сизова // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий : Сборник VI Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 20 декабря 2021 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2021. – С. 294-296.

**Нечитайло Ксения Сергеевна**

**Эффективность использования биогенных и абиогенных веществ в составе энзимсодержащего рациона цыплят-бройлеров**

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

**Автореферат**  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата биологических наук

Подписано в печать 27 сентября 2022 г.  
Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 1,0.  
Тираж 100 экз. Заказ №2