

*На правах рукописи*



**Быков Артем Владимирович**

**ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ  
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КОРМЛЕНИИ КАВИТАЦИОННО  
ОБРАБОТАННЫХ ОТХОДОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО  
КОМПЛЕКСА**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
доктора биологических наук

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

Оренбург – 2022

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

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

Официальные оппоненты:

**Шацких Елена Викторовна**, доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», кафедра зооинженерии, заведующий;

**Манукян Вардges Агавардович**, доктор сельскохозяйственных наук, ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук, отдел питания птицы, заведующий;

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

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

Ведущая организация:

Защита диссертации состоится 27 декабря 2022 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета 24.1.252.01 на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» по адресу: 460000, г. Оренбург, ул.9 Января,29, тел.8(3532) 30-81-70

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

Автореферат разослан «\_\_\_» 2022 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета

*Д.В.1*

Завьялов  
Олег Александрович

# 1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** По оценкам продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) в мире ежегодно теряется или выбрасывается до трети всего продовольствия или более 1 млрд тонн в год, на общую сумму до 700 млрд. долларов.

Низкая эффективность использования вторичных ресурсов в сельском хозяйстве нашей страны приводит к прямым потерям (Мачихина Л.И., 2001; Комаров В.И., 2001, 2002; Могилатова Н.Ю. и др., 2005). Поэтому крайне актуальным становится поиск технологий, способствующих повышению качества использования кормовых ресурсов (в том числе и нетрадиционных) в целях увеличения питательности кормов (Фисинин В.И., Егоров И.А., Ленкова Т.Н., 2016; Кошиш И.И. и др., 2021). Это достигается, в том числе, через использование технологий физического и химического воздействия на кормовые средства. Одним из таких решений является кавитационная обработка кормов, позволяющая повысить эффективность технологических процессов в кормопроизводстве (Бакач Н.Г. и др., 2017; Байков А.С., 2020).

В связи с этим, исследования по разработке и апробации кормовых средств, полученных с использованием кавитационного воздействия на отходы агропромышленного комплекса, при производстве мяса птицы весьма актуальны и представляют научный и практический интерес.

**Степень разработанности темы.** В животноводстве сформирован значительный задел по использованию кавитационной обработки для повышения качества кормов из отходов агропромышленного комплекса (Галиев Б.Х. и др., 2017; Langone et al., 2018). Известно, что применение кавитационной технологии при подготовке кормов к скармливанию сопровождается разрушением структурных углеводов (Сабиров Р.З. и др., 2017), труднодоступных липидов (Awad T.S., 2012). Корма и кормовые добавки в ходе обработки приобретают гомогенную по влажности и однородности текстуру, необходимую для оптимального течения процессов пищеварения у животных (Натынчик Т.М., Лемешевский В.О. 2014). Применение кавитации обеспечивает повышение продуктивного действия кормов и сопряжено с ростом экономической эффективности производства.

Между тем до настоящего времени наука не располагает данными о биологических эффектах обработанных кормов на организм животных. Неполные знания о влиянии кавитации на кормовые средства сложного состава, с включением как растительных, так и минеральных добавок.

В связи с этим актуальными представляются исследования, направленные на комплексное изучение воздействия кавитационной обработки на качественные характеристики кормов, их химический состав и биологические свойства, с оценкой продуктивного действия и экономической эффективности производства продукции животноводства.

**Цель и задачи исследований.** Целью исследований, которые были выполнены в соответствии с «Программой фундаментальных научных

исследований государственных академий наук на 2009-2020 годы» (госрегистрация: № 20-16-00088, № 0761-2019-0005; № АААА-А20-120052790028-2; АААА-А19-119040290046-2), явилось изучение особенностей метаболизма и продуктивного действия кормовых средств, полученных с использованием кавитационного воздействия на целлюлозосодержащие и жиро содержащие отходы агропромышленного комплекса на организм цыплят-бройлеров.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- разработать способ и устройства для осуществления и контроля кавитационной обработки при производстве кормов из целлюлозо- и жиро содержащих отходов агропромышленного комплекса;
- провести комплексную физико-химическую и биологическую оценку целлюлозо- и жиро содержащих отходов до и после кавитационной обработки;
- дать сравнительную оценку влияния целлюлозо- и жиро содержащих отходов (пшеничные отруби, пшеничная солома, древесные опилки, фуз-отстой), подвергнутых кавитационной обработке, на обмен веществ и продуктивность цыплят-бройлеров;
- исследовать особенности влияния целлюлозо- и жиро содержащих отходов, подвергнутых совместной кавитационной обработке с частицами цеолита в зависимости от концентрации и дисперсности, на обмен веществ и продуктивность в организме цыплят-бройлеров;
- исследовать морфологический и биохимический состав крови, дать оценку элементному статусу цыплят-бройлеров при скармливании кавитационно обработанных целлюлозо- и жиро содержащих отходов;
- дать оценку морффункционального состояния печени и тонкого отдела кишечника цыплят-бройлеров при скармливании целлюлозо- и жиро содержащих отходов после кавитационной обработки;
- дать научно-хозяйственную и экономическую оценку эффективности использования кормов, подвергнутых кавитационной обработке при производстве мяса птицы.

**Научная новизна.** Впервые разработаны уравнения, описывающие сонолюминесценцию в кормах в зависимости от содержания минеральных компонентов и продолжительности кавитационного воздействия. Впервые разработана методика оценки интенсивности кавитационного воздействия на гетерогенные системы кормов.

Принципиально новыми для науки являются данные о влиянии кавитационной обработки целлюлозо- и жиро содержащих продуктов совместно с цеолитом и без на характеристики бактериальных люминесцирующих тест-систем, переваримость кормов *in vitro* и *in situ*.

Впервые предложено устройство для регистрации интенсивности кавитации в кормах. Устройство позволяет получать более полную информацию о процессах, протекающих при кавитационной обработке, что

позволяет сделать ее более эффективной и подобрать наиболее оптимальные условия при обработке различных веществ, далее включаемых в рацион животных (RU 2700284). Для осуществления кавитационной обработки кормов разработаны новые устройства, позволяющие интенсифицировать процесс кавитационной обработки как на макро-, так и на микроуровнях, что, в свою очередь, приводит к снижению продолжительности технологического цикла приготовления кормов из отходов производств за счет увеличения КПД ультразвуковых волн. Новыми для науки данными являются результаты исследований по оценке распространения звуковых волн в кормах при кавитации, что позволило предложить новые устройства для обработки кормовых средств (RU 2689627, 2688599). Впервые разработаны линия и оборудование по производству кормовых добавок (RU 2670137, свидетельство программы для ЭВМ № 2021665858, № 2022618563) позволяющие снизить энергоемкость процесса, увеличить производительность, насыщение продукта дополнительными компонентами, повысить экономическую эффективность, увеличить однородность смешивания с другими компонентами рациона для сельскохозяйственных животных. Новизна исследований защищена 6 патентами РФ на изобретения, 2 свидетельствами на программы для ЭВМ и 1 свидетельством на базу данных.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключается в научно обоснованной разработке и апробации кормовых средств, произведенных с использованием кавитационной обработки; способов их эффективного использования при оптимизации питания сельскохозяйственной птицы.

Предложен метод оценки влияния кавитационного воздействия на целлюлозо- и жirosодержащие продукты на основе измерения интенсивности люминесцентного свечения при кавитационной обработке гетерогенных систем. Получены уравнения регрессии экспоненциального вида, позволяющие оценивать интенсивность процесса и оптимизировать кавитационную обработку кормовых субстанций в режиме реального времени.

Изучение в экспериментах целлюлозо- и жirosодержащих продуктов после кавитационной обработки методами *in vitro* и *in situ* позволило дать оценку особенности обмена веществ и продуктивного действия для организма цыплят-бройлеров.

Предложенные технологии приготовления кормов и устройства для ее осуществления позволяют получать корма для сельскохозяйственной птицы на основе переработки целлюлозо- и жirosодержащих продуктов, обеспечивающие повышение продуктивности животных.

Разработаны научно обоснованные рационы с использованием кавитационно обработанных продуктов для их применения в кормлении цыплят-бройлеров.

На основании проведенных исследований производству предложены новые решения по использованию целлюлозо- и жirosодержащих отходов агропромышленного комплекса в кормлении цыплят-бройлеров. Внедрение разработки обеспечивает повышение рентабельности производства мяса птицы на 2-4 %.

В работе предложены решения по использованию целлюлозо- и жirosодержащих отходов агропромышленного комплекса, что позволит создать предпосылки к снижению экологической нагрузки данной категории предприятий.

**Методология и методы исследования.** В работе представлен материал всех экспериментальных исследований с использованием различных методов. В целом диссертационная работа выполнялась на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» и ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет». Эксперименты *in vivo* проводились в условиях вивария и ЗАО «Птицефабрика Оренбургская».

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- реализация теста бактериальной люминесценции позволяет оценить физико-химические и биологические показатели целлюлозосодержащих и жirosодержащих отходов до и после кавитационной обработки;

- целлюлозо- и жirosодержащие отходы, подвергнутые кавитационной обработке, отличаются от исходных форм более высокой переваримостью и продуктивным действием, и их применение в кормлении цыплят-бройлеров обеспечивает снижение затрат корма и повышение рентабельности производства мяса птицы;

- использование разнодисперсных частиц цеолита с целлюлозо- и жirosодержащими отходами, подвергнутых кавитационной обработке, позволит повысить продуктивность и экономическую эффективность производства;

- скармливание цыплятам-бройлерам кормов, полученных путем кавитационной обработки смесей цеолита с целлюлозо- и жirosодержащими отходами, позволяет снизить накопление токсичных элементов в мясе птицы.

**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. Результаты работы представлены на конференциях и семинарах различного уровня: II Международная научно-практическая Интернет-конференция (Украина, г. Тернополь, 2013); I Международная научно-практическая конференция (г. Новосибирск, 2013); IV всероссийская научная Интернет-конференция с международным

участием (Казань, 2013); Ежегодная областная молодежная научно-практическая конференция (Оренбург, 2014); XII Российская ярмарка инновационных проектов профессиональных организаций и организаций высшего образования и науки (Нижний Новгород, 2014); Всероссийская научно-методическая конференция с международным участием (Оренбург, 2018, 2019, 2020); International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production (Ростов, 2020).

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы поисковые научно-исследовательские работы (ГК16.740.11.0676); Правительства Оренбургской области, по госконтракту 2013 года №32-г «Создание кормовых продуктов с использованием инновационных подходов к обработке растительного сырья и отходов АПК Оренбургской области» и госконтракту 2014 года №33-г «Разработка новых подходов к созданию кормовых продуктов Оренбургской области с использованием энергосберегающих технологий».

Основные положения работы доложены и обсуждены на расширенном заседании научных сотрудников и специалистов отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормления им. проф. С.Г.Леушина ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (Оренбург, 2021, 2022).

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

**Публикация материалов исследований.** По теме диссертации опубликовано 49 научных работ, в том числе 1 - монография; 10 - статей в изданиях, индексируемых в базах Web of Science и Scopus; 11 - в периодических изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки Российской Федерации. Новизна исследований подтверждена 6 патентами РФ на изобретения, 2 свидетельствами на программы для ЭВМ и 1 свидетельство на базу данных.

**Объем и структура работы.** Диссертационная работа представлена на 394 страницах компьютерной верстки, состоит из введения, обзора литературы, главы с описанием материалов и методов исследований, глав собственных исследований, обсуждения полученных результатов, выводов, предложений производству. Содержит 109 таблиц, 84 рисунков и 2 приложения. Список использованной литературы включает 842 источника, в том числе 270 зарубежных.

## **2 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **2.1 Материалы и методы исследований**

Исследования проведены в период с 2009 по 2022 гг. на базе отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. проф. С.Г. Леушина ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН и Института биоэлементологии ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», в птицеводческих хозяйствах Оренбургской области. Исследования были

проведены в 4 этапа (рисунок 1). На первом этапе проведены лабораторные исследования по изучению влияния различных режимов кавитационной обработки на физико-химические и биологические свойства кормовых средств. На втором этапе проведены экспериментальные исследования биологического и продуктивного действия целлюлозо- и жirosодержащих отходов, подвергнутых кавитационному гидролизу, на модели цыплят-бройлеров. На третьем этапе проведены эксперименты по оценке биологического и продуктивного действия кормов на основе целлюлозо- и жirosодержащих отходов после ультразвуковой обработки в комплексе с микрочастицами цеолита на цыплятах-бройлерах. На заключительном этапе проведены производственные проверки полученных результатов.

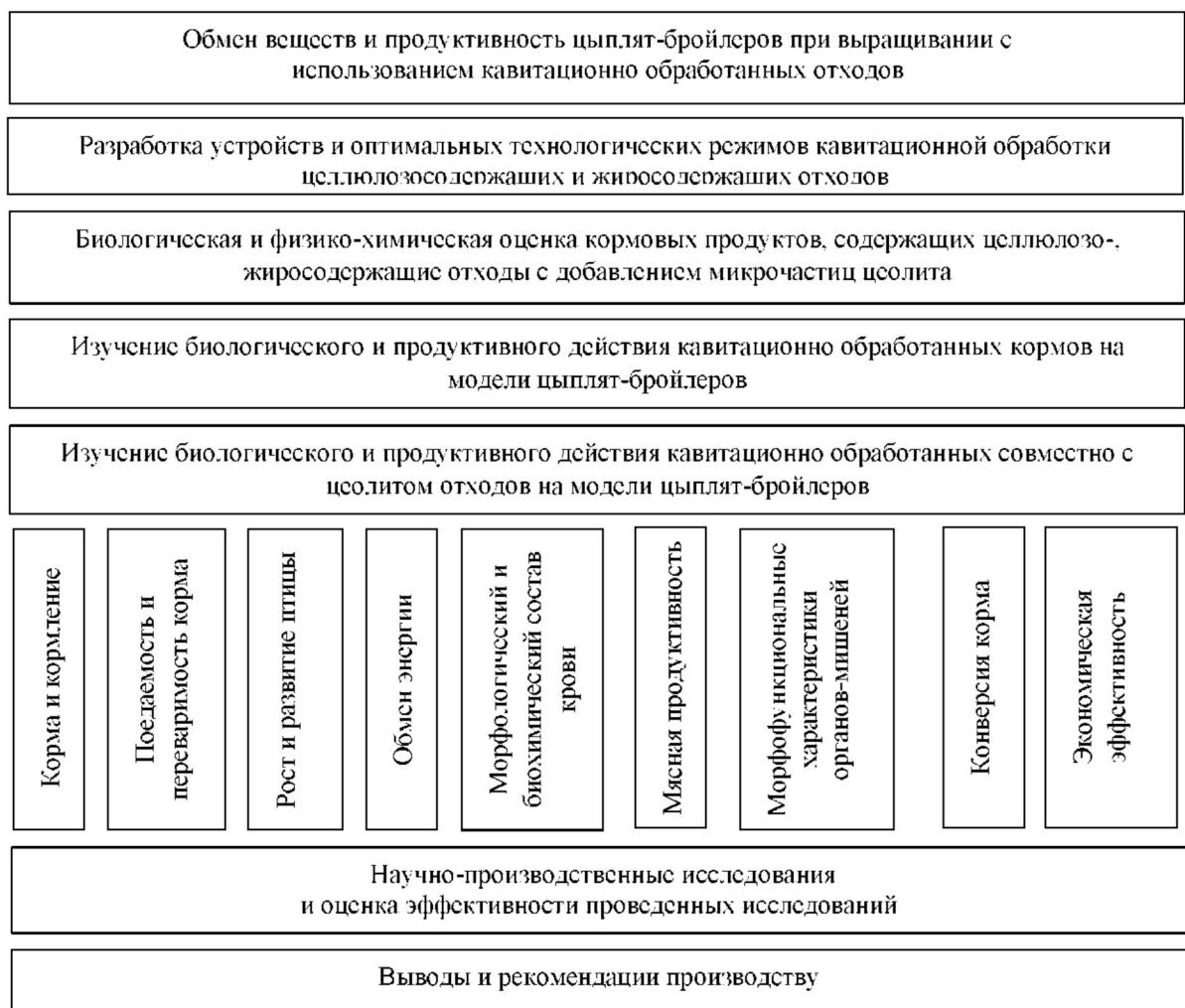


Рисунок 1 – Общая схема исследований

В ходе лабораторных исследований кавитационную обработку проводили с помощью ультразвукового диспергатора, обеспечивающего генерацию продольных механических колебаний с частотой от 19 до 33 кГц, со ступенчатой регулировкой мощности. Для обработки жirosодержащих кормовых средств разработано и апробировано устройство (RU № 2689627).

Преобразования кормовых средств при кавитационном воздействии изучали с использованием авторского устройства для регистрации интенсивности кавитационного воздействия (RU 2700284). Увлажнение сырья производили специально подготовленной водой (RU № 2314264).

В ходе исследований оценивалась влажность кормовых продуктов (ГОСТ 13586.5-93; ГОСТ 29143-91), содержание белка определялось методом Кельдаля (ГОСТ 10846-74), зольность – в соответствии с ГОСТ 10847-74, содержание сырой клетчатки определяли по ГОСТ 13496.2-84. Отбор проб осуществлялся в соответствии с требованиями ГОСТ 13496.0-70. Жирокислотный состав определяли газохроматографическим методом (ГОСТ Р51471-99). Идентификацию разделения жирных кислот осуществляли путем сравнивания со смесью жирных кислот фирмы Supelco TM Component FAME Mix.

Переваримость сухого вещества определяли методом *in vitro* при помощи «искусственного рубца KPL 01» по Г.И. Левахину, А.Г. Мещерякову. Микробиологическое исследование сырья проводили по ГОСТ 10444.15-94.

Биологическое тестирование кормовых средств проведено по Deryabin et al (2013) с использованием сенсорного штамма *Escherichia coli* K12 TGI, конститутивно экспрессирующего *luxCDABE*-гены природного морского микроорганизма *Photobacterium leiognathi* 54D10 и выпускаемого под коммерческим названием «Эколюм» (НВО «Иммунотех», Россия; ТУ 6-09-20-236-01). Также использован штамм *Bifidobacterium longum* B379M. Количественная оценка роста модельных микроорганизмов под влиянием исследуемых добавок дана фотометрическим методом с использованием иммуноферментного анализатора УНИПЛАН (АИФР-01).

Результаты исследований *in vitro* использованы при выполнении исследований на модели кур в условиях экспериментально-биологической клиники (вивария) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» и птицеводческих предприятий региона.

Исследования на животных проводились в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием лабораторных животных» (прил. к приказу Министерства здравоохранения СССР от 12.08.1977 № 755). Кормление цыплят-бройлеров производили полнорационными комбикормами на основе пшенично-ячменно-кукурузной кормосмеси с учетом рекомендаций ВНИТИП (Фисинин В.И. и др., 2009; Егоров И.А. и др., 2015). Микроклимат в помещении соответствовал требованиям и рекомендациям ВНИТИП. В ходе проведения экспериментов производилась ежедневная оценка роста и развития цыплят. В ходе балансовых опытов переваримость питательных веществ изучалась по методике ВНИТИПа (Фисинин В.И. и др., 2010). Количество чистой энергии в приросте живой массы цыплят-бройлеров устанавливали методом сравнительных убоев по Н.Г. Григорьеву и др. (1989). Послеубойную анатомическую разделку тушек проводили по методике ВНИТИП (2000).

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

Морфологические показатели крови определяли с использованием автоматического гематологического анализатора URIT-2900 Vet Plus (URIT Medial Electronic Co, Китай), биохимические – на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd», Китай) с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВет Тест (Россия) и коммерческих биохимических наборов Randox Laboratories Limited (Великобритания).

Элементный состав биосубстратов и кормов по 25 химическим элементам (Ca, Cu, Fe, Li, Mg, Mp, Ni, As, Cr, K, Na, P, Zn, I, V, Co, Se, Ti, Al, Be, Cd, Pd, Hg, Sn, Sr) исследован методом атомно-эмиссионной спектрометрии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (Optima 2000 V, «Perkin Elmer», США) и масс-спектрометрии (Elan 9000, «Perkin Elmer», США) в лаборатории АНО «Центр биотической медицины», г. Москва.

По окончанию исследования в условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская» была проведена апробация полученных результатов, в ходе которой дан экономический анализ эффективности наших разработок.

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

## **2.2 Результаты лабораторных исследований**

### **2.2.1 Результаты лабораторных исследований по физико-химической и биологической оценке целлюлозо- и жirosодержащих отходов до и после кавитационной обработки**

Для перечня кормовых средств со значительным содержанием структурных углеводов: древесных опилок, пшеничных отрубей и соломы характерно нарастание интенсивности сонолюминесценции при наложении кавитации с 1 по 7 минуту, что свидетельствует об образовании новых центров звукосвещения. В образцах фуза-отстоя этот процесс имел более длительный характер, с 3 по 9 минуту, с низкой выраженностью звукосвещения (рисунок 2).

Анализ полученного материала позволил предложить новый метод повышения эффективности кавитационной обработки через введение в кормовое средство частиц цеолита ( $d=1-2$  мм). Это позволило сформировать новые центры образования кавитационных каверн, схлопывание которых приводит к звукосвещению, сопровождающемуся сонолюминесценцией. Так, при кавитационной обработке фуза-отстоя интенсивность кавитационного

воздействия в среднем возросла на 70-80 %, а в целлюлозосодержащих образцах на 30-40 % (рисунок 3).

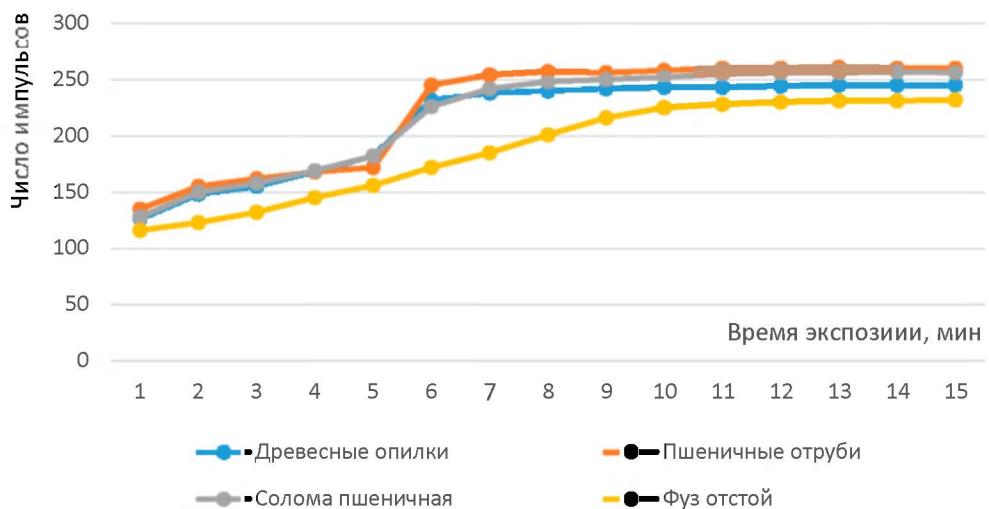


Рисунок 2 – Динамика интенсивности сонолюминесценции исследуемых образцов при наложении кавитации (27 кГц, 20 °C, 15 мин)

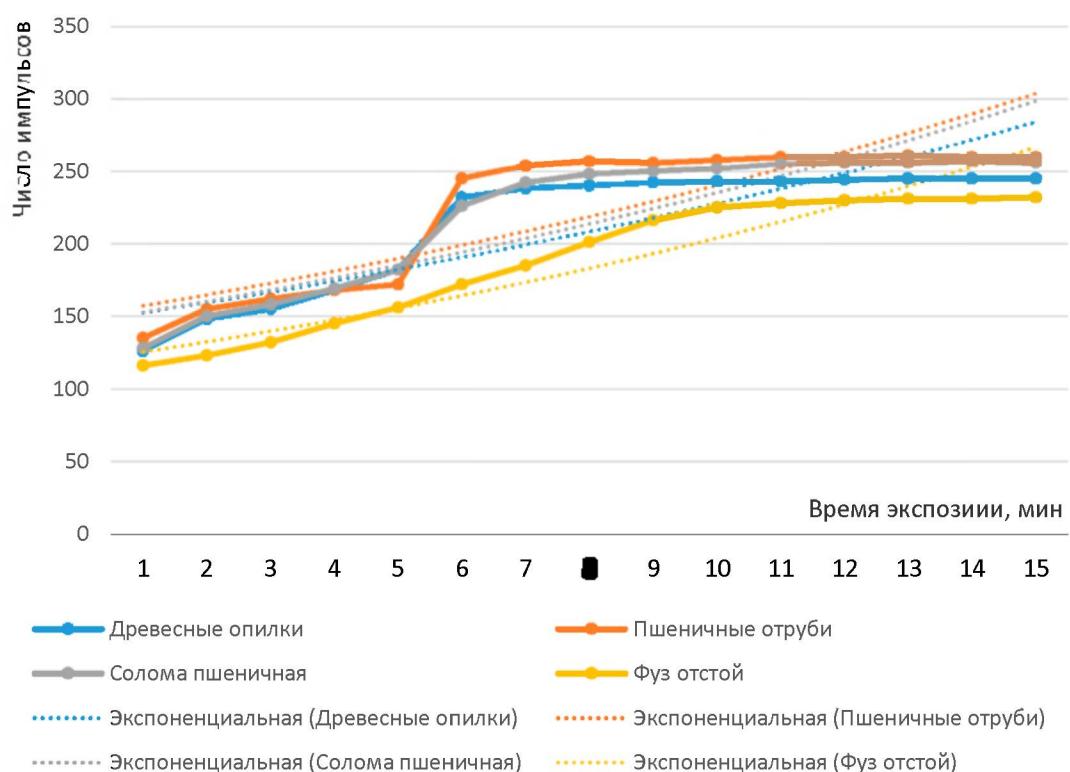


Рисунок 3 – Динамика интенсивности сонолюминесценции исследуемых образцов с добавлением частиц цеолита при наложении кавитации (27 кГц, 20 °C, 15 мин)

Для оценки зависимости интенсивности кавитации (сонолюминесценции) от содержания цеолита и от продолжительности кавитационного воздействия на образцы корма нами предложены уравнения:

$$I = N \cdot e^{yC} \quad (1)$$

где  $I$  – интенсивность кавитации (сонолюминесценции);

$e$  – 2,718 (число Эйлера);

$N$  – число зарегистрированных импульсов;

$y$  – показатель экспоненты, характеризующий скорость роста интенсивности кавитации (сонолюминесценции);

$C$  – количество частиц цеолита, %

$$I = N \cdot e^{yT} \quad (2)$$

где  $I$  – интенсивность кавитации (сонолюминесценции);

$T$  – время воздействия кавитации, мин.

Расчеты с использованием вышеприведенных уравнений позволяют регулировать степень и глубину кавитационного воздействия в зависимости от содержания инициаторов роста кавитационных каверн и времени обработки.

Изучение сонолюминесценции с использованием фотоэлемента позволяет получать картину звукосвещения (рисунок 4).

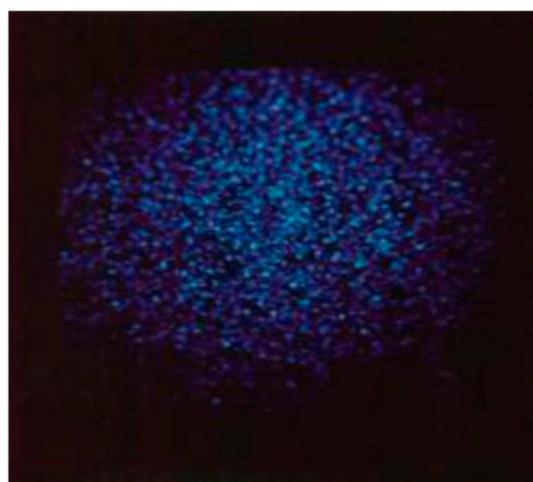


Рисунок 4 – Звукосвещение взвеси частиц пшеничной соломы в воде

На основе разработанной методики нами были проведены испытания изучаемых образцов кормов на предмет интенсивности кавитационного воздействия. На основе полученных данных были построены кривые роста сонолюминесценции исследуемых образцов.

## 2.2.2 Результаты лабораторного исследования кавитационной обработки целлюлозосодержащих отходов (на примере пшеничных отрубей, пшеничной соломы, древесных опилок)

В ходе пилотных исследований установлено, что кавитационная обработка древесных опилок приводит к снижению содержания сырой клетчатки на 33,3 % с увеличением уровня сахара в 6,27 раза. Аналогичные изменения для пшеничной соломы составили 52,9 % и 2,45 раза; пшеничных отрубей - 2,1 раза и 2 раза соответственно (таблица 1).

**Таблица 1 – Химический состав и питательность до и после кавитационной обработки, г/кг**

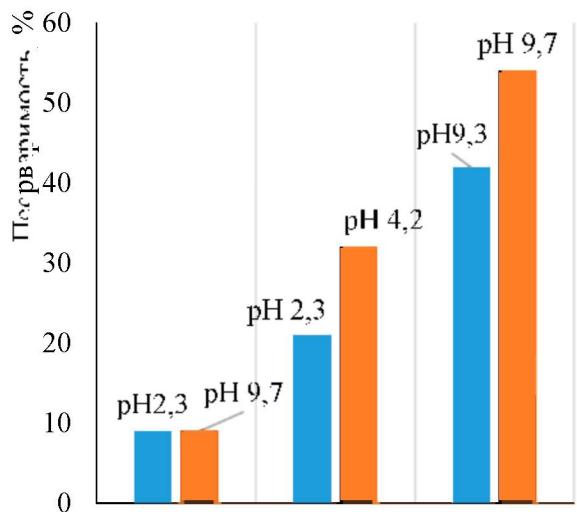
Показатель	Изучаемые образцы целлюлозосодержащих отходов								
	древесные опилки			пшеничная солома			пшеничные отруби		
	нативные	обработанные	обработанные с добавлением цеолита	нативные	обработанные	обработанные с добавлением цеолита	нативные	обработанные	обработанные с добавлением цеолита
Сырая клетчатка	659	546	440	325	276	153	88	68	43
Сахара	1,1	4,3	6,9	4,0	7,3	9,8	15,3	21,9	29,3
Корм.ед.	0,11	0,12	0,17	0,33	0,42	0,48	0,66	0,88	0,96
ОЭ, МДж/кг	4,8	5,3	6,2	7,1	8,9	10,8	8,83	9,01	10,5

Кавитационная обработка может быть использована для производства кормов из таких труднопереваримых отходов производств, как древесные опилки, пшеничная солома и пшеничные отруби. Так, кавитационный гидролиз опилок при pH 9,7 позволяет повысить переваримость сухого вещества *in vitro* на 44-48 %, до 55-57 %. Аналогичный рост переваримости при кавитационном гидролизе соломы при pH 10,2 составляет 45-50 %, до 70 % (рисунки 5, 6, 7).

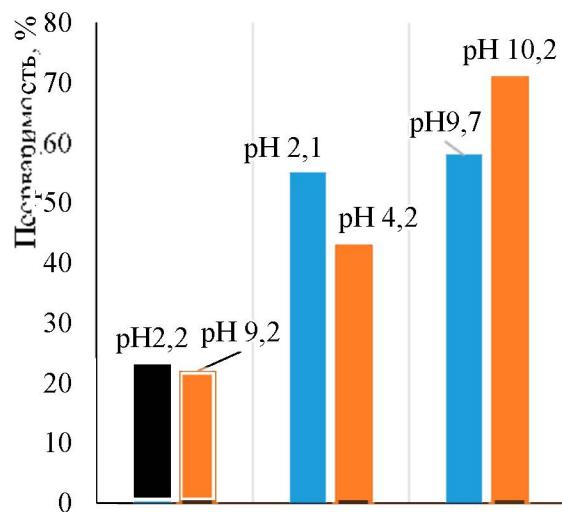
Обработка полученных данных позволяет установить, что эффективность кавитационного гидролиза кормовых средств со значительным содержанием структурных углеводов может быть повышена через введение в среду частиц цеолита. В частности, если в нативных древесных опилках содержится около 659 г/кг сырой клетчатки, то кавитационная обработка позволяет снизить этот показатель до 546 г/кг, кавитация в присутствии цеолита - до 439 г/кг. Аналогичная динамика для пшеничной соломы представлена числовой последовательностью от 325 до 276 и 152 г/кг, для пшеничных отрубей - от 88 до 68 и 43 г/кг соответственно.

Кавитационная обработка сопровождается значительным повышением переваримости сухого вещества отходов производств. Так, если доступность вещества нативного фуза-отстоя составляет  $32,6 \pm 1,27$  %, то после кавитационного воздействия этот показатель увеличивается на 14,3 %

( $P \leq 0,001$ ), после обработки в присутствии цеолита - еще на 17,9 % ( $P \leq 0,001$ ), до  $64,8 \pm 2,75$  %.



Без обработки Кавитационный гидролиз



Без обработки Кавитационный гидролиз

Рисунок 5 – Переваримость *in vitro* древесных опилок, подвергнутых кавитационному гидролизу

Рисунок 6 – Переваримость *in vitro* пшеничной соломы, подвергнутой кавитационному гидролизу

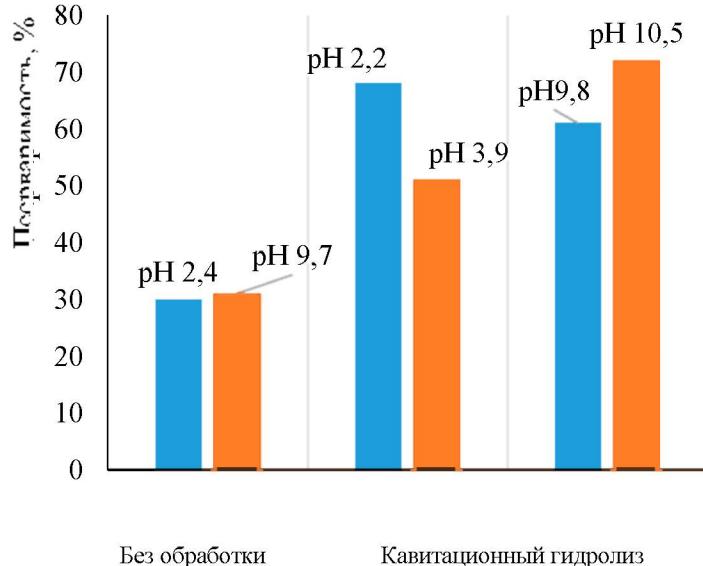


Рисунок 7 – Переваримость *in vitro* пшеничных отрубей, подвергнутых кавитационному гидролизу

Максимальная степень воздействия кавитации наблюдалась у пшеничных отрубей. Переваримость *in vitro* у пшеничных отрубей после кавитационной обработки составила 81 %.

**Воздействие кавитации на микрофлору корма.** Кавитационная обработка сопровождается стерилизацией кормового средства. Так, общее

количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов до кавитационной обработки составляло для опилок  $3,9 \times 10^4$  КОЕ/г (73 % грибов и плесеней, 27 % бактериальных колоний); соломы  $6,5 \times 10^5$  КОЕ/г (82 % грибов и плесеней, 18 % бактериальных колоний); отрубей  $5,5 \times 10^5$  КОЕ/г (80 % грибов и плесеней, 20 % бактериальных колоний). Видовой состав плесневых грибов включал *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* и *Mucor*. После кавитационной обработки посев на мясо-пептонный агар с культивированием образцов в течение 48 ч не выявил присутствия микроорганизмов в продуктах гидролиза.

### **2.2.3 Результаты лабораторного исследования кавитационной обработки жирсодержащих отходов (на примере фуза-отстоя)**

Ультразвуковая обработка фуза-отстоя сопровождалась достоверными изменениями содержания ряда жирных кислот. При этом содержание эруковой кислоты снижалось с 7,36 до 5,91 %, арахидоновой с 1,61 до 0,12 % (без добавления цеолита) и с добавлением цеолита - с 1,91 до 0,15 % соответственно (таблица 2).

Таблица 2 – Жирокислотный состав фуза-отстоя, %

Условное обозначение жирной кислоты	Наименование жирной кислоты	Нативный фуз-отстой	Фуз-отстой, обработанный кавитацией	
			без добавления цеолита	с добавлением цеолита
C <sub>16:0</sub>	Пальмитиновая	8,0±0,52	5,2±0,34	4,3±0,05
C <sub>16:1</sub>	Пальмитолеиновая	2,5±0,07	1,2±0,05	0,9±0,04
C <sub>18:0</sub>	Стеариновая	3,3±0,24	3,1±0,08	2,7±0,05
C <sub>18:1</sub>	Олеиновая	22,4±0,31	20,6±0,22	20,8±0,18
C <sub>18:2</sub>	Линолевая	56,4±2,56	63,8±1,96	69,6±2,14
C <sub>18:3</sub>	Линоленовая	0,4±0,02	0,2±0,05	0,6±0,01
C <sub>20:0</sub>	Арахидоновая	1,61±0,03	1,2±0,05	0,15±0,07
C <sub>22:1</sub>	Эруковая	7,36±0,52	5,91±0,81	1,91±0,05

Степень переваримости сухого вещества (*in vitro*) фуза-остоя в нативном состоянии составила 32,6 %, после кавитационной обработки - 46,9 % и с добавлением цеолита - 64,8 %.

### **2.2.4 Результаты биологической оценки кавитационно обработанных целлюлозо- и жирсодержащих отходов на модели бактериальной люминесцентной тест-системы**

Опытные образцы кормов стимулировали активность тест-штамма с повышением уровня биолюминесценции. Анализ данных биолюминесцентной активности тест-штамма *Escherichia coli K12 TG1* в среде, содержащей кормовые средства, подвергнутые кавитационной

обработке, выявил ингибирующее действие нативного цеолита после 60-минутной экспозиции, обработанного кавитацией цеолита во всех исследуемых разведениях - в первые минуты. При работе со штаммом *E. Coli* 675 в течение первого часа инкубации отмечался рост кишечной палочки в среднем на 15-20 % в сравнении с контролем, за исключением пробы с цеолитом, в которой оптическая плотность культуры была ниже контроля спустя 20 минут после начала инкубации (рисунок 8).

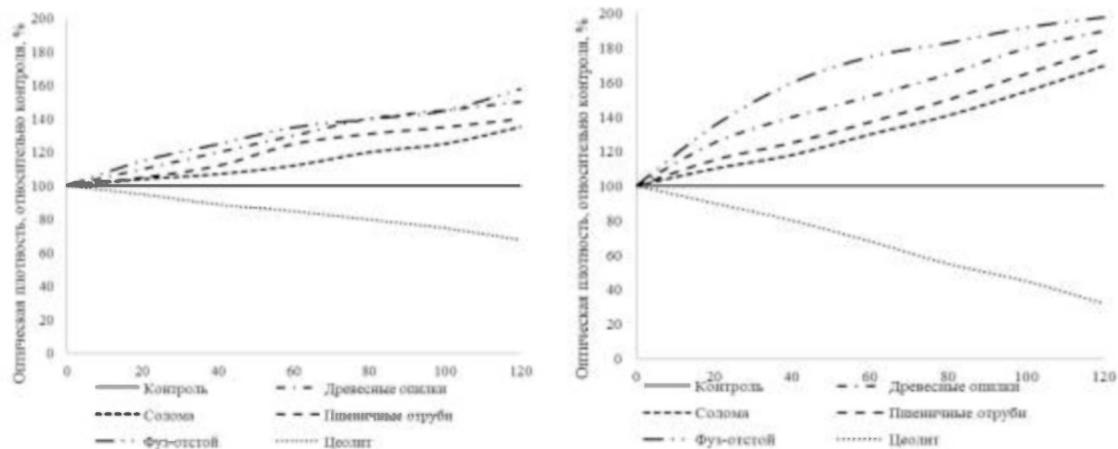


Рисунок 8 - Изменение оптической плотности сенсорного штамма *E. Coli* 675 при культивировании с кормовыми образцами до (слева) и после (справа) кавитационной обработки

Аналогичные результаты получены при использовании модели *Bifidobacterium longum* B379M. Во всех пробах, кроме проб с обработанным цеолитом, наблюдался рост микроорганизмов. При этом пробы с обработанным цеолитом значительно, более чем на 60 %, снижали оптическую плотность образцов (рисунок 9).

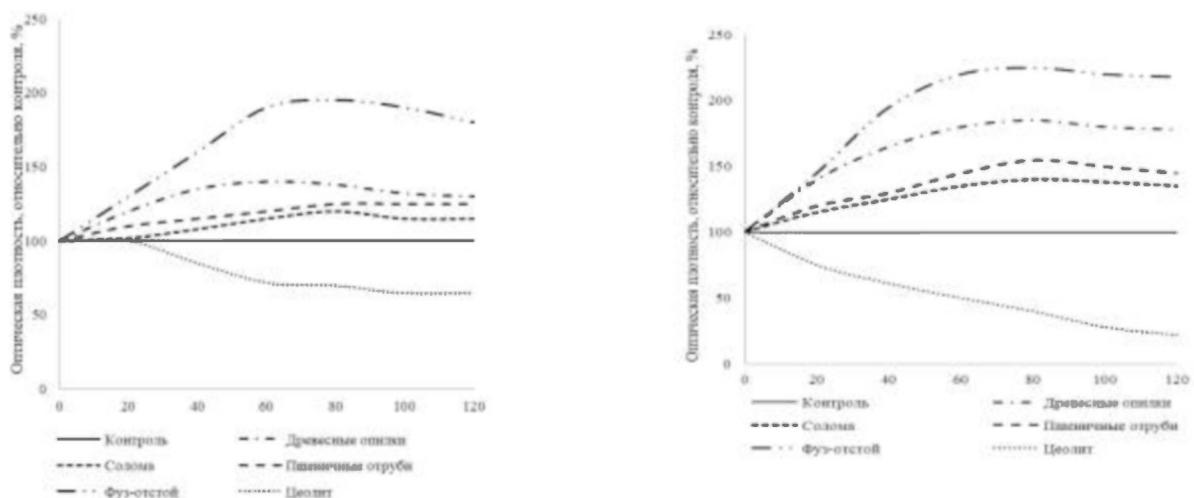


Рисунок 9 - Изменение оптической плотности сенсорного штамма *Bifidobacterium longum* B379M при культивировании с кормовыми образцами до (слева) и после (справа) кавитационной обработки

### **2.3 Изучение влияния кавитационной обработки целлюлозосодержащих отходов (на примере пшеничных отрубей, древесных опилок, пшеничной соломы) на обмен веществ и продуктивные качества цыплят-бройлеров**

Методикой исследования предполагалось формирование 4-х групп цыплят-бройлеров ( $n=30$ ), которые в период с 14 по 42 сутки жизни находились в условиях учетного периода. При проведении эксперимента зерновая часть была заменена на кавитационно-гидролизные продукты. Так, I опытная группа получала основной рацион, за исключением того, что 30 % зерновой части заменяли на обработанные кавитацией древесные опилки, во II опытной группе 30 % зерновой части основного рациона заменяли на обработанную кавитацией пшеничную солому, в III опытной группе - на 30 % обработанных кавитацией пшеничных отрубей.

**Рост и развитие цыплят-бройлеров.** Исходя из данных еженедельного взвешивания, установлено, что в конце третьей недели эксперимента выявлено снижение живой массы в I опытной группе на 18,1 % ( $P \leq 0,05$ ), во II и III – на 9,34 % и на 2,3 % соответственно (рисунок 10).

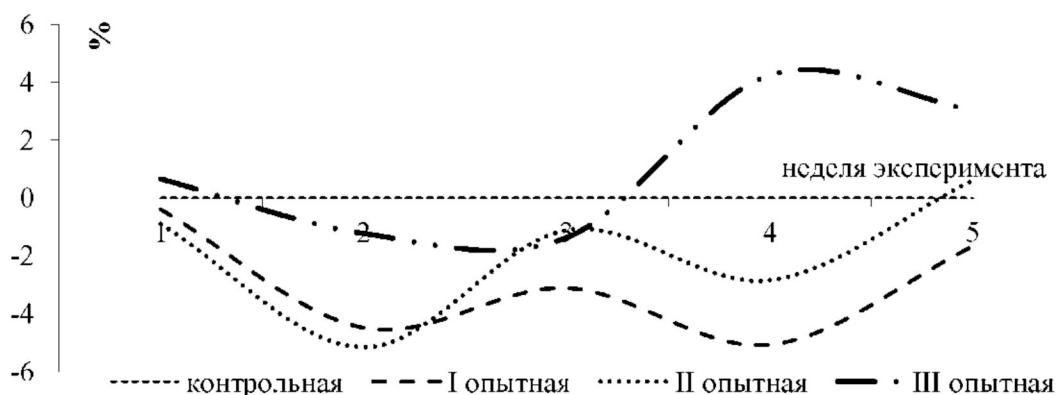


Рисунок 10 – Разница по живой массе между контролем и опытными группами

На конец эксперимента нами было выявлено снижение живой массы в I опытной группе на 1,67 %, во II и III группах отмечено увеличение на 0,64 % и на 2,97 % соответственно. Сохранность птицы составила 100 %.

**Морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров.** В I и II опытных группах выявлено увеличение общего билирубина на 33,3 % ( $P \leq 0,05$ ), в III - в 2,25 раза ( $P \leq 0,05$ ) относительно контроля. Схожая картина была отмечена по содержанию холестерина. Уровень мочевины, напротив, снизился во всех опытных группах в сравнении с контролем: в I – в 1,8 раза, во II – в 2,4 раза, в III - в 2,6 раза ( $P \leq 0,05$ ) (таблица 3).

Таблица 3 – Биохимические показатели крови подопытной птицы

Группы			
Контрольная	I	II	III
Общий белок, г/л			
55,0±3,78	46,0±1,96*	52,0±7,93	47,2±0,25
Альбумины, г/л			
20,5±0,67	19,5±0,43	19,1±1,56	18,7±0,74
Щелочная фосфатаза, ммоль/л			
20,2±0,34	21,1±0,36	20,4±1,31	20,6±0,57
Билирубин общий, мкмоль/л			
0,4±0,21	0,6±0,24*	0,6±0,64*	0,9±0,64*
Креатинин, мг %			
1,6±1,48	1,7±0,78	1,7±0,67	1,8±0,27
Мочевина, ммоль/л			
2,9±0,67	1,6±0,31*	1,2±0,05**	1,1±0,07**
Холестерин, ммоль/л			
2,8±0,04	3,5±0,16*	3,0±0,07	2,9±0,07
Глюкоза, ммоль/л			
1,4±0,24	2,1±1,22*	2,7±0,08*	2,6±1,25*

Примечание: \* –  $P \leq 0,05$ ; \*\* –  $P \leq 0,01$  при сравнении с контролем

**Переваримость питательных веществ рационов.** Коэффициенты переваримости сырого протеина в I и во II опытных группах снизились в абсолютном значении с 85 до 73,9 % соответственно, в III опытной группе, напротив, было выявлено повышение на 3,4 %. По переваримости сырого жира в I и во II опытных группах выявлено снижение с 76,9 до 72,1 %, в III – напротив, увеличение на 5,7 %. Уровень сырой клетчатки в I опытной группе достоверно снизился на 2,4 % по отношению к контролю ( $P \leq 0,05$ ). Степень переваримости органического вещества в III группе достоверно превысила контроль на 4,7 % ( $P \leq 0,05$ ), в I группе отмечено снижение уровня сырого протеина и БЭВ на 6,4 % и на 5,1 % соответственно ( $P \leq 0,05$ ) относительно контроля.

**Обмен энергии в организме подопытной птицы.** Количество валовой энергии, поступившей в организм птицы, оказалось наибольшим в III опытной группе – 46,07 МДж/гол, наименьшим в I группе – 40,98 МДж/гол.

Уровень чистой энергии в приросте живой массы был наибольшим у птицы III опытной группы. При расчете трансформации протеина корма выявлено, что уровень последнего выше в III опытной группе, разница с контролем составила 1,60 %, с I группой – 4,66 % и II – 3,81 %. Коэффициент конверсии в третьей группе отличался от контроля на 0,9 %, разница в процентном отношении составила 35,8 %

**Результаты производственной проверки.** В условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская» на 500 цыплятах-бройлерах кросса «Арбор Айкрес» проведен научно-хозяйственный эксперимент, в ходе которого дана

оценка эффективности замены зерновой части комбикорма на 30 % кавитационно обработанных пшеничных отрубей. По результатам производственной проверки получено, что расход корма в опытной группе снизился с 3,3 кг на голову до 3,2 кг, при этом сохранность поголовья увеличилась с 96 до 97,2 %, что повлияло на увеличение валового прироста в опытном варианте до 429,5 кг, или на 6,64 % больше, чем в контроле. При этом рентабельность производства мяса птицы увеличилась с 14,3 до 15,9 %.

#### **2.4 Изучение влияния кавитационной обработки жиросодержащих отходов (фуз-отстой) на обмен веществ и продуктивные качества цыплят-бройлеров**

В рамках исследований 120 голов недельных цыплят-бройлеров методом аналогов разделили на 4 группы ( $n=30$ ), которые в период с 14 по 42 сутки жизни содержались в условиях основного учетного периода. Цыплятам I и II опытных групп в составе основного рациона заменяли 3 % подсолнечного масла на фуз-отстой: в I опытной группе - на нативный, во II - на кавитированный фуз-отстой. В рационе III опытной группы 6 % подсолнечного масла заменяли на обработанный кавитацией фуз-отстой.

**Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров.** За первую неделю эксперимента птица I и III опытных групп не значительно, но превысила по живой массе контроль на 1,15 и 8,5 % соответственно. Во II опытной группе наблюдается повышение живой массы на 3,5 % ( $P \leq 0,05$ ) относительно контрольной группы. В конце второй недели экспериментального исследования в III опытной группе отмечено увеличение живой массы на 1,6 % ( $P \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем. К концу экспериментальных исследований во второй опытной группе было зафиксировано повышение живой массы на 2,33 %, в третьей группе этот показатель увеличился на 0,46 % относительно контроля.

**Морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров.** Было отмечено повышение содержания общего белка в сыворотке крови цыплят II и III опытных групп на 2,63 и 4,72 % в сравнении с контрольной группой, в I опытной группе - снижение на 11,7 %.

Анализ параметров крови в конце учетного периода показал повышение глюкозы на 30,3 % во II опытной группе и на 35,4 % в III группе по отношению к контролю. В отношении содержания элементов в сыворотке крови цыплят-бройлеров отмечались следующие результаты. Так, уровень кальция достоверно ( $P \leq 0,05$ ) увеличился в I опытной группе на 29,2 %, во II – на 32,6 % и в III – на 56,6 % по отношению к контролю. Уровень магния, калия и натрия также увеличивался в опытных группах, однако достоверное его увеличение наблюдалось в III группе – в 1,7 раза ( $P \leq 0,05$ ), 1,5 ( $P \leq 0,05$ ) и 1,6 раза ( $P \leq 0,05$ ) соответственно относительно контрольной группы (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты биохимического исследования крови подопытной птицы

Показатель	Ед. изм.	Группа			
		контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Глюкоза	ммоль/л	6,91±1,21	8,42±2,33	9,91±1,22*	10,7±0,18*
Мочевина		4,80±0,22	5,51±0,43	5,22±0,19	6,12±0,94
Креатинин		61,1±2,34	65,6±1,58	66,3±1,22	67,5±1,34
Общий белок	г/л	44,4±1,51	39,2±2,25	45,6±1,1	46,6±0,94
Fe	ммоль/л	19,2±5,34	19,1±2,34	18,3±1,48	22,7±1,48
Ca		2,21±0,06	3,12±0,25*	3,28±0,43*	5,09±0,36*
Mg		9,40±0,42	10,1±0,56	10,3±0,11	16,3±0,61*
K		8,23±0,74	9,54±0,73	10,8±0,18	11,6±0,88*
Na		154,2±3,12	173,2±4,15	181,8±2,14	253,8±0,96*
Щелочная фосфатаза	Ед/л	365,0±11,35	344,2±6,48	357,1±14,86	335,4±12,64

Примечание: \*-  $P \leq 0,05$

На основании полученных данных морфологического и биохимического состава крови цыплят-бройлеров, получавших в составе рациона кавитационно-гидролизованный подсолнечный фуз от 1 до 6 % от массы корма, показатели находятся в пределах физиологической нормы.

**Химический состав тканей тела цыплят-бройлеров.** Анализ полученных данных химического состава тела подопытных цыплят-бройлеров на конец опыта позволил проследить, что внесение в рацион птицы продуктов кавитационного гидролиза фуза-отстой сопровождается изменением содержания в теле птицы сухого вещества в I опытной группе на 6,23 %, во II - на 14,1 % и в III - на 23,1 % относительно контрольной группы. Содержание сырого жира во второй и третьей группах достоверно превысило контроль на 0,8 % и на 1,1 % ( $P \leq 0,05$ ). Подопытная птица во II и в III опытных группах отличалась тем, что выявлено накопление в тканях тела жира. Отметим, что уровень золы в III опытной группе был достоверно ниже, чем в I группе на 0,8 г/гол ( $P \leq 0,05$ ).

Замена растительного масла на необработанный и обработанный кавитацией фуз-отстой позволит определенным образом повысить уровень жира в мышечной ткани и внутренних органах.

**Обмен энергии в организме подопытной птицы.** Количество валовой энергии, поступившее с кормом, оказалось наибольшим в III опытной группе – 57,9 МДж/гол.

В приросте живой массы уровень чистой энергии был максимальным у птицы III опытной группы, что превысило показатель в контрольной, I и II опытных группах на 2,11; 7,74 и 7,04 % соответственно. Максимальное количество потерь энергии с пометом было зафиксировано в первой опытной группе и составило 27,7 % от ВЭ. Минимальное количество потерь энергии с пометом было зафиксировано в третьей опытной группе и составило 19,4 % от ВЭ. Доля потери энергии с теплопродукцией в контрольной группе составила 36,8 %, в I и II группах этот показатель был выше.

Показатель трансформации протеина корма в прирост массы тела в III опытной группе был максимальным и составил 38,71 %, что на 0,8 % выше, чем в контроле. Коэффициент конверсии обменной энергии в III группе также превысил контроль на 1,09 %.

**Результаты производственной проверки.** В ходе производственной проверки в условиях ЗАО «Птицефабрика Оренбургская» на 500 цыплятах-бройлерах кросса «Арбор Айкрес» была дана оценка эффективности замены жировой части комбикорма на 6 % кавитационно обработанного фуза-отстоя. Установлено, что расход корма в контрольном варианте составил 3,4 кг на голову, в опытном варианте – 3,3 кг на голову. Сохранность поголовья выросла с 98,1 до 99,0 %, валовый прирост незначительно увеличился с 445,9 кг до 447,8 кг. Рентабельность в опытном варианте увеличилась на 0,6 % и составила 12,0 %.

## **2.5 Изучение влияния кавитационной обработки целлюлозосодержащих отходов совместно с цеолитом в зависимости от концентрации на обмен веществ и продуктивные качества цыплят-бройлеров**

При проведении исследований в рационе опытной птицы зерновая часть (30 %) была заменена на кавитационно-гидролизованные продукты: в I опытной группе на обработанные кавитацией пшеничные отруби; во II и III - на обработанную кавитацией смесь пшеничных отрубей и цеолита в соотношении 28 и 2 %; 26 и 4 % соответственно.

**Рост и развитие подопытных цыплят-бройлеров.** В конце первой недели эксперимента в опытных группах отмечалось увеличение живой массы в сравнении с контрольной группой: в I – на 1,67 %, во II – на 3,79 % и в III – на 2,11 %. В конце второй и третьей недели наблюдалась схожая картина. На конец эксперимента было зафиксировано повышение живой массы во II опытной группе на 4,2 % ( $P \leq 0,05$ ), в I – на 2,17 %, в III – на 3,7 % ( $P \leq 0,05$ ) в сравнении с контрольной группой.

**Морфологические и биохимические показатели крови подопытной птицы.** В сыворотке крови III опытной группы отмечалось достоверное повышение содержание глюкозы и общего белка на 23,3 и 15,1 % ( $P \leq 0,05$ ) соответственно относительно контроля. Содержание общего белка во II опытной группе также было выше контроля на 14,5 % ( $P \leq 0,05$ ) (таблица 5).

В сыворотке крови цыплят III опытной группы наблюдалось достоверное повышение уровня железа и кальция на 23,1 и 41,9 % ( $P \leq 0,05$ ) соответственно относительное контроля. Схожая картина была характерна для II опытной группы.

**Переваримость питательных веществ корма подопытной птицей.** Максимальный коэффициент переваримости сырого жира был отмечен во II опытной группе, что на 2,5 %, 1,5 %, 0,5 % больше, чем в контрольной, I и III опытных группах соответственно. Переваримость сырой клетчатки также

была увеличена в III опытной группе на 3,0 % относительно контрольной группы. В I и II опытных группах было выявлено повышение последней на 1,3 % и на 0,3 %.

Таблица 5 - Биохимические показатели крови подопытной птицы

Показатель	Ед. изм.	Группа			
		контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Глюкоза	ммоль/л	8,36±1,21	8,73±0,99	9,37±1,21	10,9±1,35*
Мочевина		2,70±0,35	1,89±0,28*	2,08±0,84*	2,27±0,56*
Креатинин		59,6±2,34	59,2±1,34	51,2±1,68*	51,3±2,03*
Общий белок	г/л	36,6±1,36	39,5±2,01	42,8±2,34*	43,1±1,98*
Железо	ммоль/л	35,2±1,81	38,2±1,02	45,3±1,25	45,8±1,84*
Кальций		2,5±0,95	2,6±0,02	4,1±0,12*	4,3±0,09*
Магний		9,4±0,44	9,7±0,38	10,5±0,67	10,8±0,73
Калий		6,4±0,35	6,9±0,95	7,1±0,84	7,2±0,76
Натрий		149,6±3,26	152,3±2,57	159,4±2,98	158,9±2,19
Щелочная фосфатаза	Е/л	434,6±10,35	463,5±9,65	469,6±11,35	478,9±11,92

Примечание: \* -  $P \leq 0,05$

Полученные данные по определению коэффициентов переваримости питательных веществ корма показали, что добавление обработанных кавитацией целлюлозосодержащих отходов совместно с цеолитом положительно влияет на степень переваримости сырого жира при концентрации цеолита 2 % от массы добавки, на переваримость сырой клетчатки - 4 %.

**Обмен энергии в организме подопытной птицы.** Аналитические и расчетные исследования показали, что доступность валовой энергии для обмена была максимальной во II опытной группе и составила 109,5 МДж/гол. Этот показатель превосходил уровень контроля в I опытной группе на 1,6 %, в III – на 1,0 %. Удельные потери энергии с теплопродукцией от валовой энергии оказались максимальными в контрольной группе и составили МДж/гол.

Наибольший показатель трансформации протеина корма в увеличении массы тела был зафиксирован во II опытной группе и в абсолютном значении составил 40,31 %, что на 2,4 % выше контроля, на 2,16 % и на 0,39 % - I и III опытных групп. Коэффициент конверсии обменной энергии в контроле составил 34,9 %. Наибольший коэффициент был зафиксирован во II опытной группе и составил 36,9 %.

**Элементный статус цыплят бройлеров.** Общий пул кальция в организме цыплят на момент завершения эксперимента увеличился во всех опытных группах: в I – на 3,04 %; во II и III на 23,9 и 39,8 % ( $P \leq 0,05$ ) соответственно. Пул фосфора и отдельных микроэлементов изменялся аналогичным образом. Во II и III опытных группах пул кремния вырос на 15,9 % и 26,7 % ( $P \leq 0,05$ ); марганца – на 17,3 % и 27,1 % ( $P \leq 0,05$ ); кобальта – в 1,5 и 1,75 раза ( $P \leq 0,05$ ) и лития – на 23,8 % и 27,3 % соответственно

относительно контрольной группы. Однако, пул хрома, напротив, уменьшился во II опытной группе на 26,9 % ( $P \leq 0,05$ ), в III – на 32,7 % ( $P \leq 0,05$ ). Схожая картина наблюдается и по ванадию: во II опытной группе мы отмечаем снижение последнего на 30,8 % ( $P \leq 0,05$ ), а в III – на 38,5 % ( $P \leq 0,05$ ) в сравнении с контрольной группой.

Использование цеолита с целлюлозосодержащими отходами, подвергнутыми кавитационной обработке, способствует снижению содержания токсичных элементов в теле подопытной птицы. Максимальное снижение отмечено по свинцу (рисунок 11).

**Мясная продуктивность подопытных цыплят-бройлеров.** На конец эксперимента величина предубойной живой массы в I опытной группе составила 1937,9 г, превышая контроль на 0,65 %.

Скармливание кавитационно обработанных пшеничных отрубей совместно с цеолитовым порошком положительно оказало влияние на убойный выход в опытных группах.

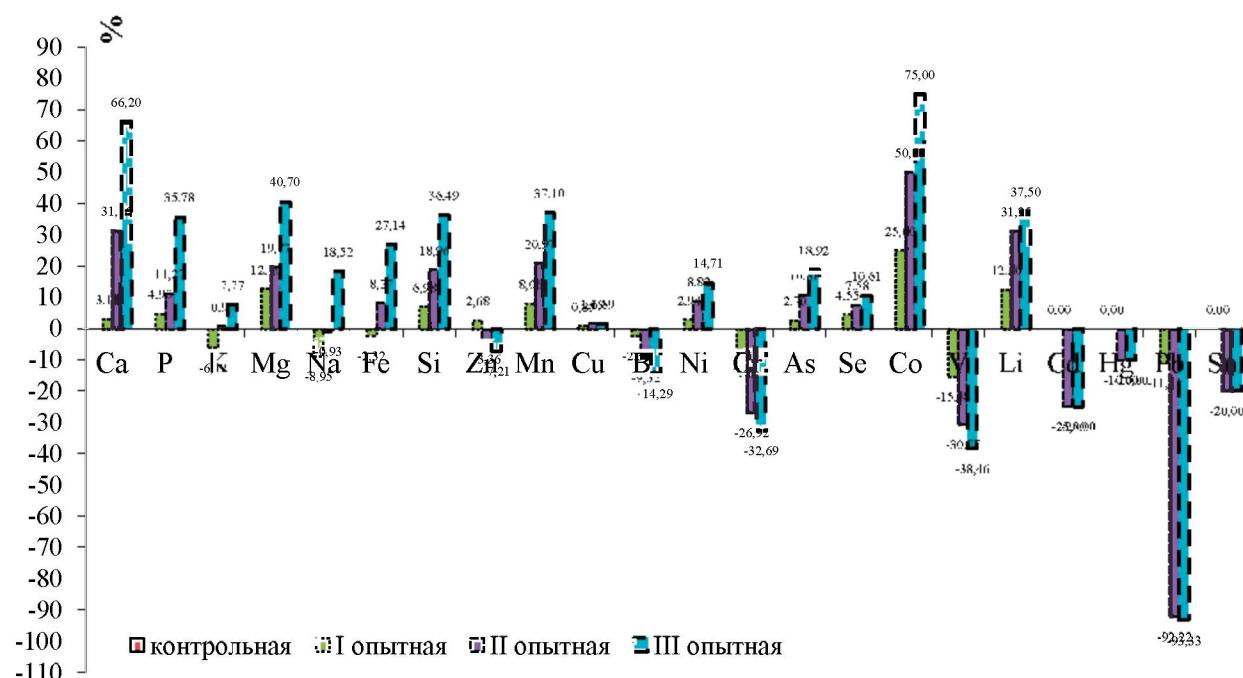


Рисунок 11 - Разница концентраций химических элементов в тканях тела цыплят-бройлеров относительно контроля

**Результаты производственной проверки.** В ходе производственной проверки была дана оценка эффективности замены зерновой части комбикорма на 30 % целлюлозосодержащих отходов, обработанных кавитацией, с добавлением 2 % цеолита от массы отходов.

По результатам производственной проверки получено, что расход корма снизился с 2,9 кг до 2,8 кг, прирост живой массы в контрольном варианте составил 404,2 кг, в опытном – 429,5 кг, при этом уровень рентабельности повысился на 0,6 %.

## **2.6 Исследование по оценке перспективности использования в кормлении кавитационно обработанной смеси целлюлозосодержащих отходов и разнодисперсных частиц цеолита и их влиянию на обмен веществ и продуктивные качества цыплят-бройлеров**

При проведении эксперимента по оценке влияния разной дисперсности цеолита на продуктивное действие кавитированных кормосмесей на модели цыплят-бройлеров 30 % зерновой части рациона заменяли на кавитационно-гидролизованные продукты: в I опытной группе - на пшеничные отруби, во II, III и IV - на смесь (28 % пшеничных отрубей, 2 % цеолита), с тем отличием, что во II группе использовали цеолит с размером частиц 1,0 мм; в III - с размером частиц 1,5 мм; в IV - 2,0 мм.

**Рост и развитие подопытной птицы.** Среднесуточный прирост живой массы цыплят-бройлеров опытных групп за период исследований был выше в среднем на 1,0-4,5 %. Так, за первые две недели учетного периода превосходство I опытной группы по величине данного показателя в сравнении с контролем составило 3,0 г или 0,25 %, II – 17,3 г или 1,51 %, III – 21,0 г или 1,83 %, IV – 19,0 г или 1,66 %. За третью и четвертую неделю учетного периода эта разница составила: 3,2 г или 0,13 %; 29,6 г или 1,19 %; 85,3 г или 3,43 %; 78,3 г или 3,14 % соответственно.

**Морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров.** При оценке биохимических параметров сыворотки крови установлены достоверные различия уровня глюкозы между контрольной группой и III и IV опытными группами на 28 сутки экспериментального исследования на 19,4 и 21,6 %, ( $P \leq 0,05$ ) соответственно. В конце опыта выявлено достоверное повышение ( $P \leq 0,05$ ) последнего во II опытной группе на 18,1 %, в III – на 21,3 %, в IV – на 20,3 % по отношению к контролю (таблица 6).

Уровень креатинина в I, II, III и IV опытных группах превысил контроль на 2,13 %, 5,54 %, 8,59 %, 10,7 % соответственно. Таким образом, на основании полученных данных можно констатировать факт, что концентрация креатинина в крови цыплят-бройлеров, с увеличением эквивалентного размера частиц цеолита возрастает. В IV опытной группе на 28 сутки экспериментального исследования наблюдалось достоверное повышение последнего на 13,3 % ( $P \leq 0,05$ ) в сравнении с контролем.

В ходе исследований выявлены некоторые изменения в минеральном составе крови подопытной птицы (таблица 7).

Так, выявлено достоверное увеличение уровня ( $P \leq 0,05$ ) кальция в сыворотке крови II и IV опытных групп на 26,9 %, в III группе – на 27,8 % по отношению к контролю. Концентрация калия достоверно превысила контрольную группу на 42 сутки в III и IV опытных группах в 1,5 раза ( $P \leq 0,01$ ), во II группе – на 27,4 % ( $P \leq 0,01$ ). Сходным образом менялся уровень фосфора в сыворотке крови. Концентрация железа в сыворотке крови подопытной птицы оказалась максимальной в III опытной группе.

Таблица 6 – Биохимические показатели крови подопытной птицы

Период жизни, сут	Группа				
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
Содержание глюкозы, ммоль/л					
1 неделя	3,9±0,02	4,0±0,04	3,8±0,04	4,0±0,01	4,0±0,04
4 недели	5,8±0,06	6,1±0,08	6,8±0,09	7,2±0,05*	7,4±0,04*
6 недель	5,9±0,08	6,2±0,05	7,2±0,05*	7,5±0,07*	7,4±0,09*
Общий белок, г/л					
1 неделя	24,1±0,20	24,0±0,14	24,2±0,19	24,0±0,25	24,1±0,18
4 недели	36,1±0,12	37,8±0,15	39,8±0,09	39,7±0,11	38,5±0,15
6 недель	35,8±0,22	38,5±0,18	40,5±0,25	40,8±0,18	39,4±0,11
Билирубин общий, мкмоль/л					
1 неделя	3,56±0,06	3,52±0,07	3,55±0,06	3,49±0,01	3,53±0,02
4 недели	3,01±0,05	3,68±0,05	4,02±0,05*	4,22±0,05*	4,18±0,08*
6 недель	2,44±0,09	4,02±0,02**	5,21±0,06**	5,44±0,08**	5,36±0,09**
Холестерин, ммоль/л					
1 неделя	4,52±0,12	4,49±0,26	4,51±0,26	4,46±0,11	4,48±0,25
4 недели	3,49±0,16	3,36±0,13	3,22±0,01	3,89±0,05	3,18±0,08
6 недель	3,35±0,17	3,34±0,22	3,37±0,09	3,56±0,08	3,48±0,04
Мочевина, ммоль/л					
1 неделя	1,05±0,05	1,01±0,05	1,02±0,04	1,05±0,05	1,04±0,01
4 недели	0,98±0,06	0,95±0,08	0,98±0,04	0,97±0,09	0,97±0,05
6 недель	0,93±0,01	0,95±0,08	0,97±0,06	0,95±0,03	0,94±0,02
Креатинин, Ед/л					
1 неделя	5122±245	5118±165	5120±301	5121±134	5119±120
4 недели	5222±193	5298±202	5684±98	5720±165	6022±146*
6 недель	5468±354	5587±198	5789±102	5982±119	6124±108

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

В возрасте 28 дней разница с контролем в I опытной группе составила 2,57 %, во II и III – 13,4 % ( $P \leq 0,05$ ), в IV – 12,0 %. В 42 суточном возрасте разница составила в I опытной группе – 1,31 %, во II – 18,9 % ( $P \leq 0,05$ ), в III – 21,7 % ( $P \leq 0,05$ ), в IV – 12,9 % относительно контрольной группы.

Таблица 7 – Содержание минеральных веществ в сыворотке крови цыплят-бройлеров

Период жизни, сут	Группа				
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
1	2	3	4	5	6
Кальций, ммоль/л					
1 неделя	3,9±0,06	4,0±0,01	3,9±0,02	3,9±0,07	3,9±0,01
4 недели	5,8±0,09	6,1±0,05	6,5±0,08	6,4±0,05	6,5±0,05
6 недель	5,7±0,08	6,2±0,04	7,8±0,06*	7,9±0,04*	7,8±0,04*
Фосфор, ммоль/л					
1 неделя	1,30±0,02	1,29±0,03	1,30±0,05	1,31±0,01	1,30±0,07
4 недели	1,34±0,08	1,42±0,07	1,46±0,09	1,48±0,02	1,49±0,08
6 недель	1,38±0,01	1,51±0,09	1,78±0,08*	1,84±0,05*	1,78±0,07*

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6
Железо, ммоль/л					
1 неделя	22,1±1,01	22,0±1,24	22,6±0,96	22,2±1,06	22,2±1,65
4 недели	21,9±1,24	22,6±1,34	25,3±0,85*	25,3±1,68*	24,9±0,08
6 недель	22,6±1,02	22,9±1,05	27,9±1,84*	28,9±1,34*	27,0±0,25
Магний, ммоль/л					
1 неделя	1,02±0,05	1,11±0,04	1,14±0,01	1,16±0,02	1,13±0,01
4 недели	1,35±0,05	1,37±0,03	1,67±0,05*	1,61±0,08	1,62±0,01
6 недель	1,87±0,02	1,93±0,05	2,21±0,01	2,35±0,05*	2,01±0,01
Калий, ммоль/л					
1 неделя	4,6±0,01	4,4±0,09	4,5±0,02	4,6±0,04	4,6±0,08
4 недели	4,4±0,08	4,5±0,08	4,8±0,04	4,8±0,01	5,1±0,08
6 недель	4,5±0,02	4,6±0,05	6,2±0,03**	6,7±0,07**	6,7±0,01**

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

**Химический состав тканей тела цыплят-бройлеров.** Содержание сухого вещества в III опытной группе увеличивается на 16,7 % ( $P \leq 0,05$ ). В свою очередь дополнительное введение цеолита размером 1,5 и 2,0 мм приводит к увеличению протеина в теле на 13,6 % ( $P \leq 0,05$ ) и на 9,2 % ( $P \leq 0,05$ ) по сравнению с контролем. Содержание жира достоверно повысилось во II опытной группе на 19,9 % ( $P \leq 0,05$ ), а в III – на 25,5 % ( $P \leq 0,05$ ) по отношению к контролю.

**Обмен энергии в организме подопытной птицы.** Наибольшее поступление доступной для обмена энергии оказалось во II и III опытных группах: 70,1 и 69,9 МДж/гол. соответственно. При всем этом доля потери энергии с теплопродукцией от валовой оказалась максимальной в контрольной группе и составила в процентном отношении 56,1 %.

Показатель трансформации протеина корма в прирост массы тела в III опытной группе составил 41,9 %, что на 3,99 % выше, чем в контроле. Коэффициент конверсии обменной энергии в III группе также максимально превысил контрольную группу на 3,9 %.

**Элементный статус подопытных цыплят-бройлеров.** Сопоставление величин пуль химических элементов в организме контрольной и опытной птицы позволил выявить различия, выражавшиеся для цыплят I опытной группы следующим профилем (рисунок 12).

Следует отметить, что минеральные профили цыплят опытных групп по сравнению с контролем были в целом идентичны. Так, пуль хрома и кальция в тканях тела опытной птицы превышали уровень контроля. Уровень свинца и стронция, напротив, оказался ниже (рисунки 13, 14, 15).

В то же время по мере увеличения размера частиц действие цеолита на элементный статус птицы менялся, что выражалось в увеличении различий между опытными группами и контролем. В частности, если в I опытной группе общий пул хрома превышал контроль на 44,4 %, то во II и III группах эта разница составила уже 147,2 и 241,5 %, в IV - 247,2 %.

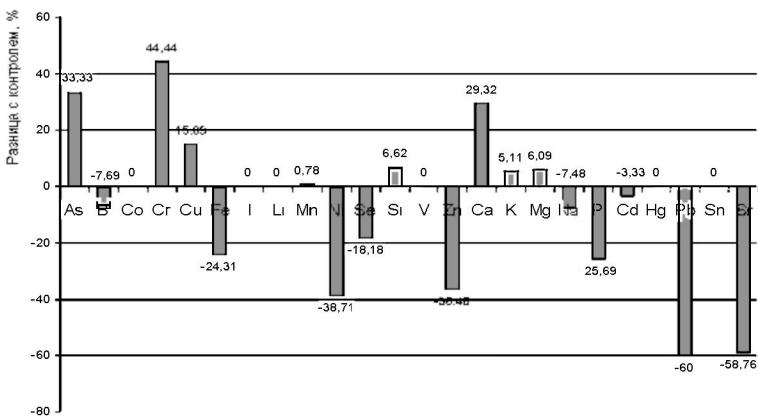


Рисунок 12 – Разница концентраций химических элементов в тканях тела цыплят-бройлеров I опытной группы по сравнению с контролем

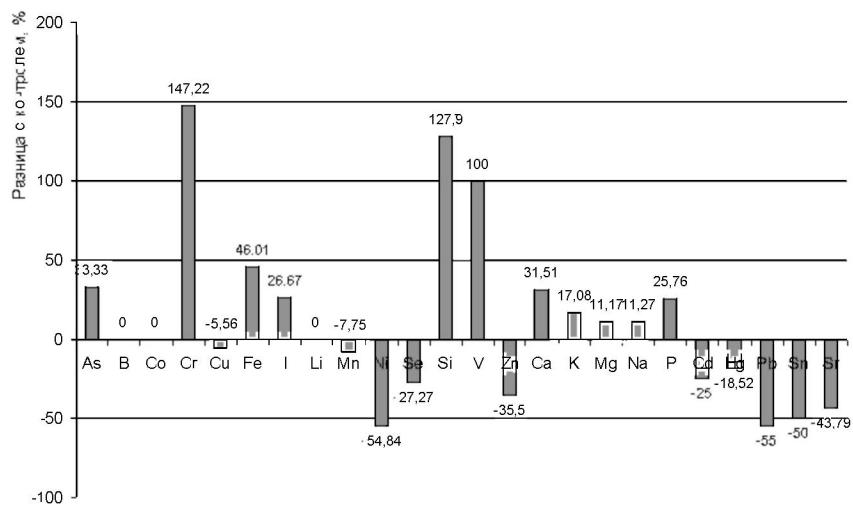


Рисунок 13 – Разница концентраций химических элементов в тканях тела цыплят-бройлеров II опытной группы по сравнению с контролем

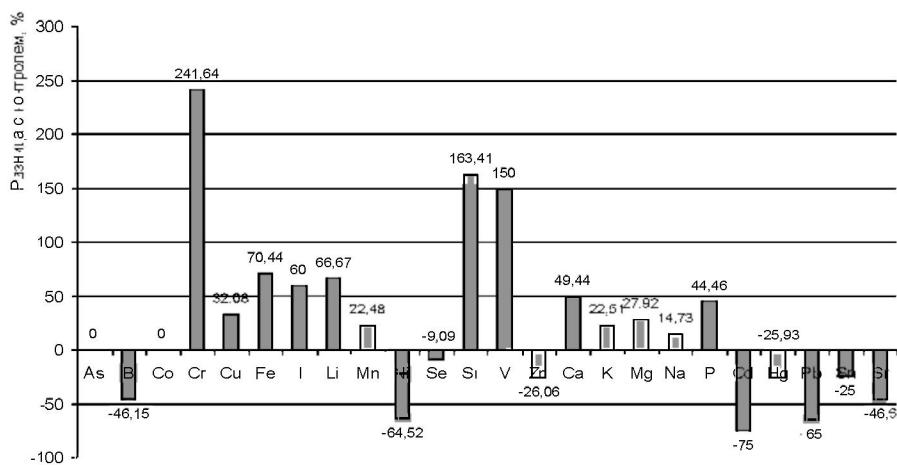


Рисунок 14 – Разница концентраций химических элементов в тканях тела цыплят-бройлеров III опытной группы по сравнению с контролем

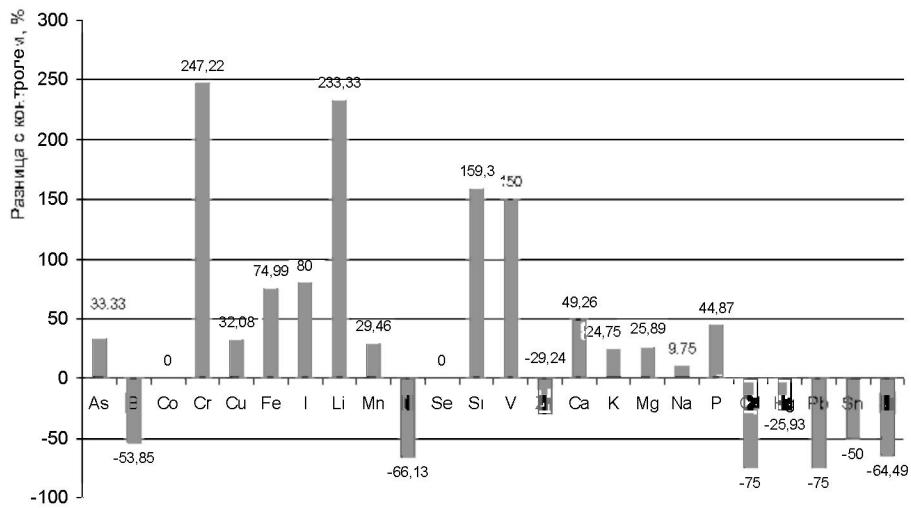


Рисунок 15 - Разница концентраций химических элементов в тканях тела цыплят-бройлеров IV опытной группы по сравнению с контролем

На основании полученных данных можно отметить, что изменения размера частиц цеолита приводят к значительному изменению картины концентраций химических элементов при сравнении их между контрольной и опытными группами.

**Мясная продуктивность подопытных цыплят-бройлеров.** По величине предубойной живой массы опытная птица превосходила аналоги из контроля на 0,13 % для I опытной группы, на 1,17 % - для II, на 3,3 % - для III и на 3,04 % - для IV. По массе потрошеной тушки отмечены аналогичные различия. Увеличение последней в опытных группах в абсолютном значении составило от 1601,3 г до 1702,5 г. Дополнительное включение в рацион разнодисперсных частиц цеолита и целлюлозосодержащих отходов после кавитационной обработки способствовали увеличению убойного выхода с 64,1 % в контроле до 64,5 % – в I опытной группе, во II – до 66,8 %, в III – до 65,9 %.

**Морфофункциональное состояние печени и тонкого кишечника цыплят-бройлеров.** Как следует из полученных результатов, печень цыплят контрольной группы характеризовалась хорошо выраженной дольчатой структурой. Расширены артерии и вены в междольковых соединительнотканых трабекулах, наполнены кровью. Структура печеночных балок хорошо выражена в дольках, наблюдается преобладание одноядерных гепатоцитов, с ярко выраженным крупным светлым ядром и небольшим содержанием гетерохроматина. Печеночные дольки незначительно увеличены в размерах у цыплят I опытной группы. Многочисленные эритроцитарные стазы наблюдаются в артериях и венах междольковых трабекул, которые имеют обильное кровенаполнение (рисунок 16). В составе балок печеночных долек преобладают гипертрофированные гепатоциты.

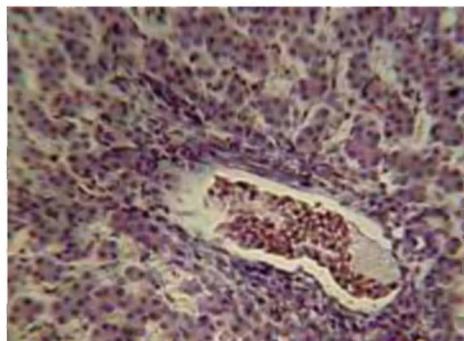


Рисунок 16 – Печень птицы I опытной группы. Ув.: ×600

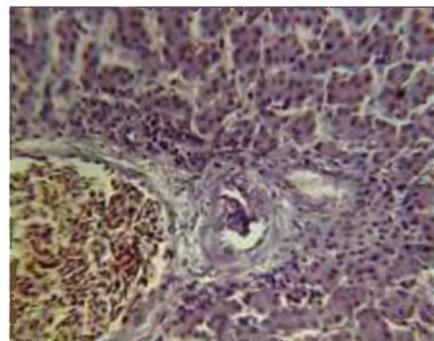


Рисунок 17 – Печень птицы II опытной группы. Ув.: ×600

Во II опытной группе наблюдаются нормальные размеры печеночных долек, у которых кровеносные сосуды междольковых соединительнотканых трабекул наполнены кровью, содержатся лимфо- и эритроцитарные тромбы (рисунок 17). В небольшой части микрососудов кровенаполнение слабо выражено, отсутствуют эритроцитарные стазы. У цыплят-бройлеров III опытной группы слегка увеличены печеночные дольки. Отмечаются эритроцитарные стазы в сосудах междольковых соединительнотканых трабекул (рисунок 18). В меньшей степени, чем во II опытной группе, ширина печеночных балок в дольках увеличена за счет гипертрофии гепатоцитов. Относительно мало обнаруживается двуядерных гепатоцитов, пролиферирующих форм с выраженной базофилией ядра.

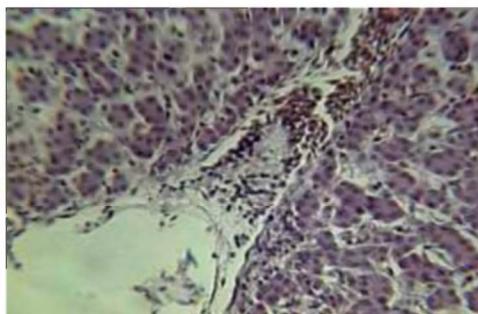


Рисунок 18 – Печень птицы III опытной группы. Ув.: ×600

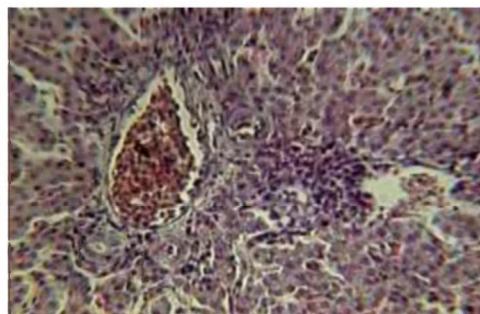


Рисунок 19 – Печень птицы IV опытной группы. Ув.: ×600

У цыплят-бройлеров IV опытной группы увеличена ширина балок в печени. Массовые эндомитозы наблюдаются в гепатоцитах. Активно пролиферирующих форм клеток мало, часто встречаются двуядерные гепатоциты. Расширены синусоидные капилляры, массово встречаются макрофаги и эндотелиальные клетки. Эритроцитарные стазы наблюдаются в микроциркуляторном русле (рисунок 19). У контрольной группы в кишечнике в зоне ворсинок центральный лимфатический поток и микрососуды расширены. Интенсивное секретообразование регистрируется в криптах. Фиксируются единичные митозы ( $5,9 \pm 1,2$ ) в эпителии донной и боковых частей. В зоне ворсинок энтероциты хорошо дифференцированы в кишечнике птицы I опытной группы (рисунок 20). Незначительное количество бокаловидных клеток обнаруживается на верхушке ворсинок. Во

внутренних отделах крипты заметно увеличение митотической активности энteroцитов ( $15,8 \pm 3,8$ ).

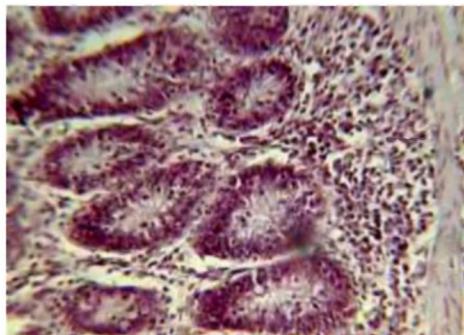


Рисунок 20 – Кишечник птицы I опытной группы. Ув.:  $\times 600$

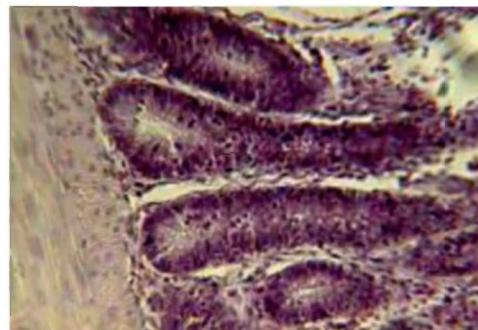


Рисунок 21 – Кишечник птицы II опытной группы. Ув.:  $\times 600$

В области ворсинок в кишечнике цыплят-бройлеров II опытной группы отмечаются заметные участки деградации энteroцитов, жировая дистрофия слизистой оболочки, отторжения эпителия. Значительный объем имеют крипты, хорошо визуализируется просвет (рисунок 21). Дифференцированы энteroциты зоны крипты, содержат выраженную базофильную цитоплазму с включениями, митозы малочисленны. Наблюдается жировое перерождение энteroцитов в боковых и проксимальных частях крипты. Отмечается массовое скопление клеток лимфоидной ткани вокруг крипты. Ворсинчатые структуры хорошо сохранены в кишечнике птицы III опытной группы. Небольшой объем имеют крипты, имеют слабо базофильную цитоплазму энteroциты, понижена секреция, малочисленны митозы ( $9,7 \pm 2,4$ ) (рисунок 22).

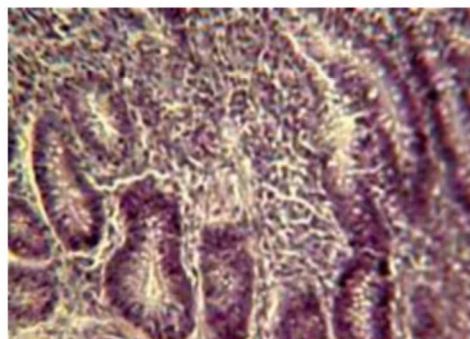


Рисунок 22 – Кишечник птицы III опытной группы. Ув.:  $\times 600$

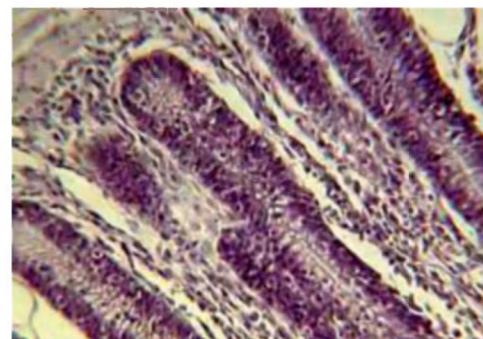


Рисунок 23 – Кишечник птицы IV опытной группы. Ув.:  $\times 600$

Зона крипты значительно расширена в кишечнике особей IV опытной группы. В донной части крипты наблюдается значительная высота энteroцитов. Превалирует цитодифференцировка бокаловидных энteroцитов, на уровне средней и верхней части крипты выражена вакуолизация эпителия (рисунок 23). Слабо выражена инфильтрация лимфоцитами собственной пластинки слизистой оболочки. Обнаруживаются редкие фигуры митозов ( $6,0 \pm 1,1$ ) в верхней и средней частях крипты.

**Результаты производственной проверки.** В ходе производственной проверки на модели цыплят-бройлеров кросса «Арбор Айкрес» была дана оценка эффективности замены зерновой части комбикорма (30 %) на кавитационно обработанную смесь пшеничных отрубей с добавлением 2 % цеолита с размером частиц 1,5 мм. В процессе производственной проверки установлено, что расход корма снизился с 3,78 кг в контроле, до 3,67 кг на голову в опытном варианте. При этом сохранность поголовья увеличилась с 98,4 % до 99,6 %, что сопровождалось увеличением общего валового прироста в опытном варианте на 41,9 кг в сравнении с контролем.

В итоге на фоне повышения убойного выхода на 2,1 % отмечалось снижение себестоимости 1 кг мяса в опытном варианте на 3,1 руб., что обеспечило рост рентабельности производства мяса птицы на 2,8 %.

## **2.7 Изучение влияния кавитационной обработки жirosодержащих отходов совместно с частицами цеолита в зависимости от концентрации на обмен веществ и продуктивные качества цыплят-бройлеров**

Исследования были проведены на цыплятах-бройлерах кросса «Смена-7», продолжительность эксперимента 28 суток. Методикой исследований предполагалось различное кормление птицы контрольных и опытных групп, с тем отличием, что опытным цыплятам в составе рациона заменяли 6 % подсолнечного масла на кавитационно-обработанный фуз-отстой (I опытная группа); кавитационно обработанный фуз-отстой с добавлением 2 % цеолита от массы фуза-отстоя (II опытная группа); кавитационно-обработанный фуз-отстой с добавлением 4 % цеолита от массы фуза-отстоя (III опытная группа).

**Рост и развитие подопытной птицы.** В конце первой недели эксперимента выявлено достоверное увеличение живой массы во II опытной группе на 18,5 % ( $P \leq 0,05$ ) относительно контрольной группы. В конце второй недели эксперимента наблюдается достоверное повышение ( $P \leq 0,05$ ) живой массы во всех опытных группах: в I – на 10,1 %, во II – на 10,5 %, в III – на 18,6 % по отношению к контролю.

Между тем в последующие две недели эксперимента интенсивность роста в опытных группах снизилась, в результате на момент завершения исследований достоверных различий между сравниваемыми группами выявлено не было.

Поедаемость кормов за весь эксперимент в опытных группах была меньше, чем в контроле. Разница составила в I группе 68 г/гол., во II – 27, в III – 100 и в IV – 31 г/гол., или 2,82; 1,12; 4,16 и 1,29 % соответственно.

**Морфологические и биохимические показатели крови.** Исследования выявили некоторые различия в составе крови (таблица 8).

В сыворотке крови цыплят III опытной группы выявлено увеличение содержания глюкозы в 1,75 раза ( $P \leq 0,05$ ). На основании проведенного биохимического анализа крови подопытной птицы можно сделать заключение, что введение в рацион кавитационно обработанного фуза совместно с цеолитом приводит к уменьшению количества мочевины в

сыворотке крови опытных групп, причем во II и III опытных группах снижение было в 2,1 раза ( $P \leq 0,01$ ) по отношению к контролю.

Таблица 8 – Результаты биохимического исследования крови подопытной птицы

Показатель	Ед. изм.	Группа			
		контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Глюкоза	ммоль/л	7,91±0,98	8,42±2,27	8,24±1,98	13,9±2,51**
Мочевина		3,72±0,44	2,43±0,78	1,78±0,37**	1,81±0,97**
Креатинин		66,4±1,98	61,2±2,01	57,2±2,11*	54,8±1,98*
Железо сыворотки		18,9±4,49	20,7±1,65	22,4±1,64	24,7±2,47*
Кальций		2,76±0,07	2,85±0,37	3,98±0,58*	4,63±0,76*
Магний		7,1±0,36	9,6±0,48*	10,4±0,22*	10,7±0,24*
Калий		7,9±0,57	8,2±0,69	9,1±0,21*	10,6±0,67*
Натрий		147,3±4,45	167,8±3,87	174,9±3,47*	267±2,81*
Общий белок	г/л	46,2±1,47	46,8±2,01	47,5±0,98	47,6±0,01
Щелочная фосфатаза	Ед/л	294,5±8,56	288,5±5,21	270,2±15,62	272,6±8,34

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

Содержание креатинина снижалось при введении изучаемых кормовых добавок. В частности, содержание креатинина в контрольной группе составило 66,4 ммоль/л, что превышало содержание этого вещества во II группе на 16,9 % ( $P \leq 0,05$ ), а в III – на 21,2 % ( $P \leq 0,05$ ).

**Переваримость питательных веществ корма подопытной птицей.** По результатам полученных данных степень переваримости стартового комбикорма органического вещества во второй и третьей опытных группах достоверно превысила контрольную группу на 4,4 % и на 4,2 % ( $P \leq 0,05$ ) соответственно. Переваримость сырого протеина была ниже в исследуемых группах на 1,1 %, 1,0 % и на 3,0 % соответственно относительно контроля. Аналогичная картина наблюдалась по степени переваримости сырого жира: в I группе – на 2,8 %, во II – на 0,5 % и в III – на 1,8 %.

Уровень сырой клетчатки в опытных группах был выше, чем в контроле, однако в III группе выявлено его достоверное увеличение на 3,8 % ( $P \leq 0,05$ ). По количеству безазотистых экстрактивных веществ отмечено увеличение в I группе на 0,8 %, во II – на 2,8 % и в III – на 1,9 %.

По степени переваримости питательных веществ в ростовом корме выявлено достоверное повышение переваримости органического вещества во II опытной группе на 12,6 % ( $P \leq 0,05$ ) в сравнении с контрольной группой. По сырому протеину выявлено повышение показателей в I и II опытных группах с 86,0 % до 90,8 % и снижение последнего в III группе на 4,0 %, но все изменения были недостоверными. Картина переваримости сырого жира была аналогичной, как при кормлении стартовым комбикормом, а точнее незначительное его снижение на 0,7-1,0 % по отношению к контролю.

Переваримость углеводов была наибольшей во II опытной группе и превысила данный показатель контрольной группы на 5,9 % ( $P \leq 0,05$ ).

**Обмен энергии в организме подопытной птицы.** Обменная энергия сверхподдержания была отмечена на уровне от 25,9 до 27,9 МДж/гол., наибольший показатель в III опытной группе - 27,9 МДж/гол. По сравнению с контролем разница составила 2 МДж/гол. (7,18 %), с I опытной группой – 2,6 МДж/гол. (9,33 %), со II – 1,73 МДж/гол. (6,21 %). Чистая энергия продукции в III опытной группе составила 14,5 МДж/гол., что больше, чем в контроле, на 5,38 %, в I опытной группе - на 9,33 %, во II - на 6,21 %.

Совокупность факторов питания в III опытной группе оказала наиболее позитивное действие на значение коэффициента соответствия, определив максимальное значение этого показателя за опыт в 0,054. Наибольший показатель трансформации протеина корма в прирост массы тела был отмечен в III опытной группе и составил 40,72 %, что больше, чем в контрольной группе, на 2,81 %. В I опытной группе наблюдалось снижение данного показателя по сравнению с контролем на 3,41 %.

Коэффициент конверсии обменной энергии в контроле составил 34,9 %. Наибольшее значение данного показателя было отмечено в III опытной группе, разница с контролем ( $P \leq 0,05$ ) составила 1,21 %, во II – на 20,9 % и в I – на 15,1 %.

**Элементный статус подопытной птицы.** Выявлено, что общий пул практически всех эссенциальных микроэлементов (B, Co, Cr, Cu, Fe, I, Ni, Se, Si и Zn) в организме птицы II опытной группы достоверно превысил уровень контроля. В I опытной группе выявлено достоверное снижение ( $P \leq 0,05$ ) Co на 20 %, Cr – на 35,1 %, Mn – на 27,1 % и Ni – на 43,3 % в сравнении с контрольной группой (таблица 9).

Таблица 9 - Содержание эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов в теле цыплят-бройлеров, мг/гол.

Элемент	Группы			
	Контрольная	I	II	III
1	2	3	4	5
Мышьяк	0,07±0,001	0,07±0,001	0,07±0,000	0,07±0,001
Бор	0,61±0,013	0,58±0,007	0,70±0,001*	0,60±0,009
Кобальт	0,05±0,001	0,04±0,001*	0,07±0,001 *	0,05±0,001
Хром	2,71±0,015	1,76±0,036*	5,91±0,16**	3,60±0,06
Медь	2,88±0,043	2,48±0,043	4,12±0,023*	3,25±0,051
Железо	87,7±1,26	83,5±1,71	121,5±0,06 *	100,8±1,67

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5
Йод	0,10±0,000	0,11±0,001	0,23±0,006**	0,20±0,004
Литий	0,001±0,0001	0,001±0,0001	0,001±0,0001	0,001±0,0001
Марганец	3,04±0,02	2,38±0,07*	3,52±0,02	3,02±0,05
Никель	0,53±0,001	0,30±0,005*	0,32±0,001*	0,25±0,004 *
Селен	0,30±0,002	0,21±0,004	0,41±0,004 *	0,25±0,005
Кремний	29,3±0,39	29,3±0,29	35,0±0,19 *	30,3±0,55
Ванадий	0,09±0,002	0,09±0,002	0,09±0,001	0,09±0,001
Цинк	47,7±0,85	41,4±0,49	56,4±0,19 *	45,9±0,71

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

В ходе исследований установлено достоверное снижение содержания свинца в I опытной группе в 2,0 раза ( $P \leq 0,05$ ), олова во II группе в 1,5 раза ( $P \leq 0,05$ ) относительно контрольной группы. Концентрация стронция снизилась во всех опытных группах: в I - на 24,4 %, во II и III - на 28,9 % ( $P \leq 0,05$ ) по сравнению с контрольной группой (таблица 10).

Таблица 10 - Содержание токсичных элементов в теле цыплят-бройлеров, мг/гол.

Элемент	Группы			
	Контрольная	I	II	III
Алюминий	6,30±0,13	6,33±0,11	7,02±0,04	6,86±0,10
Кадмий	0,01±0,000	0,01±0,000	0,01±0,002	0,02±0,000
Ртуть	0,001±0,0001	0,001±0,0001	0,001±0,0001	0,001±0,0001
Свинец	0,02±0,000	0,01±0,000*	0,02±0,000	0,02±0,000
Олово	0,38±0,002	0,35±0,007	0,27±0,018*	0,39±0,01
Стронций	23,8±0,47	18,0±0,19*	16,9±0,09*	16,9±0,22*

Примечание: \* -  $P \leq 0,05$

**Мясная продуктивность подопытных цыплят-бройлеров.** Масса потрошеной тушки в III опытной группе была максимальной. Такая же картина наблюдалась и при анализе показателя убойного выхода. Максимальный выход констатировался в III опытной группе и составил 72,3 %.

**Результаты производственной проверки.** В ходе производственной проверки была дана оценка эффективности введения в комбикорма 6 % фузатостоя с 4 % цеолита от массы отхода, совместно обработанных кавитацией.

Результаты производственной проверки показали, что расход корма в опытном варианте в целом за весь эксперимент снизился с 2,9 кг до 2,6 кг,

сохранность поголовья увеличилась с 96,8 до 98,8 %, что повлияло на увеличение валового прироста в опытном варианте с 461,8 кг до 492,2 кг.

В итоге на фоне повышения убойного выхода с 67,3 % до 69,4 % отмечалось снижение себестоимости на 0,8 руб., что соответствовало повышению рентабельности производства на 4,7 % при введении в комбикорма 6 % фуза-отстой с 4 % цеолита от массы отхода, совместно обработанных кавитацией.

## 2.8 Исследование по оценке перспективности использования в кормлении кавитационно обработанной смеси жирсодержащих отходов и разнодисперсных частиц цеолита и их влиянию на обмен веществ и продуктивные качества цыплят-бройлеров

При проведении эксперимента по оценке влияния разной дисперсности цеолита на продуктивное действие фузсодержащих кавитированных кормосмесей на модели цыплят-бройлеров кросса «Смена 7» производили замену 6 % подсолнечного масла в составе рациона на кавитационно-гидролизованные продукты: в I опытной группе - на фуз-отстой, во II, III и IV - на смесь (98 % фуза-отстой, 2 % цеолита), с тем отличием, что во II группе использовали цеолит с размером частиц 0,5 мм; в III - с размером частиц 1,0 мм; в IV – 1,5 мм.

**Рост и развитие подопытной птицы.** На момент окончания учетного периода максимальная живая масса была выявлена в III опытной группе, которая превысила контроль на 5,69 %. В остальных опытных группах также было отмечено увеличение живой массы: в I опытной группе – на 1,92 %, во II – на 2,09 % и в IV – на 2,66 % относительно контрольной группы (рисунок 24).

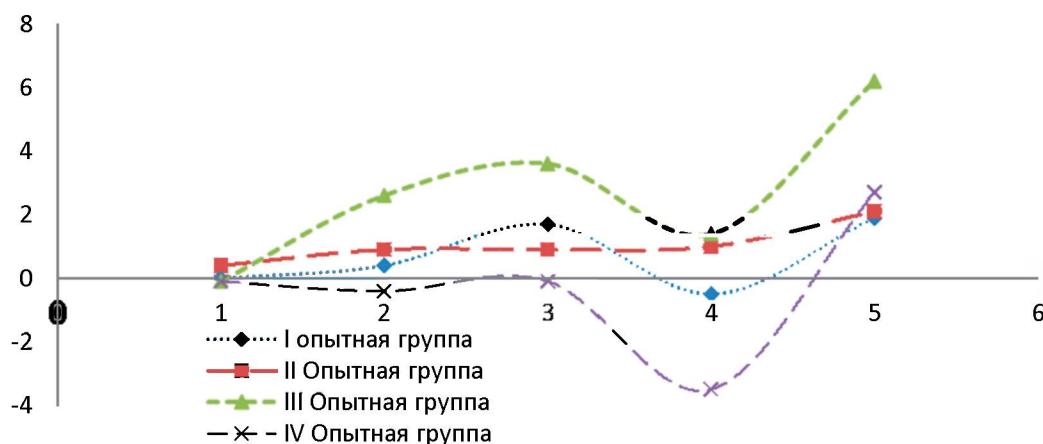


Рисунок 24 – Динамика разницы в живой массе между цыплятами-бройлерами опытных и контрольных групп

**Морфологические и биохимические показатели крови.** В ходе исследований установлена тенденция увеличения количества общего белка в сыворотке крови цыплят II, III и IV опытных групп – на 5,36; 6,14 и 4,77 % в

сравнении с контролем. По содержанию глюкозы III опытная группа достоверно превысила контроль на 19,9 % ( $P \leq 0,05$ ).

Концентрация железа в сыворотке крови цыплят II, III и IV опытных групп достоверно была выше ( $P \leq 0,05$ ) контроля, на 18,7; 21,1 и 18,7 %. Аналогичная картина наблюдалась и по содержанию кальция в сыворотке крови. Так, в сыворотке крови птицы II опытной группы содержание кальция было выше, чем в контроле, на 24,5 %, в III – в 1,56 раза и в IV группе – в 1,5 раза.

**Переваримость питательных веществ корма подопытной птицей.** В стартовый период было выявлено повышение переваримости органического вещества, сырого жира и клетчатки на 4,5 %, 1,9 % и на 1,6 % соответственно в сравнении с контролем во II опытной группе. Подобные показатели были отмечены в IV опытной группе: рост коэффициентов переваримости органического вещества на 6,9 %, сырого жира - на 3,9 %, клетчатки - на 1,6 % по отношению к контролю, показатели сырого протеина уменьшились на 5,0 %. Выявлен рост показателя переваримости сырой клетчатки на 2,1 % в III опытной группе, а также органического вещества на 8,5 % и сырого жира на 6,3 %.

В ростовой период выявлено достоверное повышение коэффициентов переваримости сырого жира во II опытной группе на 18,7 % ( $P \leq 0,05$ ) по сравнению с контролем. В III опытной группе нами выявлено достоверное увеличение ( $P \leq 0,05$ ) переваримости органического вещества на 11,5 %, сырого жира – на 13,6 % по отношению к контрольной группе.

**Обмен энергии в организме подопытной птицы.** Дополнительное введение фуза-отстоя после кавитационной обработки совместно с разнодисперсными частицами цеолита способствует увеличению валовой энергии во II, III и IV группах на 5,11 %, 10,6 % и на 8,79 % соответственно в сравнении с контролем. Как следствие, это приводит к снижению потери энергии с теплопродукцией с 26,9 % до 18,4 %.

Полученные показатели указывают на то, что при росте концентрации обменной энергии с 25,3 МДж/гол. до 27,6 МДж/гол. увеличивается и коэффициент полезного использования обменной энергии с 0,70 до 0,83 и концентрация обменной энергии с 12,3 МДж/кг СВ до 14,1 МДж/кг СВ. Коэффициент соответствия тоже увеличивается с 0,05 до 0,055, что дает нам предположение о равномерном распределении метаболитов в организме цыплят-бройлеров. Величина уровня питания выше, чем в контроле, во II опытной группе на 3,16 %, в III – на 4,17 % и в IV – на 3,16 %.

Максимальный показатель трансформации протеина корма в прирост массы тела был отмечен в III опытной группе и составил 43,8 %, что больше, чем в контрольной группе, на 5,89 %.

Коэффициент конверсии обменной энергии в контроле составил 34,9 %. Наибольшее значение данного показателя было отмечено в III опытной группе, разница с контролем составила 13,0 %, в IV – 12,2 % ( $P \leq 0,05$ ).

**Оценка влияния разнодисперсных частиц цеолита на минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров.** Установлено, что пулы химических элементов в организме птицы I опытной группы незначительно отличались от контроля, за исключением достоверного увеличения содержания ванадия в 1,5 раза ( $P \leq 0,05$ ) и снижения стронция в 21,0 раза ( $P \leq 0,001$ ). В то же время во II опытной группе наблюдалось повышение размера пулов целого ряда эссенциальных элементов, в том числе Со – в 2,33 раза ( $P \leq 0,01$ ), Cr – в 3,72 раза ( $P \leq 0,001$ ), Cu – в 1,67 раза, Fe, Mn и V – в 1,5 раза ( $P \leq 0,05$ ), I – в 1,71 раза ( $P \leq 0,05$ ), Se – в 2,24 раза ( $P \leq 0,05$ ), Si – в 1,90 раза ( $P \leq 0,05$ ), макроэлементов: K – в 1,79 раза и Na – в 2,13 раза ( $P \leq 0,05$ ), а также снижение совокупного содержания в организме цыплят уровня токсичных элементов: свинца в 1,5 раза ( $P \leq 0,05$ ), олова в 2,33 раза ( $P \leq 0,01$ ) и стронция в 12,6 раза ( $P \leq 0,001$ ) относительно контрольной группы.

В III опытной группе нами отмечено увеличение уровня Со в 2,0 раза ( $P \leq 0,01$ ), Cr – в 6,63 раза ( $P \leq 0,001$ ), Cu – в 1,69 раза ( $P \leq 0,05$ ), I – в 1,64 раза ( $P \leq 0,05$ ), Se – в 2,2 раза ( $P \leq 0,01$ ), Si – в 1,73 раза ( $P \leq 0,05$ ), V, Zn и K – в 1,5 раза ( $P \leq 0,05$ ) и Na – в 2,25 раза ( $P \leq 0,01$ ), содержание токсичных элементов, таких как свинец, олово и стронций было снижено в 1,5 раза ( $P \leq 0,05$ ), в 2,0 раза ( $P \leq 0,01$ ) и в 12,6 раза ( $P \leq 0,001$ ) по отношению к контролю.

В IV опытной группе выявлено достоверное увеличение содержания кобальта в 2,33 раза ( $P \leq 0,01$ ), хрома в 5,61 раза ( $P \leq 0,001$ ), меди в 1,74 раза ( $P \leq 0,01$ ), йода в 1,64 раза ( $P \leq 0,05$ ), селена в 2,08 раза ( $P \leq 0,05$ ), кремния в 1,69 раза и ванадия в 1,5 раза ( $P \leq 0,05$ ) относительно контроля. Содержание макроэлементов – калия и натрия – превысило контроль в 1,5 раза ( $P \leq 0,05$ ) и в 2,25 раза ( $P \leq 0,05$ ). Концентрация токсичных элементов снижена в сравнении с контролем: достоверное снижение свинца в 1,5 раза ( $P \leq 0,05$ ) и олова в 2,55 раза ( $P \leq 0,01$ ).

**Мясная продуктивность подопытной птицы.** Различия между контролем и опытными группами по величине убойного выхода составили 0,7 % для I опытной группы, 1,3 % для II, 2,0 % для III и 2,1 % для IV группы.

**Результаты исследований по изучению морфофункциональных изменений в тонкой кишке и печени лабораторных животных.** Анализ морфофункциональных особенностей печени контрольной птицы не выявил отклонений от нормы. Печеночные дольки мономорфные, одинаковой величины, разделены тонкими прослойками соединительной ткани, в которой расположены междольковый артериальный капилляр, вена и желчный проток. При исследовании тонкого отдела кишечника (тощая кишка) хорошо определялись высокие ворсины, глубокие крипты, выстланные цилиндрическим эпителием с базально расположенным ядром. Эпителий, выстилающий слизистую оболочку кишки, однослойный, призматический с большим содержанием бокаловидных клеток, преимущественно в криптах.

Морфофункциональные особенности печени и тонкой кишки цыплят I опытной группы в целом соответствовали норме. В печени изменения выражались нарастанием полнокровия, расширения и полнокровия центральных вен, межбалочных капилляров при сохранении четкого балочного строения дольки. Сами гепатоциты несколько увеличивались в размерах, округлялись, увеличивались также размеры ядра (рисунок 25). В слизистой тонкой кишки, в условиях опыта с применением частиц цеолита с эквивалентным размером 1 мм совместно с фузом отстоем, морфофункциональное состояние слизистой существенно изменялось в сравнении с контрольной группой. Это относилось к состоянию эпителиоцитов слизистой, количеству и составу в них гликозаминогликанов, содержанию клеточного состава собственной оболочки крипта и ворсинок. В то же время в контрольной группе их число равнялось: глубина крипты –  $70\pm43$ ; число ворсинок –  $1,6\pm0,8$  (рисунок 26).

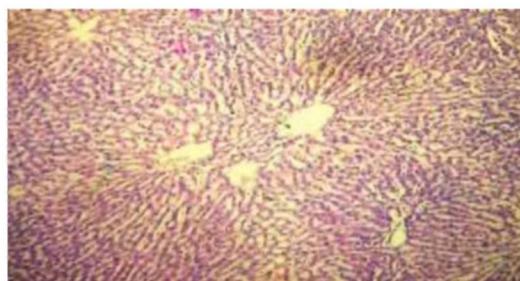


Рисунок 25 – Печень,  
I опытная группа.  
Ув.:  $\times 600$

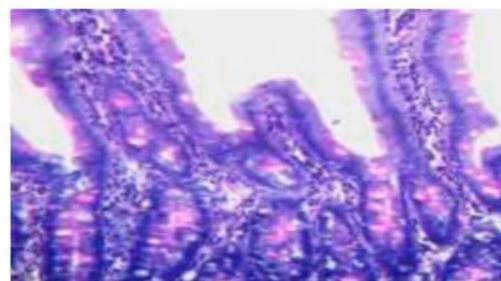


Рисунок 26 – Тонкая кишка,  
I опытная группа.  
Ув.:  $\times 600$

Ткань печени III опытной группы характеризовалась усиленным полнокровием с расширением междольковых сосудов, в особенности артерий, увеличением диаметра межбалочных капилляров и центральных вен дольки (рисунок 27).

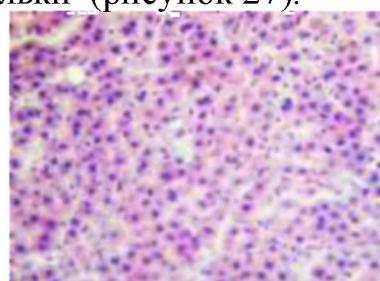


Рисунок 27 – Печень,  
III опытная группа.  
Ув.:  $\times 600$

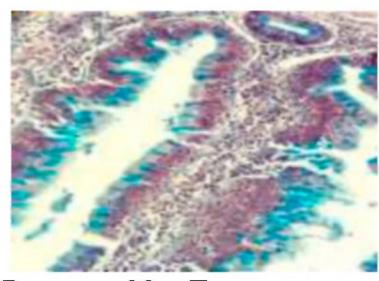


Рисунок 28 – Тонкая кишка,  
III опытная группа.  
Ув.:  $\times 600$

В слизистой тонкой кишки, в условиях опыта с применением частиц цеолита с эквивалентным размером 1,5 мм совместно с фузом-отстоем (III опытная группа) морфофункциональное состояние слизистой существенно изменялось, увеличивались все морфофункциональные показатели (рисунок 28). Значительно возрастала глубина крипты и число ворсин на

определенной площади, составляя: глубина крипт –  $100\pm23$ ; число ворсин –  $2,85\pm0,3$  ( $P\leq0,05$ ). Заметно возрастало число бокаловидных клеток, преимущественно в слизистой крипте –  $18\pm2$  на ворсинку.

**Результаты производственной проверки.** В процессе производственной проверки в условиях птицефабрики была проведена оценка эффективности введения фуза-отстоя совместно с частицами цеолита, обработанных ультразвуком в режиме кавитации, в полнорационный комбикорм. Для этого было отобрано 500 суточных цыплят-бройлеров кросса «Арбор Айкрес», которые были разделены на 2 равноценные группы по 250 голов в каждой. Контрольная группа получала рацион, сформированный по нормам, рекомендуемым ВНИТИП (2009). В рацион птицы опытной группы на основании проведенных пилотных исследований вводили 6 % обработанного фуза-отстоя совместно с частицами цеолита с эквивалентным диаметром 1,5 мм.

Расход корма по результатам производственной проверки в опытном варианте снизился с 3,78 кг на голову до 3,69 кг на голову, сохранность поголовья повысилась с 97,6 % до 99,2 %. Это повлияло на увеличение валового прироста в опытном варианте с 468,0 кг до 510,8 кг, что на 8,38 % выше, чем в контрольном варианте.

Таким образом, на фоне повышения убойного выхода на 1,1 % отмечалось снижение себестоимости 1 кг мяса в опытном варианте на 0,4 руб., что соответствовало увеличению рентабельности производства на 0,3 % при введении 6 % обработанного фуза-отстоя совместно с частицами цеолита с эквивалентным диаметром 1,5 мм.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Кавитационное воздействие на растительные субстраты сопровождается разрушением структур и образованием кавитационных каверн для целлюлозосодержащего сырья (солома, древесные опилки) с нарастанием интенсивности сонолюминесценции (условия 27 кГц, 20 °C) при наложении кавитации с 1 по 7 минуту и образованием новых центров звукосвещения. В образцах жиро содержащих субстратов (фуз-отстой) кавитационная обработка сопровождается нарастанием интенсивности сонолюминесценции с 3 по 9 минуту, с низкой выраженностью звукосвещения. Дополнительное введение в субстраты частиц цеолита ( $d=1-2$  мм) позволяет сформировать новые центры образования кавитационных каверн, схлопывание которых приводит к звукосвещению, сопровождающемуся сонолюминесценцией. При кавитационной обработке жиро содержащего субстрата интенсивность кавитационного воздействия в среднем возрастает на 70-80 %, целлюлозосодержащего на 30-40 %.

2. Разработанное оборудование и технологические решения для кавитационной обработки целлюлозо- и жиро содержащих отходов

агропромышленного комплекса при оптимальных условиях обеспечивают повышение продуктивного действия кормов при производстве мяса птицы на 7-18 % при увеличении эффективности трансформации обменной энергии в продукцию на 2-3 %. Максимальная производительность разработанных устройств-кавитаторов кормов установлена при рН 2,3 и рН 10,7, температуре гидролизуемой смеси 65-70 °С, времени обработки 30-50 минут.

3. Кавитационная обработка сопровождается снижением содержания сырой клетчатки в древесных опилках на 20-21 %, при дополнительном введении цеолита на 33-34 %. Аналогичная динамика для пшеничной соломы составляет 15-16 и 53-54 %; для пшеничных отрубей 22-23 и 51-52 % соответственно.

4. Кавитационная обработка сопровождается значительным повышением переваримости сухого вещества отходов производства. Так, если доступность веществ нативного фуза-отстоя составляет  $32,6 \pm 1,27$  %, то после кавитационного воздействия этот показатель увеличивается на 14,3 %, после обработки в присутствии с цеолитом еще на 17,9 %, до  $64,8 \pm 2,75$  %. Максимальная степень воздействия кавитации наблюдалась у пшеничных отрубей, для которых переваримость *in vitro* повышается до 81 %.

5. Кавитационная обработка отходов позволяет снизить бактериальную обсемененность кормов на 80-100 %. Токсикологическая оценка кавитированных кормовых добавок показала, что добавки с цеолитом оказывают ингибирующее действие на светимость биолюминесцентного тест-микроорганизма: необработанный цеолит подавляет активность биосенсора на 50 % в концентрации 115 г/л спустя 1 ч контакта, в то время как обработанный кавитацией цеолит ингибирует биолюминесценцию *E. Coli K12 TG1* во всех исследуемых разведениях уже в первые минуты контакта.

6. Введение в рацион пшеничных отрубей, обработанных кавитацией, способствует повышению интенсивности роста птицы на 2,97 %, что сопряжено с повышением убойного выхода на 0,2-1,4 %. Имеет место снижение концентрации мочевины в крови на 8,3-31,1 % и общего белка на 5,5-16,3 %. Выявлено повышение эффективности межуточного обмена веществ, что подтверждается повышением коэффициента соответствия.

7. Использование в кормлении цыплят-бройлеров кавитационно обработанного фуза-отстоя способствует увеличению живой массы птицы на 4,4-8,6 %. При этом степень переваримости сырого жира цыплятами повышается на 3,57-6,77 %. Наиболее эффективная дозировка исследуемого фуза-отстоя составляет 6 % от массы корма.

8. Замена 30 % зерновой части корма в рационе на обработанную кавитацией смесь (28 % пшеничных отрубей, 2 % цеолита) сопровождается снижением уровня мочевины в крови на 22,9 % и увеличением концентрации общего белка на 14,5 %. Замена зерновой части способствует достоверному увеличению живой массы цыплят-бройлеров, что привело к повышению убойного выхода на 0,75 %. В тканях тела опытной птицы наблюдается

увеличение содержания Si на величину от 15,9 до 26,7 %; Мп от 17,3 до 27,1 %; Со – от 1,5 до 1,75 раза и Li – от 23,8 до 27,3 %. При этом отмечается значительное снижение содержания токсичных элементов в мясе птицы, наиболее значительно – свинца на величину до 70 %.

9. Замена 30 % зерновой части корма на кавитационно обработанные пшеничные отруби с добавлением 2 % частиц цеолита фракции 1,5 мм сопряжена с увеличением живой массы и степени переваримости углеводов на 11,4 %. С увеличением эквивалентного размера частиц цеолита от 1 мм до 2 мм в организме птицы достоверно увеличиваются пулы таких химических элементов, как Cr, Li, Si, V, Ca на 24,7; 23,3; 15,9; 15,0 и 49,0 % соответственно, что имеет место на фоне достоверного снижения концентрации токсичных элементов.

10. Замена фуза-отстоя в рационе цыплят-бройлеров на обработанную кавитацией смесь фуза и цеолита с размером частиц от 0,5 до 1,5 мм в количестве 2 % от массы обработанного фуза сопровождается увеличением живой массы цыплят-бройлеров на 5-6 %. Степень переваримости сырого жира и углеводов повышается на 13,6 % и 16,3 % соответственно. Убойный выход увеличивается на 2 %. Эти результаты сопряжены с увеличением пула химических элементов в организме птицы, в том числе Со в 2,0 раза, Cr – в 6,63 раза, Cu – в 1,69 раза, I – в 1,64 раза, Se – в 2,2 раза, Si – в 1,73 раза, V, Zn и K – в 1,5 раза и Na – в 2,25 раза. Содержание токсичных элементов Pb, Sn и Sr снижается в 1,5; 2,0 и 12,6 раза соответственно.

11. Установлено, что введение в рацион цыплят-бройлеров кавитационно обработанных пшеничных отрубей совместно с частицами цеолита сопровождается заметным увеличением во внутренних отделах крипт печени митотической активности энteroцитов ( $15,8 \pm 3,8$ ). При введении в рацион цыплят-бройлеров кавитационно обработанного совместно с частицами цеолита фуза-отстоя наблюдаются морфофункциональные изменения тощей кишки во всех исследуемых гистологических структурах слизистой оболочки. Несмотря на то, что высота ворсинок и глубина крипт существенно не меняются, значительно увеличивается ширина ворсинок и крипт. Возрастают размеры энteroцитов, усиливается их пролиферативная активность в криптах. Ткань печени характеризуется усиленным полнокровием с расширением междольковых сосудов, в особенности артерий, увеличением диаметра межбалочных капилляров и центральных вен дольки. Особенностью строения печени в данной экспериментальной группе является накопление мелких вакуолей в гепатоцитах, преимущественно центральных частей долек, что свидетельствует об усиленной функциональной активности.

12. Введение в рацион кавитационно обработанных совместно с частицами цеолита целлюлозосодержащих отходов позволяет повысить сохранность цыплят-бройлеров на 1-2 % и увеличить убойный выход на 2-3 %, что сопровождается повышением уровня рентабельности производства мяса птицы на 2-3 %. Введение в рацион кавитационно

обработанного совместно с частицами цеолита фуза-отстой позволяет повысить сохранность цыплят-бройлеров на 1-2 % и увеличить убойный выход в среднем на 2-3 % при повышении уровня рентабельности производства мяса птицы на 3-4 %.

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**

1. В целях расширения кормовой базы через использование отходов агропромышленного комплекса и повышения экономической эффективности производства мяса птицы целесообразно включать в рацион цыплят-бройлеров кормовые средства, подвергнутые предварительной кавитационной обработке ультразвуком частотой 27 кГц. В этом случае замена до 30 % зерновой части комбикорма на кавитационно обработанные пшеничные отруби позволит увеличить рентабельность производства мяса птицы до 0,6-2,8 %. В свою очередь, замена 6 % растительного масла в рационах на кавитационно обработанный фуз-отстой будет способствовать увеличению рентабельности производства мяса бройлеров на величину 1-2 %.

2. Эффективность кавитационной обработки кормов может быть повышена через дополнительное введение в кавитирующую смесь 2 % цеолита с размером частиц около 1,5 мм. При обработке пшеничных отрубей это позволяет дополнительно увеличить рентабельность производства на 4-5 % при росте сохранности поголовья на 2-3 %. При обработке фуза-отстой совместно с частицами цеолита можно повысить сохранность цыплят-бройлеров на 1-2 %, увеличить рентабельность производства мяса птицы на 4,7 %.

3. В условиях острого дефицита традиционных кормов в птицеводстве кавитационная обработка может быть использована для производства кормов из таких труднопереваримых отходов производств, как древесные опилки и пшеничная солома. Так, кавитационный гидролиз опилок при pH 9,7 позволяет повысить переваримость сухого вещества *in vitro* на 44-48 %, до 55-57 %. Аналогичный рост переваримости при кавитационном гидролизе соломы при pH 10,2 составляет 45-50 %, до 70 %.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

Тема диссертационной работы перспективна к дальнейшей разработке в части:

- создания новых кормов для птицеводства на основе труднопереваримых отходов производств (древесные опилки, пшеничная солома) с целью расширения кормовой базы и повышения эффективности отрасли;
- разработки новых приемов по снижению содержания токсичных

элементов в организме птицы;

- разработки методов, способствующих повышению эффективности кормовых добавок и снижению их негативного влияния на организм птицы.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

**1. Быков А.В.** К пониманию действия кавитационной обработки на свойства отходов производств / Мирошников С.А., Быков А.В. Межуева Л.В. // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 12 (106). С. 77-80.

**2. Тыщенко В.М., Быков А.В.** Разработка экологически чистой технологии переработки растительного сырья на основе ультразвуковой кавитации. // Вестник Оренбургского государственного университета. 2010. № 12-1 (118). С. 82-86.

**3. Быков А.В.** Перспективы использования кавитационного гидролиза некрахмальных полисахаридов Быков А.В., Межуева Л.В., Мирошников С.А., Быкова Л.А., Тыщенко В.М. Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 4 (123). С. 123-127.

**4. Быков А.В.** Повышение питательности труднопереваримых углеводов и использование полученного продукта в кормлении птицы / Быков А.В., Мирошников С.А., Межуева Л.В., Рахматуллин Ш.Г., Быкова Л.А. // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 15 (134). С. 35-38.

**5. Быков А.В.** Значение безреагентной очистки воды в регулировании обмена макро" и микроэлементов в организме животных / Быков А.В., Межуева Л.В., Иванова А.П., Быкова Л.А., Гетманова Н.В. // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 6 (125). С. 106-111.

**6. Быков А.В.** Влияние кавитационного способа повышения питательности подсолнечникового фуза и цеолита на физиологические особенности и продуктивность цыплят-бройлеров / Быков А.В., Муслюмова Д.М. // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 1. С. 108-111.

**7. Межуева Л.В., Быков А.В., Кван О.В.** Эффективность использования очищенной воды в кормлении сельскохозяйственных животных. Фундаментальные исследования. 2014. № 9-2. С. 333-339.

**8. Быков А.В.** К разработке способа подготовки кормов к скармливанию с использованием кавитационной обработки / Быков А.В., Мирошников С.А., Галиев Б.Х., Межуева Л.В., Быкова Л.А., Кван О.В., Манеева Э.Ш. // Вестник мясного скотоводства. 2015. № 4 (92). С. 119-126.

**9.** Межуева Л.В., Пискарёва Т.И., **Быков А.В.** Физико-биотехнический подход к процессу создания однородной смеси. //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 6 (62). С. 82-84.

**10.** **Быков А.В.** Безопасность пищевых и кормовых субстратов в кормлении сельскохозяйственных животных / А.В. Быков, И. А. Гавриш, О. В. Кван, Л. А. Быкова, Л. В. Межуева, Н. А. Насыров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2018. - № 5 (73). - С. 245-247.

**11.** Ширнина Н.М., Галиев Б.Х., **Быков А.В.** О восполнении дефицита легкоусвояемых углеводов в рационе жвачных животных с применением биотехнологий. Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 1. С. 123-131.

### **Патенты РФ на изобретения**

**12. Быков А.В.** Устройство для очистки воды / Быков А.В., Межуева Л.В., Быкова Л.А., Иванова А.П., Гунько В.В. // Патент на изобретение № 2314264, опубл. 10.01.2008, БИ № 1, заявка № 2006141970/15 от 27.11.2006.

**13. Быков А.В.** Способ приготовления корма для сельскохозяйственных животных и птиц / Быков А.В., Межуева Л.В., Мирошников С.А., и др. // Патент на изобретение № 2477613, опубл. 20.03.2013, БИ № 8, заявка № 2011114754/13 от 14.04.2011.

**14. Быков А.В.** Линия по производству кормовых добавок / Кишкилев С.В., Попов В.П., Быков А.В. // Патент на изобретение № 2670137 опубл. 18.10.2018 г., БИ № 10, заявка № 2017147136 от 29.12.2017.

**15. Быков А.В.** Устройство для регистрации интенсивности кавитации / Быков А.В., Межуева Л.В., Кван О.В., Быкова Л.А., Ефремов И.В., Короткова А.М., Курякова Т.А. // Патент на изобретение № 2700284, опубл. 16.09.2019, заявка 2019106871 от 11.03.2019.

**16. Быков А.В.** Устройство для получения жидких однородных смесей / Быков А.В., Межуева Л.В., Кван О.В., Сизенцов А.Н., Быкова Л.А., Иванова А.П. // Патент на изобретение № 2689627, опубл. 28.05.2019 г., заявка № 2018135547 от 08.10.2018.

**17. Быков А.В.** Устройство для получения однородных смесей / Быков А.В., Межуева Л.В., Кван О.В., Сизенцов А.Н., Быкова Л.А. // Патент на изобретение № 2688599, опубл. 21.05.2019 г., заявка № 2018133387 от 08.09.2018.

**18. Быков А.В.** Программа технического расчета рабочего органа дробилки : свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ / С.В. Кишкилев, А.В. Быков, В.П. Попов; № 2021665858 заявл. 14.10.2021 зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 18.10.2021. - 2021. - 1 с.

**19.** Быков В.А. Программа расчета конструктивных параметров дробилки : свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ / С. В.

Кишкилев, А. В. Быков, В. А. Федотов, № 2022619333 заявл. 13.05.2022 зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 20.05.2022, 2022. - 1 с.

**20.** Быков А.В. Содержание химических элементов в компонентах корма : свидетельство о гос. регистрации базы данных / Рахматуллин Ш.Г., Быков А.В., Шейда Е.В., Кван О.В., Дускаев Г.К.; №2022621034 заявл. 25.04.2022, зарегистрировано в реестре баз данных 05.05.2022. – 2022. – 1 с.

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

**21.** Bykov A. Cavitation treatment as a means of modifying the antibacterial activity of various feed additives / A. Bykov, O. Kvan, I. Gavrish, L. Bykova, Larisa Mezhuyeva, A. Sizentsov, M. Rusyaeva, D. Korol'kova // Environmental Science and Pollution Research, 2019, 26(3), стр.2845-2850. - doi org :10.1007/s11356-018-3828-7.

**22.** Bykov A. Effects of fat-containing feed after ultrasound treatment with zeolite on the metabolism / A. Bykov, L. Mezhueva, K. Dusaeva, T. Krakmaleva, E. Maneeva // E3S Web of Conferences, 2020, 164, 06020 - DOI: 10.1051/e3sconf/202016406020.

**23.** Bykov A.V. Morphological and functional changes of laboratory animals after feeding with cavitation-treated feed / A. V. Bykov, O. V. Kvan, G. K. Duskaev, A. N. Sizentsov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, 341, doi:10.1088/1755-1315/341/1/012061.

**24.** Bykov A.V. Prospects of applying sunflower sludge after cavitation processing in poultry breeding / A.V. Bykov, O.V. Kvan, G.K. Duskaev, V.P. Popov, G.A. Sidorenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. - Vol. 341(1), 012060., doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012060.

**25.** Bykov A.V. Influence of fat-containing feed components subjected to ultrasonic treatment in combination with zeolite on broilers' body / A.V. Bykov, O V Kvan and G K Duskaev // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2021, 659(1) 012100.- doi:10.1088/1755-1315/659/1/012100.

**26.** Bykov A.V. Effect of non-starch polysaccharides after ultrasonic treatment on the consumption and digestion of nutrients in diets of broiler chickens / Bykov A.V., Mezhueva L.V., Maneeva E.S., Krakhmaleva T.M., Dusaeva H.B. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2021, 868(1), 012006 DOI 10.1088/1755-1315/868/1/012006

**27.** Bykov A.V. Experimental studies on the evaluation of ultrasonic effects on the structure, composition and nutrition of sunflower husks / Bykov A.V., Kvan O.V., Miroshnikov S.A., Duskaev G.K. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 677(5), 052054.- DOI 10.1088/1755-1315/677/5/052054

**28.** Bykov A.V. Practical aspects of the new approach to creating feed products based on a multicomponent mixture of sunflower fuzz-sludge and zeolite subjected to cavitation treatment / A. V. Bykov // IOP Conf. Series: Earth and

Environmental Science 2021, 624(1), 012191. -doi:10.1088/1755-1315/624/1/012191.

**29.** Bykov A.V. The influence of cavitation processing on biotechnological aspects of feed application / A.V. Bykov, O.V. Kvan and G.K. Duskaev// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 624 (2021) 012192. - doi:10.1088/1755-1315/624/1/012192

**30.** Bykov A.V. Effects of cavitation hydrolysis of cellulose-containing waste on metabolism and productivity of broiler chickens / Galimzhan Duskaev, Artem Bykov, Lyudmil Bykova, Olga Kvan, Irina Vershinina, Mezhueva Larisa, Dusaeva Hamdiya //Biochem. Cell. Arch. Vol. 21, No.2, pp 5323-5333 DocID: <https://connectjournals.com/03896.2021.21.5323>

### **Публикации в других научных издания**

**31. Быков А.В.** Аспекты повышения биодоступности питательных веществ в целлюлозосодержащем сырье после кавитационной обработки / Быков А.В., Межуева Л.В., Быкова Л.А. // В сборнике: Пищевая промышленность: состояние, проблемы, перспективы. Материалы Международной научно-практической конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Правительство Оренбургской области, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Оренбургский государственный университет". Оренбург, 2009. С. 312-316.

**32. Быков А.В.** Технология производства высокоэффективных кормов на основе отходов агропромышленного комплекса с использованием инновационных способов воздействия на кормосоставляющие / Быков А.В., Мирошников С.А., Межуева Л.В., Манеева Э.Ш., Быкова Л.А. // В сборнике: Наука и образование: фундаментальные основы, технологии, инновации. Сборник материалов международной научной конференции. 2010. С. 267-271.

**33.** Межуева Л.В. Влияние технологического подхода на качество процесса смесеприготовления / Межуева Л.В., Иванова А.П., **Быков А.В.**, Гетманова Н.В., Пискарёва Т.И., Быкова Л.А. // В сборнике: Наука и образование: фундаментальные основы, технологии, инновации. Сборник материалов международной научной конференции. 2010. С. 281-286.

**34. Быков А.В.** Влияние кормовых добавок на биохимические показатели крови цыплят –бройлеров / Быков А.В., Кван О.В., Рахматуллин Ш.Б. // Международный научно-исследовательский журнал. 2012. № 9. С. 7.

**35.** Быков А.В. Биохимические и морфологические изменения в крови птицы под воздействием кормового фактора / Быков А.В., Быкова Л.А., Рахматуллин Ш.Г., Холодилина Т.Н., Сизова Е.А. // Вестник мясного скотоводства. 2012. № 4 (78). С. 78-81.

**36.** Манеева Э.Ш. Влияние состава рациона цыплят-бройлеров на морфофункциональные характеристики организма птицы / Манеева Э.Ш., Быков А.В. // В сборнике: Университетский комплекс как региональный

центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием). 2013. С. 1001-1005.

**37.** Быков А.В. Влияние скармливания кавитационно обработанного подсолнечного фуза совместно с цеолитом на минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров / Быков А.В., Рахматуллин Ш.Г., Кван О.В. // Микроэлементы в медицине. 2013. Т. 14. № 2. С. 28-32.

**38.** Быков А.В. Оценка биологического и продуктивного действия продуктов, полученных путем кавитационной обработки отходов масложировой промышленности / Быков А.В., Рахматуллин Ш.Г., Холодилина Т.Н., Кван О.В., Сизова Е.А., Русакова Е.А. // Вестник мясного скотоводства. 2013. № 3 (81). С. 88-93.

**39.** Быков А.В. Оценка сбалансированности рациона цыплят-бройлеров по питательным веществам / А.В. Быков, О.В. Кван // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков: сборник материалов I Международной научно-практической конференции. – Новосибирск, 2013. – С. 125-130.

**40.** Быков А.В. Перспективы использования пищевых волокон при использовании кавитационного гидролиза/ А.В. Быков, О.В. Кван, Л.А. Быкова//Современные проблемы анатомии, гистологии и эмбриологии животных.[Текст]: IV всероссийская научная Интернет-конференция с международным участием: материалы конф. (Казань). – Казань, 2013. – С. 13-15.

**41.** Быков А.В. К вопросу использования кавитации в перерабатывающей промышленности сельскохозяйственного сырья / Быков А.В., Назарова Е.С. // В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием). 2013. С. 934-935.

**42.** Быков А.В. Эффективность использования очищенной воды в кормлении сельскохозяйственных животных Межуева Л.В., Быков А.В., Кван О.В. Фундаментальные исследования. 2014. № 9-2. С. 333-339.

**43.** Bykov A. V. Effetto della cavitazione ultrasonica sullo scambio di elementi minerali nel trattamento delle acque nonchemical/A. V. Bykov, L. V. Mezhueva., O. V. Kvan// Italian Sciense Review. – 2014. - №3. – С.222-226.

**44.** Быков А.В. Влияние кавитационной обработки кормовых продуктов на обмен токсичных элементов при минералдефицитной диете Быков А.В., Кван О.В., Быкова Л.А., Манеева Э.Ш. В сборнике: Нанотехнологии в сельском хозяйстве: перспективы и риски. Материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 67-71.

**45.** Быков А.В. Разработка технологии получения кормовых продуктов на основе ультразвукового воздействия на целлюлозосодержащие и жиро содержащие отходы / Быков А.В., Кван О.В., Сизенцов А.Н., Межуева Л.В., Русаяева М.Л., Сизенцов Я.А. // Вестник Воронежского

государственного университета инженерных технологий. 2018. Т. 80. № 3 (77). С. 236-242.

**46.** Быков А.В. Технология обработки подсолнечникового фуза и применение полученного продукта в птицеводстве Быков А.В., Межуева Л.В., Быкова Л.А., Лукинская А.Ю. В сборнике: Перспективы развития пищевой и химической промышленности в современных условиях. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к 45-летию факультета прикладной биотехнологии и инженерии Оренбургского государственного университета. 2019 С.253-258

**47.** Bykov A.V. Effects of cavitation hydrolysis of cellulose-containing waste on the metabolism and productivity of broiler chickens. // Duskaev G., Bykov A., Bykova L., Kvan O., Vershinina I., Mezhueva I., Dusaev H. Biochem. Cell. Arch. Vol. 21, №2, 2021

**48.** Быков А.В. Изменение химического состава и переваримости сухого вещества подсолнечника при воздействии ультразвука / А.В. Быков, В.А. Рязанов, Б.С. Нуржанов, Е.В. Шейда, Г.И. Левахин, Г.К. Дускаев // Вестник Курганской ГСХА. 2021. №4. С29-34. DOI: 10.52463/22274227-2021-40-29

### Монографии

**49.** Мирошников С.А. Создание новых кормовых средств и технологий, оптимизация пищеварительных процессов у сельскохозяйственных животных / Мирошников С.А., Дускаев Г. К., Сизова Е.А., Левахин Г.И., Холодилина Т.Н., Нуржанов Б.С., Рысаев А.Ф., Каримов И. Ф., **Быков А.В.**, Курилкина М.Я., Макаева А.М., Атландерова К.Н., Рахматуллин Ш.Г., Докина Н.Н., Кван О.В., Рязанов В.А., Мирошников И.С., Рогачев Б.Г., Кондрашова К.С., Климова Т.А., Джуламанов Е.Б. // Издательство: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук" (Оренбург), 2020. – 141 с., ISBN: 978-5-906723-25-3

**Быков Артем Владимирович**

**ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЦЫПЛЯТ-  
БРОЙЛЕРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КОРМЛЕНИИ  
КАВИТАЦИОННО ОБРАБОТАННЫХ ОТХОДОВ  
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
доктора биологических наук

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

Подписан в печать 23.09.2022 г  
Формат 60x90/16. Объем – 2,0 усл. печ. л  
Тираж 100 экз, Заказ № \_\_\_\_

---

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