

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ
И АГРОТЕХНОЛОГИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На правах рукописи

Мирошников Иван Сергеевич

**Влияние ультрадисперсных минеральных добавок на рубцовое
пищеварение и продуктивность молодняка крупного рогатого
скота**

06.02.08 – кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных
и технология кормов

**Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

Научный руководитель:
Заслуженный деятель науки
Российской Федерации
доктор с.-х. наук, профессор
Г.И. Левахин

Волгоград 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. Обзор литературы	11
1.1 Микроэкология сельскохозяйственных животных	11
1.2. Минеральные вещества в кормлении животных	14
1.3. Использование ультрадисперсных веществ в животноводстве	15
2. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	23
2.1 Программа и методы исследований	23
2.1.1. Оценка физико-химических параметров	28
2.1.2. Биологическая оценка	30
2.1.3. Материалы и реактивы	33
2.1.4. Технологии обработки кормов	34
2.1.5 Экономический анализ и статистическая обработка данных	38
2.2 Результаты исследований по биологической и продуктивной оценке ультрадисперсных минеральных добавок, изготовленных с использованием обработки ультразвуком	39
2.2.1 Результаты лабораторных исследований	39
2.2.1.1 Результаты I серии лабораторных исследований	39
2.2.1.2 Результаты II серии лабораторных исследований	43
2.2.1.3 Биологическая оценка полученных добавок	48
2.2.1.3.1 Результаты лабораторных исследований на модели молодняка крупного рогатого скота	52

2.2.1.3.1.1 Корма и кормление подопытных животных.	52
2.2.1.3.1.2 Использование азота корма.	53
2.2.1.3.1.3 Обмен кальция и фосфора	55
2.2.1.3.1.4 Переваримость питательных веществ рационов подопытными животными	57
2.2.1.3 Результаты III серии лабораторных исследований	59
2.2.1.4 Результаты исследований на модели молодняка крупного рогатого скота	62
2.2.1.4.1. Корма и кормление подопытных животных.	62
2.2.1.4.2. Перевариваемость питательных веществ рационов	64
2.2.1.4.3. Рост и развитие подопытных животных	66
2.2.1.4.4. Экономическая эффективность производства	69
2.3 Результаты исследований по биологической и продуктивной оценке препаратов УДЧ металлов-микроэлементов	70
2.3.1. Результаты физико-химической аттестации препаратов УДЧ металлов	70
2.3.2. Результаты лабораторных исследований	70
2.3.3. Результаты лабораторных исследований на модели молодняка крупного рогатого скота	72
2.3.3.1 Корма и кормление подопытного молодняка	72
2.3.3.2 Результаты исследований по оценке действия УДЧ металлов на рубцовое пищеварение	73
2.3.3.2.1 Метаболизм химических элементов в системе «бактерии-простейшие» рубца	75

2.3.3.3 Переваримость питательных веществ рационов	81
2.3.3.4 Обмен энергии в организме подопытных животных	83
2.3.3.5 Обмен азота в организме подопытных животных	85
2.3.3.6 Обмен кальция и фосфора в организме подопытных животных	87
2.3.4 Результаты научно-хозяйственного опыта	90
2.3.4.1 Корма и кормление подопытного молодняка	90
2.3.4.2 Рост и развитие подопытных животных	91
2.3.4.3 Экономическая эффективность производства	92
3. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ	95
4. ВЫВОДЫ	106
5. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	110
6. ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	111
7. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	112
8. ПРИЛОЖЕНИЯ	150

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Проблема оптимизации минерального питания сельскохозяйственных животных сегодня решается через широкое использование минеральных солей эссенциальных элементов. Однако, по мере развития науки становится ясно, что применение этих соединений в животноводстве сопровождается и с негативными последствиями воздействия на организм животных. В частности, через расстройство желудочно-кишечного тракта (Peña-Rosas Juan P. et. al, 2012) изменениями в составе микрофлоры (Dostal A. et. al, 2012) и др. В этой связи все большее внимание уделяется разработкам органических форм микроэлементов (Фисинин В.И. и др., 2015; Горлов И.Ф. и др., 2016), которые характеризуются меньшей токсичностью и большей биодоступностью основного вещества (Шацких Е.В., и др., 2011).

Определенный интерес представляют работы по использованию ультрадисперсных частиц (УДЧ) в качестве источников микроэлементов, что определяется уникальными свойствами этих веществ.

Степень разработанности темы. Последние десять лет ознаменовались активной работой ведущих мировых производителей кормов по разработке и продвижению на рынок кормовых добавок, содержащих ультрадисперсных вещества. Исследования по использованию ультрадисперсных веществ в кормлении животных начаты в середине прошлого века в рамках работ по использованию электроактивированной клинкерной пыли в кормлении крупного рогатого скота (Mathison Y., Thomson I., 1979) и использованию ультрадисперсных веществ в кормлении птицы (Куренова В.П. и др. 1984). Однако, только в последние 10 – 15 лет, с появлением в широком доступе наноформ эссенциальных элементов, исследования по их использованию в питании, получили дальнейшее развитие. Первые коммерческие препараты с

использованием УДЧ, были разработаны в медицине для лечения анемии (Mohamad F. Aslam et. al., 2014; Neubert J, et. al., 2015).

По мере накопления фактического материала становится ясно, что УДЧ металлов-микроэлементов менее токсичны, чем минеральные соли (Глущенко Н.Н. 1989), их действие на организм животных характеризуются дополнительными эффектами по росту стимулированию (Sizova E. et al 2013, Яушева Е.В., 2016), рану заживлению (Богословская О.А. и др. 2009), иммуностимулированию (Yu, S. S. et al, 2012) и др.

Определенный интерес представляют исследования по изучению механизмов действия УДЧ на качественный и количественный состав микрофлоры (Yausheva, E. et.al. 2016), что особенно актуально при применении их в кормлении жвачных животных. Уже первые исследования по использованию ультрадисперсных материалов в питании крупного рогатого скота, продемонстрированы перспективы такого решения (Назарова, А. А., 2009).

Вместе с тем, данные полученные в этих исследованиях, далеко не полные, а порой и противоречивые. До настоящего времени нет представления о влиянии на рубцовое пищеварение и питательность рационов ультрадисперсных материалов, полученных по различным технологиям. Остается мало изученным влияние ультрадисперсных веществ на различные компоненты биоценозов жвачных.

В связи с чем безусловный интерес представляют исследования по оценке действия УДЧ на обмен веществ и продуктивность крупного рогатого скота.

Цель и задачи исследований. Целью данных исследований, которые выполнялись в соответствии с «Программой фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по развитию Агропромышленного комплекса РФ на 2011 – 2015 годов», планом фундаментальных научных

исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы по теме № 0761-2014-0011, состояла в изучении биологических свойств ультрадисперсных порошков металлов и минералов, влияние их на рубцовое пищеварение и продуктивность молодняка крупного рогатого скота.

В ходе работы решались следующие задачи:

1. Изучить физико-химические свойства ультрадисперсных минеральных добавок, полученных по различным технологиям.
2. Изучить биологические свойства кормов, содержащих ультрадисперсные минеральные добавки, по переваримости («in vitro», «in situ»), по способности к ингибированию бактериальной люминесценции.
3. Изучить влияние препаратов УДЧ металлов-микроэлементов на рубцовое пищеварение, особенности элементного состава биомассы бактерий и простейших рубца.
4. Дать оценку переваримости, продуктивному действию и особенностям обмена веществ в организме молодняка крупного рогатого скота при скармливании ультрадисперсных минеральных добавок, полученных различными методами.
5. Дать экономическую оценку предполагаемым мероприятиям по использованию ультрадисперсных минеральных добавок в кормлении крупного рогатого скота.

Научная новизна. Впервые дана комплексная биологическая оценка ультрадисперсных минеральных добавок, полученных с использованием ультразвуковой обработки. Методом атомно-силовой микроскопии описана визуализация частиц компонентов смесей, определены размерные характеристики частиц минеральных добавок подвергнутых ультразвуковой обработке при различных режимах воздействия.

Впервые в эксперименте изучено влияние УДЧ металлов-микроэлементов на распределение и мульти элементный состав биомассы бактерий и простейших рубца. Выявлен факт различного действия УДЧ смеси и сплава одних и тех же металлов на элементный статус системы «бактерии-простейшие» рубца. При этом масса простейших от 3 до 20 раз больше накапливала металлы, входящие в состав УДЧ, при включении в рацион смеси препаратов в сравнении со сплавом. Впервые установлено, что скормливание УДЧ сплава меди и цинка, в отличии от смеси УДЧ этих металлов, не сопровождается значительными различиями в элементном составе простейших и бактерий рубца. Получены новые данные о влиянии препарата УДЧ сплава цинка и меди на особенности рубцового пищеварения и продуктивное действие рационов. Установлены оптимальные дозировки препаратов УДЧ латуни и железа в рационах молодняка крупного рогатого скота.

Новизна научных исследований подтверждается патентом РФ на изобретения – «Способ подготовки корма к скормливанию для молодняка крупного рогатого скота» (RU 2617344 от 24 04 2017).

Теоретическая значимость работы состоит в разработке новых подходов к вопросу повышения эффективности использования жвачными питательных веществ кормов через введение ультрадисперсных веществ, полученных разными способами. Разработка и апробация гипотезы различного действия на микробиоценозы рубца препаратов УДЧ сплавов и смеси одноименных металлов.

Практическая значимость работы. На основании проведенных исследований, предложено новое решение по повышению эффективности использования корма молодняком крупного рогатого скота через дополнительное введение препаратов УДЧ металлов-микроэлементов. Использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота рационов с содержанием ультрадисперсных частиц железа ($d = 75-85$ нм) и латуни ($d = 90-$

100 нм) в дозировках 3,0 и 0,5 мг/кг СВ корма, соответственно, обеспечит повышение интенсивности роста молодняка крупного рогатого скота на 5-11% и увеличит рентабельность производства на 7,9-15,0 %.

Методология и методы исследования. Для достижения поставленной цели и решения задач использовались современные зоотехнические, биохимические, физиологические и физико-химические методы исследований с использованием поверенного оборудования. Полученный результат обработан с применением общепринятых методик при помощи программного пакета «Statistica 10.0».

Основные положения, выносимые на защиту:

Ультразвуковая обработка мела и ракушечника кормового позволяет получить минеральные добавки с измененными биологическими и продуктивными характеристиками.

Введение в рацион молодняка крупного рогатого скота препаратов УДЧ латуни и железа сопровождается изменениями в рубцовом пищеварении, элементном статусе системы «бактерии-простейшие» рубца и позволяет повысить переваримость питательных веществ набора кормов.

Использование препаратов УДЧ латуни и железа в кормлении молодняка крупного рогатого скота позволяет увеличить продуктивное действие рационов и повысить экономическую эффективность производства говядины.

Степень достоверности и апробация работы. Научные положения, выводы и предложения производству обоснованы и базируются на аналитических и экспериментальных данных, степень достоверности которых доказана путем статистической обработки с использованием программного пакета Statistica 10.0. Выводы и предложения основаны на научных исследованиях, проведенных с использованием современных методов анализа

и расчета. Основные материалы диссертационной работы доложены на расширенном заседании научных сотрудников и специалистов отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (Оренбург, 2018). Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 14-16-00060.

По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 5 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 151 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 23 таблицы, 26 рисунка и 4 приложения. Список использованной литературы включает 339 источников, в том числе 111 зарубежных авторов.

1. Обзор литературы

1.1 Микрoэкология сельскохозяйственных животных

Организм животного находится в тесном взаимодействии с огромным количеством микроорганизмов, формирующих на его поверхностях биопленки. При этом помимо кожных покровов, микрофлора абсорбируется на слизистой желудочно-кишечного тракта, репродуктивных и др. органов, что способствует реализации как защитных, так и метаболических функций (Шендеров Б.А., 2001; Nagi T, et, al, 2013).

Значимость микрофлоры для организма-хозяина определяется тяжестью изменений в метаболизме и иммунитете при нарушении в количестве и составе нормофлоры, получившие название «дисбактериоз» (дисбиоз). Последний развивается при нарушении механизмов аутостабилизации, присущих всем эволюционно сложившимся микробиоценозам (Ивашкин, В. Т., 2000, 2008; Лобзин Ю.В., Макарова В.Г., 2006).

В условиях дисбиоза повышается проницаемость кишечной стенки, и в кровь поступает большое количество бактериальных эндотоксинов, которые, проникая в печень, вызывают повреждение гепатоцитов, потенцируют неблагоприятное воздействие других токсических веществ (Созинов А. С., 2002; Гриневич Б. В., 2003; Бондаренко В. М., 2004; Ткаченко Е.И., Суворова А.Н., 2009; Селиверстов П. В., 2010; Радченко В. Г., 2010; Селиверстов П. В., 2011).

Многие продукты метаболизма микробов и вещества, образующиеся при их распаде, являются индукторами медиаторов иммунитета, в том числе: эйкозаноиды, интерлейкины, фактор некроза опухоли, фактор активации тромбоцитов и др. (Лебедев К.А., 2006; Guamer F., 2007).

Все выше сказанное демонстрирует важность микрофлоры для организма сельскохозяйственных животных. Причем с позиций соотношений безусловно наиболее важна микрофлора для жвачных. По некоторым оценкам совокупная масса всех микроорганизмов взрослого животного *Bos Taurus*

может достигать двух десятков килограммов. Это позволяет жвачным использовать в пищу корма, вещества которых не доступны для других видов. В связи, с чем для сельскохозяйственного производства особую актуальность имеют исследования направленные на повышение эффективности использования микрофлоры. Это становится возможным через изучение взаимодействий в системе «организм хозяина-микрофлора» (Пивняк И.Г., 1982).

В значительной степени формирование микробиоценозов преджелудков и кишечника происходит под влиянием макроорганизма. Клетки организма хозяина включают в свой антигенный профиль некоторые бактериальные антигены. Благодаря этим процессам достигается высокая степень специфичности генетической структуры микробионты, заселяющей определенные области организма (Гинцбург А.Л., 2003; Ильина Т.С., 2004). Весомый вклад в регуляцию видового состава микробиоты вносит иммунная система макроорганизма. Так, в частности, лейкоциты способны проходить через кишечный эпителий и непосредственно взаимодействовать с микроорганизмами «в первую очередь, патогенными», уничтожать их или ограничивать размножение (Доморадский И.В., 2002; Katsuyama M., 2005; Лебедев К.А., 2006).

Однако формирование микробиоценозов в организме животного определяется не только взаимодействием «организм хозяина-микроорганизм», но и взаимодействиями в системе «микроорганизм-микроорганизм». В частности, одним из побочных продуктов жизнедеятельности эубактерий является водород, который существенно необходим для процесса образования метана архебактериями. В нормальных физиологических условиях между партнерами данного микробного консорциума на базе обратных связей устанавливаются сбалансированные отношения, благодаря чему уровень продукции метана поддерживается на относительно постоянном уровне (Доморадский И.В., 2002; Mc Lean J., 2008).

Видовой состав микробиоценоза характеризуется значительным разнообразием и зависит от микробного профиля окружающей среды, от локальных физико-химических характеристик зон вегетирования микроорганизмов и от состояния макроорганизма в целом. При этом распределение микробиоты в организме человека и ее видовой спектр определяется рядом законов (Лебедев К.А., 2006).

Полагают, что для одних микробов этот процесс носит постоянный характер, для других – транзитный и может усиливаться (провоцироваться) различными факторами в том числе травмой, оперативным вмешательством, стрессом, отравлением, нарушением кровоснабжения и др. (Никитенко В.И., 1990; Волошин С.А., 2004).

Условно патогенная микрофлора не атакует клетки хозяина, не вырабатывает факторы патогенности до тех пор, пока плотность их популяции (числено на единицу объема) не достигнет некоторой величины. Именно в этот момент происходит освобождение сигнальных молекул из части бактерий, что активизирует соответствующие биохимические системы у остальных микроорганизмов. Очевидно, что такая тактика поведения микробного сообщества гарантирует успешное развитие инфекционного процесса (Хохлов А.С., 1988; Гинцбург А.Л., 2003; Волошин С.А., 2004; Kaper J., 2005).

На основании вышеизложенного, можно заключить, что нормофлора с ее специфическими функциями — защитной, обменной и иммунноиндуцирующей — определяет микробную экологию пищеварительного тракта и поддерживает гомеостаз макроорганизма тем самым оказывая влияние на продуктивность сельскохозяйственных животных, что в конечном итоге определяет значительность вклада нормофлоры в формирование продуктивности животных (Тараканов Б.В., 2007). Наиболее выраженное и заметное проявление роли микрофлоры в формировании продуктивности животных отмечается на уровне желудочно-кишечного тракта животного, где микробиоценозы способствуют утилизации не переваренных пищевых соединений и инактивации биологически активных

веществ; участвуют в синтезе витаминов группы В, филлохинона, никотиновой и фолиевой кислот, различных биологически активных соединений в том числе эстрогенов, колхицина, дигоксина и др. (Митрохин, С. Д., 1991). Значима роль микрофлоры в формировании продуктивности жвачных. По различным оценкам деятельность микроорганизмов рубца определяет производство организмом коровы до 14 литров молока в сутки (Григорьев Н.Г. и др., 1989; Тараканов Б.В., и др., 1989).

Микрофлора оказывает значительное влияние на минеральный обмен химических элементов в организме человека и животных (Мирошников С.А. и др., 2006, 2010). Значимость влияния микрофлоры на минеральный обмен определила актуальность разработки методов отбора микроорганизмов при создании пробиотических препаратов (Дерябин Д.Г. и др., 2005).

Данное умозаключение имеет особое значение для жвачных, жизнь которых зависит от сотен миллиардов микробов, населяющих их пищеварительный тракт. В этой связи мероприятия, направленные на поддержание и развитие микрофлоры ЖКТ, будут иметь успех в деле повышения продуктивности животных. Одним из таких подходов, безусловно, являются меры по оптимизации минерального питания животных.

1.2. Минеральные вещества в кормлении животных

Минеральное питание является одним из основных компонентов полноценного кормления сельскохозяйственных животных (Натыров А.К., 2002; Кузнецов С., 2003; Фридберг Р., Пузанова В., 2003; Хисса К., 2005; Макарец Н.Г., 2007; Пресняк А.Р., 2014), факторы его определяющие крайне важны и для деятельности микробиоценозов (Войнар А.И., 1960; Бабенко Г.А., 1965; Mertz W., 1985; Kirchgessner M., 1993; Агаджанян Н.А., Северин А.Е., 1999; Скальный А.В., 2000).

Причем наряду с учетом перечня нормируемых показателей элементной обеспеченности особое значение имеют факторы, регулирующие биодоступность и активность отдельных элементов минеральной питательности. Это в значительной степени может быть связано с деятельностью микрофлоры определяющей доступность для макроорганизма минеральных веществ, в том числе при сочетанном действии биологически активных веществ и антипитательных комплексов (Мартыненко С.С, 1999; Сенько А.Я., 1999; Малюшин Е.Н., 2002), технологии подготовки кормов к скармливанию (Соколова О.Я., 2006) и других факторов (Нотова С.В., 2006; Мирошников С.А., 2008; Мирошников С.А., 2009) и др.

В этой связи определенный интерес могут иметь решения по повышению доступности минеральных веществ для микрофлоры, что оказывается возможным через использование ультрадисперсных фракций.

1.3 Использование ультрадисперсных веществ в животноводстве

Объективно оценивая потенциальные возможности пищеварительной системы домашних животных, как инструмента трансформации корма в продукцию, можно отметить, что скорость преобразования питательных веществ при переваривании во много и будет главным лимитирующим фактором продуктивности животных. В этой связи, перспективными будут подходы, обеспечивающие повышение скорости реакции в ЖКТ, что становится возможным при измельчении кормов. Ибо очевидно скорость гетерогенной реакции прямо пропорциональна площади поверхности соприкосновения реагирующих веществ (Макареня А.А., 1984; Мирошников С.А. 2002). Важным является характер питания микрофлоры.

В соответствии с этим, в будущем следует отдавать предпочтение кормовым добавкам, особенно источникам минеральных элементов, в

ультрадисперсном состоянии, что соответствует величинам менее 100 нм. Ультрадисперсные вещества вследствие большой удельной поверхности, не только обладают, большей биодоступностью, но и быстро вовлекаются в обмен (Глущенко Н.Н., 1989). Принципиально такие решения стали возможны благодаря успехам в области нанотехнологий.

Действительно, последние десять лет стали поворотными в технологии производства и использования ультрадисперсных материалов. Создана целая индустрия. По некоторым оценкам развитие нанотехнологий обеспечит к 2020 году создание отраслей промышленности в которых будет занято около шести миллионов человек с оборотом 3 трлн. долларов США (Росо М.М., 2011).

Уникальные перспективы использования нанотехнологий во многом определяются неординарными свойствами новых материалов. В силу своей малой размерности и большой удельной поверхности наноматериалы (Гусев, А.И., 1998; Терентьев, В.Ф., 2003; Алымов, М.И., 2004, 2005) обладают совершенно иными биологическими свойствами, в отличии от веществ в обычном физико-химическом состоянии (Kaur L., Singh I., 2016; Neagu M., at al, 2016).

Малый размер и способность УДЧ проникать в ткани и органы (Silva G.A., 2008.; Barbu E., at al, 2009; Dominguez A., 2014), позволяют рассматривать их в качестве средств доставки лекарств и других малых молекул (Garcia-Garcia E., at al, 2005; Koziara J.M., at al, 2003) при лечении болезни Альцгеймера, других хронических расстройств (Sachdeva A.K., 2014), при противоопухолевой терапии (Brioschi A., 2007). УДЧ применяют при магнитно-резонансной томографии (МРТ) (Huang J., Xie J., Chen K., et al. 2010), они могут быть использованы для оказания влияния на гематоэнцефалический барьер и его проницаемость (Roohi F., 2012; Lockman P.R., 2004).

УДЧ перспективы для коррекции функции ЦНС, приводя к изменениям в этиологии животных, изменяя особенности передвижения, активности,

пространственной памяти, производительности познавательных задач и др. (I.Y. et al, 2007; G. 2010). В исследованиях (Wang Y., 2012; Blanco Victor Manuel, 2015) отмечается улучшение пространственной и долговременной памяти, синаптической пластичности у крыс под влиянием УДЧ ZnO.

Следует отметить небывалый интерес к проблемам наноматериалов, их производству и использованию в биологии и медицине. Это подтверждается данными National Center for Biotechnology Information (www.ncbi.nlm.nih.gov) и анализом ресурсов www.pubmed.com и www.medicline.com. В рамках, которых число работ по проблеме за последние 10 лет увеличилось в более чем 30 раз. Так поиск по ключевому слову «nanoparticles» в данных ресурсах выявляет более 131 тыс. ссылок, тогда как до 2006 года было опубликовано менее 4 тыс. работ.

Не является исключением и сельскохозяйственное производство. Использование наноматериалов в кормах имеет большие перспективы и будет определять дальнейшее развитие технологий в области кормления сельскохозяйственных животных. Перспективы нано дисперсий определяются многогранностью их использования. Наноматериалы (ультрадисперсные частицы - УДЧ) получают все большее применение в качестве источников микроэлементов (Mohamad F., 2014) бактерицидных препаратов (Ruparelia J.P., 2008; Ahrari F, 2015) и др.

Наукой накоплен значительный багаж знаний по проблемам биологического действия ультрадисперсных материалов на организм сельскохозяйственных животных (Арсентьева И.П., 2007, 2008; Бабушкина И.В., 2012; Назарова А.А., и др., 2006, 2008, 2009; Чурилов Г.И., 2007, 2008, 2009; Баковецкая, О.В., 2009, 2011; Каширина Л.Г., 2011, 2013) и др.

Проведена серия исследований по оценке влияния нанопорошков металлов на организм жвачных (Баковецкая О.В., 2009, 2011; Ильичев Е., 2011; Кондакова К.С., 2012), лабораторных животных (Мильто И.В. и др., 2008, Дудакова Ю.С., 2010; Кривова Н.А., 2011), цыплят-бройлеров (Ле Вьет

Фыонг 2005, Wang, C., 2011; Zhou X., 2011; Яушева Е.В., 2016), щуки (Мелякина, Э.И., 2009), кроликов (Чурилов Г.И., Иваннычева Ю.Н., Амплеева Л.Е., и др. 2006, 2008), карпа (Мирошникова Е.П., и др. 2012, 2013, 2014; Аринжанов А.Е., и др., 2012) и др.

Перспективными представляются работы по использованию УДЧ металлов, в качестве антибиотиков, в том числе в кормлении животных. Основной причиной целесообразности таких исследований является резистентность новых штаммов микроорганизмов, к современным антибиотикам. Это послужило началом исследований по оценке антибиотической активности УДЧ серебра и меди (Рахметова А.А., 2010; Аитова Ю., 2009).

Большой интерес представляют собой ультрадисперсные порошки, компонентами которых являются УДЧ меди, селена, кобальта, железа, цинка и др. (Коваленко Л.В., 2006; Степанова И.А., 2009; Дудакова Ю.С., 2010; Сизова Е.А., 2011; Gravesen E., 2013; Kumar R., 2013; Arndt A., 2014; Astanina K., 2014, и др.).

При оценке биологических эффектов УДЧ, их принято подразделять на прямые (непосредственные) (Liao, M., 2001; Koneracka M., 2002; Kouassi, G.K., 2005;) и не прямые (опосредованные) (Логинов, А.С., 1994; Schins, R.P., 2002; Rehn, B., 2003; Brown, D.M., Donaldson, K., Borm P.J., 2004).

Прямое действие обусловлено непосредственным действием УДЧ на клетку: накопление в цитоплазме, сорбция на мембране, механическое разрушение плазмолеммы и цитоплазматических мембран, инактивирующее действие на белки и т.д. (Kouassi, G.K., et al 2005; Brunner T. J., 2006; Hong J., 2007).

Непрямое действие УДЧ всегда опосредуется различными факторами (активация эндогенных факторов повреждения, изменение параметров гомеостаза, модификация биополимеров с изменением свойств последних и

др.), возникающими в ответ на введение УДЧ в организм животного (Попов Е.М., 1995; Schins, R.P., 2002).

В тоже время нет однозначных сведений, как на уровне организма, так и на уровне клеток млекопитающих о метаболизме, накоплении, распределении, выведении, и эффектах экзогенных УДЧ (Berry, С., 2003; Kouassi, G.K., 2005; Nel, A., 2006; Dobson, G., 2006; Курилкина М.Я., 2009, 2010; Холодилина Т.Н., 2007, 2013).

Первые исследования по проблеме использования ультрадисперсных веществ в животноводстве начаты более 40 лет назад, что стало возможным с проведением пионерских работ по оценке биологических эффектов клинкерной пыли (Mathison Y., Thomson I., 1979; William E., 1978; Куранов Ю.Ф., Рогачев Б.Г., 1982; Рогачев Б.Г. и др., 1999; Неретин Н.А. 2000; Богословская О.А., 2007) и использованию УДЧ металлов-катализаторов ракетного топлива в птицеводстве (Куренева, Е. Н., 1984; Куренова В. П., 1987).

Важным на наш взгляд является то, что ростостимулирующее действие цементной пыли (содержит частицы от 10 нм до 1 мкм) в рационе молодняка крупного рогатого скота (Чегодаев В.Г., 2000) может быть объяснено содержанием в ней более 60 химических элементов (Кузнецова А.С., 2008). Дальнейшие исследования по проблеме показали перспективы использования наноматериалов в животноводстве (Wang, С., 2011; Zhou, X. 2011; Яушева Е.В., 2013). Выявлены новые перспективные направления использования наноматериалов: с целью выведения из организма сельскохозяйственной птицы токсических элементов (Сизова Е.А., 2012) для повышения иммунитета (Yu, S. S. et al, 2012) и др.

Одни из первых работ по использованию УДЧ в кормлении крупного рогатого скота были проведены в Рязанского государственном агротехнологическом университете имени П.А. Костычева при выполнении

диссертационной работы А.А. Назаровой (2009). Автором детально изучены особенности обмена веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота, получавшего с кормом УДЧ железа, кобальта и меди (Зенова Н., Назарова А., Полищук С. 2010; Ильичев Е., Назарова А., Полищук С., Иноземцев В., 2011)

Установлено, что УДЧ металлов могут быть использованы в качестве стимуляторов обменных процессов, повышающих продуктивность животных и улучшающих общее физиологическое состояние. Определены оптимальные дозы нанокристаллических металлов при введении их в рацион животных: для УДЧ железа 0,08 мг/кг живого веса в сутки, кобальта – 0,02 мг/кг, меди – 0,04 мг/кг.

Помимо исследований на модели крупного рогатого скота коллективом исследователей выполнены эксперименты и на кроликах. Как следует из полученных результатов включение в рацион кроликов нанокристаллических металлов сопровождалось повышением интенсивности роста животных при использовании УДЧ железа на 11,7%, кобальта на 7,8%, меди на 6,3%. Добавка УДЧ стимулировала функцию кроветворения, что проявлялось в увеличении эритроцитов на 5,5% и гемоглобина на 9,1%. Изменился процентный состав лейкоцитарной формулы в сторону увеличения лимфоцитов на 8%. Также в крови возросло содержание общего белка (на 10,5%), что говорит о стабилизации белкового обмена и γ -глобулинов (на 2,5%), что связано с повышением иммунобиологической реакции (Чурилов Г.И. и др., 2007, 2008, 2008, 2009).

Исследования по применению УДЧ в животноводстве были бы невозможны без разработки широкого перечня технологий их производства. В настоящее время известны десятки технологий производства УДЧ в том числе методом испарения импульсным пучком электронов (Ильвес В.Г., Соковнин С.Ю., 2011); методом распыления металлов (Ильин А.П., Назаренко О.Б., Тихонов Д.В. 2006; Бардаханов С.П. и др., 2006; Водопьянов А.В. и др., 2016; химическим методом (Губин, С.П. и др. 2005; Владимирова Е.В. и др. 2012;

Хрустов Е.Н. и др. 2007), методом механохимического синтеза (Сенатов Ф.С. и др. 2009), магнетермическим восстановлением (Орлов В.М., Крыжанов М.В., 2015), электроэрозионным диспергированием (Маслов Г.С., Агеев Е.В., 2012); с использованием водорастворимых полимеров (Данюшина Г.А. и др., 2015; Ляхов Н.З., 2014), лазерно-плазменными методами (Бураков В.С. и др., 2011) и многими другими методами. Между тем большинство из вышеприведенных технологий отличает сложность технических решений и высокая дороговизна полученных нанопорошков. Это не позволяет широко использовать УДЧ в животноводстве, что актуализирует новые решения по производству ультрадисперсных материалов с использованием ультразвуковых (УЗ) технологий обработки веществ и получения УДЧ. Примерами таких технологий могут служить: получение нанодисперсных частиц (в том числе, алмазов) в кавитационных пузырьках, получение сверхтонких аэрозолей для нужд электронной и химической промышленности, нанесение покрытий, получение устойчивых наноэмульсий, уплотнение нанопорошков, очистка, разделение, растворение и т.п. Разрабатываемое оборудование базируется на четырех физических эффектах, возникающих в ультразвуковых полях высокой интенсивности. Это ультразвуковая кавитация, коагуляция, сушка и распыление частиц с гребней капиллярных волн, возникающих на поверхности, колеблющейся с ультразвуковой частотой (Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Хмелев М.В., 2012; Толочко Н.К., Яковлев В.П., Крауклис А.В., 2007; Карпов А.И., 2015).

В животноводстве ранее уже применяла кавитационная обработка для производства ультрадисперсных минеральных кормов (Мирошников С.А. и др., 2012; Быков А.В. и др. 2015). Между тем до настоящего времени исследований по оценке биологических свойств ультрадисперсных веществ в питании животных, произведенных с использованием кавитационной обработки, не проводилось. Целью наших исследований состояла в изучении биологических свойств ультрадисперсных порошков металлов и минералов,

полученных различными способами по их влиянию на рубцовое пищеварение и продуктивность молодняка крупного рогатого скота.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Программа и методы исследований

Исследования по проблеме были выполнены в период с 2012 по 2017 год, в условиях отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук». Для проведения исследований была использована база Испытательного центра ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (аккредитация Госстандарта России – Рос. RU № 000121 ПФ59); лаборатории «Агроэкологии техногенных наноматериалов» ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН; производственного участка Покровского сельскохозяйственного колледжа - филиал ФГБОУ ВО «Оренбургский ГАУ»; ЦКП «Института микро и нанотехнологий Оренбургского государственного университета».

Экспериментальная часть работы включала, две серии лабораторных исследований и научно-хозяйственных опытов.

В первой серии была дана комплексная оценка решений по приготовлению и применению ультрадисперсной кормовой добавки с использованием ультразвуковой обработки, во второй, выполнены экспериментальные исследования по исследованию биологического и продуктивного действия препаратов УДЧ металлов-микроэлементов: железа и меди, полученных методом высокотемпературной конденсации на установке «МиГен» (предоставлены д.б.н. Н.Н. Глущенко, Институт энергетических проблем химической физики РАН, Москва); цинка и латуни полученных методом электрического взрыва проводника (производитель ООО «Передовые порошковые технологии», Томск) (рис. 1).



Рисунок 1. Схема исследований

В ходе лабораторных исследований последовательно были решены задачи по оценке физико-химических и биологических характеристик сравниваемых минеральных добавок, отработана технология производства кормов, включающая ультрадисперсные частицы минеральных добавок. В ходе научно-хозяйственных опытов были апробированы кормовые добавки в исследованиях на молодняке крупного рогатого скота.

В ходе I серии исследований по изучению биологического и продуктивного действия минеральных добавок, приготовленных с использованием ультразвуковой обработки, выполнено несколько экспериментов.

I серия лабораторных (пилотных) исследований выполнена с использованием механического измельчения минеральной добавки, на дробилках молоткового типа. Оценка диаметра частиц осуществлялась с использованием АСМ и последующим применением непараметрической статистики, анализ качественных данных Критерий Вилкоксона (парный).

Подготовленные таким образом образцы смешивали с пшеничными отрубями в пропорции один к девяти, после чего подвергали барогидротермической обработки при температуре 120 °С, и давлении 10 мПа, с последующей оценкой характеристик кормов.

II серия лабораторных исследований выполнена с целью выявления оптимальной величины частоты и времени ультразвукового воздействия на минеральную добавку (ракушечник). В ходе этой серии экспериментов дана оценка размерным, биологическим и другим характеристикам ракушечника кормового подвергнутого ультразвуковому воздействию. В исследованиях на модели молодняка крупного рогатого скота изучены свойства рационов, содержащих нативный и кавитированный ракушечник.

III серия лабораторных исследований проведена с целью оценки свойств кормов полученных путем созкструзии нативной и кавитированной минеральной добавки. Исследования II и III серии включали эксперименты на модели животных красной степной породы, выращенных по технологии, принятой в молочном скотоводстве, в условиях беспривязного содержания физиологического двора «Покровского сельскохозяйственного колледж-филиала ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет». Для проведения исследований были отобраны 9 клинически здоровых бычков (возраст – 6-7 месяцев, живая масса – $203 \pm 2,3$ кг), которые методом пар аналогов были разделены на три группы ($n=3$) и по истечению 30 суток подготовительного периода переведены на условия основного учётного периода (длительность 8 суток). Содержание в течение эксперимента – привязное, в закрытом помещении. Кормление – индивидуальное.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order No.755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)». При выполнении исследований были предприняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных.

Методикой исследований предполагалось содержание подопытных животных на рационе концентратно-сено-силосного типа, с тем отличием, что во II серии дана оценка рационов содержащих, нативную и кавитированную минеральную добавку, в III серии, рационов, содержащих корма, полученные путем созкструзии с нативной и кавитированной минеральной добавкой. Независимо от серии лабораторных исследований бычки контрольной группы получали хозяйственный рацион (ОР), I опытной – ОР + карбонат кальция (1 % от концентратов) и II опытной – ОР + кавитированный карбонат кальция (1 % концентратов). При чем во II серии животные получали испытываемые корма в составе смеси, в III серии в составе экструдата смеси кормов. Кормление

животных с момента поставки осуществлялось рационами, составленными с учётом рекомендаций.

По итогам первой серии исследований выполнен научно-хозяйственный опыт на модели 30 бычков красной степной породы, выращенных по технологии, принятой в молочном скотоводстве, в условиях беспривязного содержания физиологического двора «Покровского сельскохозяйственного колледж-филиала ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет». Для проведения исследований бычков (возраст – 6 месяцев) методом пар аналогов были разделены на три группы ($n=10$) и по истечению 30 суток подготовительного периода перевели на условия основного учётного периода (длительность 90 суток). Методикой исследования предполагалось содержание подопытного молодняка I опытной группы на рационе, содержащем экструдат смеси с нативной минеральной добавкой, II опытной на рационе, содержащем экструдата смеси с кавитированной минеральной добавкой. В ходе эксперимента дана оценка продуктивного действие минеральных добавок, изучена экономическая эффективность их использования.

В ходе II серии исследований изучено биологическое и продуктивное действие ультрадисперсных порошков металлов-микроэлементов. В ходе исследований была дана физико-химическая оценка УДЧ железа, меди, цинка и латуни. В ходе исследований изучено влияние УДЧ металлов на рубцовое пищеварение, мультиэлементный состав биомассы бактерий и простейших рубца, исследована переваримость кормов, содержащих УДЧ.

На основании результатов лабораторных исследований выполнен научно-хозяйственный опыт на модели животных красной степной породы, выращенных по технологии, принятой в молочном скотоводстве, в условиях беспривязного содержания физиологического двора «Покровского сельскохозяйственного колледж-филиала ФГБОУ ВО «Оренбургский

государственный аграрный университет». Для проведения исследований были отобраны 30 клинически здоровых бычков (возраст – 6-7 месяцев), которые методом пар аналогов были разделены на три группы ($n=10$) и по истечению 30 суток подготовительного периода переведены на условия основного учётного периода (длительность 90 суток). Методикой исследования предполагалось содержание подопытного молодняка контрольной группы на рационе, не содержащем препаратов УДЧ металлов-микроэлементов. Животным I опытной группы в составе рациона скармливали препарат УДЧ латуни в дозировке 0,5 мг/кг СВ корма, II опытной группе в составе рациона скармливали препарат УДЧ железа в дозировке 3 мг/кг СВ корма. Введение препаратов УДЧ в рацион производилось путем ступенчатого смешивания в составе концентратов. Кормление животных производилось рационами идентичными по составу, использованному в первых двух экспериментах на животных. По итогам исследований дана экономическая оценка производства прироста живой массы животных с использованием препаратов УДЧ металлов.

2.1.1. Оценка физико-химических параметров

Атомно-силовая микроскопия

Микроскопическое исследование препаратов производилось на атомно-силовом микроскопе SMM-2000 (ОАО ПРОТОН-МИЭТ, Россия) в контактном режиме в воздушной среде. При микроскопии использовались зонды для контактной атомно-силовой микроскопии MSCT-AUNM (Veeco, США), с жесткостью балки 0,03 н/м и радиусом кривизны зонда 10 нм. Количественный морфометрический анализ проводился с использованием штатного программного обеспечения микроскопа. Количественный морфометрический анализ полученных изображений проводили с использованием штатного программного обеспечения микроскопа. Для приготовления образцов сухая масса исходного вещества в количестве 1,5 г помещалась в стеклянные

флаконы, куда также вносили по 10 мл бидистиллированной воды. После чего в течение 30 мин производилась обработка образцов ультразвуком частотой 35 кГц в источнике ванного типа (ЗАО ПКФ «Сапфир», Россия). После ультразвуковой обработки, полученная суспензия помещалась в центрифугу, где при 4000 оборотах в течение 75 секунд. Крупнодисперсная фракция осаждалась, а полученный супернатант в объеме 15 мкл наносился на поверхность свежесколотой слюды. АСМ визуализация проводилась в условиях центра коллективного пользования Института микро и нанотехнологий Оренбургского государственного университета и ЦКП ФНЦ БСТ РАН.

Аттестация УДЧ металлов

Предварительно аттестованы с определением размера частиц на анализаторе УДЧ Brookhaven 90Plus/BIMAS Zeta PALS; площади поверхности методами электронной сканирующей и просвечивающей микроскопии на приборах – JSM 7401F и JEM-2000FX («JEOL» Япония); полидисперсности рентгенофазный анализ на дифрактометре ДРОН-7; оценки заряд поверхности исследуемых препаратов на анализаторе дзета-потенциала УДЧ Brookhaven Zeta PALS и т.д.

Сорбционная способность и удельная поверхность кормов

Сорбционная способность кормов оценивалась путем последовательного приготовления раствора на основе фиксанала (0,1 Н раствор HCl) и соли металла (0,1 Н раствор сернокислой меди). Навеску исследуемого образца (отруби, клинкерная пыль и другие), измельчали до микродисперсного состояния. Отбирали пробу массой 5 г, и помещали в емкость с готовый раствором, объем которой составляет 50 мл, экспозиция 24 часа. Величина pH 2,5 постоянна. Сорбционные свойства оценивались по снижению содержания исследуемых элементов, после фильтрации раствора с учетом рекомендаций О.Я. Соколовой (2006). В ходе исследования растворы

анализировались на содержание оцениваемого элемента, на атомно – абсорбционном спектрофотометре «Formula FM 400» в условиях ЦКП ФНЦ БСТ РАН.

Оценка удельной поверхности сырья, проходила по методике определения пористости по ацетону, в соответствии с ГОСТом 6217-52.

2.1.2. Биологическая оценка

В качестве объекта использован генно-инженерный люминесцирующий штамм *Escherichia coli* K12 TG1, конститутивно экспрессирующий lux CDABE-гены природного морского микроорганизма *Photobacterium leiognathi* 54D10, производство НВО «Иммунотех» (Россия, Москва) в лиофилизированном состоянии под коммерческим названием «Эколюм». Непосредственно перед проведением исследований данный препарат восстанавливали добавлением охлажденной дистиллированной воды и стандартизировали до оптической плотности 0,3 при длине волны 600 нм. Суспензию бактерий выдерживали при температуре 2-4 °С в течение 30 мин., после чего доводили температуру бактериальной суспензии до 15-25 °С.

При проведении теста использовался алгоритм аналогичный использованному Д.Г. Дерябиным с соавт. (2011) при анализе биологических свойств ионов, нано- и микрочастиц металлов. Для этого в ячейки 96-луночных планшетов вносили тестируемые препараты УДЧ, и суспензию люминесцирующих бактерий в соотношении 1:1, после чего планшет помещали в измерительный блок анализатора микропланшетного Infinite PRO F200 (TECAN, Австрия), осуществляющего регистрацию интенсивности свечения полученных смесей в течение 180 мин с интервалом 3 мин. Результаты влияния препаратов УДЧ исследуемых металлов на интенсивность бактериальной биолуминесценции (I) оценивали с использованием формулы:

$$I = \frac{I_{k_{0\text{мин}}} \times I_{o_{п\text{мин}}}}{I_{k_{п\text{мин}}} \times I_{o_{0\text{мин}}}},$$

где I_k и I_o – интенсивность свечения контрольных и опытных проб на 0-й и n-й минутах измерения.

Переваримость кормов

Исследования по определению переваримости сухого вещества методом «in vitro» с помощью «искусственного рубца KPL 01» по методике В.В. Попова, Е.Т. Рыбиной (1983) в модификации Г.И. Левахина и др. (2003).

Методикой исследований предполагалось размещение измельченных образцов корма, массой 500 мг, в мешочки с определенной пористостью ГОСТ 20272-96 в соответствии со стандартом. Затем мешочки с кормом были помещать в «искусственный рубец», заполненный рубцовой жидкостью, после чего ванночку с испытуемым образцом корма помещали в термостатную камеру на 24 часа, при этом температура камеры составляла 38 °С. Через 24 часа образцы извлекали из термостатной камеры и промывали проточной водой. После промывания испытуемый образец на 24 часа помещали в искусственный рубец, наполненный раствором пепсина. Далее образец еще раз промывали под проточной водой и сушили, для определения остатка сухого вещества. На основании полученных данных были рассчитаны переваримость «in vitro» сухого вещества корма. Кроме того, через определение содержания химических элементов, согласно ГОСТу 30178-96, была рассчитана биодоступность исследуемых элементов по, разности между первоначальной и конечной массой.

С целью оценки питательности и переваримости разработанных кормовых добавок были проведены лабораторные исследования на животных. Эксперименты проведены на базе Покровского с/х колледжа на молодняке крупного рогатого скота. В ходе исследований животным были установлены фистулы на рубец животных по методу А.А. Алиева (1997).

Для изучения свойств кормов методом «in situ» использовали нейлоновые мешочки, в которых взвешивали и наполняли испытуемые корма. Корма в свою очередь предварительно измельчали и так же взвешивали. После этого наполненные нейлоновые мешочки, массой 500 мг погружали в рубец животного через фистульное отверстие на 3 часа. По истечению времени извлекали мешочки с последующим определением сухого вещества.

В ходе исследований с целью определения переваримости питательных веществ, эффективности использования энергии и азотистой части корма, проведены балансовые исследования по общепринятой методике (Томмэ М.Ф., 1973; Овсянников А.И., 1976).

В учётный период проводился строгий индивидуальный учёт съеденных кормов и их остатков, общее количество выделенных за сутки кала и мочи.

Средние образцы кормов, их остатков, пробы кала (3% от веса) были исследованы по методикам зоотехнического анализа и биохимических исследований (Лебедев П.Т., Усович А.Т., 1976; Разумов В.А., 1986), в Испытательном центре ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» на содержание в них сухого вещества, сырого протеина (ГОСТ 13496.4-93), сырого жира (ГОСТ 13496.15-97), сырой клетчатки (ГОСТ 12396.2-91), сырой золы (ГОСТ 26226-95), кальция (ГОСТ 26570-95), фосфора (ГОСТ 26657-97). В пробах мочи (2% от веса) определили количество азота (методом Къельдаля), кальция и фосфора (Лебедев П.Т., Усович А.Т., 1976).

По результатам балансовых опытов были определены показатели обмена энергии в организме животных, с помощью регрессий, предложенных А.П. Калашниковым, Н.И. Клейменовым и др. (1986).

На основании данных по содержанию обменной энергии в поедаемом корме и затратам энергии на поддержание жизни было определено количество обменной энергии сверх поддержания (продукции):

$$\text{ОЭ}_{\text{прод}} = \text{ОЭ} - \text{ОЭ}_{\text{под}},$$

где $\text{ОЭ}_{\text{прод}}$ – обменная энергия сверх поддержания;

ОЭ – общее количество обменной энергии, поступившей в организм;

$\text{ОЭ}_{\text{под}}$ – обменная энергия, необходимая на поддержание жизни.

Рубцовое пищеварение

С целью изучения рубцового пищеварения производили отбор проб рубцовой жидкости в количестве 300 мл за 3 часа до и после кормления. Пробы фильтровалась через 4 слоя марли, в фильтрате определяли концентрация водородных ионов (рН) ионометром ЭВ – 74.

Методом Къельдаля в модификации П.Г. Лебедева и А.Т. Усовича (1976) был определен общий и остаточный азот в рубцовой жидкости.

2.1.3. Материалы и реактивы

Исследования проведены с использованием мела кормового ГОСТ 17498-72, ракушечника кормового.

В работе использовались УДЧ железа (УДЧ Fe) и меди (УДЧ Cu), цинка (УДЧ Zn) и латуни – сплава меди и цинка (УДЧ ZnCu). Препараты УДЧ железа и меди любезно предоставила профессор, доктор биологических наук Н.Н. Глущенко. Препараты УДЧ цинка и латуни приобретены у ООО "Передовые порошковые технологии" г. Томск, Россия (<http://www.nanosized-powders.com>).

2.1.4. Технологии обработки кормов

Ультразвуковая обработка кормов

Ультразвуковая обработка минеральных добавок (кормовой мел, ракушечник кормовой, известняк и др.) проводилась с использованием ультразвукового генератора И10-0.63, (ООО «ИНЛАБ-УЛЬТРАЗУК», г. Санкт-Петербург, Россия). Технические характеристики: рабочая частота 15-30 кГц, выходная мощность 630 Вт, потребляемая мощность 800 Вт, напряжение питания 220 В, частота сети питания 20 Гц. В комплект установки входит: лабораторная стойка; ультразвуковой генератор И10-0.63; магнитострикционный преобразователь (титановый), рабочая частота, 22 10% кГц; три цилиндрических титановых волновода-концентратора (рис. 2).



Рисунок 2 - Ультразвуковой генератор И10-0.63

Методика работы на ультразвуковом генераторе, предполагала подготовку опытных минеральных добавок путем увлажнения до 65 - 70%. Затем образец закладывался в стеклянную посуду емкостью 250-300 мл. Ультразвуковая обработка производилась после погружения титанового волновода-концентратора в емкость.

Барогидротермическая обработка кормов

В ходе проведения исследований использовались два экструдера. При проведении пилотных исследований пресс-экструдер ПШЗО/1, производства Оренбургского станкозавода, по проекту разработанного на кафедре «Машины и аппараты пищевых производств» Оренбургского государственного университета (рис. 3).

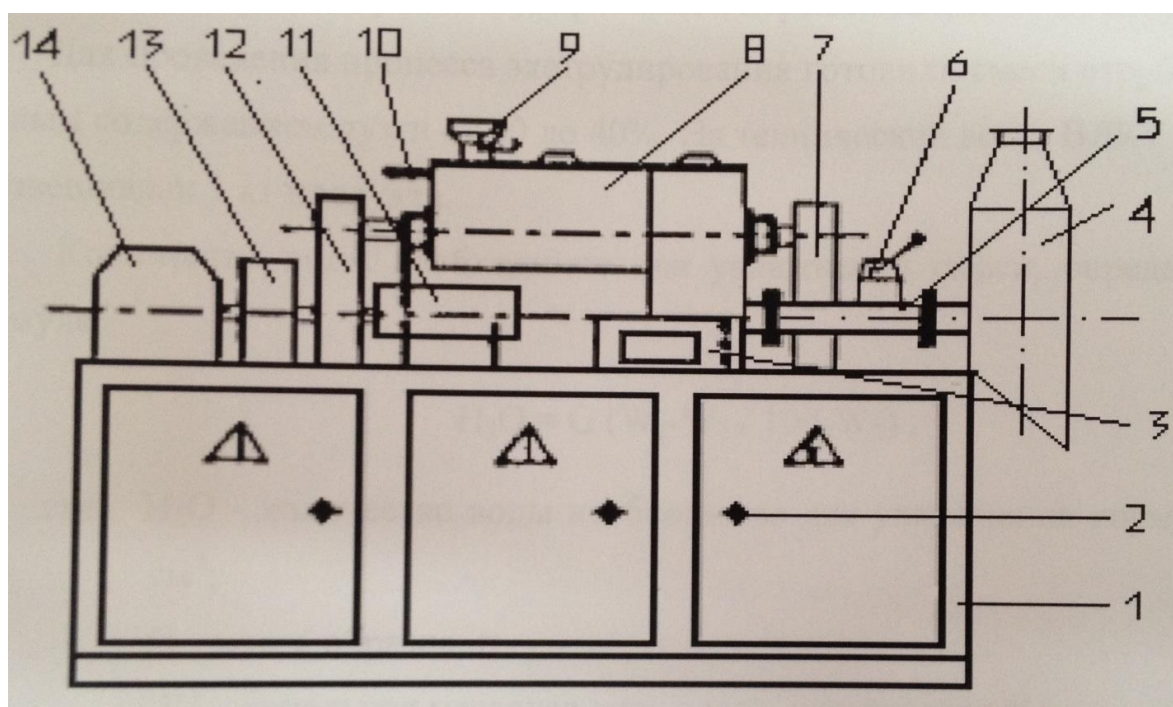


Рисунок 3 - Схема универсального пресс-экструдера. 1 – станина; 2 – замок двери; 3 – пульт управления; 4 – кожух режущего механизма; 5 – рабочий цилиндр прессующего узла; 6 – муфта сцепления; 7 – ограждение привода режущего механизма; 8 – месильное корыто; 9 – питающий бункер; 10 – штуцер привода воды; 11 – подшипниковый узел прессующего механизма; 12 – ограждение привода вала месильного корыта; 13 – ограждение муфты; 14 – редуктор.

На этом оборудовании были отработаны основные приемы проведения экструзии кормов с содержанием ультрадисперсных минеральных добавок. Одной из конструктивных особенностей этого экструдера является низкая мощность силовой установки (7,7 кВт), обеспечивающая барогидротермическую обработку 45 кг/ч кормов, при частоте вращения шнека $n=160$ об/мин. В процессе экструдирования создается давление 10 мПа и температура не выше 120°C (Холодилина Т.Н., 2006; Дроздова Е.А. 2007; Ялалетдинова Д.И., 2008).

При экструдировании количество необходимой воды для внесения в кормосмесь вычисляется по формуле:

$$V = m (W_2 - W_1)(100 - W_2),$$

где: V – количество воды необходимое для увлажнения образцов, мл;

m – масса образца, г;

W_1 и W_2 – начальная и конечная массовая доля влаги, %.

Методика работы на этом экструдере предполагала, предварительный разогрев оборудования зерном до температуры $100-110^{\circ}\text{C}$, это достигалось путем введения зерна в объеме 5-8 кг. При этом влажность зерна составляла 20-23%. С достижением необходимой температуры оборудования, осуществлялась подача опытных кормосмесей. Процедура предварительно подготовки кормосмесей включала: смешивания компонентов кормосмесей, определение влажности, доведения влажности кормосмеси до оптимальной, отволаживание кормосмесей в течение 24 часов. Оптимальная влажность после отволаживания составляла 22-25%. При проведении экструдирования проводился мониторинг температуры фильеры. Получаемый жгут экструдированного корма собирался на металлические поддоны, на которых остужался в течение 2-3 часов. Затем экструдаты дробились на молотковых дробилках.

Приготовления экструдатов опытных кормосмесей, для лабораторных исследований и экспериментов на животных, производилось на экструдере ЭТР-500/30-КО, производства ООО Агростимул, г. Киров (рис. 4).



Рисунок 4 - Экструдер ЭТР-500/30-КО производству ООО Агростимул, (г. Киров, Россия).

Технология получения кормов на этом оборудовании имела ряд принципиальных отличий, обусловленных наличием прибора автоматизированной подачи корма, отсекабель Стренга. Производительность экструдера составляла 500 кг/ч. Основные параметры работы экструдера ЭТР-500/30-КО – температура, влажность, были идентичны с пресс-экструдер ПШЗО/1.

2.1.5 Экономический анализ и статистическая обработка данных

При расчете экономической эффективности предлагаемых разработок определялся расход кормов и себестоимость 1ц прироста, производственные затраты.

Основные данные были подвергнуты статистической обработке с использованием программ «Excel», «Statistica 10,0». Достоверными считали различия при $p \leq 0,05$. Полученные по ходу эксперимента цифровые данные были обработаны методом вариационной статистики (Гатаулиным А.М., 1992). Данные в таблицах представлены в виде $M \pm m$, где M – среднее арифметическое, m – ошибка средней арифметической. В случае нормального распределения, когда в сравниваемых группах разница между средней арифметической (M) и медианой (Me) была менее 10%, оценку статистической значимости различий между группами проводили с помощью t - критерия Стьюдента. Если же сравниваемые показатели имели распределение, отличающееся от нормального, то сравнение проводили с помощью U – теста Манна-Уитни, то есть непараметрического аналога t - критерия Стьюдента.

2.2 Результаты исследований по биологической и продуктивной оценке ультрадисперсных минеральных добавок, изготовленных с использованием обработки ультразвуком

2.2.1 Результаты лабораторных исследований

2.2.1.1 Результаты I серии лабораторных исследований

Выполнение первого лабораторного эксперимента, преследовало цель отработки основных методов исследований и проверки пилотной гипотезы о влиянии размеров частиц минеральной добавки на биологическую доступность кормов. Исходя из этого наиболее детально в первом эксперименте, изучен фракционный состав используемых образцов. Выбор в качестве минеральной добавки кормового мела, был продиктован широким использованием последнего в качестве источника кальция в рационах животных.

Обработка полученных АСМ - изображений позволила выявить сложный состав оцениваемых образцов мела (рис. 5,6).

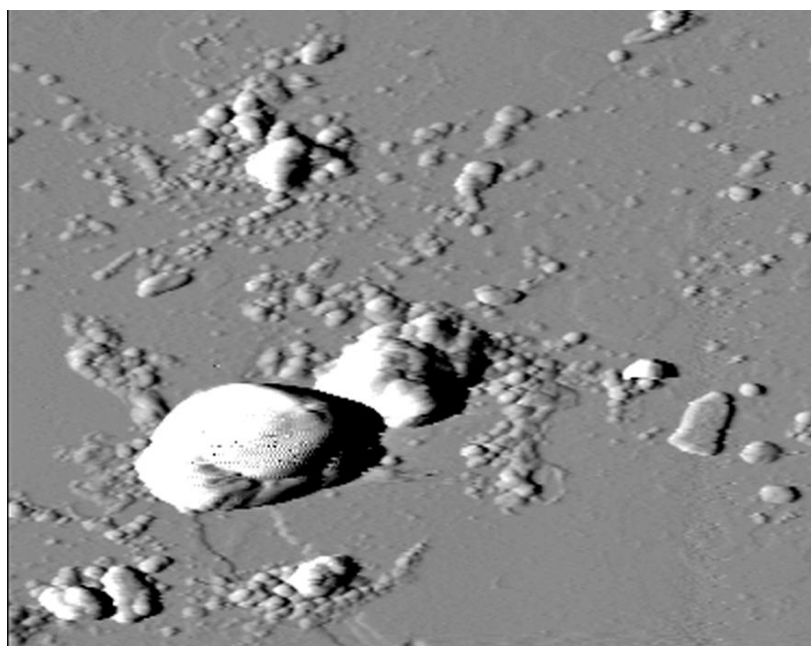


Рисунок 5. АСМ – изображение частиц мела кормового
(Образец III)

Наряду с крупными фрагментами в образцах присутствовало большое количество ультрадисперсных частиц.

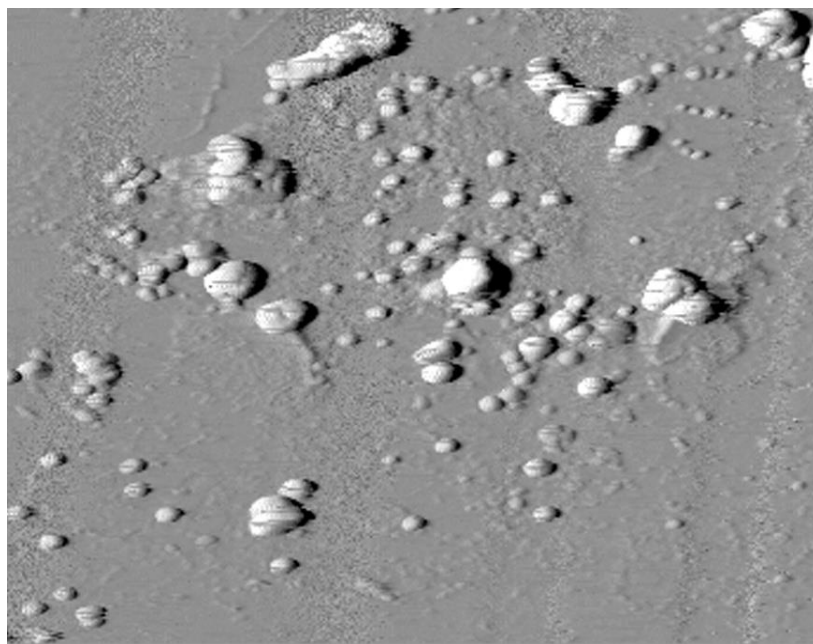


Рисунок 6. АСМ – изображение частиц мела кормового (Образец II)

В частности, при среднем размере 21,7 мкм, в I образце присутствовали частицы, в диапазоне размеров от 10 нм до 30 мкм. Оценка ультрадисперсной фракции (10 – 1200 нм) в первом образце, выявила следующее распределение частиц (рис. 7).

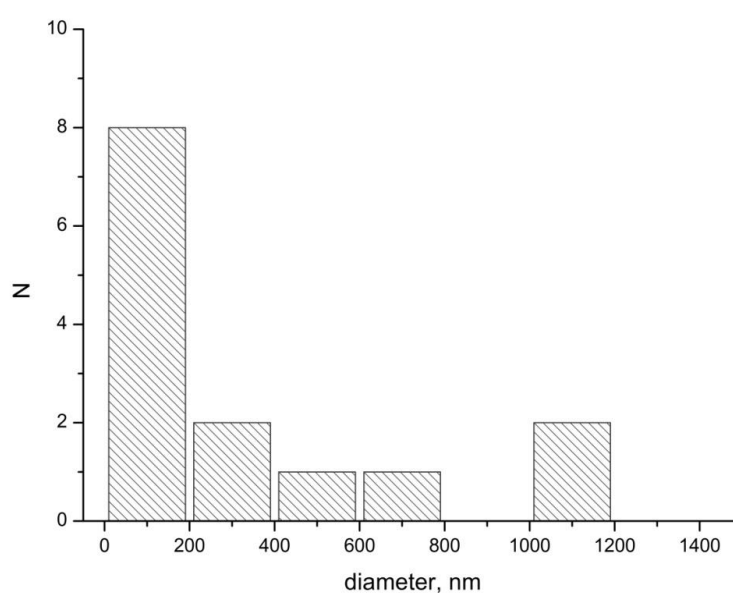


Рисунок 7 Распределение частиц образца 1 по размерам

Частицы с размером от 10 до 200 нм, в отобранной фракции I образца составляли 57 % всей совокупности. Частиц в диапазоне от 200 до 400 нм - 14 %; от 400 до 600 – 7 %; от 600 до 800 – 7 %; от 1000 до 1200 – 14 %.

Во II образце при размере частиц 30,4 мкм, выявлялись частицы в диапазоне от 40 нм до 62,7 мкм. Аналогичные величины в III образце 34,0 мкм и 160 нм – 66,0 мкм. Различия в дроблении образцов оказали влияние на соотношение разно-размерных частиц. Так в III образце, почти не выявлялись частицы с диаметром менее 200 нм (рис. 8).

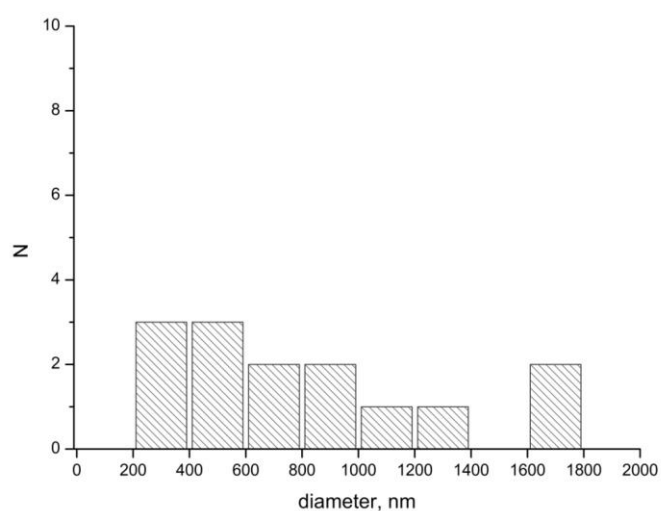


Рисунок 8 Распределение частиц образца 3 по размерам

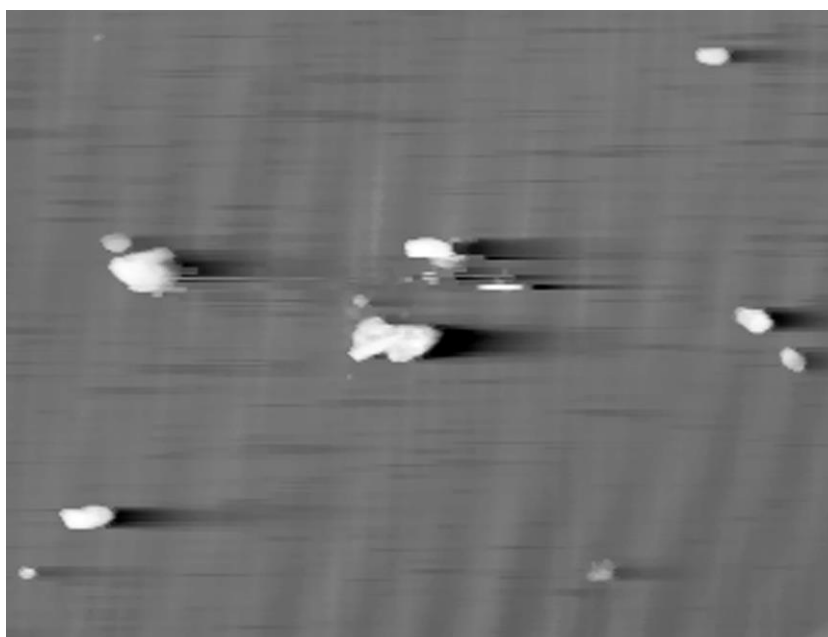


Рисунок 9. АСМ – изображение частиц мела кормового

Анализ АСМ изображения (рис. 9), показывает, что частицы мела кормового имеют сложную форму, без видимых изъянов.

Оценка переваримости «in vitro» кормовых смесей выявила факт повышения коэффициента биодоступности сухого вещества корма, по мере увеличения диаметра частиц, на 4 % между I и II, и 5 % между II и III образцами (табл. 1).

Таблица 1. Переваримость опытных образцов

Образец	Размер частиц мела, мкм	Диапазон частиц, мкм	Переваримость, %	
			«in vitro»	«in situ»
I	21,7 ± 4,5	0,01-30,0	91,8 ± 2,1	25,6 ± 5,8
II	30,4 ± 5,4	0,04-62,7	92,8 ± 3,8	32,6 ± 3,7
III	34,0 ± 11,1	0,16-66,0	92,6 ± 2,3	36,3 ± 5,4

Сходные результаты были получены и при экспозиции опытных образцов в рубце. Так, после 3х часов экспозиции, переваримость сухого вещества корма, составляла I образец – 25,6%; II образец – 32,6; III образца – 36,3.

Между тем по мере увеличения размера частиц мела, содержание кальция, в непереваримой, в рубце, массе корма повышается на 0,07 % на каждый микрометр, увеличивающий диаметр частиц.

Подводя итог первым исследованиям по проблеме можно сформулировать следующие выводы.

1. Использованный метод механического измельчения имеет целый ряд недостатком, в том числе не позволяет получать препараты однородные по фракционному составу с размером частиц менее 1 мкм. Ввиду этого, целью наших последующих исследований стало, отработка технологии ультразвукового (кавитационного) измельчения минеральных добавок.

2.2.1.2 Результаты II серии лабораторных исследований

На предварительном этапе второй серии лабораторных исследований нами были проведены эксперименты по оценке действия ультразвука на дисперсный состав ракушечника кормового. Для чего последовательно через просеивания ракушечника с использованием сит с диаметром отверстий 2,0 мм и 0,2 мм, был подготовлен однородный образец кормовой добавки, с размерностью частиц $0,75 \pm 0,28$ мм. Затем полученный образец был подвергнут воздействию ультразвуком, с использованием генератора И10-0.63, в течение 30 минут, при частоте 27 кГц. По результатам АСМ исследований установлено, что после ультразвуковой обработки 53% контрольной навески составляли частицы со средним размером 362 нм, 13% удельной массы навески приходилось на частицы с размером 2,4 мкм и 34% с размером 450 мкм. Рассмотрение АСМ изображения выявляет в контрольном образце, различные отдельно стоящие и интегрированные частицы. При этом значительная часть из них объединена в агломераты (рис. 10, 11).

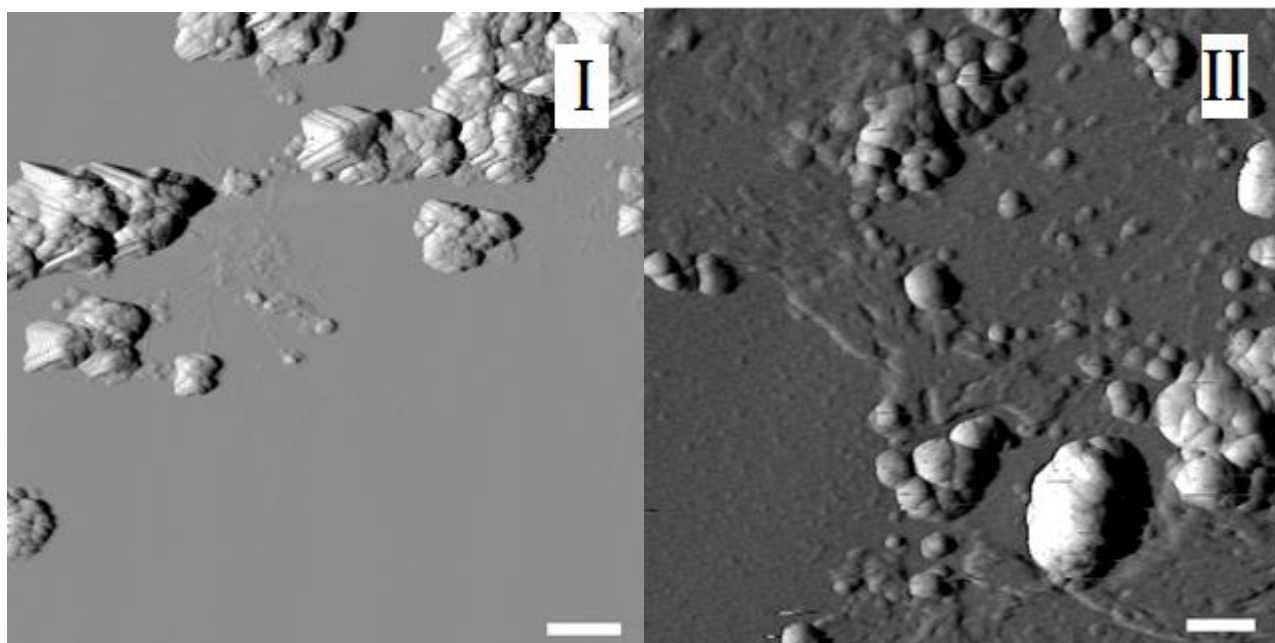


Рисунок - 10 АСМ-изображения образца ракушечника кормового после звуковой обработки. Изображение I – шкала 200 нм, изображение II - шкала 1 мкм.

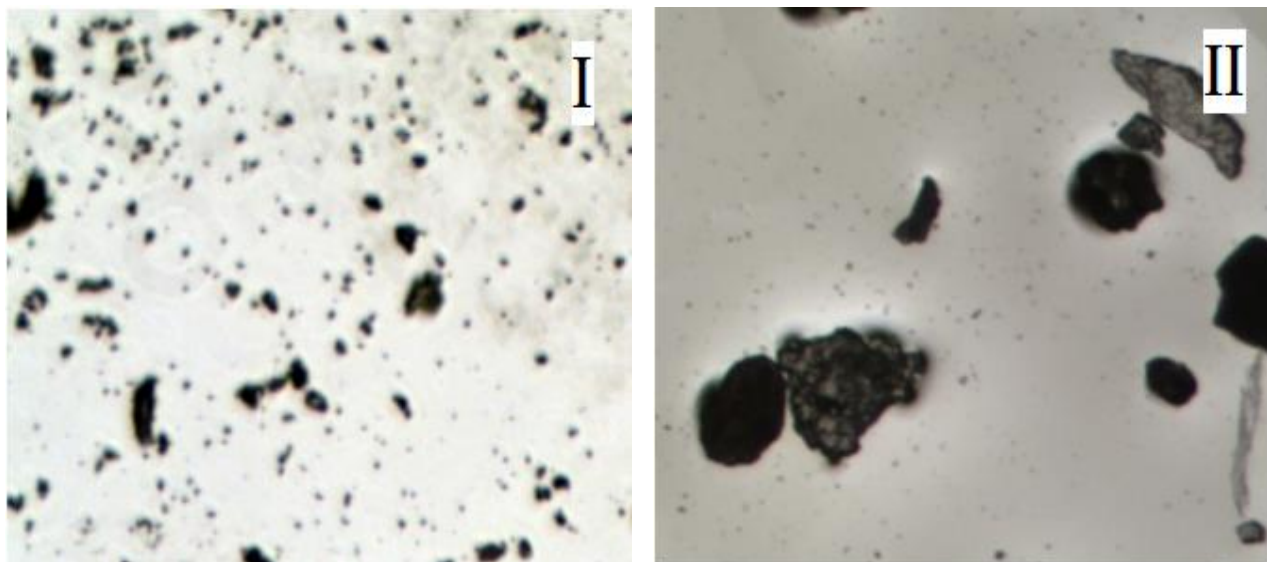


Рисунок - 11 Оптическая микроскопия образца ракушечника кормового после звуковой обработки. Изображение I – шкала 100 нм, изображение II - шкала 500 мкм.

Детализация размерных классов частиц, образовавшихся под действием ультразвука выявила наличия следующих диапазонов размеров частиц. В частности, для частиц со средним размером $8,83 \pm 6,7$ мкм выделены образования включающие объекты с размером от 3.14 мкм до 89.42 мкм (рис. 12).

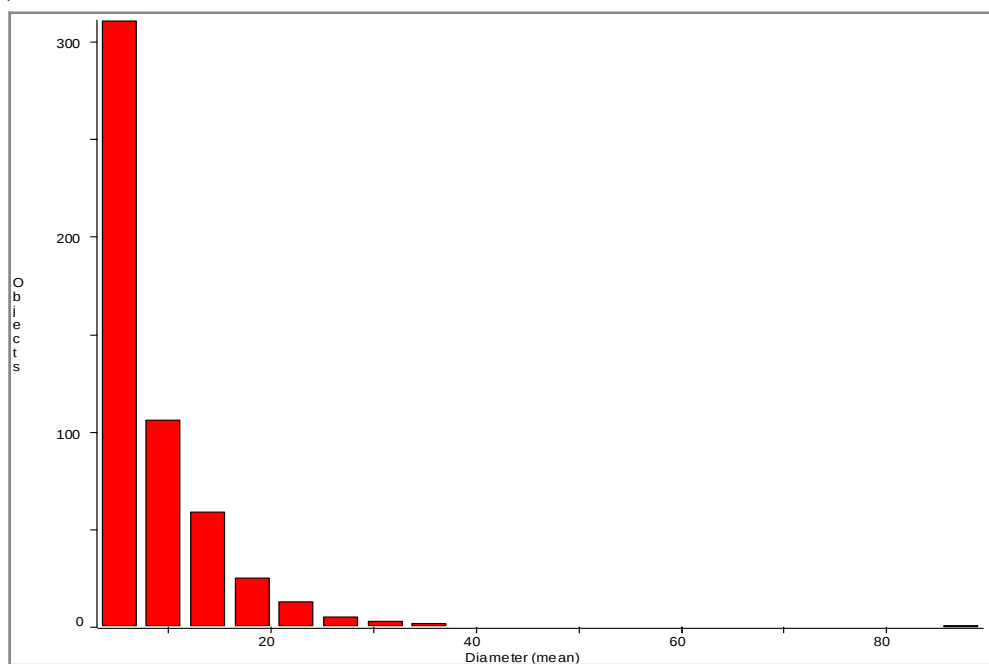


Рисунок 12 Распределение частиц ракушечника кормового после ультразвуковой обработки по размеру (диапазон измерений 3.14 - 89.42 мкм, $M=8,83$, $m=6,7$ мкм).

При этом наибольшее количество частиц приходится на размерный класс менее 5,5 мкм.

Оценка размера частиц диапазона 11.32 - 287.12 мкм, выявила следующее распределение (рис. 13).

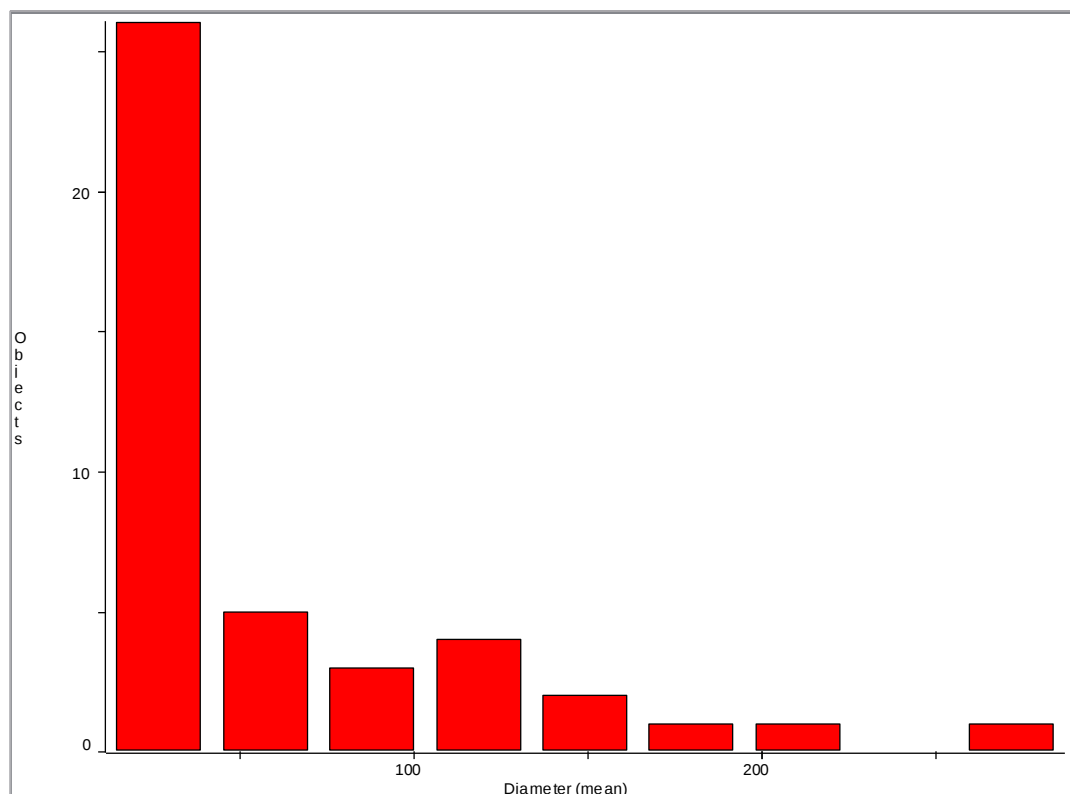


Рисунок 13 Распределение частиц ракушечника кормового после ультразвуковой обработки по размеру (диапазон измерений 11.32 - 287.12 мкм, $M=62.74$, $m=67.64$ мкм).

Таким образом, в результате предварительных исследований по второму этапу установлено, что ультразвуковое воздействие с частотой около 27 кГц, обеспечивает измельчение минеральной добавки до размеров 100 нм – 1 мкм. Это позволяет рассчитывать на перспективность использовать ультразвуковой обработки для производства ультрадисперсных минеральных добавок.

На втором этапе исследований была дана оценка физико-химическим и биологическим свойствам минеральных добавок, произведенных с использованием ультразвукового воздействия. В первом исследовании изучены характеристики минеральной добавки, полученной при различной

частоте воздействия, во втором эксперименте в зависимости от продолжительности ультразвукового воздействия. Для проведения исследований по оценке воздействия частоты ультразвука на свойства минеральных добавок, нами была модифицирована ультразвуковой генератор И10-0.63, с расширением диапазона рабочих частот от 22 – 27 до 18 – 30 кГц.

Методика исследований предполагала обработку опытных образцов с использованием следующих частот воздействия: 18, 21, 24, 27, 30 кГц. Опытные образцы приготавливались из мела кормового (50 г) и дистиллированной воды (100 мл). Время экспозиции составило 30 минут. В качестве контроля использовали образец, не подвергнутый ультразвуковому воздействию.

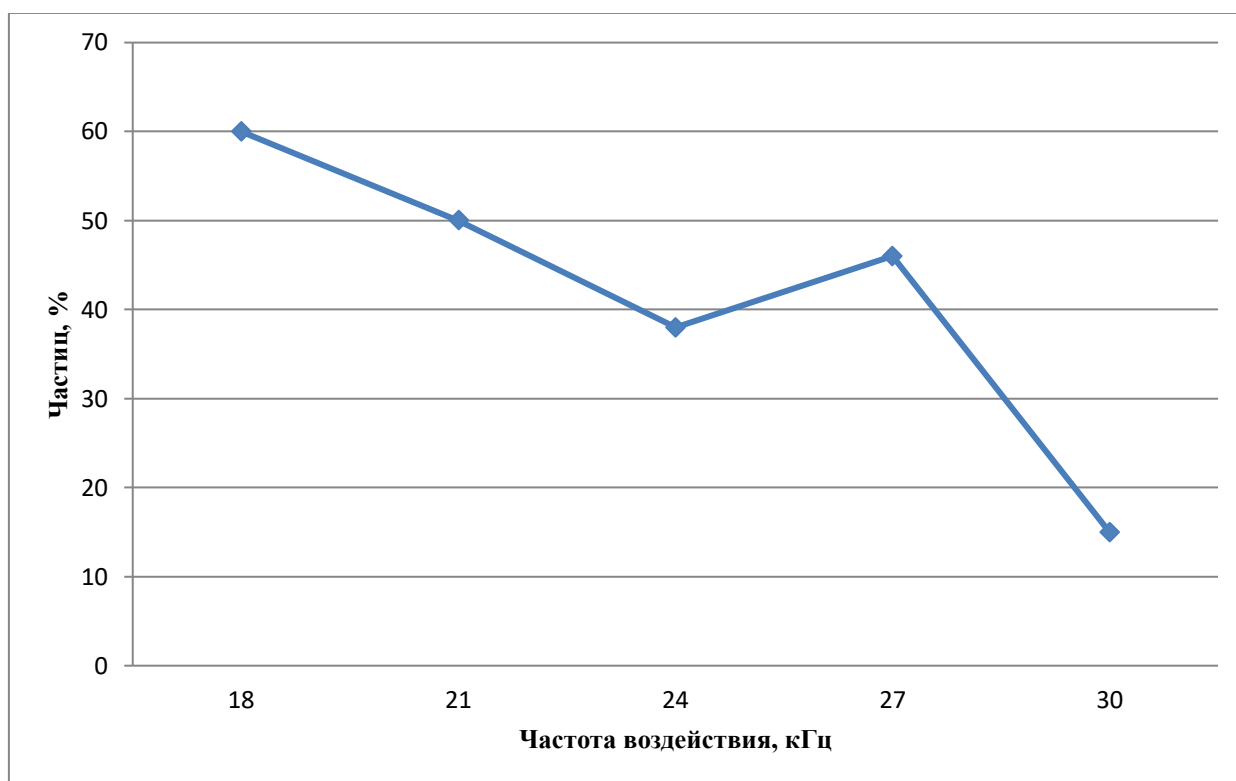


Рисунок 14 Доля частиц в кавитированном меле с размеров частиц 200 нм и менее, при времени экспозиции 30 минут, %

Визуальная оценка работы кавитатора при различных частотах выявила существенные отличия в визуальных и звуковых характеристиках прибора. В частности, при частоте 27 кГц ультразвуковая обработка суспензии

сопровождается образованием не характерным для других частот завихрений и воздушных пузырьков в квитируемой массе. Кавитационная обработка суспензии мела не зависимо от частоты воздействия сопровождалась характерным запахом озона. Визуально образцы суспензий подвергнуты ультразвуковому воздействию принимали сметанообразную консистенцию. Наиболее выраженные изменения отмечались при частоте 27 кГц.

Оценка размерностных характеристик суспензии подвергнутых кавитационной обработки выявила сложный характер процессов, происходящих в образце. С одной стороны, количество частиц с размером более 1мкм возрастало с другой стороны число частиц с размером менее 200 нм, так же повышалось.

В соответствии с методикой второго исследования серии предполагалось использование стандартных образцов мела кормового подвергнутого воздействию ультразвука одной частоты 27 кГц. При этом нами использовался ультразвуковой генератор И10-0.63. Время экспозиции составила: 2,5, 5, 10, 15, 20, 25, 30 минут. Пробы для исследования приготавливались из дистиллированной воды (100 мл) и мела кормового (50 г). В качестве контроля использовали образец, не подвергнутый ультразвуковому воздействию.

Как следует, из результатов исследований увеличение времени экспозиции опытных образцов не сопровождалась снижением размера частиц! Напротив, кавитационная обработка сопровождалась увеличением числа агломератов частиц. В частности, при сравнении образцов полученных при обработке в течение 2,5; 15 и 30 минут, выявлено, что количество агломератов, с размером более одного микрометра, увеличивается, с 25 до 41 и 45% соответственно. При этом число частиц с гидродинамическим диаметром менее 200 нм снижается с 75 до 59 и 65% (рис. 15).

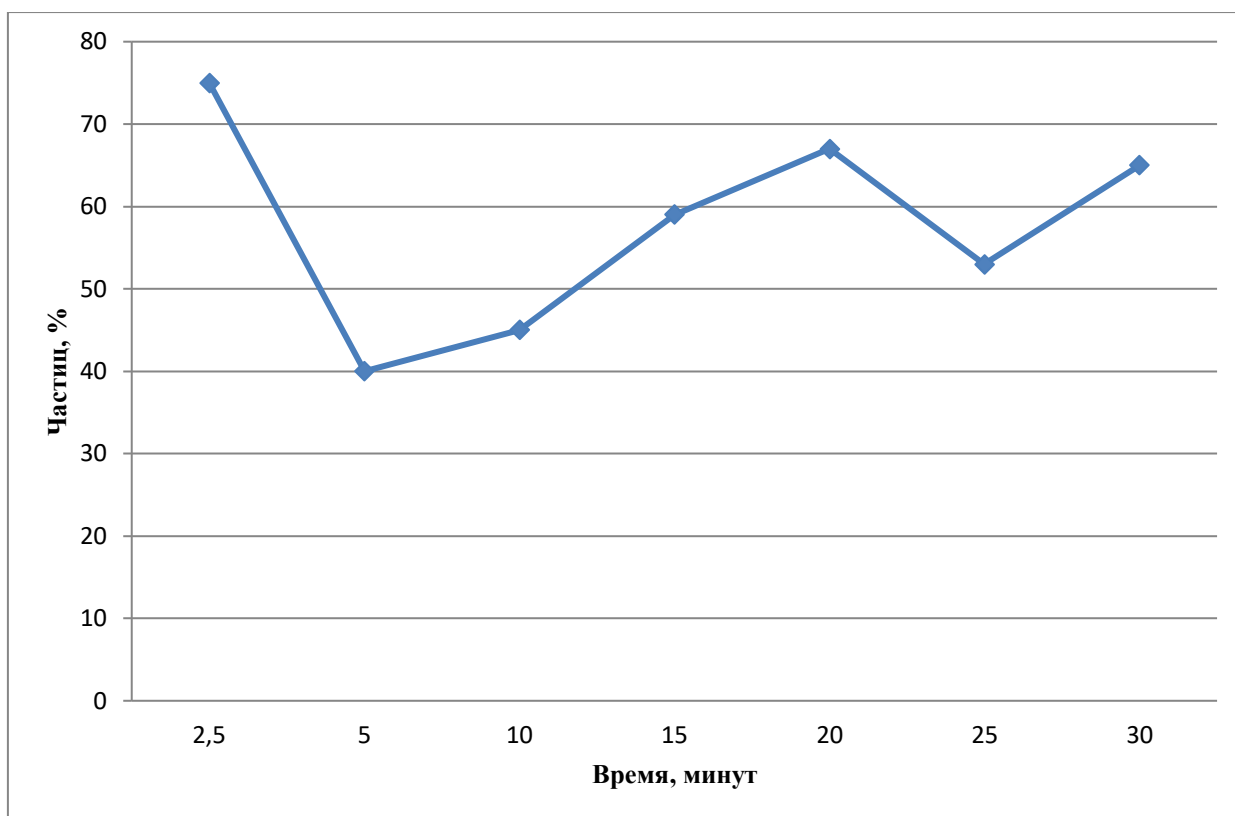


Рисунок 15 Доля частиц в кавитированном меле с размеров частиц 200 нм. %

Причина такого развития могут быть различными. Ультразвуковая обработка водных взвесей сопровождается изменением характеристик молекул воды и вещества взвешенных частиц. Возможно, что молекулы воды формировали с диспергированными частицами комплексы, которые и выявлялись нами при оценке их размера.

2.2.1.3 Биологическая оценка полученных добавок

В тесте ингибирования бактериальной биолюминесценции на модели *Escherichia coli* K12 TG1 выявлен факт снижение интенсивности свечения бактерий при воздействии кавитированных минеральных добавок в сравнении с контролем (рис. 16).

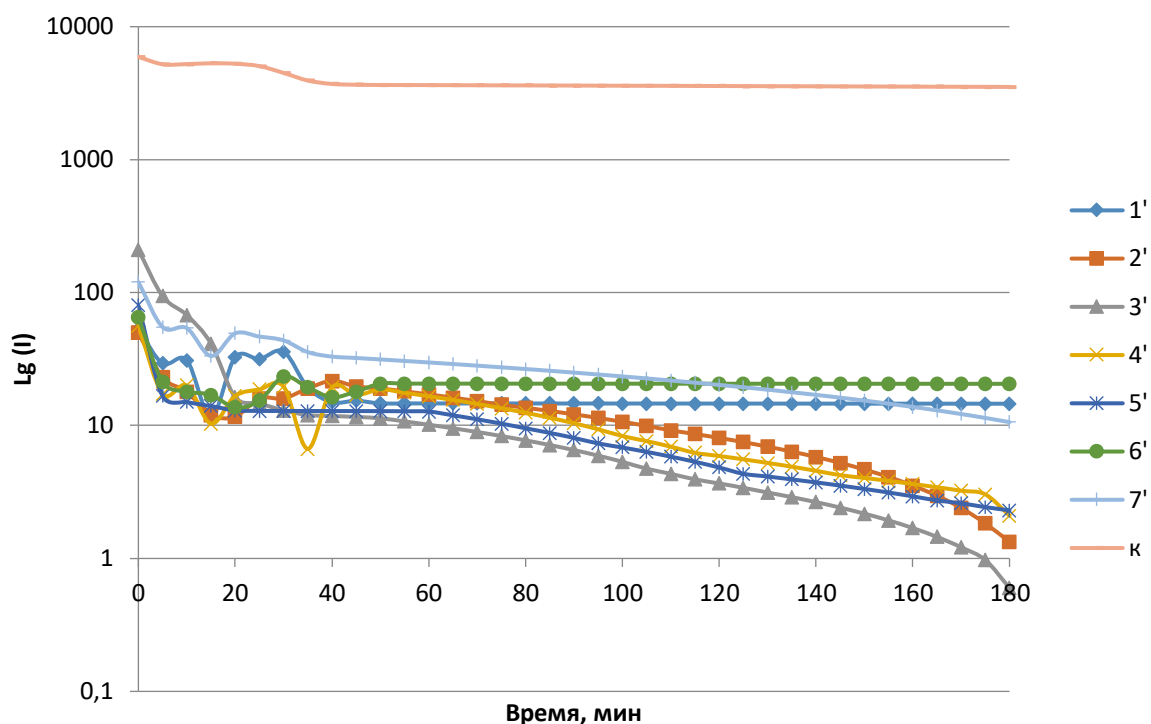


Рисунок 16 Динамика свечения *E.coli* K12 TG1 при контакте с суспензиями мела, подвергшихся ультразвуковому воздействию в течение 30 минут при различных частотах 1 – 18 кГц; 2-21 кГц; 3-24 кГц; 4-27 кГц; 5-30 кГц; 6-33 кГц; 7- контроль (без обработки ультразвуком); к – контроль свечения бактерий.

Использование различных частот ультразвука приводило к различиям в степени токсичности полученных образцов минеральных добавок. Контакт тест-организма с пробами, подвергшимися воздействию ультразвука в диапазоне частот от 24 до 30 кГц вызывал практически полное ингибирование свечения микроорганизмов в первые 15 – 20 мин и характеризовался проявлением острой токсичности в отношении живой системы. Тестирование проб минеральных добавок, не обработанных ультразвуком и полученных при воздействии ультразвуком частотой 21 кГц, показало 50 % ингибирование свечения бактерий через 35-65 мин. контакта, и 80 % подавление биолюминесценции через 120 мин., что характеризовало их как малотоксичные. В отличие от вышеописанных, пробы, полученные при

использовании минимальных и максимальных частот ультразвука, были отмечены как относительно токсичные и вызывали 50 % ингибирование свечения бактерий только через 180 мин. контакта с тест-организмом (рис. 17).

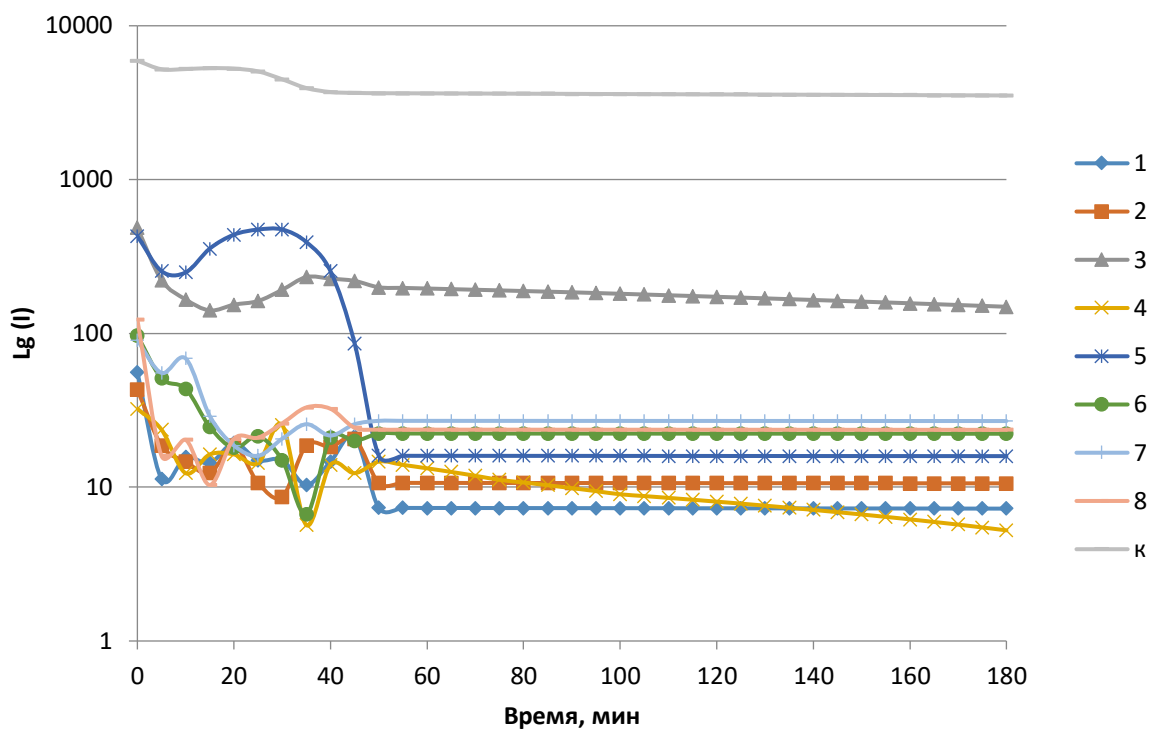


Рисунок 17 Динамика свечения *E.coli* K12 TG1 при контакте с суспензиями ракушечника, подвергшихся ультразвуковому воздействию при одной частоте 30 кГц с различным временем экспозиции 1 – 2,5; 2 - 5; 3 -10; 4-15; 5 - 20; 6 - 25; 7 - 30; 8 - контроль (без обработки ультразвуком); к – контроль свечения бактерий.

Наблюдалось проявление токсического эффекта, для образцов, полученных в результате воздействия ультразвука в течении 2,5; 15; 20 и 25 мин. спустя 180 мин. контакта с тест-организмом, которое характеризовалось 60-80 % подавлением свечения бактерий.

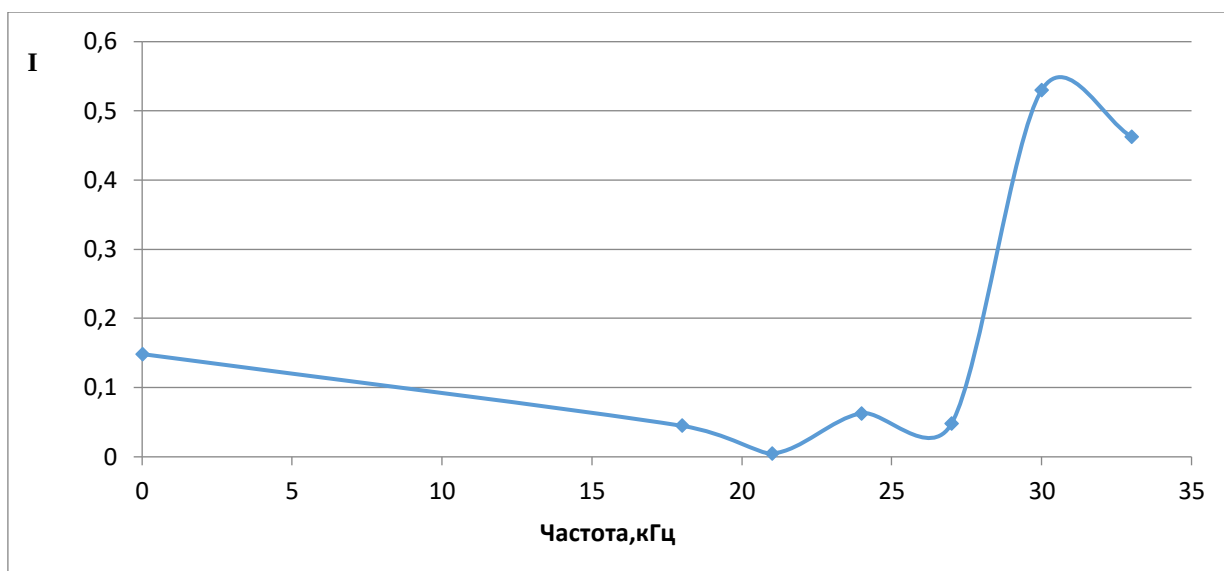


Рисунок 18 Относительные величины интенсивности свечения *E. coli* K12 TG1 при контакте с суспензиями мела, подвергшихся ультразвуковому воздействию в течение 30 минут при различных частотах (0, 18 кГц; 21 кГц; 24 кГц; 27 кГц; 30 кГц; 33 кГц) через 180 мин. контакта

Суспензии минеральных добавок, полученные через 5 и 10 мин. диспергирования через 180 мин. контакта с бактериями, приводили только к 50 % ингибированию биолюминесценции, что характеризовало данные пробы как относительно токсичные.

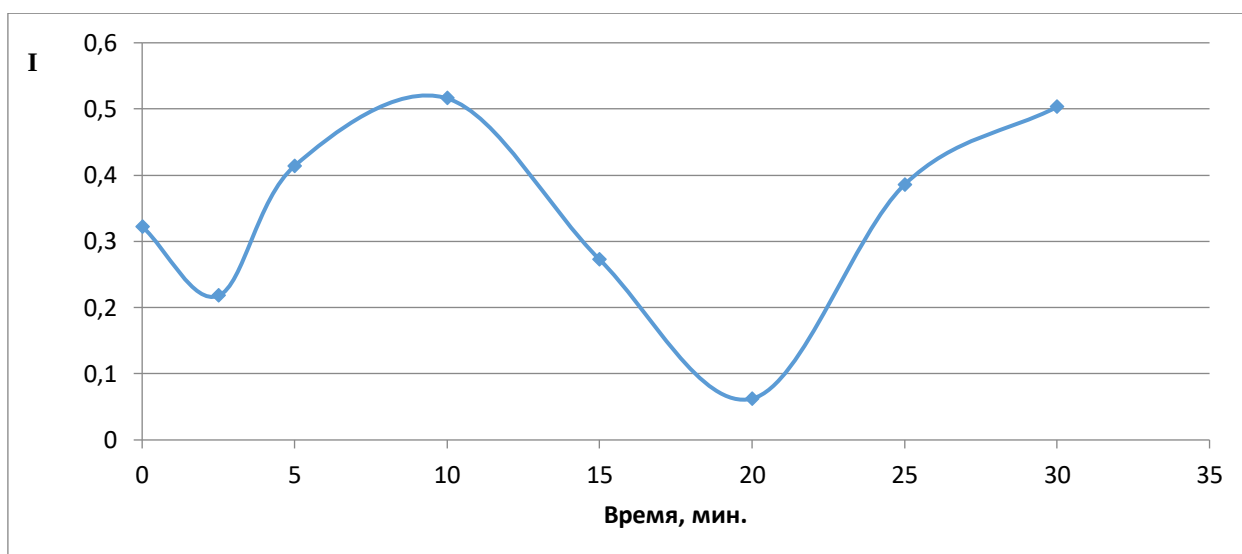


Рисунок 19 Относительные величины интенсивности свечения *E. coli* K12 TG1 при контакте с суспензиями ракушечника, подвергшихся ультразвуковому воздействию при одной частоте 30 кГц с различным временем экспозиции (0, 2,5; 5; 10; 15; 20; 25; 30) через 180 мин. контакта.

2.2.1.3.1 Результаты лабораторных исследований на модели молодняка крупного рогатого скота

2.2.1.3.1.1 Корма и кормление подопытных животных.

При выполнении исследований использован рацион, содержащий 3 кг сена злакового, 5 кг силоса кукурузного, 2,1 кг дробленного ячменя, 0,4 кг жмыха подсолнечного и 0,3 кг патоки кормовой (табл. 2).

Таблица 2. Рационы подопытных при проведении при проведении балансового опыта), кг/гол. /сут

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Сено злаковое	2,55	2,60	2,7
Силос кукурузный	4,41	4,50	4,6
Дробленный ячмень	2,1	2,1	2,1
Жмых подсолнечный	0,4	0,4	0,4
Патока кормовая	0,3	0,3	0,3
Соль поваренная	33	33	33
Мононатрия фосфат	45	44	44
Мел нативный	-	25	-
Мел кавитированный	-	-	25
Премикс	25	25	25
В рационе содержится			
сухого вещества, кг	5,74	5,81	5,91
корм. ед., кг	5,15	5,19	5,25
обменной энергии, МДж	57,4	58,0	59,3
протеина: сырого, г	796	802	813
переваримого, г	545	549	556
клетчатки, г	1108	1128	1161
крахмала, г	1094	1026	1098
сахаров, г	391	393	398
сырого жира, г	156,4	158	160,5
кальция, г	24,7	34,1	35,4
фосфора, г	27,2	27,1	27,3
серы, г	21,2	21,1	21,0
йода, мг	2,65	2,67	2,69
кобальта, мг	5,25	5,15	5,27
меди, мг	66,2	66	66
цинка, мг	276	276	276
марганца, мг	330	330	330
железа, мг	550	554	563
витамина А. тыс. МЕ	29	28,2	27
витамина Д. тыс. МЕ	3,0	3,0	3,0
витамина Е. тыс. МЕ	431	438	448
каротина, мг	81	82,6	85

Как следует из полученных результатов, в I и II опытных группах поедаемость сена была выше на 1,7-5,0 %, кукурузного силоса – на 1,8-3,8 % по сравнению с контролем. Причём более высокие показатели по поедаемости объёмистых кормов были характерны для II опытной группы, получавшей в составе рациона кавитированную минеральную добавку.

2.2.1.3.1.2 Использование азота корма.

Анализируя полученные данные по обмену азота, следует отметить, что его баланс в организме подопытных бычков всех сравниваемых групп был положительным и соответствовал их среднесуточным приростам, а его отложение в организме составляло в расчёте на 1 голову 23,5-25,8 г. Причём более высокое отложение азота на голову в сутки было у подопытных животных II опытной группы, получавших в составе рациона кавитированную минеральную добавку. По этому показателю подопытные бычки I и II опытных групп превосходили своих контрольных аналогов на 1,20-2,30 г (5,11-9,79 %) в пользу последних. Однако, описанные различия оказались статистически не достоверными (табл. 3).

Таблица 3. Среднесуточный баланс азота в организме подопытных бычков, г/голову в сутки

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Принято	127,4±1,18	128,3±1,25	130,1±1,48
Переварено	76,3±0,67	82,8±0,69*	86,5±0,65*
Выделено с калом и мочой	103,9	103,6	104,3
Отложено на голову	23,5±0,48	24,7±0,46	25,8±0,71
от принятого	18,5	19,3	19,8
от переваренного	30,8	29,8	29,8

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

Разница по отложению азота между животными I и II опытных групп так же оказалась не достоверной и составляла 1,10 г (4,45 %) в пользу последних. Представленная градация подопытных групп определялась неодинаковой переваримостью азота. Выделение азота через пищеварительный тракт в абсолютных величинах в опытных группах было меньше, чем в контрольной соответственно на 5,52 и 7,49 г/гол.

Скармливание изучаемых минеральных кормовых добавок в составе кормовых рационов подопытным бычкам оказало положительное влияние и на использование их азотистой части. Опытные бычки несколько лучше использовали принятый с кормами азот. Причём наиболее эффективно использовали азот животные II опытной группы, получавшие в составе рациона кавитированную минеральную добавку.

Таким образом, скармливание в составе рациона кавитированной минеральной добавки 1 % от количества концентрированных кормов при выращивании молодняка крупного рогатого скота в после молочный период на мясо оказывает положительное влияние на переваримость азота в пищеварительном тракте. Однако, в итоге дача кормовой добавки не сопровождается большим отложением азота в организме. Как следует из полученных результатов, скармливание кавитированного мела сопровождается изменением и обмена азота, что является результатом комплексного воздействия добавки на обмен веществ (Галиев Б.Х. и др., 2009; Картекенова Р.В., Картекенов К.Ш., 2010). Это в целом может указывать на влияние добавки на микрофлору преджелудков.

2.2.1.3.1.3 Обмен кальция и фосфора

Кавитационная обработка растительных субстратов гидродинамическим и ультразвуковым методами всё более привлекает внимание исследователей в качестве перспективной технологии подготовки кормов к скармливанию (Никитина А., 2011; Быков А.В., и др., 2009; 2013). Показано, что кавитационная обработка обеспечивает разрушение структурных углеводов (Быков А.В., и др., 2011), липидов (Муслюмова Д.М., 2013) и т. д. в кормах, что сопровождается повышением биодоступности и продуктивного действия кормовых средств. В литературе встречаются пока отдельные публикации по использованию кавитационной обработки для воздействия на минералосодержащие добавки (Быков А.В., Муслюмова Д.М., 2013). Это определило целесообразность проведения наших исследований по использованию кавитированного мела в кормлении молодняка крупного рогатого скота. Предполагалось, что кавитационная обработка будет способствовать повышению биодоступности кальция и фосфора из набора кормов. Как следует из полученных результатов, наше предположение получило подтверждение. Животные, получавшие минеральную добавку, подвергнутую кавитационной обработке, лучше аналогов усваивали кальций и фосфор. Ранее сходные результаты были получены и в других исследованиях (Быков А.В. и др., 2012) при оценке интенсивности обменных процессов и использования питательных веществ при скармливании животным кавитированной смеси отрубей и цеолита. По результатам исследований установлено, что в I и II опытных группах потребление кальция оказалось больше на 9,4 г (37,8 % $P < 0,01$) и 10,7 г/гол./сут. (43,1 % $P < 0,01$) в сравнении с аналогами из контроля (табл. 4).

Таблица 4. Обмен минеральных веществ в организме подопытных бычков, г/голову в сутки

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Кальций			
Принято	24,7±0,61	34,1±0,63	35,4±0,66
Переварено	16,1±1,35	22,5±1,52	23,5±1,55
Выведено с калом и мочой	8,9	12,1	12,1
Отложено на голову	15,8±1,21	21,9±1,11	23,3±1,25
Коэффициент использования, % от принятого	64,0	64,5	65,9
Фосфор			
Принято	27,2±0,71	27,1±0,69	27,3±0,68
Переварено	16,5±0,66	17,0±0,67	17,6±0,70
Выведено с калом и мочой	13,7	12,9	12,4
Отложено на голову	13,5±0,55	14,2±0,58	14,9±0,56
Коэффициент использования, % от принятого	49,74	52,44	54,52

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

Между подопытными бычками I и II опытных групп по этому показателю разница была незначительная и составила 1,3 г (3,9 %). Наибольшее выделение кальция происходило через пищеварительный тракт во II опытной группе – 11,9 г (33,6 %), что превышает показатель контроля на 3,3 г (37,8 %) и I опытной – на 0,3 г (2,4 %).

Общее количество выделенного кальция с калом и мочой составило в контрольной группе 8,9 г (36,0 % от поступления с кормами), в I опытной – 12,1 г (35,5 %) и во II опытной – соответственно 12,1 г (34,2 %).

2.2.1.3.1.4 Переваримость питательных веществ рационов подопытными животными

Сравнительные показатели поступления и переваримости питательных веществ рациона бычков в зависимости от доступности введённого кальция С целью повышения доступности неорганического соединения кальция в составе кормового мела в организме бычков было использовано технологическое решение – кавитирование. Результат испытан на бычках, выращиваемых на мясо, при нормировании рационов по минеральным веществам. При этом дан сравнительный анализ влияния на переваримость питательных веществ испытываемых рационов. Установлено, что наиболее значительное поступление питательных веществ было характерно для I и II опытных групп, для которых кальций сбалансирован согласно разработанных и утверждённых норм кормления мясного скота кормовым мелом. Так, молодняк этих групп потреблял больше сухого вещества на 1,22 и 2,97 %, органического вещества – на 1,80-3,01 %, сырого протеина – на 0,70-2,12 %, сырого жира – на 1,47-2,62 %, сырой клетчатки – на 1,79 и 4,79 % и БЭВ – на 1,13 и 2,16 %, чем их аналоги из контрольной группы.

Полученное соотношение питательных веществ между поступлением и выделением дало более высокие показатели переваренных веществ у бычков двух опытных групп. Молодняк I и II опытных групп лучше переваривал сухое вещество набора кормов – на 0,92 и 1,07 %, органического вещества – на 0,97 и 1,26 %, сырого протеина – на 1,6 и 2,19%, сырой клетчатки – на 1,81 и 1,0 % и БЭВ – на 0,7 и 1,3 % в сравнении с контрольными животными (табл. 5).

Таблица-5 Коэффициенты переваримости питательных веществ рационов, %

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	73,03±1,13	73,95±1,33	74,10±2,55
Органическое вещество	74,55±0,98	75,52±1,54	75,81±2,01
Сырой протеин	58,90±2,12	60,50±1,27	61,09±1,88
Сырой жир	63,42±2,71	61,61±1,52	62,17±1,01
Сырая клетчатка	62,39±2,59	64,20±0,87	63,39±0,57
БЭВ	82,69±0,88	83,39±0,75	83,99±1,44

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

Сравнительный анализ данных показал, что наиболее высокой переваримостью питательных веществ характеризовались рационы, содержавшие кавитированную минеральную добавку. Между тем действие кавитации на переваримость рациона не было статистически достоверными в сравнении с использованием нативного минерального компонента.

Следует отметить, почему мы предприняли исследования по ультразвуковой обработке минеральной добавки. При балансировании кормовых рационов животных недостающие минеральные вещества, как правило, восполняются добавками в форме минеральных солей. Однако, минеральные вещества из состава минеральных солей плохо усваиваются животными (Шарвадзе Р.Л., 2015; Топорова Л.В., Андреев В.В., Топорова И.В., 2012). В связи с этим проводятся изыскания различных вариантов подготовки неорганических минеральных веществ к использованию в составе кормовых рационов (Зенова Н.Ю., 2010; Дубкова Е.С, Краснощёкова Т.А., Пугаева Е.В., Уваров С.А., Шишкин В.В., 2011; Харламов И.С., Чепелев Н.А., 2013). В этой связи определённый интерес вызывает технология обработки минеральных добавок кавитационным воздействием (Мирошников С.А.,

Муслюмова Д.М., Быков А.В., 2012). Нами предполагалось, что кавитирование испытуемой минеральной добавки позволит повысить биодоступность и соответственно повлияет на интенсивность обменных процессов организма. Полученные нами данные не соответствовали рабочей гипотезе.

В соответствии с результатами второго лабораторного опыта ультразвуковое измельчение карбоната кальция в водных взвесьях не представляется целесообразным. Однако вновь сформированные физико-химические характеристики минеральной добавки (повышенная реакционная способность) при ультразвуковой гидратации, могут быть полезны для создания новых кормовых средств. В связи с этим представляется целесообразными дальнейшие исследования по апробации кормовых добавок с включением кавитированного карбоната кальция на модели животных.

2.2.1.3 Результаты III серии лабораторных исследований

В ходе исследований дана оценка физико-химических свойств кормов полученных при смешивании отрубей (95 %) с ультрадисперсными частицами ракушечника кормового (5 %). В исследованиях установлен факт увеличения удельной поверхности образцов после барогидротермического воздействия таких смесей. Причем наиболее значительно повышалась площадь поверхности при использовании в составе кормосмеси кавитированный ракушечник (табл. 6).

Таблица - 6 Характеристики опытных образцов кормов, %

Наименование образцов	Удельная поверхность, %	Переваримость сухого вещества in vitro, %
Нативные отруби	41,8±1,89	65,4±1,21
Экструдированные отруби	49,5±1,12 ***	71,5±1,13**
Нативная смесь отрубей и ракушечника кормового	42,7±1,45	64,3±2,98
Экструдированная смесь отрубей и ракушечника кормового	54,6±1,03 ***	73,4±1,45***
Экструдированная смесь отрубей и кавитированного ракушечника кормового	59,2±0,81 ***	78,1±0,87***

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

При оценке удельной поверхности образцов выявлено, что экструзионная обработка отрубей сопровождалась повышением удельной поверхности с 41,8 до 49,5 %.

Площадь удельной поверхности кормосмеси отрубей и ультрадисперсных частиц ракушечника кормового под действием экструзионной обработки увеличивалась до 42,7 до 54,6 % ($P \leq 0,001$), или на 11,9 %. В то время как экструзия отрубей привела к повышению площади поверхности только на 7,7 %. Предварительная кавитационная обработка ракушечника кормового максимально увеличило площадь поверхности смеси кормов после экструзии до 59,2 % или на 16,55 % ($P \leq 0,001$).

Барогидротермическая обработка сопровождалась увеличением переваримости сухого вещества (in vitro) с 65,4 до 71,5 % ($P < 0,01$). Использование ракушечника в дозировке 5 % от массы отрубей сопровождалось увеличением переваримости кормосмеси после экструдирования с 64,3 до 73,4 % или на 9,1 % ($P \leq 0,001$). Дополнительная

ультразвуковая обработка минеральной добавки перед экструдированием позволила повысить переваримость сухого вещества (*in vitro*) ещё на 4,7 % ($P \leq 0,05$).

Включение ультрадисперсных частиц ракушечника кормового в состав корма перед экструдированием оказало влияние на микроструктуру кормов. Это показано методом атомно-силовой микроскопии (рис. 20).

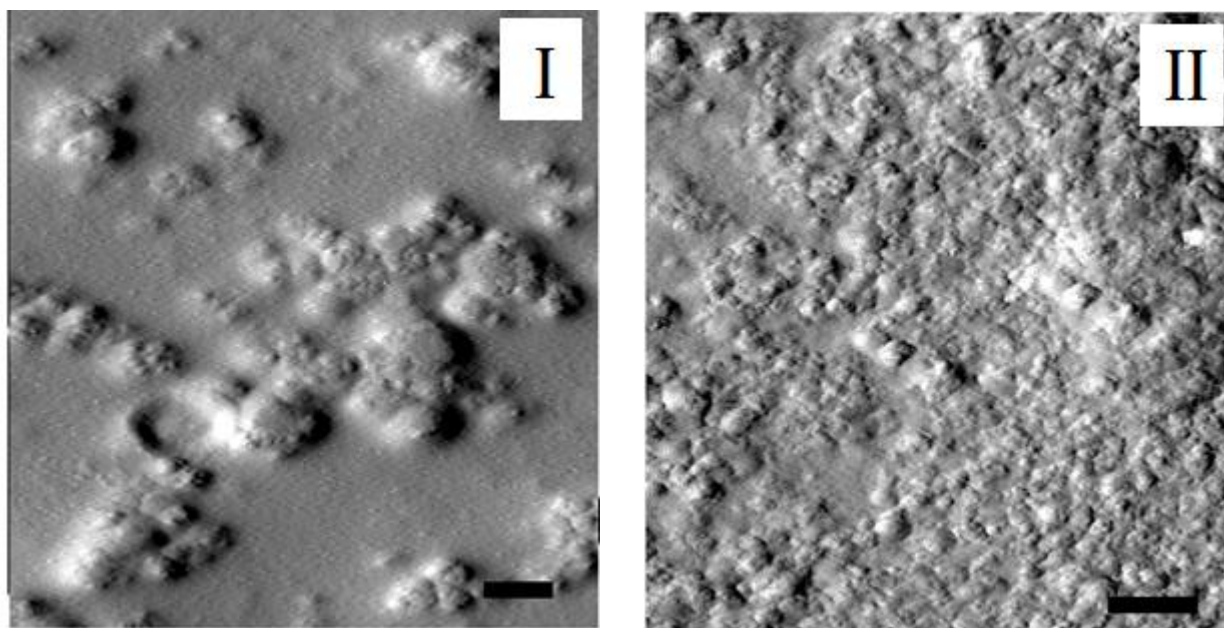


Рисунок – 20 АСМ - изображения образцов отрубей до обработки (I) и после (II). Шкала 1 мкм.

Анализируя АСМ - изображения образцов отрубей до обработки (А, Б) и после (В, Г) отмечаем, что гидролиз продукта способствовал увеличению однородности микроструктуры (В по сравнению с А).

Таким образом комплексное решение по повышению площади поверхности корма (повышение реакционно способности) и биодоступности корма через экструдирование смеси растительного корма и минеральной добавки, подвергнутой кавитационной обработке, полностью себя оправдало. Это позволило нам провести более детальные исследования по проблеме.

2.2.1.4 Результаты исследований на модели молодняка крупного рогатого скота

2.2.1.4.1. Корма и кормление подопытных животных.

Очевидно, что ультрадисперстные формы минеральных добавок имеют большие перспективы в животноводстве. Это определяется как меньшей токсичностью УДЧ (Zhang J., Wang H., Yan X. and ect., 2005; Wang H., Sun X., Liu Z. and ect., 2014; Hao L., Wang Z., Xing B., 2009), так и более высокой биодоступностью микроэлементов из ультрадисперстных препаратов в сравнении с неорганическими соединениями и органическими формами (Rohner F., Ernst F.O., Arnold M. and etc., 2007). Наукой накоплен значительный багаж знаний по проблеме. Однако до настоящего времени остаются не ясными отдельные аспекты применения и биологическая активность наноформ.

Существующие сейчас методы получения наноформ достаточно разнообразны, но в своём большинстве дороги. В этой связи интерес представляют исследования, направленные на разработку новых подходов к созданию УДЧ. Это оказывается возможным с использованием ультразвуковой обработки.

В процессе проведения исследований кормления подопытных животных осуществлялась рационами, составленными в соответствии с рекомендациями А.П. Калашникова и др. (2003). Витаминную и минеральную питательность рационов, оптимизировали с использованием витаминных и минеральных премиксов. За период эксперимента средневзвешенный рацион молодняка состоял из 2,5 кг ячменя дробленного, 3 кг сена суданской травы, 3 кг силос кукурузный и 1 кг солома (табл. 7).

Таблица 7 Состав и питательность основного рациона, кг/голову

Показатель	Масса вещества
Состав рациона:	
ячмень дробленый	2,5
сено суданской травы	3,0
силос кукурузный	3,0
солома пшеничная	1,0
В рационе содержится:	
обменной энергии, МДж	60,2
сухого вещества	6,3
сырого протеина, г	757
переваримого протеина, г	481
лизина, г	29,8
метионина+цистина, г	19,5
триптофана, г	6,1
сырого жира, г	173
сырой клетчатки, г	1389
НДК, г	3006
крахмала, г	1272
кальция, г	30
фосфора, г	16,55
магния, г	12,3
калия, г	99,3
серы, г	11,3
каротина, г	109,8

Питательность рационов обеспечивала ежесуточное поступление в организм животных обменной энергии 60,2 МДж, сухого вещества 6,3 кг, сырого жира 173 г, сырого протеина 757 г, и сырой клетчатки 1389 г.

Методикой исследований предполагалось замена дробленого ячменя в рационах опытных животных на испытуемые кормовые добавки. Состав кормовых добавок различался не значительно. В частности, содержание сухого вещества изменялась от 90 до 92,5 %, сырого жира от 2,5 до 2,7 %, сырого протеина от 15,5 до 17,2 %, сырой клетчатки от 4,9 до 5,7 %, БЭВ от 69,6 до 74,2 % (прил. 1).

Как следует, из результатов исследований подопытные животные хорошо поедали использованные рационы. Наиболее полно поедались ячмень дробленый и экструдаты. Поедаемость силоса изменялась от 88 до 94 %, сено от 70 до 95, соломы от 60 до 92 %.

По комплексу параметров: гематологическим показателем, поедаемости кормов, визуальная оценка животных, особенности их поведения не выявлено недостатков в полноценности кормления молодняка. Это позволяет рассматривать полученные экспериментальные результаты как объективные.

2.2.1.4.2. Перевариваемость питательных веществ рационов

Переваримость корма животными во многом определяется методами подготовки их к скармливанию. Различают биологические, механические, тепловые и химические способы подготовки кормов к скармливанию. Биологические способы приготовления кормов реализуются воздействием на корм живых организмов и продуктов их жизнедеятельности в том числе дрожжевых клеток, молочнокислых бактерий и различных микроорганизмов и т.д. Механический способ приготовления предполагает механическое воздействие на корма, обеспечивающиеся просеиванием, мойкой, дроблением, смешиванием, гранулированием и др. Тепловое воздействие на корм при его приготовлении сводится к запариванию, поджариванию и др. Химический способ предполагает обработку аммиаком, кислотами и щелочью, гидролиз и др.

Использованный нами метод предварительной подготовки кормов экструдирование объединяет в себя целый ряд методов воздействия на корм (Зубкова Т.М., 2003; Федорова О.И., 2008). Основным принцип экструдирования корма включает в себе две фазы: сжатие и микровзрыв. Микровзрыв происходит вследствие резкого повышения давления в продукте при выходе из выходного отверстия экструдера (Величко Е., 2009; Матюшев В.В., 2012).

В процессе экструдирования происходит распад крахмала на простые сахара. При этом практически полностью сохраняются витамины и аминокислоты, содержащиеся в злаках, вредная микрофлора погибает (Соловьев А., 2013). Если соблюдать все параметры работы экструдера (давление и температуру) в продукте погибает основная микрофлора (грибы, бактерии), а также полностью уничтожается сальмонелла (Ханин В.П., 2001).

Существует три метода экструзии – это, экструзия при высоком давлении (горячая экструзия), холодная формовка (холодная экструзия) и тепловая обработка, формовка при низком давлении (тепловая экструзия (Brisset A., Bouvier J.M., 1994; Vilatovich L., 2000; Медведев Г.М., 2001 Холодилина Т.Н., 2006).

Мы в своих исследования значительное внимание уделили оценке переваримости питательных веществ опытных рационов. Как следует из полученных данных, введение в рацион молодняка испытываемых кормов, оказала неоднозначное влияние на биодоступность комплекса веществ (табл. 8, прил. 2).

Таблица 8 Коэффициенты переваримости питательных веществ рационов, %

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Сухое вещество	73,9±0,94	76,3±1,88	77,5±1,12
Органическое вещество	75,4±0,39	77,7±1,73	79,2±0,98**
Сырой протеин	64,9±0,31	66,9±0,63*	68,3±1,47**
Сырой жир	63,4±1,13	70,9±1,13***	65,0±0,74
Сырая клетчатка	62,4±0,57	65,2 ±0,53**	67,2±0,29***
БЭВ	82,7±0,44	84,5±0,33	86,4±0,27***

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

В частности, введение экструдатов, содержащих нативный ракушечник, сопровождалось повышением переваримости БЭВ на 1,8 %, жира на 7,5 % ($P \leq 0,001$), сырого протеина на 2,0 %, сырой клетчатки на 2,8 % ($P \leq 0,01$).

Между тем дополнительное введение кавитированного ракушечника в кормосмесь перед экструдированием сопровождалось несколько большим повышением переваримости компонентов корма. Это выражалось достоверным повышением переваримости органического вещества во II опытной группе на 3,9 % ($P \leq 0,01$), сырого протеина на 3,4 % ($P \leq 0,01$), сырой клетчатки на 4,8 % ($P \leq 0,001$), БЭВ на 3,75 ($P \leq 0,001$) относительно контрольной группы.

Сравнение показателей переваримости питательных веществ в опытных группах выявило достоверные различия по переваримости БЭВ и сырого жира. Причем если введение кавитированной добавки сопровождалось и значительным снижением переваримости сырого жира на 5,9 % ($P \leq 0,05$), то для параметра БЭВ напротив в этом случае мы отмечали повышение переваримости на 1,9 % ($P \leq 0,01$).

Таким образом использование в кормлении молодняка крупного скота экструдированную кормосмесь, содержащую кавитированную минеральную добавку, позволяет повысить переваримость основных питательных веществ, что формирует необходимый базис для повышения продуктивности животных.

2.2.1.4.3 Рост и развитие подопытных животных

Рост и развитие молодняка крупного рогатого скота предполагает качественные и количественные изменения в организме животного, сопряженные с увеличением живой массы, развитием органов и отдельных тканей организма. Все эти процессы тесно связаны в растущем организме и протекают под влиянием окружающей среды, а также зависят от генотипа

животного. Различают две группы факторов внешние – негенетические и внутренние – генетические.

Кормление является одним из наиболее существенного фактора, влияющих на формирование животного в целом, наполняющего организм энергией и пластическим материалом.

Как следует из полученных нами данных скармливание молодняку крупного рогатого скота минеральной добавки в нативной и кавитированной формах, сопровождалось изменением живой массы животных (табл. 9).

Таблица 9. Динамика живой массы подопытных животных, кг

Возрастной период, мес	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
8	244,7±1,0	243,4±1,02	241,8±1,06
9	272,8±1,11	272,9±1,16	270,9±1,21
10	303,2±1,26	305,1±1,30	309,8±1,5*
11	340,7±1,45	345,1±1,49	351,0±1,71*

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

В течение первого месяца основного учетного периода живая масса подопытных бычков практически не изменилась. Наибольший эффект от применения нативной и кавитированной добавки отмечался нами в 2-3 месяц скармливания. В частности, в возрасте 10 месяцев живая масса бычков I опытной группы превышала контрольную на 1,9 кг, аналогичная разница между контролем и II опытной группой составила 6,6 кг или 2,2 % ($P \leq 0,05$). В момент окончания эксперимента живая масса бычков контрольной группы достигла 340,7 кг, что оказалось меньше уровня I опытной группы на 4,4 кг или на 1,3 %, II опытной группы на 10,3 кг или на 3 % ($P \leq 0,05$), соответственно.

Следует отметить, что различия в живой массе между контрольной и I опытной группой оказались статистически не достоверными.

Аналогичная закономерность проявилась при рассмотрении динамики приростов живой массы подопытных животных (таблица 10).

Таблица 10. Динамика прироста живой массы подопытных животных, кг/гол в месяц

Возраст месяцев	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
8-9	28,1±0,59	29,5±0,75	29,1±0,75
9-10	30,4±0,71	32,2±0,64	38,9±1,07**
10-11	37,5±0,87	40,0±0,91	41,2±0,94
8-11	96,0±1,19	101,7±1,26*	109,2±1,51**

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

В течение первого месяца скармливания минеральной добавки различия в приростах были не значительными, составляя 1,0-1,4 кг/гол. В период второго месяца эксперимента различия по данному показателю между контрольной и I опытной группой достигли 6 %, а со II опытной группой 8,5 кг или 19,9 % ($P \leq 0,01$). В последующий период динамика сохранилась, II опытная группа, получающая кавитированную минеральную добавку, превосходила контрольную группу на 10 %. За весь период исследований, абсолютный прирост подопытных животных в I опытной группе превысил контроль на 6 % ($P \leq 0,05$), II опытной группы на 11 % ($P \leq 0,01$).

Таким образом выбранное нами решение по введению кавитированной минеральной добавки в корм животным после экструдирования оказалось эффективным для стимулирования роста молодняка крупного рогатого скота.

2.2.1.4.4. Экономическая эффективность производства

Включение в рацион первой опытной группы нативной минеральной добавки, позволило снизить затраты на 1 центнер прироста на 33,2 кормовых единиц (табл. 11).

Таблица 11. Экономическая эффективность производства 1 ц прироста живой массы подопытных бычков (в ценах 2016 года)

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Абсолютный прирост, кг	96,0	101,7	109,2
Затраты на 1 ц прироста:			
корм ед.	482,8	459,3	432,7
обменной энергии, МДж	5381,3	5132,7	4887,4
переваримого протеина, кг	51,1	48,6	45,8
Производственные затраты, руб./гол.	34322,3	34735,1	35391,5
в том числе за период опыта	9980,4	10591,8	11367,6
Себестоимость 1 ц прироста, руб.	10074,1	10065,2	10083,1
Реализационная стоимость, руб./гол.	39180,5	39686,5	40365,0
Прибыль, руб./гол.	4858,2	4951,4	4973,5
Уровень рентабельности, %	14,2	14,3	14,1

Использование кавитированной минеральной добавки во II опытной группе привело к снижению затрат на 50,1 кормовых единиц в расчете на один центнер прироста. При этом производственные затраты в опытных группах превысили контроль по I опытной группе на 611,4 рубля, во II опытной группе на 1387,2 кг, соответственно.

Как следует из полученных данных, именно это обстоятельство оказало решающее влияние на экономический эффект от использования кормовых добавок. При реализационной стоимости в I опытной группе 39686,5 руб./гол.,

прибыль составила 4951,4 руб./гол. Аналогичные показатели во II опытной группе находились на уровне 40365,0 руб. /гол., и 4973,5 руб. /гол., соответственно. В результате уровень рентабельности в I опытной группе оказался максимальным 14,3 %, в то время как во II опытной 14,1 %.

Таким образом даже при наличии ростостимулирующего эффекта от использования кавитированной минеральной добавки в кормлении молодняка крупного рогатого скота это решения не является экономически выгодным.

2.3 Результаты исследований по биологической и продуктивной оценке препаратов УДЧ металлов-микроэлементов,

2.3.1. Результаты физико-химической аттестации препаратов УДЧ металлов

Использовали УДЧ железа (УДЧ Fe), меди (УДЧ Cu), цинка (УДЧ Zn) и латуни – сплава меди и цинка (УДЧ ZnCu). УДЧ Fe - сферической формы размером 80 ± 5 нм, состав металлическое железо $99,8 \pm 0,7$ % масс., Fe_3O_4 , α - Fe_2O_3 $0,2 \pm 0,05$ %. УДЧ Cu - сферической формы размером $103,0 \pm 2,0$ нм; состав металлическая медь $96,0 \pm 4,5$ %, CuO – $4,0 \pm 0,4$ %. УДЧ Zn сферической формы, размером $98,0 \pm 2,1$ нм; состав металлический цинк $91,7 \pm 3,8$ %. УДЧ ZnCu сферической формы, размером $95,7 \pm 3,1$ нм; состав 39,8 % цинк и 60,2 % медь.

2.3.2. Результаты лабораторных исследований

Процесс расщепления веществ корма в рубце определяется деятельностью микрофлоры, в связи с чем методы исследования особенностей рубцового пищеварения так или иначе направлены на оценку работы микрофлоры. Мы в своих исследованиях уделили особое внимание этому компоненту пищеварения, что достигалось использованием методик *in vitro* и *in situ*. При планировании экспериментов в части определения оптимальных дозировок УДЧ металлов мы использовали результаты ранее проведенных исследований А.А. Назаровой и др., (2006, 2008, 2009). Это позволило нам

определить примерный диапазон концентраций УДЧ в расчете на 1 кг сухого вещества корма УДЧ Fe: 1-5 мг/кг СВ, УДЧ Cu: 0,5-5,0 мг/кг СВ, УДЧ Zn: 0,5-5,0 мг/кг СВ, УДЧ ZnCu: 0,5-5,0 мг/кг СВ.

Уже первые эксперименты с использованием ультрадисперсных металлов сопровождались изменениями в характеристиках кормосмесей. В частности, введение минимальных дозировок УДЧ цинка в состав корма сопровождалось увеличением переваримости сухого вещества корма *in situ* на 3,3% ($P \leq 0,001$) (табл. 12).

Таблица 12. Переваримость сухого вещества кормов (*in situ*), %

УДЧ	Дозировка УДЧ, мг/кг СВ корма	Переваримость, %
Zn	0,5	33,4±0,29***
Zn	1,0	33,0±0,48**
Zn	5,0	30,3±0,29
Cu	0,5	32,7±0,34**
Cu	1,0	27,0±2,27
Cu	5,0	30,0±2,82
Zn + Cu	0,5	33,0±0,88*
Zn + Cu	1,0	28,0±1,63
Zn + Cu	5,0	29,0±2,45
Fe	1,0	35,3±1,65*
Fe	3,0	36,0±1,18**
Fe	5,0	30,7±1,65
-	Контроль	30,1±0,34

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

Введение минимальных дозировок меди сопровождалось повышением переваримости сухого вещества на 2,6 % ($P \leq 0,01$). Введение минимальных дозировок УДЧ сплава цинка и меди привело к достоверному повышению переваримости сухого вещества корма на 2,9 % ($P \leq 0,05$). Между тем наибольшее повышение переваримости корма отмечалось нами при введении

в кормосмесь ультрадисперсных частиц железа, фактическое повышение переваримости *in situ* в этом случае составило 4,2 % ($P \leq 0,05$). и 5,9 % ($P \leq 0,01$).

Как было показано в эксперименте дальнейшее повышение дозировок металлов в составе корма не сопровождалось повышением переваримости сухого вещества, напротив, в случае применения УДЧ меди и сплава меди и цинка, мы отмечали снижение переваримости корма. В этом случае на наш взгляд были реализованы антибиотические свойства УДЧ металлов хорошо известные из работ по проблеме.

Дальнейшие исследования на модели *in vitro* подтвердили правильность выбранных дозировок, что позволило нам перейти к исследованиям, по биологической оценке, препаратов УДЧ на модели крупного рогатого скота.

Таким образом из выше сказанного можно заключить, что введение ультрадисперсных частиц металлов в состав кормов оказывает влияние на переваримость сухого вещества, что может быть обусловлено изменениями в составе и свойствах микробиоценозов рубца. Подтверждением этого стали результаты последующих экспериментальных исследований.

По результатам исследований нами были установлены оптимальные дозировки УДЧ металлов в питании молодняка крупного рогатого скота, составлявшие для УДЧ Fe: 3 мг/кг СВ, УДЧ Cu: 0,05 мг/кг СВ, УДЧ Zn: 0,05 мг/кг СВ, УДЧ ZnCu: 0,05 мг/кг СВ. Эти дозировки и были использованы в дальнейшем при проведении исследований на животных.

2.3.3. Результаты лабораторных исследований на модели молодняка крупного рогатого скота

2.3.3.1 Корма и кормление подопытного молодняка

Все виды продуктивности сельскохозяйственных животных будь то молоко, мясо или рабочая сила все есть видоизменные корма. В связи с этим, сбалансированность набора кормов, использование их в полной мере,

позволяет увеличить продуктивность. Существует множество приемов, позволяющих повысить выход продукции в том числе через сбалансированное кормление животных. При этом одно из наиболее значимых составляющих сбалансированного питания является минеральный его компонент. Решению этой задачи и просвещена наша работа.

При проведении дальнейших исследований производилась сравнительная оценка четырех препаратов УДЧ металлов, что достигалось использованием в кормлении животных рационов, содержащих УДЧ. Соответственно в I опытной группе в составе рациона скармливали УДЧ Cu, во II УДЧ Zn, в III УДЧ ZnCu и в IV опытной группе УДЧ Fe в дозировках, указанных выше. Животные контрольной группы не получали в составе рациона препаратов УДЧ.

В процессе проведения опыта кормление животных всех сравниваемых групп осуществлялось сбалансированным рационом, предполагающим получение не менее 900-1000 граммов среднесуточного прироста (приложение 3). В составе суточного рациона задавалось 3 кг сена суданской травы, 3 кг силоса кукурузного, 2,5 кг дерти ячменной, 1 кг соломы пшеничной, 0,3 кг патоки. Для покрытия дефицита в некоторых минеральных веществах в рацион подопытных бычков были включены поваренная соль, фосфат, хлорид кобальта и йодистый калий.

2.3.3.2 Результаты исследований по оценке действия УДЧ металлов на рубцовое пищеварение

Исследования на модели бычков с фистулой рубца позволили установить, что введение препаратов УДЧ металлов в корм сопровождается изменениями в характеристиках рубцового пищеварения. В частности, при скармливании УДЧ мы отмечали повсеместное снижение pH содержимого рубца с 7,1 в контроле до 6,7-6,9 в опытных группах (табл. 13).

Таблица 13. Характеристики рубцового пищеварения подопытных бычков

Показатель	группа				
	контроль	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
pH	7,1 ± 0,12	6,9 ± 0,07	6,8 ± 0,08	6,7 ± 0,04	6,8 ± 0,07
ЛЖК, ммоль/100 мл	10,1 ± 0,15	11,1 ** ± 0,05	10,9 ** ± 0,07	11,3 ** ± 0,09	11,5 ** ± 0,05
Аммиак, мг/100 мл	17,8 ± 0,57	20,1 * ± 0,19	19,5 ± 0,27	21,4 ** ± 0,34	22,3 *** ± 0,45

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

Аналогичное снижение pH рубцовой жидкости на фоне активизации рубцового пищеварения при введении препарата УДЧ металла (меди) описано в работах Л.В. Алексеевой, А.А. Лукьянова (2016); А.А., Лукьянова, Л.В. Алексеевой, Н.А Лукьяновой (2016).

Как следует из полученных данных это явление было вызвано активизацией микробиологических процессов в рубце и увеличение концентрации ЛЖК с 10,1 ммоль/100 мл в контроле до 11,1 в I опытной группе, 10,9 во II, 11,3 в III, и до 11,5 ммоль/100 мл в IV опытной группе. Причем во всех случаях введение УДЧ сопровождалось достоверным повышением концентрации ЛЖК.

Подтверждением активизации микробиологических процессов в рубце стало достоверное повышение концентрации аммиака в содержимом рубца трех из четырех опытных групп. А именно в I, III, и IV опытных группах.

Подсчет числа инфузорий в содержимом рубца позволил выявить, что их концентрация в опытных группах превосходит уровень контроля составившего $557 \pm 14,5$. Алогичный показатель в опытных группах оказался

выше на 4,9 % ($P < 0,05$) в I опытной, на 7,5 % ($P < 0,05$) во II, на 8,9 % ($P < 0,05$) в III и на 11,9 % ($P < 0,01$) в IV опытной группе.

Следует отметить, что раннее сходные результаты описаны в работе J.F. Vázquez-Armijo, J.J. Martínez-Tinajero, D. López, A. F. Salem, R. Rojo (2011). В исследованиях *in vitro* этим авторским коллективом показано, что дополнительное введение минеральных солей меди сопровождается активизацией ферментации в рубце, что коррелировало с степень переваримости сухого вещества корма, что тесно коррелировало с повышением биодоступности энергии корма для обмена.

2.3.3.2.1 Метаболизм химических элементов в системе «бактерии-простейшие» рубца

Оценка рубцового метаболизма будет далеко не полной без изучения обмена химических элементов с участием бактерий и простейших рубца. Ранее показано, что обмен химических элементов в рубце тесно связан с метаболизмом микрофлоры и фауны преджелудка (Zhou S, Zhang C, Xiao Q, Zhuang Y, Gu X, Yang F, Xing C, Hu G, Cao H., 2016)

Известно, что простейшие рубца, могут влиять на метаболизм других питательных веществ, таких как азот и сера (Ivan M, Charmley LL, Neill L, Hidioglou M., 1991). Причем влияние простейших на метаболизм меди зависит от типа белка в рационе (Ivan M., 1989)

Закономерно, что характеристики элементного статуса микрофлоры и простейших рубца тесно связаны. Это следует из трофических взаимодействий в этой системе – простейшие, активно используют материалы бактерий для формирования. Это хорошо видно, если рассматривать элементный профиль бактериальной массы и биомассы простейших после кормления относительного периода до кормления (рис. 21).

В частности, характерно что в контроле после кормления в биомассе простейших в наибольшей степени нарастает масса олова в 36,1 раза, в

бактериальной в 8,1 раза. Сходная динамика характерна для 11 химических элементов. В то же время, переход от состояния натощак к процессу пищеварения, сопровождается разнонаправленными изменениям в элементном составе биомассы простейших и бактерий. Наиболее выражено по железу в бактериальной массе его содержания, снижалось на 10 %, тогда как в биомассе простейших, напротив, повышалось в 1,8 раза ($P < 0,01$).

Сходные разнонаправленная динамика была характерна для лития, йода, никеля, калия и др.

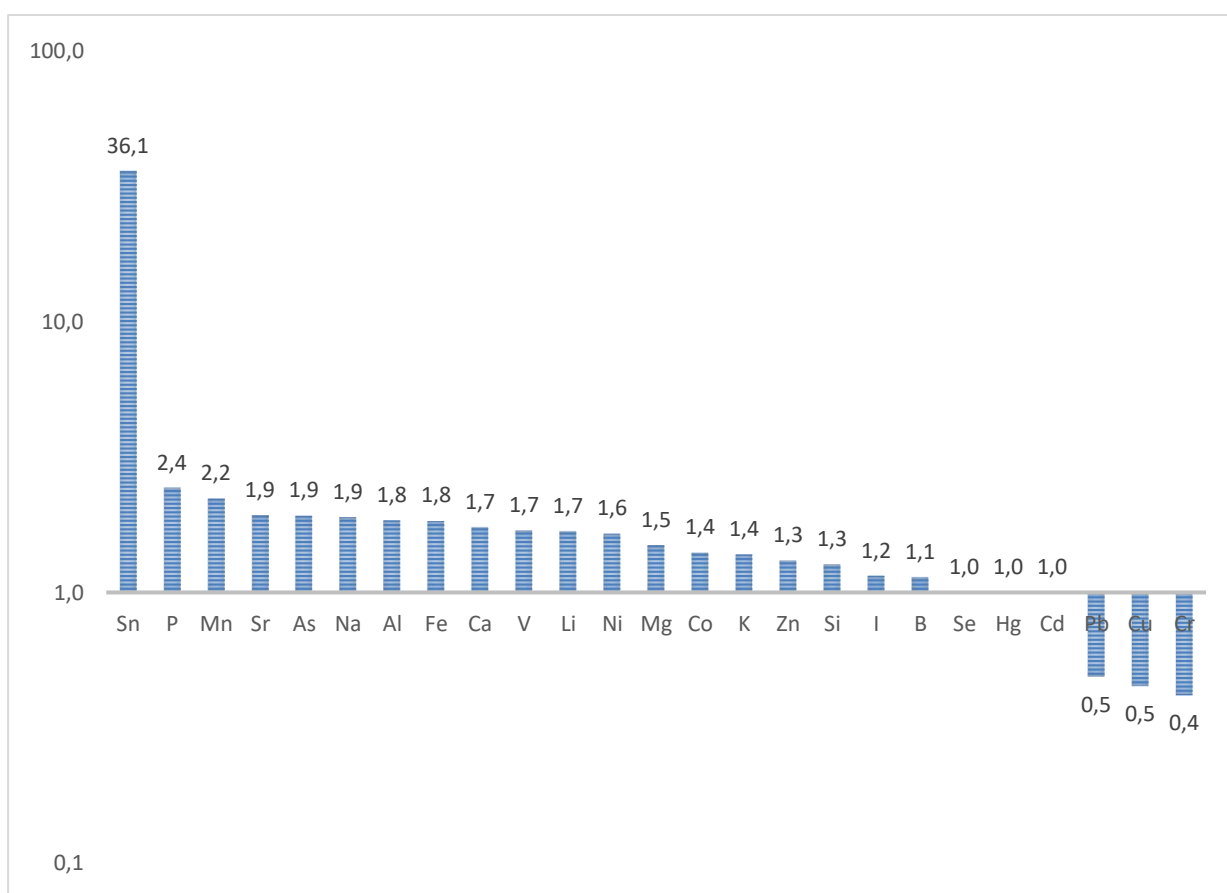


Рисунок 21. Кратность различий по содержанию химических элементов в биомассе простейших рубца контрольной группы до и после кормления.

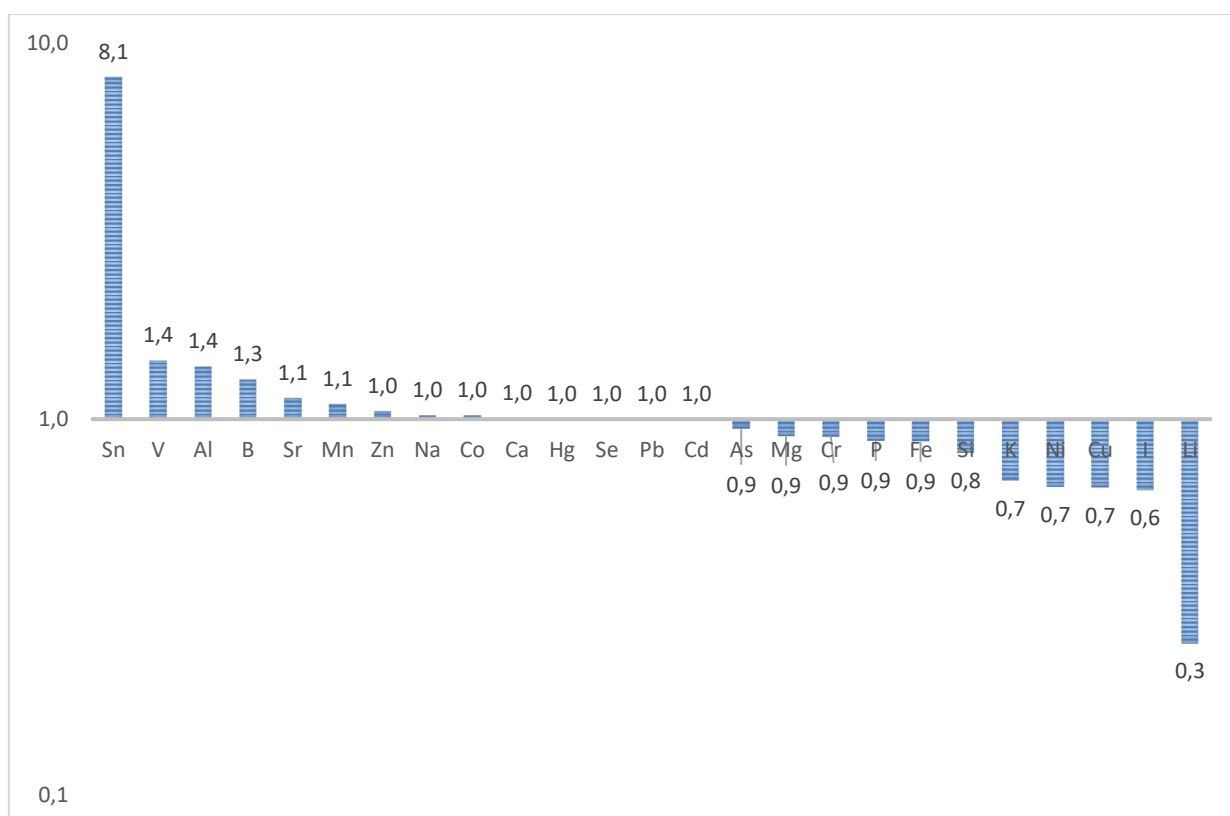


Рисунок 22. Кратность различий по содержанию химических элементов в биомассе бактерий рубца контрольной группы до и после кормления.

Инфузия в рубец УДЧ, оцениваемых препаратов, сопровождалось идентичными изменениями в элементном профиле бактериальной массы и биомассы простейших (рис. 22). Различия в содержании кремния, на наш взгляд, могут быть объяснены захватом из рубцовой жидкости простейших частиц кремнезема.

Сходная динамика была характерна для случая использования смеси УДЧ меди и цинка. С тем отличием, что в биомассе бактерий отличаются достоверное увеличение содержания хрома в 3,9 раза ($P < 0,001$) и йода в 1,4 раза ($P < 0,05$) тогда как для простейших, отмечалось снижение содержания этих элементов (рис. 23,24).

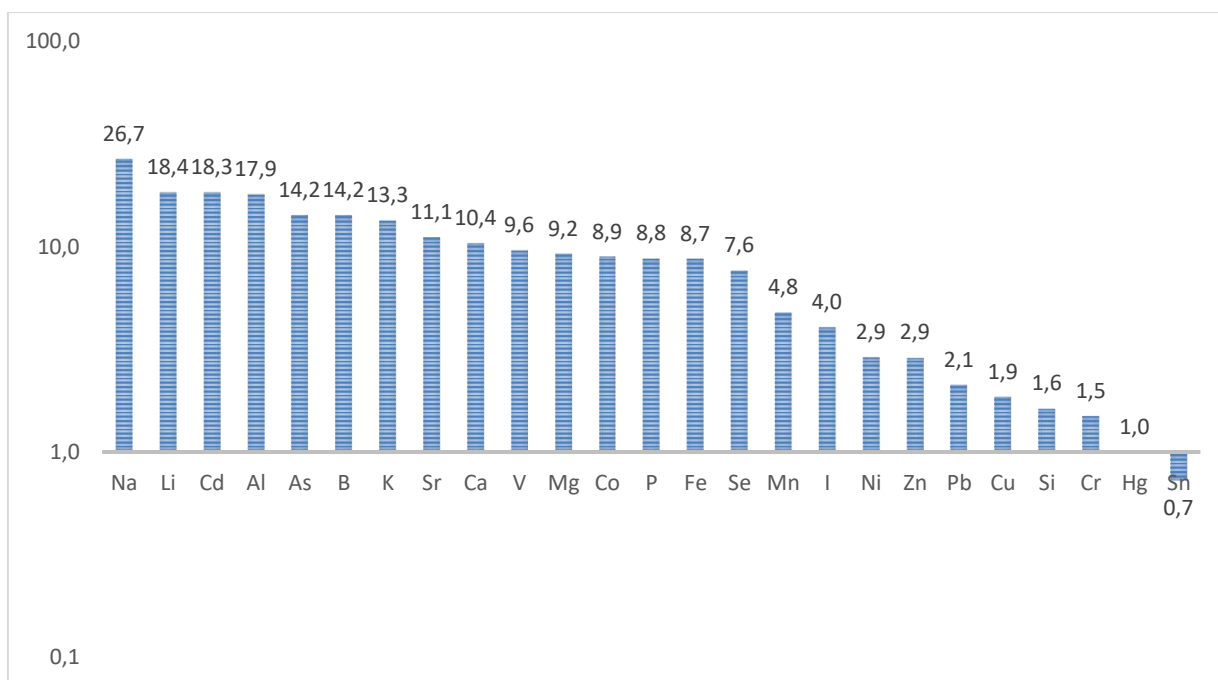


Рисунок 23. Кратность различий по содержанию химических элементов в простейших при инфузии УДЧ латуни в сравнении с контрольной группой.

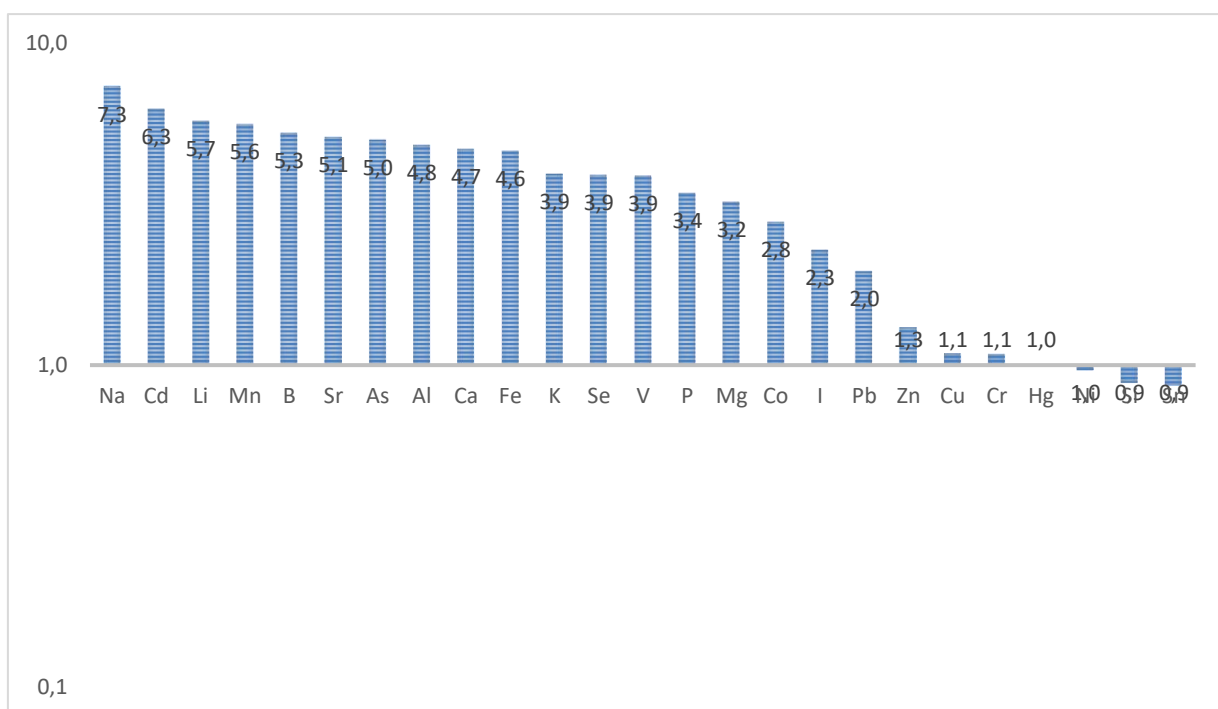


Рисунок 24. Кратность различий по содержанию химических элементов в бактериальной массе при инфузии УДЧ латуни в сравнении с контрольной группой.

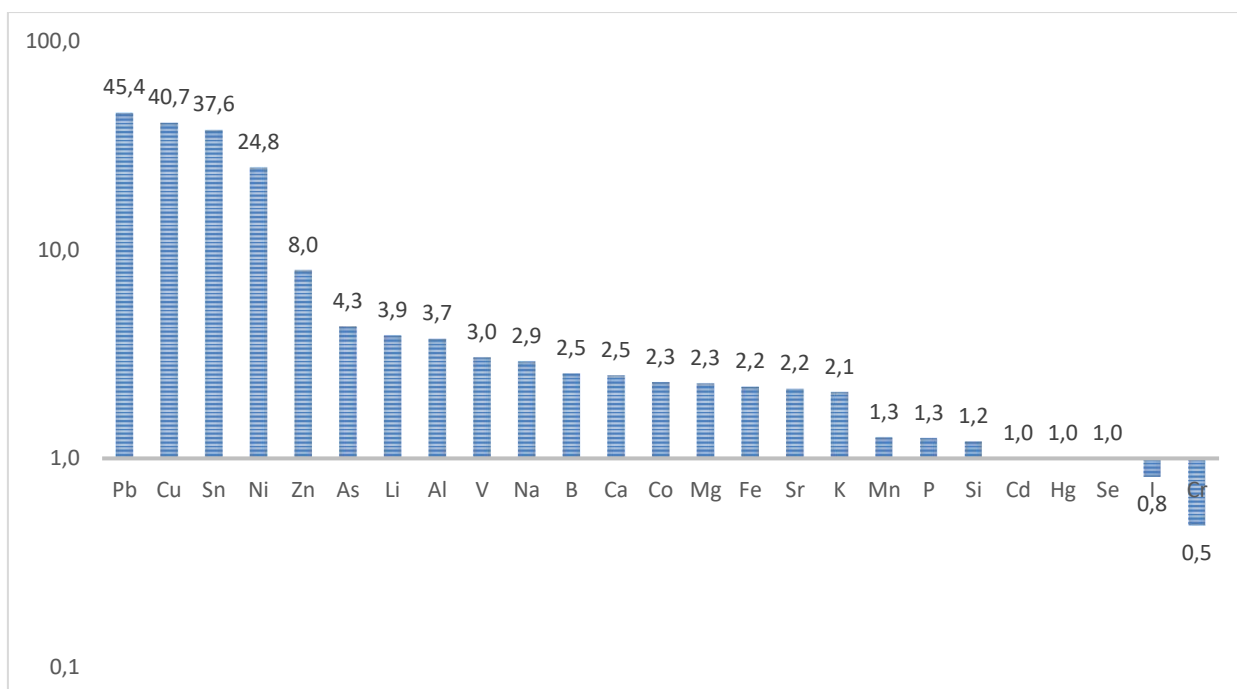


Рисунок 25. Кратность различий по содержанию химических элементов в биомассе простейших при инфузии смеси УДЧ цинка и меди в сравнении с контрольной группой.

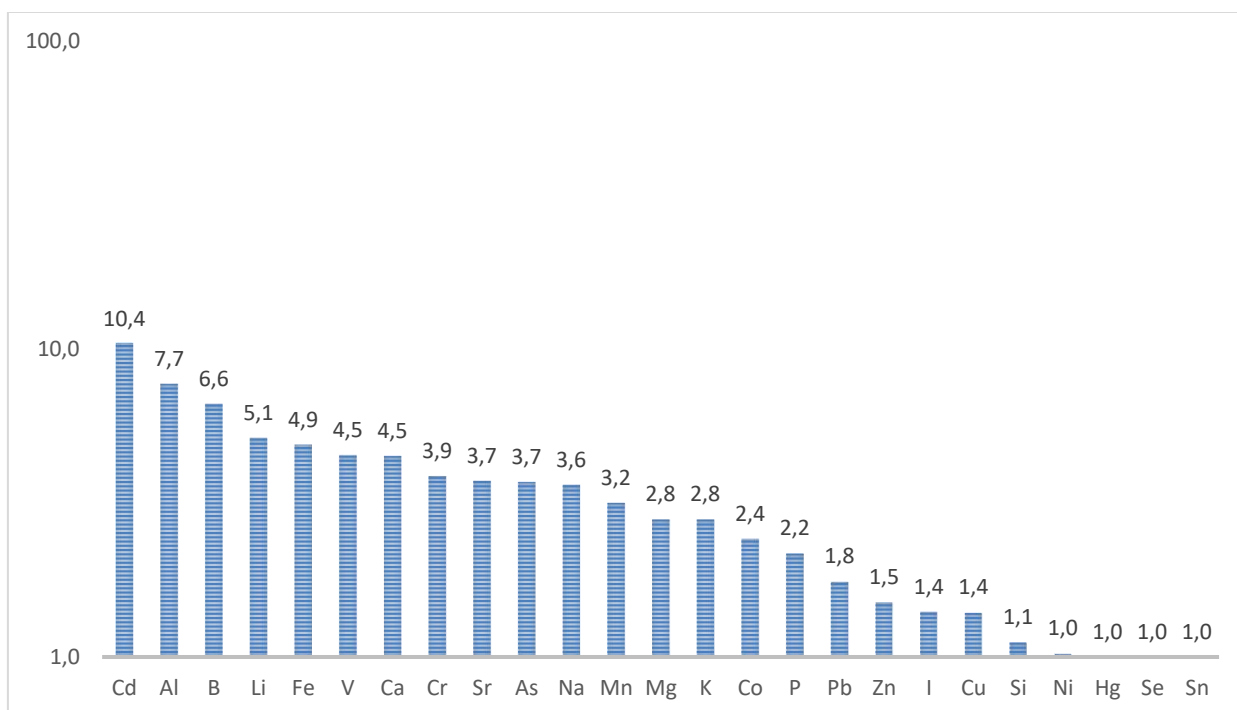


Рисунок 26. Кратность различий по содержанию химических элементов в биомассе бактерий при инфузии смеси УДЧ цинка и меди в сравнении с контрольной группой.

Анализ полученных данных позволяет предложить наличие специфического последствия УДЧ меди и цинка на элементный состав простейших.

Так если при использовании смеси УДЧ этих элементов, концентрация кадмия в биомассе простейших не изменялась, то в бактериальной массе напротив, значительно, в 10,4 раза ($P < 0,001$) повышалась. Это можно объяснить непосредственным захватом УДЧ этих металлов простейшими с последующим переходом в биодоступность фракций и развитием антагонизма «кадмия – медь, цинк».

Сходные различия отмечены нами для олова, никеля и др.

Различное биологическое действие сплава смеси УДЧ цинка и меди подтверждается различием в содержании этих металлов в биомассе бактерий и простейших. В частности, введение в рубец УДЧ сплава сопровождалось не значительным (относительно) повышением содержания меди в 1,1 раза, в бактериальной в 1,9 раза, в биомассе простейших, цинка в 1,3 и 2,9 раза соответственно.

В тоже время при использовании смеси УДЧ меди и цинка, их концентрация в биомассе простейших увеличилась в 40,7 ($P < 0,001$) и 8,0 раз ($P < 0,001$) соответственно, что имело место на фоне 40-50 % роста содержавшие этих веществ в бактериальной массе. Следует отметить, что данное явление ранее описано и для растворов солей меди.

Полученные нами данные наглядно демонстрируют наличие различного действия сплавов и смесей УДЧ одноименных металлов на элементный профиль бактерий и простейших рубца.

2.3.3.3 Переваримость питательных веществ рационов

Использование в кормлении подопытных животных препаратов микроэлементов, сопровождалось достоверными изменениями в переваримости питательных веществ рационов (табл. 14, прил. 4)

Таблица 14. Коэффициенты переваримости питательных веществ рационов подопытными бычками, %

Группа	Сухое в-во	Органическое в-во	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ
Контрольная	73,9 ± 0,42	75,1 ± 0,54	65,1 ± 1,43	70,9 ± 1,37	62,4 ± 0,54	79,2 ± 0,55
I опытная	75,5 * ± 0,35	76,6 ± 0,37	64,5 ± 0,99	73,5 ± 2,53	64,7 * ± 0,41	80,4 ± 0,35
II опытная	75,5 ± 0,77	76,8 ± 0,89	67,6 ± 0,92	72,5 ± 1,28	65,5 ± 0,35	81,0 ± 0,38
III опытная	74,5 ± 0,30	75,5 ± 0,45	65,8 ± 1,19	71,1 ± 2,33	65,1 ** ± 1,21	81,4 ± 0,67
IV опытная	76,0 * ± 0,34	77,8* ± 0,35	68,4 ± 1,14	76,3 ± 1,54	66,3 ** ± 0,72	81,5 * ± 0,51

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

Причем наиболее выражено оказалось действия УДЧ железа, введение которых позволило повысить переваримость органического вещества на 2,72 % ($P < 0,05$), сухого вещества на 2,12 % ($P < 0,05$) относительно контроля. Причем наибольшее повышение переваримости отмечалось по сырому жиру на 5,4 % ($P < 0,001$), сырая клетчатка на 2,9 ($P < 0,05$). Несколько меньше оказался результат по повышению переваримости питательных веществ в I и II опытных группах. В частности, сухое вещество рациона, животными этой группы переварилось на 75,5 %, что на 1,6 % превышает уровень контроля. Во II опытной группе отмечалось достоверное повышение переваримости сырого

протеина на 2,5 % ($P < 0,05$) до 67,6 %. В I опытной группе напротив, мы отмечали небольшое снижение переваримости сырого протеина до 64,5 % или на 0,6 ($P < 0,05$). Использование УДЧ во всех группах сопровождалось повышением переваримости сырой клетчатки на 2,3 % ($P < 0,05$) в I опытной на 1,1 % во II, 2,7 % ($P < 0,05$) в III и на 2,9 % ($P < 0,05$) в IV опытной группе.

В эксперименте мы отмечали незначительный рост переваримости БЭВ в опытных группах до 80,4 – 81,5 %, против 79,2 % в контроле.

Следует отметить, что ранее уже отмечен факт активизации микробиологических процессов при дополнительном введении УДЧ металлов в среду (Wang T, Zhang D, Dai L, Chen Y, Dai X., 2016) Причем эффективность повышения степени распадаемости вещества корма под влиянием УДЧ металлов соответствует параметрам роста при введении микроэлементов в другой форме в составе минеральных солей, органической форме и др. (Wang RL, Liang JG, Lu L, Zhang LY, Li SF, Luo XG. 2013). В литературе есть указания на предпочтительное повышение переваримости кормов под действие УДЧ. В частности, наноселен при скормливаниях определяет большее повышение переваримости и активизацию ферментации в рубце в сравнении с минеральными солями селена (Xun W Shi L, Yue W, Zhang C, Ren Y, Liu Q., 2012). Важными являются данные о стимулировании переваримости клетчатки рационов с содержанием большого количества грубых кормов (Lopez-branch JM, Sutter LD., 1992)

Таким образом использование УДЧ металлов микроэлементов в кормлении молодняка крупного рогатого скота позволяет повысить переваримости питательных веществ рационов.

2.3.3.4 Обмен энергии в организме подопытных животных

Использование УДЧ в кормлении молодняка, сопровождалось повышением поедаемости грубых кормов и как следствие этого, больше поступление валовой энергии в организм животных опытных групп. По нашим оценкам, в период балансовых исследований, с кормом животных опытных групп поступало от 87,35 до 93,42 МДж/гол/сут валовой энергии (табл. 15).

Таблица 15. Поступление и характер использования энергии рационов, МДж/гол/сут

Показатель	группа				
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
Валовая энергия корма	82,16 ± 0,54	87,35** ± 1,43	89,63 ** ± 1,55	91,15*** ±1,38	93,42*** ±1,31
Переваримая энергия	57,72 ± 0,54	62,15 ± 1,17	65,44* ± 1,01	65,99 ** ± 1,21	67,09** ± 2,45
Обменная энергия	47,56 ± 0,38	51,02 ± 0,33	52,92 ** ± 1,13	53,85 ** ± 1,21	55,19 ** ±1,25
Обменная энергия на поддержание жизни	26,93 ±0,44	29,23 ±0,54	29,49 ±0,37	29,51 ±1,11	29,61 ±0,77
Чистая энергия поддержания	20,79 ± 0,43	20,92 ±0,55	21,04 ±0,42	21,16 ±0,99	21,10 ±0,69
Обменная энергия сверхподдержания	20,63 ± 0,40	21,79 ±0,57	23,43 ±1,41	24,34 ** ±1,87	25,58 *** ± 1,78
Чистая энергия прироста	7,31 ± 0,21	7,89 ± 0,28	8,37 * ± 0,23	8,73 ** ± 0,17	9,09 *** ±0,19
Концентрация обменной энергии, МДж/кг СВ	10,12	10,19	10,21	10,24	10,35

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

Закономерно, что большее потребление валовой энергии предопределяет и относительно большее поступление переваримой и

обменной энергии с кормами в организм опытной птицы. Так потребление переваримой энергии в I – IV опытных группах составляло 62,15 – 67,09 % МДж/гол, обменной 51,02 – 55,19 МДж/гол против 57,75 – 47,56 МДж/гол в контроле соответственно.

Сравнение опытных групп между собой по потреблению энергии и доступности её для обмена, выявило факт превосходства IV опытной группы, получавшей в составе рациона УДЧ железа. В этой группе величины энергии доступной для обмена составила 55,19 МДж/гол сут. Значительное превосходство с контролем в основном определялось более высокой степенью переваримости сырой клетчатки.

Анализ динамики параметров обмена энергии в группах, получавших с кормом УДЧ меди и цинка, их сплава показана переваримость использования препарата УДЧ сплава меди и цинка.

В частности, использовали УДЧ сплава позволило увеличить поступление обменной энергии с кормом до 53,85 МДж/гол против 51,02 и 52,92 МДж в I и II опытных группах.

Использование в кормлении животных УДЧ железа, сопровождалось наибольшим отложением чистой энергии в приросте массы тела достигающей 9,09 МДж/гол, что превосходило аналоговый показатель в контроле и трех опытных группах.

Таким образом, использование УДЧ сравниваемых препаратов металлов в кормлении молодняка крупного рогатого скота, позволяет повысить доступность энергии для обмена и увеличить размер чистой энергии прироста. Причем наиболее целесообразно использовать УДЧ железа.

2.3.3.5 Обмен азота в организме подопытных животных

На протяжении всего эксперимента животные опытных групп потребляли с кормом несколько большее количество сырого протеина нежели в контроле. Это отразилось на уровне потребления азота корма и сопровождалось несколько большим поступлением этого вещества в опытных группах на 4,9 % ($P<0,05$) в I опытной, на 7,5 % ($P<0,05$) во II, на 8,9 % ($P<0,05$) в III и на 11,9 % ($P<0,01$) в IV опытной группе (таблица 16).

Таблица 16. Баланс и использование азота, г/гол в сутки

Показатель	Группа				
	контроль	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
Принято	109,2 ± 0,88	114,5 * ± 0,97	117,4 * ± 1,13	119,0 ** ± 1,29	122,2 *** ± 1,55
Выделено с калом	40,4 ± 1,75	48,6 ± 1,98	40,6 ± 2,11	43,8 ± 2,75	40,6 ± 2,34
Переварено	68,8 ± 1,55	70,7 ± 1,58	76,8 * ± 1,83	75,2 * ± 2,43	81,6 ** ± 3,54
Выведено с мочой	40,4 ± 1,12	40,9 ± 1,07	44,3 * ± 1,43	43,8* ± 0,98	47,5* ± 2,23
Отложено в теле	28,4 ± 0,74	29,8 ± 0,58	32,5 * ± 0,98	31,4* ± 1,23	34,1** ± 1,54
Коэффициент использования, % от принятого	26,0	26,1	27,7	26,4	27,9

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

Вместе с тем на этапе переваривания животные отдельных опытных групп теряли с калом несколько больше азота чем их аналоги в контроле. В

частности, в первой опытной группе мы отмечали снижение переваримости азота на 12,2 % ($P < 0,01$). В то время как в трех других опытных группах потери азота с калом статистически не отличались от контрольных значений. Это обстоятельство определило достоверно большее поступление азота из пищеварительного тракта в организм животных II опытной группы на 10,1 %, III опытной на 9,3 % ($P < 0,05$) и на 11,7 ($P < 0,01$) в IV опытной группе.

Реализация межклеточного обмена веществ в организме опытных животных сопровождалась достоверно большим выделением азота с мочой во II опытной группе на 9,7 % ($P < 0,05$), III опытной на 8,4 % ($P < 0,05$) и на 13,7 % ($P < 0,01$) в IV опытной группе.

Сложение всех действующих факторов, в числе которых потребление азота с кормами, эффективность переваримости и межклеточного обмена определили достоверно большее отложение этого вещества в организме опытных животных в I опытной группе на 4,9 %, во II опытной группе на 14,4 % ($P < 0,05$), III опытной на 10,6 % ($P < 0,05$) и на 15,0 % ($P < 0,01$) в IV опытной группе.

Оценивая качественное повышение эффективности использования азота корма на фоне дополнительного скармливания животным ультрадисперсных веществ следует отметить, что при величине коэффициента использования азота от принятого в контроле 26,0 %, в I опытной группе его величина выросла на 0,1 %, во II опытной на 1,7 %, III опытной на 0,4 %, в IV опытной группе на 1,9 %.

Таким образом наряду с благоприятным действием препаратов УДЧ металлов на переваримость питательных веществ рационов, ультрадисперсные комплексы определяют и относительно лучшее использование азота корма, что закономерно определяет более высокое продуктивное действие рационов, содержащих оцениваемые препараты.

2.3.3.6 Обмен кальция и фосфора в организме подопытных животных

Характеристика минерального обмена на фоне скармливания того или иного корма позволяет более детально оценить влияние добавок на обмен веществ и продуктивность животных. Мы при проведении балансовых исследований изучали особенности обмена макроэлементов-кальция и фосфора.

Оценка особенностей обмена кальция позволила установить, что животные опытных групп на 4,8-9,8 % больше потребляли этого элемента с кормом (табл. 17).

Таблица 17 Баланс и использование подопытными животными кальция, г/гол в сутки

Показатель	Группа				
	контроль	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
Принято	18,23 ± 0,15	19,10 ± 0,27	19,90* ± 0,31	19,45 ± 0,43	20,01 * ± 0,54
Переварено	9,97 ± 0,18	11,08 ± 0,23	11,28 ± 0,47	11,17 ± 0,59	11,63 * ± 0,75
Выведено с калом и мочой	8,55 ± 0,20	8,79 ± 0,18	9,09 ± 0,32	8,54 ± 0,71	8,57 ± 0,58
Отложено в теле	9,68 ± 0,13	10,31 ± 0,11	10,81* ± 0,27	10,91* ± 0,11	11,45 ** ± 0,32
Коэффициент использования, % от принятого	53,1	54,0	54,3	56,1	57,2

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

В ходе переваривания и всасывания кальция в опытных группах сформировалось количество вещества превышающее уровень контроля на в I опытной группе на 11 %, во II опытной на 13,1 %, III опытной на 12,0 %, в IV опытной группе на 16,6 % ($P \leq 0,05$).

Фактическое отложение кальция в организме животных I опытной группы составило 10,31 г/гол в сутки, во II опытной на 10,81, в III 10,91, в IV опытной 11,45 г. Это превосходило аналогичные значения в контроле на 6,5; 11,7 ($P \leq 0,05$); 12,7 ($P \leq 0,05$) и 15,3 % ($P \leq 0,01$), соответственно. Причем наиболее значительным мы отмечали повышение коэффициентов использования кальция от принятого в IV опытной группе до 57,2 % против 53,1 % в контроле.

Оценка обмена фосфора в организме подопытных животных в целом согласовалось с результатами, полученными при исследовании баланса и использования кальция (табл. 18).

Не останавливаясь на деталях следует отметить, что наиболее эффективно фосфор корма использовали бычки IV опытной группы на 51,1 %. Данная величина в трех других опытных группах оказалась меньше, составляя 48,6-50,5 %, что на 0,9-2,3 % превосходило уровень контроля.

Таблица 18. Баланс и использование подопытными животными фосфора, г/гол в сутки

Показатель	Группа				
	контроль	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
Принято	10,81 ± 0,18	11,31 ± 0,21	11,87 ± 0,28	12,44 ± 0,33	12,98 *** ± 0,32
Переварено	6,03 ± 0,14	6,53 ± 0,18	7,03 ± 0,31	7,18 ± 0,24	7,22 ± 0,42
Выведено с калом и мочой	5,65 ± 0,17	5,14 ± 0,13	5,14 ± 0,23	5,33 ± 0,51	5,49 ± 0,37
Отложено в теле	5,15 ± 0,15	5,51 ± 0,09	5,83 ± 0,20	6,28** ± 0,11	6,63** ± 0,18
Коэффициент использования, % от принятого	47,7	48,6	49,1	50,5	51,1

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

Фактическое отложение фосфора в организме животных I опытной группы составило 5,51 г/гол в сутки, во II опытной 5,83 г, в III 6,28 и в IV опытной 6,63 г/гол в сутки. Эти величины превышали аналогичный показатель в контроле, но только для III и IV опытных групп эти различия оказались достоверными. Так по сравнению с III опытной на 11,9 % ($P \leq 0,01$), и IV опытной на 18,7 % ($P \leq 0,01$).

Подводя итог вышесказанному можно отметить, что включение препаратов УДЧ металлов в рацион животных предопределило повышение эффективности использования кальция и фосфора, что в целом может свидетельствовать о наличии ростостимулирующего действия у сравниваемых веществ.

2.3.4 Результаты научно-хозяйственного опыта

2.3.4.1 Корма и кормление подопытного молодняка

В процессе проведения опыта кормление животных осуществлялось сбалансированным рацион, апробированном в ходе лабораторных исследований и рассчитанным на получение не менее 900-1000 граммов среднесуточного прироста (табл. 19).

Таблица 19. Состав и питательность фактических рационов в сравниваемых группах, кг/гол в сутки

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Сено суданки	2,2	2,6	2,8
Силос кукурузный	2,5	2,9	2,9
Дерть ячменная	2,5	2,5	2,5
Солома пшеничная	0,3	0,6	0,7
Патока кормовая	0,3	0,3	0,3
Соль поваренная	33	33	33
Премикс	25	25	25
УДЧ латуни, мг/кг СВ		0,5	
УДЧ железа, мг/кг СВ			3,0
В рационе содержится			
сухого вещества, кг	4,7	5,8	5,9
корм. ед., кг	5,3	5,6	5,8
обменной энергии, МДж	52,6	55,6	57,6
протеина: сырого, г	622,2	699,0	728,1
переваримого, г	428,1	453,3	469,4
меди, мг	14,9	16,5	16,9
цинка, мг	166,8	186,9	194,3
железа, мг	637,7	829,9	890,6

В качестве действующего фактора использованы определенные при проведении лабораторных исследований препараты УДЧ металлов. Соответственно подопытным животным I опытной группы скармливали УДЧ латуни, II опытной УДЧ железа. Для покрытия дефицита в некоторых минеральных веществах в рацион подопытных бычков были включены поваренная соль, фосфат, хлорид кобальта и йодистый калий.

2.3.4.2 Рост и развитие подопытных животных

Различия в кормлении отразились на динамике роста и развития подопытного молодняка. В частности, использование УДЧ латуни и железа оказало неоднозначное действие на рост подопытных бычков. Начиная с 8 месячного возраста, начала эксперимента, различия по живой массе между I опытной и контрольной группами составили 2 %. Аналогичная разница со II опытной группой была равна 3 % ($P \leq 0,05$). Доминирование II опытной группы сохранилось и в 9 месячном возрасте, включение УДЧ железа привело к увеличению живой массы подопытных животных на 3 % ($P \leq 0,05$). На момент снятия животных с опыта, живая масса бычков II опытной группы увеличилась до 5 % ($P \leq 0,01$) при этом аналогичные различия между контролем и I опытной группой не превышали 3 % ($P \leq 0,05$) (табл. 20).

Таблица 20. Динамика живой массы подопытных животных, кг

Возрастной период, мес	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
7	202,5±1,01	205,4±1,0	204,8±0,99
8	231,7±1,33	236,3±1,26	237,7±1,3*
9	264,2±1,66	271,0±1,58	272,8±1,59*
10	293,1±1,95	302,4±1,79*	307,9±1,85**

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

Наиболее объективным показателем роста животных является абсолютный прирост подопытных животных (табл. 21).

Включение в рацион животных УДЧ латуни в I опытной группе, в первые два месяца основного учетного периода сопровождалось расхождением в живой массе с контрольной группой. Фактическая разница по данному показателю составляла 1,7-2,5 кг или 5,8-7,7 %. На третьем месяце эксперимента аналогичная разница с контролем составила 8,7 %. За весь

период исследований превосходство I опытной группы над контрольной достигло 6,4 кг или 7,1 %.

Таблица 21. Динамика прироста живой массы подопытных животных, кг/гол в месяц

Возраст месяцев	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
7-8	29,2±1,12	30,9±0,93	32,9±1,04
8-9	32,5±1,2	34,7±1,15	35,1±1,09
9-10	28,9±1,2	31,4±0,92	35,1±1,05*
7-10	90,6±1,01	97,0±1,72*	103,1±1,8**

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

Использование в кормлении подопытных животных УДЧ железа повлияло более благоприятно на их абсолютный прирост. В течение всего периода исследований II опытная группа превосходила контрольную группу по данному показателю, соответственно в первый месяц на 12,7 %, во второй на 8 %, в третий на – 21,5 % ($P \leq 0,05$). За весь период исследований на 14 % ($P \leq 0,05$).

Таким образом использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота ультрадисперсных препаратов металлов и их сплавов позволяет повысить интенсивность роста животных. Принципиально это не различается с ранее установленными фактами и может рассматриваться как метод повышения продуктивности животных.

2.3.4.3 Экономическая эффективность производства

Экономическая эффективность является основным параметром перспективности того или иного метода повышения продуктивности сельскохозяйственных животных, причем не редко даже самые эффективные решения по повышению энергии роста животных в конечном итоге могут быть

не выгодны для получения добавленной стоимости. Исходя из этого планируя свои исследования мы особое внимание уделили реализации методики расчета экономической эффективности производства прироста живой массы подопытных животных. Как следует из полученных результатов введение в рацион молодняка крупного рогатого скота препаратов УДЧ латуни и железа сопровождалось относительно значительным повышением эффективности использования кормов, что выражалось снижением затрат кормовых единиц на единицу прироста живой массы на 3,9-4,1 %, переваримого протеина на 0,5-2,4 кг/голову или на 1,2-5,6 %, обменной энергии на 1,2-3,9 % (табл. 22).

Таблица 22. Экономическая эффективность производства 1 ц прироста живой массы подопытных бычков (в ценах 2016 года)

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Абсолютный прирост, кг	90,6	97,0	103,1
Затраты на 1 ц прироста:			
кормовых единиц	526,5	519,6	506,3
обменной энергии, МДж	5225,2	5158,7	5028,1
переваримого протеина, кг	42,5	42,0	40,1
Производственные затраты за период опыта руб./гол	9365,5	9369,5	9395,1
Себестоимость 1 ц прироста, руб.	10337,2	9659,2	9112,6
Реализационная стоимость полученного за эксперимент прироста живой массы, руб./гол.	10419,0	11155,0	11857,0
Прибыль, руб./гол.	1053,5	1785,5	2461,9
Уровень рентабельности, %	11,2	19,1	26,2

Производственные затраты за период опыта в контрольной группе составили 9365,5 руб./гол, что позволило получить 90,6 кг прироста живой массы. Производственные затраты в опытных группах оказались выше 9369,5-9395,1 руб./кг, что было обусловлено дополнительными затратами на приобретение препаратов УДЧ.

В ходе научно-хозяйственного опыта использованы препараты УДЧ латуни и железа производства ООО "Передовые порошковые технологии" г. Томск, Россия (<http://www.nanosized-powders.com>). Стоимость препаратов на момент покупки составила 11500-12742 рубля за 1 кг порошка УДЧ латуни и 12965-15600 рублей за 1 кг порошка УДЧ железа в зависимости размера партии от 1 до 10 кг. Исходя из дозировок препарата УДЧ железа, использованного в питании животных 3 мг/кг СВ корма и УДЧ латуни 0,05 мг/кг СВ корма, совокупные затраты УДЧ за эксперимент в расчете на одно животное в I опытной группе составили 0,31 г, во II опытная группа 1,9 г. Исходя из максимальной стоимости нано порошков, предлагаемых фирмой изготовителем стоимость УДЧ введенных в корм скоту, составит 3,95 рубля на голову в I опытная и 29,64 рубля во II опытной группе.

Исходя из суммы затрат на содержание и кормление молодняка, стоимости произведенного прироста живой массы (стоимость живой массы на момент окончания эксперимента составила 115 руб./кг) прибыль от реализации прироста в контроле за опыт составила 1053,5 рублей, что на 732 рубля оказалось меньше в сравнении с I опытной и на 1408,4 рубля в сравнении со II опытной группой.

Фактическая рентабельность производства прироста живой массы в контроле составила 11,2 %, что уступало уровню I и II опытной групп 7,9 и 15,0 %, соответственно.

Таким образом использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота препаратов УДЧ латуни и железа экономически выгодно.

3. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Эволюционно организм жвачного животного сформировался как система объединяющая организм хозяина с биоценозами микроорганизмов и простейших пищеварительного тракта. Это обеспечивало выживание жвачных как отряда млекопитающих. В связи с чем эффективные системы кормления этой группы животных, заведомо должны быть направлены на адекватное обеспечение не только организма хозяина, но и микробиоценозов пищеварительного тракта, в том числе через формирование оптимального набора минеральных веществ в рубце. Причем в последние годы всё больше внимание исследователей привлекает проблема дисперсности минеральных добавок как фактора, регулирующего питание микрофлоры организма хозяина.

Показано, что ультрадисперсные фракции источников эссенциальных элементов выгодно отличаются от веществ в макроскопических фазах и ионных формах как по выраженности биологического действия, так и по токсичности (Bogoslovskaya O.A., Sizova E.A., Polyakova V.S. et al 2009). Известны различные технологии приготовления ультрадисперсных веществ (Zhigach A.N., Leipunsky I.O., Kuskov M.L., Stoenko N.I., Storozhev V.B., 2000), в том числе методом испарения импульсным пучком электронов (Ильвес В.Г., Соковнин С.Ю., 2011); методом распыления металлов (Ильин А.П., Назаренко О.Б., Тихонов Д.В. 2006; Бардаханов С.П. и др., 2006; Водопьянов А.В. и др., 2016; химическим методом (Губин, С.П. и др. 2005; Владимирова Е.В. и др. 2012; Хрустов Е.Н. и др. 2007), методом механохимического синтеза (Сенатов Ф.С. и др. 2009) и др.

В качестве одного из методов приготовления рассматривается и ультразвуковая обработка кормов. Существуют методы по ультразвуковому воздействию на УДЧ (Popel S.I., Adushkin V.V., Golub A.P., 2014), и на различные элементы (Nishida I., 2004).

Наукой уже накоплен определенный материал по влиянию ультразвука на питательность и продуктивное действие кормов (Быков А.В., Мирошников С.А., Межуева Л.В. 2009). Однако до настоящего времени остаются не ясными механизмы действия и особенности ответа биологических систем на воздействие минеральных комплексов, подвергнутых ультразвуковому воздействию. Очень скудная информация по влиянию веществ в наноформе на организм и продуктивность животных.

Вместе с тем по мере развития нанотехнологий становится понятным, что последние в ближайшем будущем займут одну из ведущих позиций при производстве кормов. Это обстоятельство не однократно подчеркивалось экспертными центрами, созданными при ведущих мировых корпорациях по разработке и производству кормовых добавок.

Исследования по использованию ультрадисперсных веществ в кормлении животных начаты в середине прошлого века (Mathison Y., Thomson I., 1979; Куренова В.П. и др. 1984). Однако, только в последние 10 – 15 лет, с появлением в широком доступе наноформ эссенциальных элементов, исследования по их использованию в питании, получили дальнейшее развитие (Mohamad F. Aslam et. al., 2014; Neubert J, et. al., 2015).

По мере накопления фактического материала становится ясно, что наноформы минеральных веществ обладают целым рядом безусловных достоинств, предопределяющих перспективы их широкого использования (Глушченко Н.Н. 1989; Богословская О.А. и др. 2009; Yu, S. S, et al, 2012; Sizova E. Et al 2013, Яушева Е.В., 2016).

Определенный интерес представляют исследования по изучению механизмов действия УДЧ на качественный и количественный состав микрофлоры (Yausheva, E. et.al. 2015), что особенно актуально при применении их в кормлении жвачных животных. Уже первые исследования по использованию ультрадисперсных материалов в питании крупного рогатого

скота, продемонстрировали перспективы такого решения (Назарова, А. А., 2009).

Вместе с тем, данные полученные в этих исследованиях, далеко не полные, а порой и противоречивые, что и определило целесообразность проведения представленных выше исследований. Целью наших исследований являлось изучение биологических свойств ультрадисперсных порошков металлов и минералов, влияние их на рубцовое пищеварение и продуктивность молодняка крупного рогатого скота. По окончании исследований можно констатировать, что необходимые требования по точности измерений действующего фактора и чистоте экспериментальных исследований, на наш взгляд, были выполнены. Так, во-первых, в течение экспериментов не было допущено недостатка или избытка ни одного из нормируемых питательных веществ. Во-вторых, при выполнении исследований по оценке физико-химических параметров ультрадисперсных веществ использован современный высокоточный метод атомно-силовой микроскопии, позволяющий с высокой точностью определить размерные характеристики частиц вещества, что особенно важно при отработке оптимальных условий кавитационной (ультразвуковой) обработки минеральных кормовых добавок.

Начиная свои исследования в качестве рабочей гипотезой, мы использовали предположение, по которому измельчение образцов минеральных добавок до ультрадисперсной фракции сопровождается изменениями биологических характеристик последних. В соответствии с этим повышенная, как нам казалось, биологическая активность ультрадисперсных минеральных фракций будет перспективна к применению в кормопроизводстве. Анализ литературы по проблеме наряду с выявлением актуальности проблемы в целом, не дал исчерпывающего ответа по величине размерных характеристик минеральных добавок и их биологических свойств. Фактически в доступной нам базе литературных данных мы не смогли найти

описание размерных характеристик частиц минеральных веществ в связи с их биологической активностью и продуктивным действием на модели крупного рогатого скота.

В связи с чем на первом этапе лабораторных исследований мы попытались это показать с использованием механического измельчения. В числе недостатков механического метода измельчения оказалась не возможность получать препараты минеральной добавки однородные по фракционному составу с размером частиц менее 1 мкм. Ввиду этого, целью наших последующих исследований стала, отработка технологии ультразвукового измельчения минеральных добавок. С использованием метода атомно-силовой микроскопии нам удалось, изменяя режимы и продолжительность ультразвукового воздействия подобрать оптимальные параметры для приготовления ультрадисперсной фракции нескольких кормовых добавок (мел кормовой, ракушечник). Между тем последующие исследования на моделях *in vitro* и *in vivo* не позволили подтвердить правильность нашей рабочей гипотеза по повышению биологической активности и продуктивного действия кавитированной минеральной добавки. Однако вновь сформированные физико-химические характеристики минеральной добавки при ультразвуковой обработке (ультрадисперсная фракция, повышенная реакционная способность частиц), могли представлять интерес для создания новых кормовых средств. В частности, с последующей барогидротермической обработкой кормосмесей. Мы обосновывали это результатами исследований А. Кузнецовой (2008), описавшей явление гипердоступности минеральных веществ из кормосмесей полученных методом соэкструзии растительных кормов с клинкерной пылью (размер частиц менее 1 мкм).

Экструдирование, является одним из наиболее распространенных методов повышения питательности корма. После экструдирования объем готового продукта возрастает, отмечается увеличение питательной ценности

кормов, что определяется реализацией сложных физических и химических процессов (Насыров А.Ш., 2004). Данное воздействие обусловлено реологическим изменением условий течения сырья по этим зонам (Касьянов Г.И., 2000; Коротков В.Г., 2000; Остриков А.Н., 2004; Голубева О.А., 2008 Новиков В.В., Успенский В.В., Беляев Д.В, 2009).

Было проведено ряд опытов по влиянию экструдирования на физико-химические свойства кормов (Холодилина Т.Н. и др., 2009; Cortés R.N., Guzmán I.V., Martínez-Bustos F., 2014; Bisharat G.I., Katsavou I.D., Panagiotou N.M., Krokida M.K., Maroulis Z.B. 2014). Влияние экструдированного льняного семя на лактацию овец (Casamassima D., Nardoia M., Palazzo M., Vizzarri F., D'Alessandro A.G., Corino C., 2014), и микрофлору кишечника у свиней (Holman D.B., Baurhoo B., Chénier M.R., 2014).

Экструдирование как технология подготовки кормов в нашем случае определялась результатами исследований, по которым включение в корм перед экструдированием ультрадисперсных порошков клинкерной пыли как кальций содержащего препарата, частиц металлов сопровождается дополнительным повышением, биодоступности металлов-микроэлементов (Курилкина М.Я. и др., 2011). При этом биодоступность металлов из экструдата смеси включающей только ультрадисперсные порошки металлов остается неизменной. Значения повышения биодоступности эссенциальных металлов после трех часов экспозиции в рубце достигает 12,5-13,0 % по меди, 4,2-4,5 % по железу, 8-8,5 % по цинку в сравнении с контролем. В последующие шесть часов, при повышении биодоступности «in situ» элементов из экструдата отрубей на 6,6-15,4 %, аналогичное увеличение данного показателя для экструдата смеси отрубей и ультрадисперсных порошков составляет только 4,3-5,3 % (Кузнецова А., 2008).

В целом следует отметить, что наше предположение оказалось правильным. В исследованиях установлен факт увеличения удельной поверхности образцов после барогидротермического воздействия на

кормосмеси с включением кавитированного ракушечника (табл. 6). Барогидротермическая обработка сопровождалась увеличением переваримость сухого вещества (*in vitro*) с 65,4 до 71,5 % ($P < 0,01$). Использование ракушечника в дозировке 5 % от массы отрубей сопровождалось увеличением переваримости кормосмеси после экструдирования с 64,3 до 73,4 % или на 9,1 % ($P \leq 0,001$). Дополнительная ультразвуковая обработка минеральной добавки перед экструдированием позволила повысить переваримость сухого вещества (*in vitro*) ещё на 4,7 % ($P \leq 0,05$). Включение ультрадисперсных частиц ракушечника кормового в состав корма перед экструдированием оказало влияние на микроструктуру кормов. Это показано методом атомно-силовой микроскопии.

Столь обнадеживающие результаты позволили нам преступить к исследованиям на модели молодняка крупного рогатого скота, в ходе которых мы подтвердили свою гипотезу о повышении продуктивного действия кормосмеси полученной путем созкструзии растительных кормов с кавитированной минеральной добавкой. В частности, дополнительное введение кавитированного ракушечника в кормосмесь перед экструдированием сопровождалось достоверным повышением переваримости органического вещества на 3,9 % ($P \leq 0,01$), сырого протеина на 3,4 % ($P \leq 0,01$), сырой клетчатки на 4,8 % ($P \leq 0,001$), БЭВ на 3,75 ($P \leq 0,001$) относительно контрольной группы. Это в целом оказалось больше, чем при использовании кормовой добавки содержащей нативную минеральную добавку. Экструдаты содержащие кавитированную минеральную добавку характеризовались и относительно большим продуктивным действием. Так группа животных, получавших этот корм, по величине прирост живой массы за опыт превосходила уровень контроля на 14 % ($P \leq 0,01$), тогда как продуктивное действие кормосмеси, содержавшей нативную минеральную добавку оказалась выше контроля только на 6 % ($P \leq 0,05$). Однако, разработанное нами решение по повышению продуктивного действия корма оказалось не эффективным как метод повышения добавленной стоимости продукта. Это

было связано с дисбалансом между затратами на производство и стоимостью дополнительно полученной продукции. В частности, производственные затраты на кавитирование и последующее экструдирование превысили контрольные величины на 1387,2 рубля на голову (табл. 11). В результате уровень рентабельности производства прироста живой массы по предлагаемой технологии оказался минимальным 14,1 % за эксперимент.

Таким образом даже при наличии ростостимулирующего эффекта от использования кавитированной минеральной добавки в кормлении молодняка крупного рогатого скота это решения не является экономически выгодным.

Дальнейшим этапом исследований стали исследования по использованию в питании молодняка крупного рогатого скота препаратов УДЧ металлов и их сплавов. Принципиально использование УДЧ металлов в питании животных отличалось по конечному результату от использования кавитированной минеральной добавки. Это подтверждалось относительно более выраженным продуктивным и биологическим действием УДЧ. В частности, уже на этапе предварительных сравнительных испытаний УДЧ железа, меди, цинка и латуни с установлением оптимальных дозировок использования веществ установлено, что введение оптимальных дозировок УДЧ цинка в состав корма сопровождалось увеличением переваримости сухого вещества корма *in situ* на 3,3 % ($P \leq 0,001$). Введение оптимальных дозировок меди сопровождалось повышением переваримости сухого вещества на 2,6 % ($P \leq 0,01$). Введение УДЧ сплава цинка и меди привело к достоверному повышению переваримости сухого вещества корма на 2,9 % ($P \leq 0,05$). Между тем наибольшее повышение переваримости корма отмечалось нами при введении в кормосмесь ультрадисперсных частиц железа, фактическое повышение переваримости *in situ* в этом случае составило 4,2 % ($P \leq 0,05$). и 5,9 % ($P \leq 0,01$).

Нельзя сказать, что описанные эффекты ранее не были известны науки. В частности, в более ранних работах показано, что ультрадисперсные вещества способны оказывать выраженное действие на деятельность микробных сообществ. Показательными в этом отношении являются результаты исследований по оценке действия УДЧ на микробиологические процессы в сточных водах. Так УДЧ оксида цинка, оксида меди, оксида кобальта и др. могут вызвать сильное тормозящее действие на процессы биологической очистки, что было связано с повреждением мембраны и окислительным стрессом (Kaweeteerawat C. et al. 2015). В числе причин токсического действия УДЧ на микроорганизмы адсорбция их на клеточной мембране (Zhang L., Jiang Y., Ding Y., Povey M., York D., 2007) нарушение клеточной мембраной и/или клеточной смерти из-за физического проникновения (Ma J., Quan X., Si X., Wu Y., 2013). УДЧ серебра сильно угнетают дыхание нитрифицирующих микроорганизмов (Choi O. et al. 2008). Высокие дозировки УДЧ золота снижают интенсивность гидролиза, окисление и метаногенез в ходе процесса анаэробного сбраживания (Mu H., Chen Y., Xiao N., 2011). Однако, другие исследования сообщили о том, что отдельные УДЧ могут улучшить биологические процессы очистки. Например, длительное воздействие до 50 мг/л магнитный УДЧ приводит к усилению сточных вод, удаление азота производительность (Ni S., Ni J., Yang N., Wang J., 2013). При анаэробном сбраживании введение УДЧ железа и цинка в среду активизирует синтез микроорганизмами метана (Su L., Shi X., Guo G., Zhao A., Zhao Y., 2013; Wang T, Zhang D, Dai L, Chen Y, Dai X., 2016).

Механизм действия УДЧ на микробиоценозы может быть описан как результат трансформации УДЧ с образование ионов, которые по мнению ряда авторов и несут главную ответственность за их токсичность для живых организмов (Brunner T. J. et al., 2006; Franklin N. M. et al., 2007).

Возможно, что выше приведенное умозаключение может объяснить и факт значительного накопления химических элементов микрофлорой и

простейшими рубца: 1000-5000 % по сравнению с контролем. Причем УДЧ сплава меди и цинка по своему биологическому действию на рубцовые пищеварения отличаются от смеси УДЧ цинка и меди. Введение в корм УДЧ сплава сопровождается относительно не значительным накоплением в биомассе бактерий и простейших рубца. В частности, введение в рубец УДЧ сплава сопровождалось повышением содержания меди в 1,1 раза, в бактериальной в 1,9 раза, в биомассе простейших, цинка в 1,3 и 2,9 раза соответственно. В тоже время при использовании смеси УДЧ меди и цинка, их концентрация в биомассе простейших увеличилась в 40,7 ($P < 0,001$) и 8,0 раз ($P < 0,001$), соответственно, что имело место на фоне 40-50 % роста содержащиеся этих веществ в бактериальной массе.

Принципиально, способность простейших и бактерий к инкорпорации металлов известна ранее (Кван О.В. и др., 2006). Так, например, биодоступность меди для организма-хозяина уменьшается в присутствии инфузорий (Veira DM., 1986). Инкорпорация металлов из растворов значительно повышается при комбинировании в микробиоценозах бактерий и простейших, что в частности показано для бактерии *Bacillus thuringiensis*, дрожжей *Candida etchellsii* и протозойных *Stylonychia mytilus* по способности восстанавливать металлы из промышленных сточных вод (Rehman A, Shakoori FR, Shakoori AR., 2007; Muneer B, Rehman A, Shakoori FR, Shakoori AR., 2009). На инкорпорацию меди в пищеварительном тракте оказывает влияние дача ферментных препаратов (Мирошников С.А. и др., 2000).

В целом проблема восстановления металлов и их накопление бактериями и простейшими хорошо изучена, что позволила использовать бактериальные культуры в промышленности при добычи драгоценных и цветных металлов Ostrowski M, Sklodowska A, Kunicki-Goldfinger W. 1990; Ostrowski M, Sklodowska A. 1993; Ostrowski M, Sklodowska A. 1996; Donati E.R., Sand W., 2007), инфузории (*Stylonychia mytilus*) для выделения свинца из промышленных стоков (Rehman A, Ashraf S, Qazi J I, Shakoori AR., 2005).

Между тем информации о влиянии УДЧ металлов на их инкорпорацию бактериями и простейшими пока в литературе крайне мало. При этом сложно однозначно объяснить столь неоднозначное действие УДЧ сплава и смеси меди и цинка на минеральный обмен в системе «бактерии-простейшие». Выше приведенная гипотеза по переходу УДЧ металлов в ионную форму с последующим проявлением биологических свойств металлов именно в ионной форме в данном случае не подтверждается. Слишком различные биологические свойства у УДЧ сплава и смеси одноименных металлов. На наш взгляд объяснить данное явление возможно через рассмотрения механизма поглощения УДЧ целиком с последующей трансформацией в клетке.

В какой-то степени верность этого предположения можно подтвердить и результатами наших исследований рубцового пищеварения. Фактически это следует из изменений концентрации в рубце ЛЖК, аммиака, смещения pH, что в общем говорит об активизации микробиологической деструкции кормов.

В то же время сходные эффекты ранее были описаны для солей меди и цинка на модели мелкого рогатого скота. Причем введение меди сопровождалось относительно более выраженным повышением степени переваримости сухого вещества корма и относительно более значительной ферментацией в рубце (Vázquez-Armijo JF, Martínez-Tinajero JJ, López D, Salem AF, Rojo R., 2011). Однако, известно и то, что минеральные источники с более высокой биодоступностью и относительно меньшей комплексообразовательной способностью, чем минеральные соли обеспечивают большее повышение рубцового брожения, и способствуют повышению молочной продуктивности лактирующих коров (Xun W Shi of L, W Yue, Zhang C, Ren Y, Liu Q., 2012; Wang RL, Liang JG, Lu L, Zhang LY, Li SF, Luo XG. 2013). Pino F, Heinrichs AJ., 2016).

Интересный факт выявлен нами при оценке эффективности использования питательных веществ рационов, содержащих УДЧ железа и

латуни, связанный с повышением эффективности использования сырой клетчатки. Это указывает на стимулирующее действие УДЧ металлов на микробиологические процессы в рубце. Ранее сходные результаты получены в работе JM, Lopez-branch, LD. Sutter (1992). Авторами показано, что использование повышенных дозировок микроэлементов (Cu, Co) в питании жвачных позволяет повысить переваримость вещества рационов со значительным содержанием клетчатки.

Дальнейший анализ продуктивного действия рационов с содержанием УДЧ позволил нам подтвердить верность наших предположений – животные получавшие ультрадисперсные микроэлементы превосходили сверстников по энергии роста. В частности, использование препарата УДЧ латуни позволило повысить уровень приростов живой массы на 7,1 % за эксперимент. Аналогичный эффект от использования УДЧ железа составил 14 % ($P \leq 0,05$).

Крайне незначительные дозировки препаратов УДЧ определили небольшие расходы на их приобретение за период научно-хозяйственного опыта от 3,95 до 29,64 рубля в расчете на одно животное. Фактическая рентабельность производства прироста живой массы при использовании УДЧ микроэлементов на 7,9 и 15,0 % превысила уровень контроля. Таким образом использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота препаратов УДЧ латуни и железа экономически выгодно.

Анализ полученного материала позволил нам перейти к выводам и предложениям производству.

4. ВЫВОДЫ

1. Ультразвуковая обработка может быть использована для приготовления ультрадисперсных кормовых добавок с размерами около 1 мкм. Однако, при использовании ультразвука для измельчения минеральной добавки следует ожидать накопления в образце частиц различного размера. Так после ультразвуковой обработки ($f=27$ кГц, $t=30$ минут) ракушечника кормового ($d_0 = 0,75 \pm 0,28$ мм) около 53 % навески составляют частицы со средним менее 360 нм, 13 % удельной массы навески приходится на частицы с размером 2,4 мкм и 34 % со средним размером около 450 мкм.

2. Оценка физико-химических характеристик ультрадисперсных минеральных добавок, использованных в исследованиях позволила установить, что мел и ракушечник кормовой, подвергнутые ультразвуковому воздействию по предложенной технологии содержит частицы со средним размером $101 \pm 23,7$ мкм и $154,7 \pm 32,7$ мкм, соответственно. Использованные препараты УДЧ металлов - сферической формы: УДЧ Fe ($d=80 \pm 5$ нм), состав Fe^0 $99,8 \pm 0,7$ % масс., Fe_3O_4 , $\alpha - Fe_2O_3$ $0,2 \pm 0,05$ %; УДЧ Cu ($d=103,0 \pm 2,0$ нм); состав Cu^0 $96,0 \pm 4,5$ %, CuO – $4,0 \pm 0,4$ %; УДЧ Zn ($d=98,0 \pm 2,1$ нм); состав Zn^0 $91,7 \pm 3,8$ %; УДЧ ZnCu ($d=95,7 \pm 3,1$ нм); состав 39,8 % цинк и 60,2 % медь.

3. В тесте ингибирования бактериальной биолюминесценции на модели *Echerichia coli* K12 TG1 выявлен факт снижение интенсивности свечения бактерий при воздействии минеральных добавок, обработанных ультразвуком. Тестирование проб минеральных добавок, полученных при воздействии ультразвуком ($f=21$ кГц), показало 50 % ингибирование свечения бактерий через 35-65 мин. контакта, и 80 % подавление биолюминесценции через 120 мин. Наименьшее снижение биолюминесценции отмечалось при использовании минимальных и максимальных частот ультразвука.

4. Площадь поверхности кормосмеси отрубей + ракушечник кормовой после экструдирования увеличивается на 11,9 %. Предварительная

ультразвуковая обработка ракушечника кормового позволяет дополнительно увеличить площадь поверхности экструдата еще на 4,6 – 5,2 %. При этом переваримость сухого вещества кормосмеси «*in vitro*» так же увеличивается с 73,4 % для экструдата с нативным ракушечником до 78,1 % с минеральной добавкой обработанной ультразвуком. Микроструктура экструдата, содержащего ультрадисперсные частицы минеральной добавки, характеризуется более высокой однородностью.

5. Использование экструдатов, содержащих нативную минеральную добавку (ракушечник кормовой) в кормлении молодняка крупного рогатого скота, позволяет повысить переваримость сырого протеина на 2,0 %, сырой клетчатки на 2,8 %, БЭВ на 1,8 %. Замена нативной добавки в составе экструдата на минеральную добавку, обработанную ультразвуком сопровождается дополнительным повышает переваримость сырого протеина на 1,4 %, сырой клетчатки на 2,0 %, БЭВ на 1,9 %.

6. Скармливание молодняку крупного рогатого скота, экструдатов, содержащих минеральную добавку (ракушечник кормовой), обработанную ультразвуком, позволяет повысить интенсивность роста животных на величину до 11 %, снизить затраты обменной энергии корма на 1 ц прироста на 494 МДж, переваримого протеина на 5,3 кг. Однако высокая себестоимость кормовой добавки, произведенной с использованием кормов, обработанных ультразвуком, не позволяет увеличить рентабельность производства говядины при минимальной величине прибыли около 100 – 120 рублей на голову.

7. Переваримость кормов (*in situ*), содержащих УДЧ металлов-микроэлементов наибольшая при использовании препарата УДЧ железа ($d=80\pm5\text{нм}$) в дозировке 3 мг/кг СВ, УДЧ латуни ($\text{Cu}=60\%$; $\text{Zn}=40\%$), ($d=95,7\pm3,1\text{нм}$) в дозировке 0,5 мг/кг СВ.

8. Скармливание молодняку крупного рогатого скота препаратов УДЧ металлов-микроэлементов сопровождается изменениями в рубцовом

пищеварении. Причем наиболее значительно при использовании УДЧ латуни и железа, что приводит к увеличению концентрации ЛЖК и аммиака в рубцовом содержимом на 11,9 – 13,9 % и 20,2 – 25,3 %, соответственно. Число инфузорий в рубце, так же возрастает на 8,9 – 11,9 %.

9. Скармливание молодняку крупного рогатого скота препаратов УДЧ металлов сопряжено с изменениями элементного состава биомассы бактерий и простейших рубца. Инфузия в рубец препаратов УДЧ смеси меди и цинка сопровождается селективными изменениями элементного состава биомассы простейших и бактерий, накоплением в биомассе простейших Pb, Cu, Sn, Ni до величин в 24,8 – 45,4 раза превышающих контрольные значения. При этом содержание этих веществ в бактериальной массе не значительно отличается от контроля. В то время использование УДЧ сплава меди и цинка, в тех же дозировках, не сопровождается значительными отличиями элементного состава биомассы простейших и бактерий, с наибольшим накоплением Na, Li, Cd.

10. Введение в рацион молодняку крупного рогатого скота УДЧ металлов-микроэлементов сопровождается повышением переваримости сырой клетчатки на 2,3 % при использовании УДЧ Cu, на 3,1 % - УДЧ Zn; 2,7 % - УДЧ сплава Cu и Zn на 3,9 % - УДЧ Fe. Наиболее значимые влияния на переваримость кормов и эффективность использования энергии в организме животных оказывают добавки УДЧ железа и латуни, что выражается повышением переваримости органического вещества на 0,6 – 2,7 %, обменности валовой энергии на 1,2 – 1,4 %, уровня чистой энергии прироста на величину до 19,4 %.

11. Использование в кормлении молодняку крупного рогатого скота рационов с содержанием УДЧ железа ($d=75-85$ нм) и латуни ($d=90-100$ нм) в дозировках 3,0 и 0,5 мг/кг СВ корма, соответственно, сопровождается

повышением интенсивности роста молодняка крупного рогатого скота на 5-11 % и увеличением рентабельность производства на 7,9-15,0 %.

5. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

С целью повышения эффективности использования кормов и снижения себестоимости прироста живой массы рекомендуем вводить в рацион молодняка крупного рогатого скота препараты ультрадисперсных частиц железа ($d = 75-85$ нм) и латуни ($d = 90-100$ нм) в дозировках 3,0 и 0,5 мг/кг СВ корма, соответственно. Это обеспечит снижение затрат на производство говядины по протеину кормов на 1,2-5,6 %, обменной энергии на 1,2-3,9 % и на 7,9-15,0 % увеличит рентабельность производства.

6. ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Тема диссертационного исследования перспективна к дальнейшей разработке в части: синтеза не дорогих и технологичных препаратов УДЧ металлов микроэлементов для широкого использования при производстве животноводческой продукции; разработки новых подходов к управлению метаболизмом в рубце жвачных на основе новых знаний о влиянии УДЧ минерального происхождения на обмен химических элементов в системе «бактерии-простейшие» рубца; создания новых ультрадисперсных кормовых добавок для использования в питании сельскохозяйственных и домашних животных.

7. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авцын А.П. Введение в географическую патологию. – М.: Медицина, 1972. – 326 С.
2. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. – М.: Медицина, 1991. – 496 С.
3. Агаджанян Н.А., Северин А.Е. Адаптация и экология человека: микроэлементов // Материалы II Российской школы «Геохимическая экология и биогеохимическое районирование биосферы», 25-28 января 1999. – М., 1999. – С. 168-169.
4. Аитова Ю., Антибактериальный эффект наночастиц серебра. // Биоинформатика и познание. – 2009. IV Международная конференция Российского химического общества имени Д. И. Менделеева, посвящённая 80-летию со дня рождения П. Д. Саркисов.
5. Алексеева Л.В. Лукьянов А.А. Процессы рубцового метаболизма в организме бычков при введении в рацион нанопорошка меди и её соли // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. - 2016. – Спецвыпуск №2. - URL <http://e-journal.omgau.ru/index.php/spetsvypusk-2/31-spets02/398-00147>.
6. Алиев, А.А. Методы биохимического анализа (справочное пособие) / А.А. Алиев. – Боровск: Изд. ВНИИФБиП, 1997.
7. Алымов, М.И. Механические свойства нанокристаллических материалов / М.И. Алымов. – М.: МИФИ, 2004. – 32 с.
8. Алымов, М.И. Зеленский В.А. Методы получения и физико-механические свойства объемных нанокристаллических материалов / М.И. Алымов, В.А. Зеленский. - М.: МИФИ, 2005. – 52 с.

9. Арбузова, С.В. Наумов, В.Л. Арбузов Т.И. и др. Поверхностный магнетизм нанокристаллического монооксида меди / // Физика твердого тела. – 2003. – Т.45. - № 2. – С. 290-295.
10. Аринжанов А.Е., Использование экструдированных кормов с добавлением наночастиц металлов в кормлении рыб / Е.П. Мирошникова, Ю.В. Килякова, А.М. Мирошников, А.В. Кудашева // Вестник Оренбургского государственного университета 2012. №10 (146)
11. Аринжанов А. Е. и др. Использование экструдированных кормов с добавлением наночастиц металлов в кормлении рыб. // Вестник Оренбургского государственного университета- 2012. - № 10. - С. 138-142.
12. Арсанукаев Д. Эффективность микроэлементного питания бычков. // Молочное и мясное скотоводство. 2005 №8. С. 12-14.
13. Арсентьева, И.П. Аттестация и применение наночастиц металлов в качестве биологически активных препаратов / И.П. Арсентьева, Е.С. Зотова, Г.Э. Фолманис // Нанотехника. Спец. Выпуск. Нанотехнологии в медицине. – 2007. – №2 (10). – С. 72-77.
14. Арсентьева, И.П. Аттестация и применение в медицине наночастиц меди и магния / И.П. Арсентьева, Т.А. Байтукалов, Н.Н. Глущенко, Е.С. Зотова, Е.П. Сидорова, О.А. Богословская, Э.Л. Дзидзигури // Материаловедение. – 2007. – №4. – С. 54-57.
15. Арсентьева, И.П. Аттестация наночастиц металлов, используемых в качестве биологически активных препаратов / И.П. Арсентьева, Е.С. Зотова, Г.Э. Фолманис // Нанотехника. – 2007. – №10. – С. 72-77.
16. Арсентьева, И.П. Использование биологически активных нанопорошков на основе магния и железа в сельском хозяйстве и медицине / И.П. Арсентьева, Е.С. Зотова, А.А. Арсентьев, Н.Н. Глущенко, Т.А. Байтукалов, Г.Э. Фолманис // Материалы VIII Всероссийской конференции «Физикохимия ультрадисперсных (нано) систем». – 2008. – С. 258-260.
17. Бабенко Г.А. Микроэлементы в экспериментальной и клинической медицине. – Киев: Здоровье, 1965. – 183 С.

18. Бабушкина, И.В. Изучение антибактериального действия наночастиц меди и железа на клинические штаммы *Staphylococcus aureus* / И.В. Бабушкина, В.Б. Бородулин, Г.В. Коршунов, Д.М. Пучиньян // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2010. – том 6. – №1. – С.11-14.
19. Баковецкая, О.В. Модифицирующее влияние наночастиц металлов на репродуктивную функцию коров в послеродовой период / О.В. Баковецкая, А.А. Еремин, Р.М. Пилипенко // Ветеринария и кормление. – 2009. – №6. – С.14-15.
20. Баковецкая, О.В. Модифицирующее влияние ультрадисперсной метало полимерной композиции МПК 3К на биохимический состав крови и спермы жеребцов / О.В. Баковецкая, О.А. Федосова // Коневодство и конный спорт. – 2009. – №6. – С.18-19.
21. Баковецкая, О.В. Модифицирующее влияние ультрадисперсной метало полимерной композиции «медь-железо-цинк» на биохимические показатели крови кобыл в случной период / О.В. Баковецкая, Л.Ф. Лебедева, А.А. Терехина // Коневодство и конный спорт. – 2011. – №3. – С. 14-16.
22. Баранов, А. А. Методы нормализации пищеварения у детей с дисбактериозом (пособие для врачей) / А. А. Баранов, П. Л. Щербаков, С. Д. Митрохин и др. — М.: МЗ РФ — ГУ НЦЗД РАМН, 2005. — 60 С.
23. Барановский А. Ю., Кондрашина О. А. Дисбактериоз кишечника. М.: Питер, 2008. - 240 С.
24. Бардаханов С.П., Корчагин А.И., Куксанов Н.К., Лаврухин А.В., Салимов Р.А., Фадеев С.Н., Черепков В.В. Получение нанопорошков испарением исходных веществ на ускорителе электронов при атмосферном давлении // Доклады Академии наук, 2006. - Т. 409. - № 3. - С. 320-323.
25. Беликов, В.Г. Получение продуктов взаимодействия магнетита с лекарственными веществами / В.Г. Беликов, А.Г. Курегян // Хим.-фарм. журнал. - 2004. - Т. 38, - № 3. - С. 35–38.
26. Бельмер С. В., Малкоч А. В. Кишечная микрофлора и значение пребиотиков для ее функционирования // Лечащий врач. 2006. № 4. С. 60–65.

27. Богословская, О.А. Токсичность биологически активных нанопорошков металлов / О.А. Богословская, Н.Н. Глущенко, И.П. Ольховская, Т.А. Байтукалов, В.И. Кисс, Ю.И. Федоров // Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная памяти профессора Ю.М. Кубицкого «Современные проблемы медико-криминалистических, судебно-химических и химико-токсикологических экспертных исследований». – Москва. – 2007. – С. 197-200.

28. Богословская, О. А. Изучение безопасности введения наночастиц меди с различными физико-химическими характеристиками в организм животных / О. А. Богословская, Е. А. Сизова, В. С. Полякова, С. А. Мирошников, И. О. Лейпунский, И. П. Ольховская, Н. Н. Глущенко // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – №2. – С. 124-127.

29. Бондаренко В. М., Лиходед В. Г., Воробьев А. А. Иммунорегуляция численности грамотрицательной микрофлоры кишечника // Журнал микробиологии, вирусологии и иммунологии. 2004. № 4. С. 90–93.

30. Бондаренко, В. М. Дисбактериоз кишечника как клинко-лабораторный синдром: современное состояние проблемы / В. М. Бондаренко, Т. В. Мацулевич // Руководство для врачей. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. — 304 С.

31. Бондаренко В. М., Лиходед В. Г. Взаимодействие кишечной микрофлоры с Toll-подобными рецепторами в норме и патологии // Иммунология. 2009. № 5. С. 317–320.

32. Брыткова, А.Д. Возрастные изменения содержания микроэлементов в органах и тканях животных / А.Д. Брыткова // Вестник Оренбургского государственного университета. 2006. – №2. – С.7-12.

33. Бураков В.С., Тарасенко Н.В., Буцень А.В., Неделько М.И., Невар Е.А. Лазерно-пламенные методы получения и магнитные свойства получения и магнитные свойства нанопорошков силицидов гадолиния // Проблемы физики, математики и техники, 2011. - № 2 (7). - С. 22-25.

34. Быков А.В. Биохимические и морфологические изменения в крови птицы под воздействием кормового фактора / А.В. Быков, Л.А. Быкова, Ш.Г. Рахматуллин, Т.Н. Холодилина, Е.А. Сизова // Вестник мясного скотоводства. 2012. № 4 (78). С. 78-81.
35. Быков А.В., Кван О.В., Рахматуллин Ш.Г. Влияние кормовых добавок на морфологические и биохимические показатели крови цыплят бройлеров // Международный научно-исследовательский журнал (Research journal of International studies). 2012. № 5-3. С. 70-71
36. Быков А.В., Мирошников С.А., Межуева Л.В. К пониманию действия кавитационной обработки на свойства отходов производств. Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 12. С. 77.
37. Быков А.В., Мирошников С.А., Галиев Б.Х., Межуева Л.В., Быкова Л.А., Кван О.В., Манеева Э.Ш. К разработке способа подготовки кормов к скармливанию с использованием кавитационной обработки // Вестник мясного скотоводства, 2015. - Т. 4. - № 92. - С. 119-126.
38. Быков А.В., Муслюмова Д.М. Влияние кавитационного способа повышение питательности подсолнечного фуза и цеолита на физиологические особенности и продуктивность цыплят-бройлеров // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 1. С. 108-111
39. Быков А.В., Назарова Е.С. К вопросу использования кавитации в перерабатывающей промышленности сельскохозяйственного сырья // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: Всероссийская научно–практическая конференция Секция «Роль прикладной биотехнологии и инженерии в развитии инновационного потенциала региона». Оренбург, 2013. С. 934-935
40. Величко, Е. Применение новых технологий в экструдировании / Е. Величко // Комбикорма. 2009. - №3. – С. 24.
41. Венчиков А.И. Биотики (к теории и практике применения микроэлементов). – М.: Медицинская литература. 1962. – 234 С.
42. Венчиков А.И. Биотики. – Ашхабад: Илым, 1967. – 223 С.

43. Вернадский В.И. Химический состав живого вещества в связи с химией земной коры // Избранные сочинения – М., 1960. – Т. 5. – С. 143-159.
44. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. – М.: Наука, 1965. – С. 375.
45. Викторов П. Микроэлементы в рационе // Животноводство России. - 2007. - №3. С. 27.
46. Виноградов А.П. Геохимия живого вещества. – Л.: Изд-во АН СССР, 1932.
47. Виноградов А.П. Химический элементный состав организмов и периодическая система Д.Н. Менделеева // Труды биохимической лаборатории АН СССР. – 1935. – Вып. 3. – С. 3-30.
48. Виноградов А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой // Микроэлементы в жизни растений и животных. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – С. 3-15.
49. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почках. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. - 245 С.
50. Водопьянов А.В., Мансфельд Д.А., Самохин А.В., Алексеев Н.В., Цветков Ю.В. Получение нанопорошков методом испарения-конденсации с использованием сфокусированного сверхвысокоточного излучения // Известия высших учебных заведений. Радиофизика, 2016. - Т. 59. - № 8-9. - С. 778-786.
51. Войнар А.И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. – М.: Высшая школа, 1960. – 554 С.
52. Войнар А.И. Микроэлементы в живой природе / А.И. Войнар – М.: Наука, 1962 – 94 С.
53. Волошин С.А., Капрельянц А.С. //Биохимия, 2004, 11, С.1555.
54. Воробьев, В.И. Биогеохимия и рыбоводство / В.И. Воробьев. – Саратов: МП «Литера», 1993. – 224 С.

55. Владимирова Е.В., Васильев В.Г., Карпова Т.С., Носов А.П. Получение и свойства нанопорошков железа // Физико-химические аспекты изучения кластеров, нано структур и наноматериалов, 2012. -№ 4. - С. 30-34.
56. Галиев Б.Х. Баланс азота у подопытных бычков, выращиваемых на мясо, с применением ростстимулирующего препарата «Орего-Стим» / Б.Х. Галиев, Ю.И. Левахин, Н.В. Дубинин и др. // Вестник мясного скотоводства. 2009. № 62(1). С. 64-68.
57. Гатаулин, А.М. Система прикладных статистико-математических методов обработки экспериментальных данных в сельском хозяйстве. В 2-х частях / А.М. Гатаулин. – М.: Изд. ТСХА, 1992. – 350 С.
58. Гапон М. Н, Терновская Л. Н. Показатели местной не специфической резистентности при дисбактериозе толстой кишки // Журнал микробиологии, вирусологии и иммунологии. 2010. № 5. С. 53–57.
59. Герасимова О.В., Материалы II Международной научно-практической конференции // Биоэлементы, 2007.
60. Гинцбург А.Л., Ильина Т.С., Романова Ю.М. // Журнал микробиологии, 2003, 5, С.86.
61. Глущенко, Н.Н. Физико-химические закономерности биологического действия высокодисперсных порошков металлов. Автореферат диссертация доктора биологических наук, М., 1989.
62. Голубева, О.А. Экструзия как способ повышения качества продукта / О.А. Голубева // Процессы и аппараты пищевых производств. 2008. - №2. – С. 43-51.
63. Гриневич Б. В., Успенский Ю. П., Добрынин В. М. Клинические аспекты диагностики и лечения дисбиоза кишечника в общетерапевтической практике. СПб., 2003. 36 С.
64. Губин, С.П. Магнитные наночастицы: методы получения, строение и свойства / С.П. Губин, Ю.А. Кокшаров, Г.Б. Хомутов, Г.Ю. Юрков // Успехи химии, 2005. – № 6. – С. 539-574.

65. Гусев, А.И. Нанокристаллические материалы: методы получения и свойства / А.И. Гусев. – Екатеринбург. - 1998. – 200 С.
66. Данюшина Г.А., Шишка В.Г., Бережной Ю.М., Дерлугян П.Д., Липкин В.М. Получение нанопорошков меди модифицированных водорастворимыми полимерами // Инженерный вестник Дона, 2015. - Т. 36. - № 2-2. - С. 142.
67. Дерябин Д.Г., Нотова С.В., Мирошников С.А., Кван О.В., Иванов Ю.Б., Лебедев С.В. Способ отбора микроорганизмов для их включения в состав пробиотического препарата. Патент на изобретение RUS 2293118 18.04.2005
68. Доморадский И.В., Бабин В.Н., Хахоев Т.Х.// Российский химический журнал, 2002, 3, С.33.
69. Дроздова Е.А. Оптимизация режимов экструдирования и оценка действия кормов, обогащенных молочной сывороткой, на физиологические особенности и обмен веществ животных // Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук., - Оренбург, 2007. – 144 С.
70. Дубкова Е.С, Краснощёкова Т.А., Пугаева Е.В., Уваров С.А., Шишкин В.В. Влияние скармливания минерально-витаминной кормовой добавки на молочную продуктивность телок / // Зоотехния. 2011. № 12. С. 10-11.
71. Дудакова Ю.С. Биологическое действие высокодисперсных порошков металлов на ферменты сыворотки крови мышей / Дудакова Ю.С., Бабушкина И.В., Понукалин А.Н., Бородулин В.Б. // Известия ВУЗов. Северо – Кавказский регион. Естественные науки. 2010. № 2. С. 84-88.
72. Дудакова, Ю.С. Антибактериальное действие наночастиц железа и меди на клинические штаммы *Pseudomonasaeruginosa* и *Mycobacteriumtuberculosis* / И.В. Бабушкина, Ю.С. Дудакова, В.Б. Бородулин, Н.Е. Казимирова, Н.А. Иванова // Нанотехника. – 2009. – №3. – С. 69-72.

73. Дудакова, Ю.С. Изучение биологического действия наночастиц цинка / Ю.С. Дудакова, В.Б. Бородулин // Нанотехника. –2009. – №3. – С. 72–75.

74. Дудакова, Ю.С. Влияние наночастиц сплава металлов [Fe Cu Zn] на показатели углеводного и белкового обмена / Ю.С. Дудакова, М.А. Персашвили // Материалы 72-й межрегиональной научно-практической конференции студентов и молодых ученых с международным участием: «Молодые ученые - здравоохранению». Саратов, 2011. – С. 86 - 87.

75. Закиров И. Г. Микроэкология толстого кишечника больных хроническими вирусными гепатитами // Казанский медицинский журнал, 2002. - № 1. - С. 38–40.

76. Зенова Н.Ю. Влияние ультрадисперсного железа в рационе на молочную продуктивность и состав молока первотёлок чёрно-пёстрой породы // Зоотехния. 2010. № 12. С. 6-7

77. Зенова Н., Назарова А., Полищук С. Влияние ультрадисперсного железа на рост и развитие крупного рогатого скота // Молочное и мясное скотоводство, 2010. - № 1. - С. 30 - 32.

78. Зубкова, Т.М. Учет характера движения материала в канале шнека при математическом моделировании экструдирования растительного сырья / Т.М. Зубкова, А.Ш. Насыров // Комбикорма, 2003. - №1. – С. 147 - 151.

79. Ивашкин, В. Т. Синдром диареи / В. Т. Ивашкин, А. А. Шептулин. — М.: ГЭОТАР-Мед., 2000. — С. 135.

80. Ивашкин В. Т. Основные понятия и положения фундаментальной иммунологии // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии, 2008. - № 4. - С. 4 –13.

81. Ильин А.П., Назаренко О.Б., Тихонов Д.В. Получение нанопорошков распылением металлов мощными импульсами электрического тока // Цветные металлы, 2006. - № 4. - С. 65-69.

82. Ильина Т.С., Романова Ю.М., Гинцбург А.Л.// Генетика, 2004. – 11. - С.1445.

83. Ильичев, Е. Переваримость рациона и баланс питательных веществ при скормливании телятам нанопорошков кобальта и меди / Е. Ильичев, А. Назарова, С. Полищук, В. Иноземцев // Молочное и мясное скотоводство - 2011. - №5. - С. 27-29.

84. Ильвес В.Г., Соковнин С.Ю. Получение нанопорошков ZnO и Zn-ZnO методом испарения импульсным пучком электронов в газе низкого давления // Российские нанотехнологии. 2011. - Т. 6. -№ 1-2. - С. 128-134.

85. Галанов А.И. Исследование механизма адсорбции противоопухолевых лекарств на железокарбидных наночастицах / А.И. Галанов, Т.А. Юрмазова, В.А. Митькина и др. // Известия Томского политехнического университета. - 2010. - Т.317. - № 3. - С. 29-33.

86. Калашников, А.П. Нормы и рационы кормления с.-х. животных / А.П. Калашников, В.И. Фисинин, В.В. Щеглов и др. – М.: 2003. – 456 С.

87. Карпов А.И. Обзор результатов диссертационных исследований в области нанотехнологий и наноматериалов / Часть 3 // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал, 2015. - Т. 7. - № 4. - С. 96-120.

88. Картекенова Р.В., Картекенов К.Ш. Весовой рост и использование азота корма подопытными животными при различном поступлении в их организм микроэлемента – селена // Вестник мясного скотоводства. 2010. Вып. 63(3). С. 153-158.).

89. Касьянов, Г.И. Совершенствование технологии экструдатов. научно–практическая конференция. «Прогрессивные пищевые технологии – третьему тысячелетию»: Тезисы докладов / Г.И. Касьянов, В.А. Грицких; А.В. Бурцев; Б.В. Бурцев. – Краснодар, 2000. – С. 126-128.

90. Каширина, Л.Г. Минеральный состав крови поросят и санитарная оценка свинины при введении в рацион УДП железа / В.В. Кулаков, Э.О. Сайтханов // Зоотехния. – 2011. – №5. – С. 22-24.

91. Каширина, Л.Г. Ультрадисперсные металлы в животноводстве / В.В. Кулаков, Э.О. Сайтханов, А.В. Антонов // Вестник Рязанского

государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева, 2013; №2. С. 21-24.

92. Кван О.В., Мирошников С.А., Дерябин Д.Г., Беседин В.Н. Неоднозначное влияние пробиотиков на обмен токсических элементов в организме кур-несушек. Вестник Оренбургского государственного университета. 2006. № S2. С. 28-30.

93. Ковалевский В.В. Геохимическая экология / В.В. Ковалевский – М.: Наука, 1974. – 297 С.

94. Коваленко, Л.В. Биологически активные нанопорошки железа / Л.В. Коваленко, Г.Э. Фолманис. – М.: «Наука», 2006. – 128 С.

95. Комник, Г. Экструдирование – верный путь к повышению качества / Г.Комник, Ю. Росляков // Комбикорма. 2000. - №7. – С. 19-21.

96. Кондакова К.С., Влияние различных видов обработки кормовых средств и добавок, содержащих микрочастицы металлов, на способность бактерий рубца к адгезии / Е.А. Дроздова, Е.В. Япынцева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2012; N 1. - С. 245-247, 2012г.

97. Коротков, В.Г. Влияние влажности и высоты фильеры на процесс экструдирования комбикормов / В.Г. Коротков, В.Ю. Полищук, Д.А. Мусиенко // Вестник Оренбургского государственного университета. 2000. - №2. – С. 117-119.

98. Красноголовец В.Н. Дисбактериоз кишечника. М, Медицина, 1989, 206 С.

99. Кривова, Н.А. Структурно-функциональная организация защитного слизистого барьера пищеварительного тракта / Н. А. Кривова, Т. И. Селиванова, Т. А. Лаптева и др. // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. — 1996. — № 3. — С. 21 – 24.

100. Кривова Н.А., Заева О.Б., Ходанович М.Ю., Карелина О.А., Гуль Е.В., Зеленская А.Е. / Состояние слизистой оболочки желудка, про- и антиоксидантной активности и биохимических показателей крови у крыс

после скармливания нано- и микрочастиц диоксида титана // Вестник Томского Государственного университета. Биология. 2011. - №2. – С. 81 – 95.

101. Куваева, И. Б. Обмен веществ организма и кишечная микрофлора / И. Б. Куваева. — М., 1976. — 248 с.

102. Куваева, И. Б. Микроэкологические и иммунные нарушения у детей / И. Б. Куваева, К. С. Ладодо. — М., 1991 — 240 с.

103. Кузнецова, А. Влияние клинкерсодержащих экструдатов на эффективность использования питательных веществ, обмен химических элементов и продуктивность цыплят-бройлеров / А. Кузнецова // Диссертация на соискание ученой степени канд. биол. наук. – Оренбург, 2008. – С. 140.

104. Кузнецов С. Минеральные вещества для животных. // Животноводство России. 2003 №2. С. 22-23.

105. Кузнецов С., Кузнецов А. Микроэлементы в кормлении животных. // Животноводство России, 2003. - №3. - С. – 16 -18.

106. Куранов Ю.Ф., Рогачев Б.Г., Ефремов Л.В., Ляпин О.А. Рекомендации по применению клинкерной пыли для раскисления силоса. – Оренбург, 1982. – 6 с.

107. Куренова В. П., Егоров И. А., Федоров Ю. И., Глущенко Н. Н., Фаткулина Л. Д. Способ кормления цыплят // Изобретение СССР. – SU 1346114 А 1, 1987.

108. Куренева, Е. Н. Использование высокодисперсных металлов в составе премиксов комбикормов для бройлеров / Е. Н. Куренева, И. А. Егоров, Ю. И. Федоров, Н. Н. Глущенко, Л. Д. Фаткулина // В сб. Новое в кормлении и содержании сельскохозяйственной птицы – Загорск, 1984 – С. 3 - 8.

109. Курилкина, М.Я., Холодилина, Т.Н., Гречушкин, А.И. Опыт использования мелкодисперсных порошков металлов при изготовлении экструдатов для цыплят-бройлеров // Материалы Международной научно-практической конференции «Разработка и широкая реализация современных технологий производства, переработки и создания пищевых продуктов». – Волгоград, 2009. – С. 137-140.

110. Курилкина, М.Я. Холодилина, Т.Н. Изучение физических и биологических свойств кормов с разной степенью минерализации // Международная научно-практическая конференция «Пищевая промышленность: состояние, проблемы, перспективы». – Оренбург, 2009. – С. 343-346.
111. Курилкина, М.Я., Мирошников, С.А., Холодилина, Т.Н., Кузнецова, А.С. Влияние различных видов воздействия на физические и биологические свойства кормов с разной степенью минерализации // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2010. - №6. – С. 73-75.
112. Курилкина М.Я., Мирошников С.А., Холодилина Т.Н. Эффективность использования микропорошков-металлов в составе экструдата при кормлении цыплят-бройлеров. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. Т. 4. № 32-1. С. 169-171.
113. Лебедев, П.Т. Методы исследования кормов, органов и тканей животных / П.Т. Лебедев, А.Т. Усович. – М.: Россельхозиздат, 1976. -389 С.
114. Левахин, Г.И. Переваримость питательных веществ рациона в зависимости от типа кормления и направления продуктивности животных / Г.И. Левахин, Г.К. Дускаев // Вестник мясного скотоводства. 2003. – Вып. 56. – С. 324-330.
115. Ле Вьет Фыонг. Использование высокодисперсных порошков железа, меди, марганца, цинка в премиксах цыплят-бройлеров // Диссертация на соискание канд. с.-х. наук. – М.: 2005. – 114 С.
116. Лобзин Ю. В., Макарова В. Г., Корвякова Е. Р. И др. Дисбактериоз кишечника: руководство для врачей. СПб.: ФОЛИАНТ, 2006. 256 С.
117. Логинов, А.С. Внутриклеточная активация кислорода и молекулярные механизмы автоокислительного повреждения печени / А.С. Логинов, Б.Н. Матюшин // Вестник РАМН. – 1994. – Т. 5. – С. 3-17.
118. Лукьянов А.А., Алексеева Л.В., Лукьянова Н.А. Влияние нанопорошков меди и её соли на метаболические процессы в рубце бычков герефордской породы Зоотехния. 2016. № 3. С. 11-12.

119. Ляхов Н.З., Юхин Ю.М., Тухтаев Р.К., Мищенко К.В., Титков А.И., Логутенко О.А. Получение металлических нанопорошков восстановлением в органических жидкостях // Химия в интересах устойчивого развития, 2014. - Т. 22. - № 4. - С. 409 - 416.
120. Маев, И. В. Антибиотикоассоциированная диарея / И. В. Маев, А. А. Самсонов, Н. Н. Голубев // Consiliummedicum, приложение Гастроэнтерология. — 2007. — № 1. — С. 45 – 49.
121. Макарец, Н.Г. Кормление сельскохозяйственных животных: 2-е изд., перераб. и доп / Н.Г. Макарец. – Калуга: Изд-во Н.Ф. Бочкаревой, 2007. – 607 С.
122. Малюшин Е.Н. Ферменты и состояние помета / Е.Н. Малюшин, А.Ф. Осипов, Г.И. Левахин, С.А. Мирошников // Птицеводство, 2002. - № 5. - С. 19 - 21.
123. Мартыненко С.С., Мирошников С.А. Как использовать авизим при выращивании цыплят-бройлеров // Комбикорма, 1999. - № 5. - С. 38.
124. Мартыненко С.С., Мирошников С.А. Продолжительность скармливания бройлерам ферментного препарата. Птицеводство. 1999. № 2. С. 24-25.
125. Маслов Г.С., Агеев Е.В. Получение нанопорошков из отходов спеченных твердых сплавов электроэрозивным диспергированием // В сборнике: Современные материалы, техника и технология материалы 2-й Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Горохов А.А., 2012. - С. 178-181.
126. Матюшев, В.В. Инновационные технологии производства экструдированных кормов в учебном хозяйстве КРАСГАУ / В.В. Матюшев, М.Я. Янова, К.Я. Мотовилов, И.А. Чаплыгина // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2012. - №5. – С. 401-404.
127. Медведев, Г.М. Температурные режимы экструзии пищевых масс / Г.М. Медведев и др. // Пищевая промышленность. 2001. - №1. – С. 34-35.

128. Мелякина, Э.И. Анализ содержания железа и кобальта в органах и тканях щуки (*Esox Lucius*) / Э.И. Мелякина, О.Н. Бичарева // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2009. - №2. – С.67-69.
129. Мильто, И.В. Влияние наноразмерных частиц на морфологию внутренних органов мышцы при внутривенном введении раствора нанопорошка Fe_2O_3 / И.В. Мильто, Г.А. Михайлов, А.В. Ратькин, А.А. Магаева // Бюллетень сибирской медицины. – 2008. – № 1. – С.32-36.
130. Минушкин О.Н., Ардатская М.Д.//Российский медицинский журнал, 1999, 3, С.40.
131. Мир материалов и технологий. Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника / под ред. Мальцева П.П. - М.: Техносфера, 2006. - 176 С.
132. Мирошников, С.А. Действие мультиэнзимных композиций на обмен веществ и использование энергии корма в организме птицы / Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. – Оренбург, 2002. – 315 с.
133. Мирошников С.А., Мартыненко С.С., Родионова Г.Б. Влияние ферментных препаратов на обмен меди в организме цыплят-бройлеров Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2000. № 3. С. 58.
134. Мирошников С.А., Муслимова Д.М., Быков А.В. Влияние кавитации на биологическую доступность жирных кислот из отходов масложировой промышленности // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. № 3. С. 53-54
135. Мирошников С.А., Кван О.В., Дерябин Д.Г. Неоднозначность влияния пробиотиков на обмен токсических элементов в организме кур-несушек // Вестник Оренбургского государственного университета. 2006. № 2. С. 142.
136. Мирошников С.А. Гигиеническая оценка селенового статуса Оренбургского региона / С.А. Мирошников, Т.И. Бурцева, Н.А. Голубкина,

С.В. Нотова, А.В. Скальный, О.И. Бурлуцкая // Вестник Оренбургского государственного университета, 2008. - № 12. - С. 97.

137. Мирошников С.А., Лебедев С.В. Диапазон концентраций (референтные значения) химических элементов в теле животных // Вестник Оренбургского государственного университета, 2009. - № 6(112). С. 241-243.

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

139. Мирошников С.А., Муслимова Д.М., Быков А.В., Рахматуллин Ш.Г., Быкова Л.А. Новые подходы к созданию кормовых продуктов на основе поликомпонентных растительно-минеральных смесей, подвергнутых кавитационной обработке. Вестник мясного скотоводства. 2012. № 3 (77). С. 7-11.

140. Мирошникова, Е. П. Биологические особенности и качество продукции кур и карпа при использовании различных энзимсодержащих рационов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук: 06.02.04 / Е. П. Мирошникова. - Волгоград: 2006. - 46 С.

141. Мирошникова, Е.П. Обмен химических элементов в организме карпа при использовании наночастиц кобальта и железа в корме / Е. П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Н.Н. Глущенко, С.П. Василевская // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2012. – № 6. – С. 170-175.

142. Мирошникова, Е.П. Изменение гематологических показателей параметров карпа под влиянием наночастиц металлов / Е. П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов // Достижения науки и техники АПК. – 2013. - №5. – С.55-57.

143. Мирошникова, Е. П. Влияние наночастиц различной дозировки на продуктивность карпа и обмен химических элементов / Е. П. Мирошникова, А. Е. Аринжанов, Ю. В. Килякова // Достижения науки и техники АПК, 2014. - № 5. - С. 30-32.

144. Митрохин, С. Д. / С. Д. Митрохин // Антибиотики и химиотерапия. — 1991. — № 8. — С. 46 – 50.
145. Митрохин, С. Д. Комплексная диагностика лечение и профилактика дисбактериоза (дисбиоза) кишечника в клинике внутренних болезней (Методические рекомендации) / С. Д. Митрохин, М. Д. Ардатская, Е. В. Никушкин и др. — М., 1997. — 45 С.
146. Морохов, И.Д. Физические явления в ультрадисперсных средах / И.Д. Морохов, Л.И. Трусов, В.Н. Лаповок. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 224 С.
147. Муслимова Д.М. Влияние кавитационной обработки на биологическую полноценность и продуктивное действие фуза-отстоя в рационах крупного рогатого скота. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Оренбург, 2013. -113 с.
148. Назарова А.А., Амплеева Л.Е. Возможность применения ультрадисперсных порошков металлов (УДПМ), как стимуляторов роста кроликов. // Сборник научных трудов молодых ученых РГСХА. Рязань, 2006. С. 307-310.
149. Назарова А.А., Полищук С.Д., Чурилов Г.И. и др. Действие на кроликов железа и меди в ультрадисперсной форме при их введении в организм животных с кормом. // Кролиководство и звероводство. 2008. №6. С. 8-10.
150. Назарова А.А., Полищук С.Д. Влияние нанокристаллического железа на минеральный обмен в организме животных. // Сборник тезисов докладов участников «Второго международного конкурса научных работ молодых ученых в области нанотехнологий». Москва, 2009. С. 790-792.
151. Назарова, А.А. Влияние нанопорошков железа, кобальта и меди на физиологическое состояние крупного рогатого скота: Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук: 03.00.13. – М., 2009. – 137 С.

152. Назарова А.А., Полищук С.Д., Чурилов Г.И. и др. Действие на кроликов железа и меди в ультрадисперсной форме при их введении в организм животных с кормом. // Кролиководство и звероводство. 2008. №6. С. 8-10.;
153. Нанотехнологии в биологии и медицине / под ред. Е.В. Шляхто. – СПб.: Любавич, 2009. – 319 С.
154. Насыров, А.Ш. Моделирование процесса экструдирования как объекта управления при переработке материалов растительного происхождения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук – Оренбург, 2004. – 178 С.
155. Натыров А.К. Арилов А. Н. Научные основы микроэлементного питания калмыцкого скота в условиях сухих степей и полупустынь западного Прикаспия. //Международный с/х журнал. 2002. №3. С. 55-56.
156. Натыров А.К., Арилов А.Н. Нормирование минеральных веществ в рационах мясных бычков. //Зоотехния. 2002. №5. С. 19-20.
157. Неретин Н.А. Влияние электроактивированной клинкерной пыли на использование питательных веществ, энергии и мясную продуктивность бычков симментальной породы при откорме на барде // Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. – Оренбург, 2000. – 127 С.
158. Несвижский Ю.В., Богданова Е.А., Зверев В.В. и др. //Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии, 2007, 3, С.57.
159. Нестеров Д.В., Влияние сульфата и микрочастиц цинка на обмен токсических элементов в костной ткани цыплят-бройлеров / О.Ю. Сипайлова, С.В. Лебедев // Вестник Оренбургского государственного университета 2010. №6 (112)
160. Никитенко В.И. // Хирургия, 1990, 9, С.94.
161. Никитина А. Кавитационная технология приготовления кормов // Свиноводство. 2011. № 3. С. 64.

162. Новиков, В.В. Обоснование потребной подачи дозатора пресс-экструдера / В.В. Новиков, В.В. Успенский, Д.В. Беляев // Нива Поволжья. 2009. - №2. – С. 58-61.
163. Нотова С.В. Необходимость учета региональных особенностей в моделировании процессов межэлементных взаимодействий в организме человека / С.В. Нотова, С.А. Мирошников, И.П. Болодурина, Е.В. Дидикина // Вестник Оренбургского государственного университета, 2006. - № 2. С. - 59-63.
164. Орлов В.М., Крыжанов М.В. Получение нанопорошков тантала магниетермическим восстановлением танталатов // Металлы, 2015. - № 4. - С. 93-97.
165. Овсянников, А.И. Основы опытного дела в животноводстве / А.И. Овсянников. – М.: Колос, 1976. – 302 с.
166. Пресняк А.Р. Сбалансированное минеральное питание - одно из условий увеличения продуктивности животных // Сборник научных трудов северокавказского научно-исследовательского института животноводства, 2014. - №3 (1). – С. 259 -263.
167. Остриков, А.Н. Экструзия в пищевой технологии / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2004. – С. 263-281.
168. Перетц, Л. Г. Значение нормальной микрофлоры для организма человека / Л. Г. Перетц. — М., 1955. — 436 С.
169. Пивняк И.Г., Тараканов Б.В. Микробиология пищеварения жвачных, - Москва, 1982. -247 с.
170. Пинегин, В. В. Дисбактериозы кишечника / В. В. Пинегин, В. Н. Мальцев, В. Н. Коршунов. — М., 1984 — 144 С.
171. Попов, В.В. Метод определения переваримости корма «in vitro» /В.В. Попов, Е.Т. Рыбиной // Животноводство. 1983. - №8. – С. 37-39.
172. Попов Е.М. Проблемы белка: химическое строение белка / Е.М. Попов, П.Д. Решетов, В.М. Липкин [и др.]. - М.: Наука, 1995.

173. Постникова, А.В. Химизация в отраслях АПК / А.В. Постникова. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 223 С.
174. Радченко В. Г., Селиверстов П. В., Тетерина Л. А. Дисбиоз кишечника и хронические заболевания печени // Санкт-Петербургские врачебные ведомости. 2010. № 2. С. 61–65.
175. Разумов, В.А. Справочник лаборанта-химика по анализу кормов. Россельхозиздат / В.А. Разумов. – М., 1986. – 302 С.
176. Рахметова А.А., Ранозаживляющие свойства наночастиц меди в зависимости от их физико-химических характеристик / Т.П. Алексеева, О.А. Богословская, И.О. Лейпунский, И.П. Ольховская, А.Н. Жигачь, Н.Н. Глущенко // Российские нанотехнологии. 2010, Т.5. №3-4, С.102.
177. Рогачев Б.Г., Неретин Н.А. Убойные качества, симментальских бычков при различных дозах скармливания электро активированной клинкерной пыли при откорме их на барде // Материалы межрегиональной науч.-практической конференции по проблемам повышения эффективности с.-х. производства. – Оренбург, 1999. – С. 82.
178. Сазонов, А.Э. Развитие медицинских биотехнологий в городе Томске / А.Э. Сазонов, Л.М. Огородова // Инновации, 2006. - № 8. - С. 66-69.
179. Секачева, М. И. Антибиотико-ассоциированная диарея / М. И. Секачева // Консилиум-медикум, 2007 — № 2. — С. 39 – 42.
180. Сенатов Ф.С., Кузнецов Д.В., Калошкин С.Д., Чердынцев В.В. Получение нанопорошков оксидов металлов из солей методом механохимического синтеза // Химия в интересах устойчивого развития, 2009. - Т. 17. - № 6. - С. 641-646.
181. Сенько А.Я., Мирошникова Е.П., Мирошников С.А. Использование ферментного премикса в кормлении курочек // Зоотехния, 1999. - № 11. - С. 19-22.
182. Селиверстов П. В., Радченко В. Г., Сафронова И. Г., Ситкин С. И. Взаимоотношения печени и кишечника на фоне дисбаланса микрофлоры толстой кишки // Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. 2010. № 2–3. С. 15–18.

183. Селиверстов П. В., Чихачева Е., Тетерина Л. Коррекция нарушений микробиоценоза кишечника на фоне хронических заболеваний печени // Врач. 2011. № 3. С. 18–24.

184. Сизова, Е.А. К разработке критериев безопасности наночастиц металлов при введении их в организм животных / Е.А. Сизова, Т.Н. Холодилина, С.А. Мирошников [и др.] // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. — 2011. — № 1. — С. 40-42.

185. Сизова Е.А., Мирошников С.А., Глущенко Н.Н., Лебедев С.В., Рахматуллин Ш.Г. Способ снижения кадмия в теле цыплят - бройлеров // Патент РФ 2468595. - Заявлено 14.04.2011. - Опубликовано 10.12.2012.

186. Скальный А.В. Эколого-физиологическое обоснование эффективности использования макро- и микроэлементов при нарушениях гомеостаза у обследуемых из различных климатогеографических регионов // Диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук. – М., 2000. – 352 С.

187. Скальный А.В. Диагностика и профилактика микроэлементозов с учетом результатов медико-экологической экспертизы // в книге: В.Г. Маймулов, С.В. Нагорный, А.В. Шабров. Основы системного анализа в эколого-гигиенических исследованиях. – СПб.: СПб ГМА им. И.И. Мечникова, 2000 в. – С. 175-200.

188. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. – М.: Изд. дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. – 272 С.

189. Созинов А. С. Системная эндотоксемия при хронических вирусных гепатитах // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2002. № 2. С. 183–185.

190. Соколова, О.Я. Значение экструдированных кормов в регулировании обмена условно токсичных и эссенциальных микроэлементов в организме кур-несушек / О.Я. Соколова, С.А. Мирошников, Е.А. Дроздова, Т.Н. Холодилина // Вестник Оренбургского государственного университета. 2006. - № 12. – С. 232-234.

191. Степанова И.А., Назарова А.А., Полищук С.Д. Возможность применения нанопорошка меди как стимулятора роста животных. // Сборник тезисов докладов участников, Второго международного конкурса научных работ молодых ученых в области нанотехнологий. Москва, - 2009. - С. 813-814.
192. Тараканов Б.В., Николичева Т.А., Манухина А.И. Микрофлора кишечника, иммунный статус и продуктивность цыплят-бройлеров при включении в рацион пробиотика микроцикола // Сельскохозяйственная биология, 2007. - № 2. - С. 87 - 94.
193. Тараканов Б.В., Шманенков Н.А., Коршунов В.Н., и др. Новая система оценки и нормирования протеинового питания коров / Ответственный редактор Б.Д. Кальницкий. - Боровск, - 1989. - 105 с.
194. Тараканов, Б.В. Методы исследования микрофлоры пищеварительного тракта с-х. животных и птицы / Б.В. Таранов. – М.: Научный мир, 2006. – 188 с.
195. Терентьев, В.Ф. Усталость металлических материалов / В.Ф. Терентьев. – М.: Наука, 2003. - 248 С.
196. Ткаченко Е. И., Суворова А. Н. Дисбиоз кишечника: рук-во по диагностике и лечению / под ред. Е. И. Ткаченко. СПб.: Информ Мед, 2009. 278 С.
197. Толочко Н.К., Яковлев В.П., Крауклис А.В. Методические аспекты исследования процессов получения наносuspензий, содержащих углеродные наночастицы // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. 2007. № 1. С. 124-132.
198. Топорова Л.В., Андреев В.В., Топорова И.В. Эффективность использования витабеллина в кормлении лактирующих коров // Зоотехния. 2012. № 9. С. 8-9
199. Томмэ, М.Ф. Полноценное кормление животных в условиях комплексов / М.Ф. Томмэ. // Животноводство. 1973. - № 6. – С. 43-45.

200. Урсова, Н. И. Базовые функции кишечной микрофлоры и формирование микробиоценоза у детей / Н. И. Урсова // Практика педиатра. — Март, 2006. — С. 30 – 37.
201. Успенский Ю. П., Шевяков М. А., Барышников Н. В. Влияние употребления алкоголя на состояние кишечного микробиоценоза у пациентов с хроническим гастродуоденитом // Человек, алкоголь, курение и пищевые аддикции: сб. материалов II междисциплинар. Рос.конгр. СПб., 2008. С. 186.
202. Учайкин, В. Ф. Энтеросорбция эффективный метод этиопатогенетической терапии острых кишечных инфекций / В. Ф. Учайкин, А. А. Новокшенов, Н. В. Соколова // Детские инфекции. — 2005. — № 3. — С. 39 – 43.
203. Федорова, О.И. Оптимизация и автоматизация процесса экструдирования / О.И. Федорова // Вестник Оренбургского государственного университета. 2008. - №2. – С. 222-223.
204. Фисинин, В. И. Современные подходы к кормлению высокопродуктивной птицы / В. И. Фисинин, И. А. Егоров // Птица и птицеводство. 2015. – №3. – С. 27-29.
205. Федосьина Е. А., Жаркова М. С., Маевская М. В. Бактериальная кишечная микрофлора и заболевания печени // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2009. № 6. С. 73–81.
206. Фридберг Р., Пузанова В. Использование минеральных веществ в рационах высокопродуктивных коров. // Молочное и мясное скотоводство. 2003. №5. С. 30-32.
207. Ханин, В.П. Исследование процесса экструдирования растительных материалов: Методические указания для студентов специальности 170600 (МАПП) очн, формы обучения / В.П. Ханин, Р.Ф. Сагитов, И.Б. Рабинович. – Оренбург, 2001. – 12 С.
208. Харламов И.С., Чепелев Н.А. Влияние хелатных микроэлементов на протекание обменных процессов в организме новотельных

высокопродуктивных коров. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 7. С. 45-46

209. Хисса К. Минералы в кормах для коров и телят. // Животноводство России. 2005. №3. С. 42-43.

210. Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Хмелев М.В. Разработка модельного ряда ультразвуковых аппаратов для получения функциональных и конструкционных наноматериалов / В сборнике: VI Ставеровские чтения // Ультрадисперсные порошки, наноструктуры, материалы труды Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, посвященной 30-летию открытия наноалмазов, Бийск - наукоград, Горный Алтай, п. Усть-Сема. организаторы Конференции Сибирский федеральный университет; редколлегия: А. И. Лямкин ответственный редактор, В. Е. Редькин ответственный редактор: Г. А. Чиганова. Красноярск, 2012. - С. 302-303.

211. Холодилина, Т.Н. Эффективность применения различных технологий подготовки лузги гречихи к использованию в рационах животных и птиц. Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Т.Н. Холодилина. – Оренбург, 2006. – 150 С.

212. Холодилина, Т.Н. Биодоступность зольных элементов из экструдат содержащих рационов / Т.Н. Холодилина, С.А. Мирошников, А.И. Гречушкин, Е.А. Дроздова, Г.Б. Зинюхин // Вестник Оренбургского государственного университета. 2007. - № 12. – С. 146-149.

213. Холодилина, Т.Н., Курилкина, М.Я., Кондакова, К.С. Влияние компонентного состава экструдатов на физические и биологические показатели качества кормовой добавки *in vitro* // Вестник мясного скотоводства. 2013. - №.1 (79). – С. 69-72.

214. Хохлов А.С. Низкомолекулярные микробные авторегуляторы. М: Наука, 1988. - 355 С.

215. Хрустов Е.Н., Левина В.В., Рыжонков Д.И., Дзидзигури Э.Л. Получение нанопорошков W-Al₂O₃ керметов химическим методом // Российские нанотехнологии, 2007. - Т. 2. - № 3-4. - С.120-123
216. Чегодаев В.Г. Использование цементной пыли в качестве минеральной подкормки, а в рационе растущих и откормочных бычков // СибНИПТИЖ в научном обеспечении агропромышленного комплекса Сибири. Сборник научных трудов. – Новосибирск, 2000. – С. 159.
217. Чурилов Г.И., Амплеева Л.Е., Назарова А.А., Полишук С.Д. Влияние кобальта на физиологическое состояние и морфо-биохимические показатели крови животных. // Российский медико-биологический вестник им. Академика И.П. Павлова. №4. Рязань, 2007. С. 34-41.
218. Чурилов Г.И., Амплеева Л.Е., Назарова А.А., Полишук С.Д. Воздействие травы вики, обработанной ультрадисперсным порошком железа, на морфо-биохимические показатели крови. // Российский медико-биологический вестник им. академика ИЛ. Павлова. №1. Рязань, 2008. С. 70-74.
219. Чурилов Г.И., Ивановичева Ю.Н., Амплеева Л.Е., Назарова А.А. и др. Введение в рацион кроликов вики, выращенной с использованием ультрадисперсных порошков кобальта. // Кролиководство и звероводство. 2009. №1. С. 16-17.
220. Чурилов Г.И., Ивановичева Ю.Н., Амплеева Л.Е., Назарова А.А. и др. Введение в рацион кроликов вики, выращенной с использованием ультрадисперсных порошков кобальта. // Кролиководство и звероводство. 2009. №1. С. 16-17.).
221. Чухрова М. Г., Перминова Н. Г., Тимофеева И. В. Микробиоценоз кишечника и его роль при алкоголизме // Человек и алкоголь – 2007: сб. материалов I междисциплинар. науч. конгр. СПб., 2007. С. 121.
222. Шацких, Е. В. Результаты использования селенсодержащих добавок в кормлении цыплят-бройлеров /Е. В. Шацких, О. В. Зеленская //

Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2011. – №10. – С. 39-47.

223. Шарвадзе Р.Л., Простокишин А.С., Нимаева В.И., Усанов В.С. Использование минерального премикса в кормлении молодняка крупного рогатого скота и кур в условиях приморья // Зоотехния. 2015. № 12. С. 16-15.

224. Шендеров, Б. А. Медицинская микробная экология и функциональное питание / Б. А. Шендеров. — М., 1998. — Т. 1. — 288 с.

225. Щербаков, П. Л. Сравнительная эффективность энтеросорбентов при диарее у детей / П. Л. Щербаков, В. А. Петухов // Вопросы современной педиатрии. — 2005. — № 4. — С. 85 – 89.

226. Ялалетдинова, Д.И. Оптимизация и автоматизация процесса экструдирования / Д.И. Ялалетдинова, Г.А. Сидоренко // Вестник Оренбургского государственного университета. 2008. - №2. – С. 222.

227. Яушева Е.В. Влияние ультрадисперсных препаратов железа и меди на продуктивность и обмен веществ цыплят – бройлеров. Автореферат диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Оренбург, 2016 -24 с.

228. Яушева Е.В., Исследование биологического действия наночастицы металлов / Е. В. Яушева, С. А. Мирошников, Е. А. Сизова, А. С. Васильченко // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии, 2013. – Т. 11. – № 9. – С. 54 - 59.

229. Ahrari F, Eslami N, Rajabi O, Ghazvini K, Barati S. The antimicrobial sensitivity of *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguis* to colloidal solutions of different nanoparticles applied as mouthwashes. Dent. Res. J. (Isfahan). 2015 Jan-Feb; 12(1):44-49.,

230. Anke, M.K. Trace elements intake and balance of adults in Central Europe / M.K. Anke // TEMA – 10П. Evian.3-7 of May, 1999. – P.33.

231. Anke, M.K. Transfer of macro, trace und ultratrace elements in the food chain / E.Merian, M.Anke, M.Ihnat, Stoeppler // Elements and their compounds in

the environment. Occurrence, analysis and biological relevance. 2nd ed. Eds.: Wiley, VCH Verlag GmbH, 2004. – P.101-126.

232. Applications of magnetic nanoparticles in biomedicine / Q.A. Pankhurst, J. Connolly, S.K. Jones, J. Dobson // *J. Phys. D: Appl. Phys.* - 2003. - Vol. 36(13). - P. R167-R181.

233. Arndt A. Toxicity of manganese metallodrugs toward *Danio rerio* / Borella M.I., Espósito B.P. // *Chemosphere*. 2014 Feb;96:46-50.

234. Astanina K. Superparamagnetic iron oxide nanoparticles impair endothelial integrity and inhibit nitric oxide production / Simon Y., Cavelius C., Petry S., Kraegeloh A., Kiemer A.K. // *Acta Biomater.* 2014 Nov;10(11):4896-911.

235. Barbu E, Molnar E, Tsibouklis J, Gorecki DC. The potential for nanoparticle-based drug delivery to the brain: overcoming the blood–brain barrier. *Expert Opin Drug Deliv*, 2009. - 6(6): 553–565.

236. Berry, C. Functionalization of magnetic nanoparticles for applications in biomedicine / C. Berry, A. Curtis // *J. Phys. D: Appl. Phys.* – 2003. - Vol. 36. – P. R198-R206.

237. Biofunctional magnetic nanoparticles for DNA protein separation and pathogen detection / H. Gu, K. Xu, C. Xu et.al. // *Journal of the American chemical society.* – 2006. - Vol. 14. – P. 941-949.

238. Bisharat G.I., Katsavou I.D., Panagiotou N.M., Krokida M.K., Maroulis Z.B. Investigation of functional properties and color changes of corn extrudates enriched with broccoli or olive paste. / *Food SciTechnol Int.* 2014 Nov 18. Pii.

239. Bogoslovskaya O.A., Sizova E.A., Polyakova V.S. The study of safe introduction of copper nanoparticles with different physical-chemical characteristics into organisms of animals / O.A. Bogoslovskaya, E.A. Sizova, V.S. Polyakova et al // *Bulletin of OSU*, 2009. - 2: 124-127.

240. Bonnemain, B. Superparamagnetic agents in magnetic resonance imaging: physiochemical characteristics and clinical applications—a review / B. Bonnemain // *J. Drug Target.* - 1998. - Vol. 6. - P.167–174.

241. Blanco-Alvarez Victor Manuel , Guadalupe Soto-Rodriguez, Juan Antonio Gonzalez-Barrios, Daniel Martinez-Fong, Eduardo Brambila, Maricela Torres-Soto, Ana Karina Aguilar-Peralta, Alejandro Gonzalez-Vazquez, Constantino Tomás-Sanchez, I. Daniel Limón, Jose R. Eguibar, Araceli Ugarte, Jeanett Hernandez-Castillo, Bertha Alicia Leon-Chavez . Prophylactic Subacute Administration of Zinc Increases CCL2, CCR2, FGF2, and IGF-1 Expression and Prevents the Long-Term Memory Loss in a Rat Model of Cerebral Hypoxia-Ischemia. *Neural Plast*, 2015; 2015: 375391
242. Brioschi A., Zenga F., Zara G.P., Gasco M.R., Ducati A., Mauro A. Solid lipid nanoparticles: could they help to improve the efficacy of pharmacologic treatments for brain tumors? *Neurol Res.* 2007. - Apr; 29(3): 324-30.
243. Brisset, A. Twin screw extruder in confectionery / A. Brisset, J.M. Bouvier // *Confekt. Prod.* 1994. – Vol. 60, N 9. – P. 128-130.
244. Brownian motion of aggregating nanoparticles studied by photon correlation spectroscopy and measurements of dynamic magnetic properties / K. Petersson, D. Ilver, C. Johansson, A. Krozer // *Anal. Chim. Acta.* - 2006. – Vol. 28. - P. 573-574.
245. Brown, D.M., Donaldson, K., Borm P.J. Calcium and ROS-mediated activation of transcription factors and TNF-alpha cytokine gene expression in macrophages exposed to ultrafine particles / D.M. Brown, K. Donaldson, P.J. Borm et al. // *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.* – 2004. –Vol. 286. – P. 344-353.
246. Brunner, T.J. In vitro cytotoxicity of oxide nanoparticles: Comparison to asbestos, silica, and the effect of particle solubility / T. J. Brunner, P.Wick, P. Mauser // *Environ. Sci. And Technol.* - 2006. – Vol. 40. – N 14. - P. 4374–4381.
247. Carbon nanofibers for composite applications / E. Hammel, X. Tang, M. Trampert et al. // *Carbon.* – 2004. - Vol. 42. – P. 1153-1158.
248. Casamassima D., Nardoia M., Palazzo M., Vizzarri F., D'Alessandro A.G., Corino C. Effect of dietary extruded linseed, verbascoside and vitamin E supplements on yield and quality of milk in Lacaune ewes // *J Dairy Res.* 2014 Nov;81(4):485-93.

249. Choi O. et al. The inhibitory effects of silver nanoparticles, silver ions, and silver chloride colloids on microbial growth. *Water Res.* 42, 3066–3074 (2008).
250. Cohen D. Evaluation of topically applied copper(II) oxide nanoparticle cytotoxicity in human skin organ culture / Soroka Y., Ma'or Z., Oron M, Portugal-Cohen M., Brégégère F.M., Berhanu D., Valsami-Jones E., Hai N., Milner Y. // *Toxicol In Vitro*. 2013 Feb;27(1):292-8.
251. Colvin, V. Potential risks of nanomaterials and how to safely handle materials of uncertain toxicity / V. Colvin // *Technology Review*. – 2003. – Vol. 4. – P. 119-128.
252. CortésR.N., GuzmánI.V., Martínez-BustosF. Effects of Some Extrusion Variables on Physicochemical Characteristics of Extruded Corn Starch-passion Fruit Pulp (*Passifloraedulis*) Snacks // *Plant Foods Hum Nutr*. 2014 Dec;69(4):365-71.
253. Dalwai F., Spratt D. A., Pratten J. // *Appl. Environ. Microbiol.*, 2006, 72(5), P. 3678.
254. Davis, S.S. Biomedical applications of nanotechnology - implications for drug targeting and gene therapy / S.S. Davis // *Trends Biotechnol.* – 1997. – V. 15. - P. 217–224.
255. Dobson, G. Gene therapy progress and prospects: magnetic nanoparticle-based gene delivery / G. Dobson // *Gene Therapy*. – 2006. – Vol. 13. – P. 283-287.
256. Dominguez A, Suarez-Merino B, Goni-de-Cerio F. Nanoparticles and blood–brain barrier: the key to central nervous system diseases. *J Nanosci Nanotechnol*, 2014. - 14(1):766–779.
257. Donati E.R., Sand W. Microbial processing metal sulfides. Eds: 2007, Springer, the Netherlands, 314 p.
258. Dostal, A. Iron depletion and repletion with ferrous sulfate or electrolytic iron modifies the composition and metabolic activity of the gut microbiota in rats /A. Dostal, C. Chassard, F. M. Hilty, M. B. Zimmermann, T. Jaeggi, S. Rossi, C. Lacroix // *J. Nutr.* 2012. – №142. – P. 271–277.

259. Franklin N. M. et al. Comparative toxicity of nanoparticulate ZnO, bulk ZnO, and ZnCl₂ to a freshwater microalga (*Pseudokirchneriella subcapitata*): the importance of particle solubility. *Environ. Sci. Technol.* 41, 8484–8490 (2007).
260. Foldvari, M. Carbon nanotubes as functional excipients for nanomedicines. I. Pharmaceutical properties / M. Foldvari, M. Bagonluri // *Nanomedicine NBM.* – 2008. - Vol. 4. – P. 173-182.
261. Garcia-Garcia E, Andrieux K, Gil S, Couvreur P. Colloidal carriers and blood-brain barrier (BBB) translocation: a way to deliver drugs to the brain? *Int J Pharm*, 2005. – 298: 274–292.
262. Gravesen E. High dose intravenous iron, mineral homeostasis and intact FGF23 in normal and uremic rats / Hofman-Bang J., Mace M.L., Lewin E., Olgaard K. // *BMC Nephrol.* 2013 Dec 27;14:281.
263. Guamer F. // *Nutr. Hosp.* 2007, 22, Suppl. 2, P.14.
264. Hagi T, Sasaki K, Aso H, Nomura M Adhesive properties of predominant bacteria in raw cow's milk to bovine mammary gland epithelial cells. *Folia Microbiol (Praha)*. 2013 Nov;58(6):515-22. doi: 10.1007/s12223-013-0240-z. Epub 2013 Mar 27.
265. Hao L., Wang Z., Xing B. Effect of sub-acute exposure to TiO₂ nanoparticles on oxidative stress and histopathological changes in Juvenile Carp (*Cyprinus carpio*) // *J. Environ. Sci. (China)*, 2009. Vol. 21. 1459-1466
266. Holman D.B., Baurhoo B., Chénier M.R. Temporal analysis of the effect of extruded flaxseed on the swine gut microbiota // *Can J Microbiol.* 2014 Oct;60(10):649-59.
267. Hong J. Stabilization of chymotrypsin by covalent immobilization on amine-functionalized superparamagnetic nanogel / Hong J. et al. // *J. of Biotechnology*, - 2007. - Vol. 128. - P. 597–605.
268. Huang J, Xie J, Chen K, et al. HSA coated MnO nanoparticles with prominent MRI contrast for tumor imaging. *Chemical Communications*. 2010;46(36):6684–6686

269. Ivan M Effect of faunation on ruminal solubility and liver content of copper in sheep fed low or high copper diets. *J Anim Sci.* 1988 Jun;66(6):1496-501.
270. Ivan M. Effects of faunation and type of dietary protein on gastric solubility and liver content of copper in sheep. *J Anim Sci.* 1989 Nov;67(11):3028-35.
271. Ivan M, Charmley LL, Neill L, Hidioglou M. Metabolic changes in the rumen following protozoal inoculation of fauna-free sheep fed a corn silage diet supplemented with casein or soybean meal. *Ann Rech Vet.* 1991;22(2):227-38.
272. Immobilization of proteins and enzymes to fine magnetic particles / M. Koneracka, P. Kopcansky, M. Antalík et al. // *J. Magn. Magn. Mater.* – 1999. – Vol. 201. – P. 427-430.
273. Kaper J., Sperandio V. // *Infect. Immun.*, 2005. - 73(6), - P. 3197.
274. Katsuyama M., Ichikawa H., Ogawa S. // *J. Dermatol. Sci.*, 2005. - 38(3). - P.197.
275. Kaur L., Singh I. Microwave grafted, composite and coprocessed materials: drug delivery applications. *Ther Deliv.*, 2016. - Nov 17. - DOI: 10.4155 / TDE-2016-0055.
276. Kaweeteerawat C. et. al. Toxicity of metal oxide nanoparticles in escherichia coli correlates with conduction band and hydration energies. *Environ. Sci. Technol.*, 49, - 1105–1112 (2015).
277. Koziara J.M., Lockman P.R., Allen D.D., Mumper R.J. In situ blood-brain barrier transport of nanoparticles. *Pharmaceutical Research*, 2003. - 20: 1772–1778.
278. Koneracka, M. Direct binding procedure of proteins and enzymes to fine magnetic particles / M. Koneracka, P. Kopcansky, M. Timko et al. // *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic.* – 2002. - Vol. 689. – P. 1-6.
279. Kouassi, G.K. Activity of glucose oxidase functionalized onto magnetic nanoparticles / G.K. Kouassi, J. Irudayaraj, G. McCarty // *BioMagnetic Research and Technology.* - 2005. - Vol. 3(1). – P. 1-10.

280. Kumar R. Size-dependent study of pulmonary responses to nano-sized iron and copper oxide nanoparticles / Nagesha D.K. // *Methods Mol Biol.* 2013;1028:247-64.
281. Lang, C. Biogenic nanoparticles: production, characterization, and application of bacterial magnetosomes / C. Lang, D. Schüler // *J. Phys.: Condens. Matter.* - 2006. - Vol. 18. - P. 2815-2828.
282. Leoni, L. Nanoporous biocapsules for the encapsulation of insulinoma cells: biotransport and biocompatibility considerations / L. Leoni, T.A. Desai // *IEEE Transactions on Bio-medical Engineering.* - 2001. – Vol. 48(11). – P. 1335-1341.
283. Lockman PR, Koziara JM, Mumper RJ, Allen DD. Nanoparticle surface charges alter blood–brain barrier integrity and permeability. *J Drug Target*, 2004. - 12(9–10). – P. 635–641.
284. Lopez-branch JM, Sutter LD. Influence of copper and cobalt in addition to digestion and growth of heifers fed diets containing alfalfa silage or corn plant residues. *J Dairy Sci.* 1992 Jan; 75 (1): 247-56.
285. Liao, M.-H. Immobilization of yeast alcohol dehydrogenase on magnetic nanoparticles for improving its stability / M.-H. Liao, D.-H. Chen // *Biotechnology Letters.* – 2001. - Vol. 23. - P. 1723–1727.
286. Ma J., Quan X., Si X. & Wu Y. Responses of anaerobic granule and flocculent sludge to ceria nanoparticles and toxic mechanisms. *Bioresour. Technol.*, 149, 346–352 (2013).
287. Mathison Y., Thomson I. Cement kiln dust in an all – concentrate diet for feedlot steers. // *Canad. Anim. Sc.* – 1979. – Vol. 59, № 1. – P. 699-705.
288. McLean J., Ona O., Majors P.// *ISME J.*, 2008, 2(2), P.121.
289. Medical application of functionalized magnetic nanoparticles / A. Ito, M. Shinkai, H. Honda, T. Kobayashi // *J. of bioscience and bioengineering.* – 2005. – Vol. 1(100). – P. 1-11.
290. Mertz W. Metabolism and metabolic effects of trace elements. // *Trace elements in Nutrition of Children.* / Ed. By R.K. Chandra. – New York, Vevey Raven Press. – 1985. – P.107-117.

291. Mohamad F. Aslam, David M. Frazer, NunoFaria, Sylvaine F. A. Bruggraber, Sarah J. Wilkins, Cornel Mirciov, Jonathan J. Powell, Greg J. Anderson, and Dora I. A. Pereira 2014. Ferroportin mediates the intestinal absorption of iron from a nanoparticulate ferritin core mimetic in mice FASEB J. Aug; 28(8): 3671–3678.
292. Mu H., Chen Y. & Xiao N. Effects of metal oxide nanoparticles (TiO₂, Al₂O₃, SiO₂ and ZnO) on waste activated sludge anaerobic digestion. Bioresour. Technol. 102, 10305–10311 (2011).
293. Muneer B, Rehman A, Shakoori FR, Shakoori AR Evaluation of consortia of microorganisms for efficient removal of hexavalent chromium from industrial wastewater. Bull Environ Contam Toxicol., 2009 May;82(5):597-600. doi: 10.1007/s00128-009-9662-3. Epub 2009 Jan 30.
294. Neagu M, Piperigkou Z, Karamanou K, Engin AB, Docea AO, Constantin C, Negrei C, Nikitovic D, Tsatsakis A. Protein bio-corona: critical issue in immune nanotoxicology. / Arch Toxicol // 2016, Jul 20. - DOI: 10.1007/s00204-016-1797-5.
295. Nel, A. Toxic Potential of Materials at the Nanolevel / A. Nel, T. Xia, L. Madler // Science. – 2006. – Vol. 311. - P. 622-627.
296. Neubert J, Wagner S, Kiwit J, Bräuer A U, Glumm J New findings about iron oxide nanoparticles and their different effects on murine primary brain cells Int J Nanomedicine. 2015; 10: 2033–2049. Published online 2015 Mar 13. doi: 10.2147/IJN.S74404
297. Newton Y., Hale O. Cement kiln carboxylin as feed additives for swine // I. Anim. Sci. – 1979. – Vol. 49, № 4. – P. 208-914
298. Ni S., Ni J., Yang N. & Wang J. Effect of magnetic nanoparticles on the performance of activated sludge treatment system. Bioresour. Technol. 143, 555–561 (2013).
299. Nishida I. Precipitation of calcium carbonate by ultrasonic irradiation / Ultrason Sonochem.// 2004 Sep;11(6):423-8.

300. Ostrowski M, Sklodowska A, Kunicki-Goldfinger W. 1990. Bacterial leaching of copper alkaline and neutral postflotation wastes with the use of brown coal. *Acta Microbiol Polon* 39, p. 71-78.
301. Ostrowski M, Sklodowska A. 1993. Bacterial and chemical leaching pattern on copper ores of sandstone and limestone type. *World J Microbiol Biotechnol* 9, p. 328-333.
302. Ostrowski M, Sklodowska A. 1996. Acid leaching in alkaline environment. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Biol Sci* 44: 279-283;
303. Oszlanczi G, Vezér T, Sárközi L, Horváth E, Kónya Z, Papp A. Functional neurotoxicity of Mn-containing nanoparticles in rats. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2010 Nov;73(8):2004-9. doi: 10.1016/j.ecoenv.2010.09.002. Epub 2010 Sep 21.
304. Opoku E.Y., Classen H.L. The effects of extrusion of wheat distillers dried grains with solubles with or without an enzyme cocktail on performance of turkey hen poults/ T.A. Scott // *PoultSci.*2015Jan16.PII: peu004.
305. Peña-Rosas Juan, P. Daily oral iron supplementation during pregnancy / P. Peña-Rosas Juan, M. De-Regil Luz, T. Dowswell, E. Viteri Fernando // In *Cochrane Database of Systematic Reviews*, John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, 2012 UK.
306. Pino F, Heinrichs AJ. Effect of trace elements and starch digestibility and rumen fermentation in diets for dairy heifers. *J Dairy Sci.* 2016 April; 99 (4): 2797-810. DOI: 10, 3168 / jds.2015-10034. Epub 2016 February 3.
307. Podolski I.Y., Podlubnaya Z.A., Kosenko E.A., Mugantseva E.A., Makarova E.G., Marsagishvili L.G., Shpagina M.D., Kaminsky Y.G., Andrievsky G.V., Klochkov V.K. Effects of hydrated forms of C60 fullerene on amyloid 1-peptide fibrillization in vitro and performance of the cognitive task. *J Nanosci Nanotechnol.* 2007. - Apr-May. - 7(4-5):1479-85.
308. Popel S.I., Adushkin V.V., Golub' A.P. Nanoscale particles in technological processes of beneficiation / *Beilstein J Nanotechnol.* 2014 Apr 11; 5:458-65.

309. Rehn, B. Investigations on the inflammatory and genotoxic lung effects of two types of titanium dioxide: untreated and surface treated / B. Rehn, F. Seiler, S. Rehn et al. // Toxicol. Appl. Pharmacol. – 2003. – Vol. 189. – P. 84-95.

310. Rehman A, Shakoori FR, Shakoori AR Multiple metal resistance and uptake by a ciliate, *Stylonychia mytilus*, isolated from industrial effluents and its possible use in wastewater treatment. Bull Environ Contam Toxicol., 2007 Oct; 79(4):410-4. Epub 2007 Sep 14.

311. Rehman A, Ashraf S, Qazi JI, Shakoori AR. Uptake of lead by a ciliate, *Stylonychia mytilus*, isolated from industrial effluents: potential use in bioremediation of wastewater. Bull Environ Contam Toxicol. 2005 Aug;75(2):290-6

312. Roco M.M. The long view of nanotechnology development: the national Nanotechnology Initiative at 10 years. J.Nanopart. Res, 2011. - 13, - 427-447.

313. Rohner F., Ernst F.O., Arnold M. and ect. Synthesis, characterization, and bioavailability in rats of ferric phosphate nanoparticles J Nutr. 2007. Mar. 137(3):614-9

314. Roohi F, Lohrke J, Ide A, Schütz G, Dassler K. Studying the effect of particle size and coating type on the blood kinetics of superparamagnetic iron oxide nanoparticles. Int J Nanomedicine. 2012; 7:4447–4458;

315. Rusetski, A.N., Ruuge E.K. Magnetic fluid as a possible drug carrier for thrombosis treatment / A.N. Rusetski, E.K. Ruuge // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 1990. - Vol. 85. – P. 299– 302.

316. Ruparelia JP, Chatterjee AK, Duttagupta SP, Mukherji S. Strain specificity in antimicrobial activity of silver and copper nanoparticles // ActaBiomater, 2008. – 4: 707–716.

317. Schins,R.P. Oxidant-induced DNA damage by quartz in alveolar epithelial cells / R.P. Schins, A.M. Knaapen, G.D. Cakmak et al. // Mutat. Res, 2002. – Vol. 517(1-2). – P. 77 - 86.

318. Sachdeva AK, Misra S, Pal Kaur I, Chopra K. Neuroprotective potential of sesamol and its loaded solid lipid nanoparticles in ICV-STZ-induced cognitive deficits: behavioral and biochemical evidence. *Eur J Pharmacol.* 2015 Jan 15; 747:132-40. doi: 10.1016/j.ejphar.2014.11.014. Epub 2014 Nov 20.
319. Silva GA. Nanotechnology approaches to crossing the blood-brain barrier and drug delivery to the CNS. *BMC Neurosci*, 2008. - 9(Suppl 3): - S4.
320. Sizova EA, Miroshnikov SA, Poliakova VS, Lebedev SV, Glushchenko NN. Copper nanoparticles as modulators of apoptosis and structural changes in some organs. *Morfologiya*. 2013;144(4):47-52.
321. Su L., Shi X., Guo G., Zhao A. & Zhao Y. Stabilization of sewage sludge in the presence of nanoscale zero-valent iron (nZVI): abatement of odor and improvement of biogas production. *J. Mater. Cycles Waste Manage.* 15, 461–468 (2013)
322. Vázquez-Armijo JF, Martínez-Tinajero JJ, López D, Salem AF, Rojo R. In vitro gas production and dry matter degradability of diets consumed by goats with or without copper and zinc supplementation. *Biol Trace Elem Res.* 2011 Dec; 144(1-3):580-7. doi: 10.1007/s12011-011-9113-y. Epub 2011 Jun 21
323. Veira D.M. The role of ciliate protozoa in nutrition of the ruminant. *J Anim Sci.*, 1986. - Nov; 63(5):1547-60.
324. Vilatovich, L. La tecnologia della pasta alimentare / L. Vilatovich, G. Mondelli Chiriotti Editori., 2000. – 230 p.
325. Wang RL, Liang JG, Lu L, Zhang LY, Li SF, Luo XG. Effect of zinc source on performance, zinc status, immune response, and rumen fermentation of lactating cows. *Biol Trace Elem Res.* 2013 Apr;152(1):16-24. doi: 10.1007/s12011-012-9585-4. Epub 2013 Jan 3
326. Wang H., Sun X., Liu Z. and ect. // Creation of nanopores on graphene planes with MgO template for preparing high-performance super capacitor electrodes *Nanoscale.* 2014. Vol. 6. 6577–6584. <http://dx.doi.org/10.1039/C4NR00538D>

327. Wang Y., Zhang T., Ren G., Yang Z. Effects of nanoparticle zinc oxide on spatial cognition and synaptic plasticity in mice with depressive-like behaviors. *Journal of Biomedical Science*. 2012; 19(1):1–11. doi: 10.1186/1423-0127-19-14.
328. Wang T, Zhang D, Dai L, Chen Y, Dai X. Effects of Metal Nanoparticles on Methane Production from Waste-Activated Sludge and Microorganism Community Shift in Anaerobic Granular Sludge. *Sci Rep*. 2016 May 11; 6: 25857. doi: 10.1038/srep25857
329. Wang, C. Effects of copper-loaded chitosan nanoparticles on growth and immunity in broilers / C. Wang, M.Q. Wang, S.S. Ye, W.J. Tao, Y.J. Du // *Poult Sci*. 2011. – №90 (10). – P. 2223-2228.
330. William E. Wheeler Cement Kiln Dust – A Potential Feed Ingredient for Livestock? *Cereal Foods world*. – 1978. Vol. 23. № 6. – P. 296-299.
331. Xun W Shi of L, W Yue, Zhang C, Ren Y, Liu Q. Effect of high doses of nano-selenium yeast and selenium feed digestibility, rumen fermentation and purine derivatives in sheep. *Biol Trace Elem Res*. 2012 December, 150 (1-3): 130-6. DOI: 10.1007 / s12011-012-9452-3. Epub 2012 Jun 14.
332. Yu, S. S. Size- and charge-dependent non-specific uptake of PEGylated nanoparticles by macrophages / S. S. Yu, C.M. Lau, S. N. Thomas, W. G. Jerome, D. J. Maron, J. H. Dickerson, J. A. Hubbell, T. D. Giorgio // *Int J Nanomedicine*. 2012. – №7. – P. 799-813.
333. Yausheva Elena, Sizova Elena, Lebedev Svyatoslav, Skalny Anatoliy, Miroshnikov Sergey, Plotnikov Andrey, Khlopko Yuri, Gogoleva Natalia, Cherkasov Sergey. Influence of zinc nanoparticles on survival of worms *Eisenia fetida* and taxonomic diversity of the gut microflora // *Environ Sci Pollut Res*, DOI 10.1007/s11356-016-6474-y.
334. Zhang L., Jiang Y., Ding Y., Povey M. & York D. Investigation into the antibacterial behaviour of suspensions of ZnO nanoparticles (ZnO nanofluids). *J. Nanopart. Res.*, 2007. - 9, - 479–489.

335. Zhou S, Zhang C, Xiao Q, Zhuang Y, Gu X, Yang F, Xing C, Hu G, Cao H Effects of Different Levels of Molybdenum on Rumen Microbiota and Trace Elements Changes in Tissues from Goats. *Biol Trace Elem Res*. 2016 Nov; 174(1):85-92. Epub 2016 May 5.
336. Zhou X, Wang Y Influence of dietary nano elemental selenium on growth performance, tissue selenium distribution, meat quality, and glutathione peroxidase activity in Guangxi Yellow chicken. *Poult Sci*. 2011 Mar; 90(3):680-6. doi: 10.3382/ps.2010-00977.
337. Zhang L., Jiang Y., Ding Y., Povey M. & York D. Investigation into the antibacterial behaviour of suspensions of ZnO nanoparticles (ZnO nanofluids). *J. Nanopart. Res.* 9, 479–489 (2007).
338. Zhang J., Wang H., Yan X. and ect. Comparison of short-term toxicity between Nano-Se and selenite in mice // *Life Sci*. 2005. Vol. 76. 1099–1109. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lfs.2004.08.015>
339. Zhigach A.N. Plant for production and study of physical and chemical properties of metal nanoparticles / A.N. Zhigach, I.O. Leipunsky, M.L. Kuskov, N.I. Stoenko, V.B. Storozhev // *Instruments and Experimental Techniques.*, 2000. 6: 122-127

8.ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Содержание питательных веществ в опытных кормах

Экструдированный корм	Сухое в-во, %	Состав сухого вещества, %			
		жир	протеин	клетчат ка	БЭВ
Ячмень	90,0	2,5	15,5	4,9	74,2
Ячмень + ракушечник кавитированный	92,5	2,55	17,2	5,7	69,8
Ячмень + ракушечник не кавитированный	92,3	2,7	16,5	5,7	69,6

Приложение 2. Поступление и переваримость питательных веществ, кг\голову в сутки

Группа	Сухое веществ о	Органическо е вещество	Сырой протеи н	Сыро й жир	Сырая клетчатк а	БЭВ
Контрольна я	5740 ± 63,5	5458,7 ± 61,2	796,4 ± 4,1	156,4 ± 1,05	1108,4 ± 8,1	3397, 5 ± 12,3
I опытная	5810,4 ± 72,1	5524,9 ± 63,3	802,0 ± 1,2	158,7 ± 1,09	1128,2 ± 3,2	3436, 0 ± 4,5
II опытная	5910,7 ± 73,4	5623,1 ± 65,1	813,3 ± 1,1	160,5 ± 0,92	1161,5 ± 2,9	3487, 8 ± 5,2

**Приложение 3. Состав и питательность контрольного рациона,
кг/гол в сутки**

Показатель	Суточная дача, кг
Сено суданки	3,0
Силос кукурузный	3,0
Дерть ячменная	2,5
Солома пшеничная	1,0
Патока кормовая	0,3
Соль поваренная	33
Премикс	25
В рационе содержится	
сухого вещества, кг	6,1
корм. ед., кг	6,9
обменной энергии, МДж	68,3
протеина: сырого, г	808
переваримого, г	555
меди, мг	19,3
цинка, мг	217
железа, мг	828

**Приложение 4. Поступление и переваримость питательных
веществ, кг\голову в сутки**

Группа	Сухое вещество	Органическое вещество	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ
Принято с кормом						
Контрольная	4,70	4,45	0,66	0,12	0,79	2,62
I опытная	4,93	4,67	0,77	0,11	0,85	2,72
II опытная	5,18	4,90	0,71	0,12	0,92	2,83
III опытная	5,04	4,77	0,72	0,13	0,99	2,93
IV опытная	5,23	4,96	0,74	0,13	1,05	3,04
Переварено						
Контрольная	3,47	3,34	0,43	0,085	0,49	2,08
I опытная	3,72	3,57	0,49	0,081	0,55	2,19
II опытная	3,92	3,76	0,48	0,087	0,58	2,29
III опытная	3,75	3,60	0,47	0,092	0,64	2,30
IV опытная	3,97	3,86	0,51	0,103	0,69	2,48