

ТОДОРОВСКИ КИРИЛ

**МЯСНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И САНИТАРНО-
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МЯСА УТОК ПРИ
ПРИМЕНЕНИИ НАНОСТРУКТУРНОГО БЕНТОНИТА В КОРМЛЕНИИ
И ОБРАБОТКЕ ИНКУБИРУЕМЫХ ЯИЦ**

4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная
экспертиза и биобезопасность

1.5.5. Физиология человека и животных

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Казань-2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана»

Научные руководители: **Волков Ренат Алиевич** – кандидат биологических наук, доцент
Ежкова Асия Мазетдиновна – доктор биологических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Козак Сергей Степанович** – доктор биологических наук, руководитель испытательного лабораторного центра Всероссийского научно-исследовательского института птицеперерабатывающей промышленности – филиал ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» Российской академии наук

Дежаткина Светлана Васильевна – доктор биологических наук, доцент, заведующая кафедрой морфологии и физиологии, кормления, разведения и частной зоотехнии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

Защита диссертации состоится «27» декабря 2023 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.016.02 при ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана» по адресу: 420029, г. Казань, Сибирский тракт, 35.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана» и на сайте <https://kazanveterinary.ru>

Автореферат разослан «__» _____ 2023 г. размещен на сайтах: <http://www.vak.ed.gov.ru> и <https://kazanveterinary.ru>

Ученый секретарь
диссертационного совета

Ленар Рафикович Загидуллин

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В основу государственной программы «Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» входит долгосрочное улучшение санитарно-гигиенических, биологических и пищевых характеристик продуктов питания (Распоряжение Правительства РФ, 29.06.17 г., №1364-р). В последние годы, с учетом современного состояния рынка кормовых добавок по импортозамещению, появилось огромное количество недостаточно контролируемых отечественных препаратов для животных, которые могут оказывать существенное влияние на качество конечного продукта животноводства (Айметов Р.В., Якимов О.А., 2017; Данилова А.А., 2018; Ёылдырым Е.А., и др., 2019; Алимов И.Ф. и др., 2021). Удельный вес нестандартных проб продуктов из мяса в период с 2020 по 2022 годы увеличился до 4%. Поэтому, актуальной задачей первостепенной важности является повышение санитарного контроля по обеспечению качества и безопасности продуктов питания животного происхождения.

На современном этапе отмечается активное развитие утководства ввиду получения быстрого мяса высокого биологического и пищевого качества. В птицеводстве инкубация играет ключевую роль в обеспечении сохранности поголовья и продуктивного здоровья птиц. Удовлетворение организма в питательных веществах, особенно в минеральном питании, играет важную роль в росте, развитии птиц, минерализации тканей и формировании пера, обеспечении репродуктивной способности и улучшении качества продукции утководства. Для заводчиков уток обеспечение минерального питания необходимо не только для реализации их мясной и яичной продуктивности, но и для поддержания нормального развития эмбрионов в инкубируемых яйцах (Галин Р.Ф., и др., 2017; Лукпанова К.В., Порошин К.В., 2018; Biswas S., 2019; Ismoyowati I., 2019; Li S., 2019; Гадиев Р.Р., и др., 2020; Wang H., 2020; Веревкина М.Н., 2021; Мишанин Ю.Ф., и др., 2021; Шарипова Д.М., и др., 2022; Маслова Н.А., и др., 2022).

В последние годы в качестве кормовых добавок нового поколения используют добавки на основе наноструктурных минералов. Общеизвестно, что природные агроминералы богаты биогенными макро- и микроэлементами, восполняют минеральное питание, стимулируют процессы пищеварения и повышают усвояемость питательных веществ в живых организмах, обеспечивает увеличение приростов живой массы на 5-7% (Папуниди К.Х. и др., 2019; Семенов Э.И. и др., 2021; Якимов А.В. и др., 2022). Многие исследователи считают кормовые добавки на основе наноструктурных агроминералов эффективными, положительно влияющими на статус здоровья животных и продуктивность. Применение их обеспечивает более интенсивное увеличение приростов живой массы на 12-15% и улучшает качественные показатели мяса (Мотина Т.Ю. и др., 2012; Герасимов А.П. и др., 2015; Ежков В.О. и др., 2019).

Среди природных агроминералов бентонит является уникальным по ионообменным, каталитическим и сорбционным действиям, а усиление его свойств за счет наномодификации повышает эффективность действия в

организме. В научной литературе единичными являются исследования по влиянию наноструктур бентонита на развитие эмбрионов при обработке инкубируемых яиц уток, и на ветеринарно-санитарные показатели и биобезопасность мяса при применении наноструктур в рационах уток.

Степень разработанности темы. В различных секторах экономики зарубежные и отечественные исследователи активно трудятся над разработкой новых наноматериалов, содержащих высокоактивные частицы, изучают способы их введения в организм животных, определяют дозы применения и разрабатывают технологии использования разным видам сельскохозяйственных животных (Петенко А.И., 2017; Choudhary R.C., 2017; Hill E.K., Li J., 2017; Burdusel A.C., 2018; Anisimov S.V., 2019; El-Sayed A., Kamel M., 2020; Ларина Ю.В. и др., 2021; Алимов И.Ф. и др., 2022; Мотина Т.Ю. и др., 2022).

Большинство научных исследований, проводимых в мировой практике, в области создания новых наноматериалов, акцентируется на исследовании безопасности их применения в отношении животных и человека, а также на разработке методов целенаправленной доставки наночастиц к органам и тканям. Существуют отдельные исследования, посвященные анализу механизму действия наночастиц, полученных из минеральных источников, на показатели продуктивности и качество продукции, производимой птицами (Beedie S.L., 2016; Carvalho S.G., 2017; Baeza E., 2018; Meena N., 2018; Giri V.P., 2019; Youssef F.S., 2019; Osama E., 2020; Lima A.C., 2021).

Объектом серьезного интереса российских ученых является изучение действия кормовых добавок на основе природного сырья – агроминералов для оптимизации метаболизма, увеличения продуктивности и улучшения качества мясного сырья сельскохозяйственных и птиц. Одновременно с этим, научные исследования в области биологии, особенно в контексте использования нанотехнологий, играют важную роль в практическом животноводстве и птицеводстве (Аржанкова Ю.В., и др., 2019; Гарькун В.И., 2019; Красочко П.А. и др., 2021).

В ряде работ региональных авторов представлены результаты исследования фармако-токсикологических свойств наноструктурных агроминералов – цеолитов, вермикулитов, фосфоритов, сапропеля и их воздействия на увеличение живой массы птицы и сохранность поголовья. Авторы установили положительное влияние на метаболизм цыплят-бройлеров, гусей, качественные характеристики их мяса и мясных продуктов, полученных с использованием наноструктурных агроминеральных добавок (Скрябин В. А. 2017; Ежков В.О. 2018; Янущик А. Н. 2018; Алимов И.Ф. и др., 2021).

Имеются единичные исследования по обработке наночастицами инкубируемых яиц *in ovo*, и влиянию этой обработки на живую массу птиц в ранний постнатальный онтогенез. Имеются разрозненные сведения по влиянию наноструктурных агроминералов в виде кормовых добавок на увеличение мясной продуктивности уток и улучшение качества мясного сырья.

Работа является частью плановых научно-исследовательских работ федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанская государственная академия ветеринарной

медицины имени Н.Э. Баумана» (ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ) межкафедральной лаборатории иммунологии и биотехнологии по теме: «Безопасность растениеводческой и животноводческой продукции» и кафедры физиологии и патологической физиологии по теме: «Неинвазивные методы исследования развития эмбрионов птиц».

Цель и задачи исследований. Целью работы стало изучение мясной продуктивности и оценка качества мяса уток при применении наноструктурного бентонита в рационе кормления и при обработке инкубируемых яиц.

Для реализации этой цели были определены следующие задачи:

1. Визуализировать эмбриональное развитие уток неинвазивными методами овоскопии, анатомирования, рентгенографии и магнитно-резонансной томографии, дать их сравнительную оценку, определить критерии и физиологически обоснованные сроки для обработки инкубационных яиц наноструктурным бентонитом.

2. Изучить влияние обработки инкубируемых яиц наноструктурным бентонитом на элементный состав эмбрионов и динамику живой массы в ранний постнатальный онтогенез птенцов;

3. Изучить гематологические, росто-весовые показатели, сохранность поголовья и мясную продуктивность уток, получавших в кормлении наноструктурный бентонит в виде кормовой добавки;

4. Провести ветеринарно-санитарную экспертизу тушек и внутренних органов, определить химический состав, энергетическую и пищевую ценность, органолептические, физико-химические, микробиологические показатели мяса уток, получавших в кормлении наноструктурный бентонит;

5. Определить экономическую эффективность применения наноструктурного бентонита в виде кормовой добавки в утководстве.

Научная новизна работы. Впервые методом магнитно-резонансной томографии получены изображения эмбрионального развития уток. Проведен сравнительный анализ с изображениями, полученными методами овоскопии, анатомирования, рентгенографии, и установлена высокая степень их сопоставимости. Установлены физиологически обоснованные сроки и способ обработки поверхности инкубируемых яиц наноструктурным бентонитом для доставки наночастиц *in ovo*. Новизна полученных результатов подтверждена тремя свидетельствами о государственной регистрации базы данных в ФИПС РФ. Впервые показано положительное действие наноструктурного бентонита на росто-весовые, гематологические показатели, мясную продуктивность и качество мяса уток. Установлено улучшение органолептических, физико-химических, микробиологических свойств, химического состава и пищевой ценности мяса уток.

Теоретическая и практическая значимость работы. Дана визуализация и сравнительная интерпретация эмбрионального развития уток неинвазивными методами овоскопии, анатомирования, рентгенографии и магнитно-резонансной томографии. Научно обосновано применение наноструктурного бентонита, способы и физиологически обоснованные сроки обработки инкубируемых яиц для улучшения роста и развития утят в ранний постнатальный онтогенез уток.

Теоретически обосновано применение наноструктурного бентонита в кормлении уток для улучшения метаболизма, увеличения мясной продуктивности и повышения качества продукции утководства. Дана сравнительная оценка эффективности применения бентонита и наноструктурного бентонита в кормлении уток.

Практическая ценность работы определяется разработкой способов и сроков обработки яиц в период инкубации и при использовании в виде кормовой добавки в кормлении уток. По результатам исследований рекомендовано в практическое утководство использование наноструктурного бентонита в виде кормовой добавки в количестве 1,2% к сухому веществу рациона.

Результаты научных исследований внедрены в ООО «Фермерское хозяйство «Рамаевское» Лаишевского района Республики Татарстан (РТ). Материалы диссертации используются в учебном процессе ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ и ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» при чтении лекций и проведении лабораторно-практических занятий со студентами.

Методология и методы исследований. При исследовании эмбрионального развития уток и обработке инкубируемых яиц использовали методы овоскопии, анатомирования, рентгенографии, магнитно-резонансной томографии и элементного анализа эмбрионов. При применении наноструктурного бентонита в виде кормовой добавки использовали морфологические, биохимические методы исследования, определяли показатели роста и развития уток. Ветеринарно-санитарную экспертизу тушек и оценку качества мяса уток проводили с применением органолептических, химических, физико-химических, биохимических и микробиологических методов. Экономическую эффективность применения разных форм бентонита определяли по Никитину И.Н. и соавт. (2006) с учетом актуализированных цен. Статистическую обработку цифрового экспериментального материала проводили в программе Microsoft Office Excel 2022, для определения значимости различий использовали t-критерий Стьюдента. Нормальность распределения проверяли методом моментов, а однородность дисперсий – с помощью критерия Фишера.

Библиографический список использованных литературных источников оформляли в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Сравнительная оценка результатов визуализации инкубируемых яиц методами овоскопии, анатомирования, рентгенографии и магнитно-резонансной томографии установила возможность неинвазивного исследования эмбрионального развития уток и определила физиологически обоснованные сроки обработки яиц наноструктурным бентонитом.

2. Обработка поверхности инкубируемого яйца суспензией наноструктурного бентонита оказывает положительное воздействие на элементный состав эмбриона и увеличивает прирост живой массы утят в ранний постнатальный онтогенез.

3. Наноструктурный бентонит в виде кормовой добавки положительно воздействует на рост-весовые, гематологические показатели и мясную продуктивность уток.

4. Ветеринарно-санитарная экспертиза тушек, органолептические, физико-химические, микробиологические показатели, химический состав и пищевая ценность мяса уток, получавших в кормлении наноструктурный бентонит, характеризуются лучшими значениями в сравнении с контрольными.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность научных исследований подтверждается использованием в работе разноплановых методик, современного оборудования и приборов. Обусловлена значительным объемом экспериментального материала, постановкой лабораторных экспериментов с применением эмбрионов уток и научно-производственного опыта в условиях птицеводческого предприятия с использованием достаточного поголовья уток. Достоверность полученных результатов подтверждается статистической обработкой цифровых результатов методами вариационной статистики. Основные результаты исследований доложены, обсуждены и одобрены на годовых отчетах по итогам НИР межкафедральной лаборатории иммунологии и биотехнологии и итоговых заседаниях кафедры физиологии и патологической физиологии ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ в период 2020-2022 гг., международных научно-практических конференциях (Казань, 2020, 2022; Томск 2021, 2023; Москва 2021, 2022; Воронеж 2023), Всероссийском конкурсе на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых вузов Минсельхоза России в номинация «Ветеринария» категории «Аспиранты и молодые ученые» (Казань, 2022; Москва 2022).

Личный вклад соискателя состоит в изучении и анализе большого объема научных источников по теме диссертации, поиске объектов исследования, проведении экспериментов и научно-производственного опыта, получении первичных материалов и их биометрической обработке, самостоятельном формулирование положений, заключения и выводов диссертации, апробации полученных результатов на научных конференциях различного уровня.

Публикации результатов исследования. Основное содержание диссертации и ее научные положения опубликованы в 8 печатных работах, в том числе четыре статьи – в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных журналов и изданий, определенных ВАК Минобрнауки России, и в трех свидетельствах о государственной регистрации базы данных ФИПС РФ.

Объем и структура работы. Диссертационное исследование изложено на 159 страницах компьютерного текста, включая приложения, и состоит из следующих разделов: введение, обзор литературы, материалы и методы исследования, результаты собственных исследований, заключение, список литературы, список сокращений и условных обозначений, список иллюстративного материала и приложения. В работе представлены 15 таблиц и 32 рисунка. Список литературы содержит 222 источника, из которых 40 являются зарубежными.

2 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Материал и методы исследования

Работа выполнена в ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ в межкафедральной лаборатории иммунологии и биотехнологии в соответствии с планом научно-исследовательских работ по теме: «Безопасность растениеводческой и животноводческой продукции» и на кафедре физиологии и патологической физиологии по теме: «Неинвазивные методы исследования развития эмбрионов птиц». Объем и направления исследований представлены в рисунке 1.

Объектами исследований стали: бентонит Тарн-Варского месторождения РТ – 4 пробы, наноструктурный бентонит – 3 пробы, инкубационные утиные яйца и эмбрионы – 190 штук, утки мясные пекинские кросс «STAR-53 средний» – 200 птиц, их органы и ткани.

Состав бентонита Тарн-Варского месторождения РТ определяли на атомно-абсорбционном спектрометре «Aanalyst 400» PerkinElmer Inc. (США). Химический состав представлен, в %: SiO_2 – 66,6; TiO_2 – 0,6; Al_2O_3 – 17,04; Fe_2O_3 – 5,5; MnO – 0,03; CaO – 0,8; MgO – 1,5; Na_2O – 0,2; K_2O – 2,6; P_2O_5 – 0,1; SO_3 – 0,4; п.п.п. – 5,1. Минеральный состав, в %: монтмориллонит – 80,0-82,0; гидрослюда – 6,0-8,0; каолинит – 6,0 и кварц – 5,0-7,0. Для изготовления наноструктурного бентонита использовали метод ультразвукового воздействия, для аттестации наноструктур – метод прерывисто-контактной атомно-силовой микроскопии. Наноструктурный бентонит с размером частиц 50-100 нм изготавливали методом ультразвукового диспергирования бентонита при частоте 18,5 кГц ($\pm 10\%$). Выходная мощность ультразвуковой установки УЗВ 28/200 МП РЭЛТЭК (Россия) составляла 80 Вт, амплитуда колебаний ультразвукового волновода – 5 мкм, длительность воздействия – 20 минут, наночастицы стабилизировали деионизированной водой в концентрации 1:4 (Ежков В.О. и др., 2018). Аттестацию полученного нанобентонита проводили на сканирующем зондовом микроскопе MultiMode V фирмы Veeco (США).

Для инкубирования яиц использовали автоматический инкубатор «Матрица ВЕГАС» д10 (Россия). На протяжении инкубации, ежедневно проводили анатомирование и морфометрию яйца и эмбриона. Все манипуляции с эмбрионами проводили ежедневно в 16:00, в течение всего периода инкубации.

При исследовании эмбрионального развития уток и обработке инкубируемых яиц использовали методы овоскопии, анатомирования, рентгенографии, магнитно-резонансной томографии и элементного анализа эмбрионов. Для овоскопии инкубируемых яиц использовали настольный овоскоп «ОН-10» (Россия), для рентгенографии – рентгеновский аппарат Dongmun DIG-360 с плоскочастотным детектором рентгеновского излучения Rayence 1717 SGC и программой для чтения снимков Xmaru View V1 (Корея). Рентгенологическое исследование и съемку инкубируемых яиц проводили ежедневно в 16:00 часов, в боковой проекции с экспозицией 4maS и напряжением 52kV.

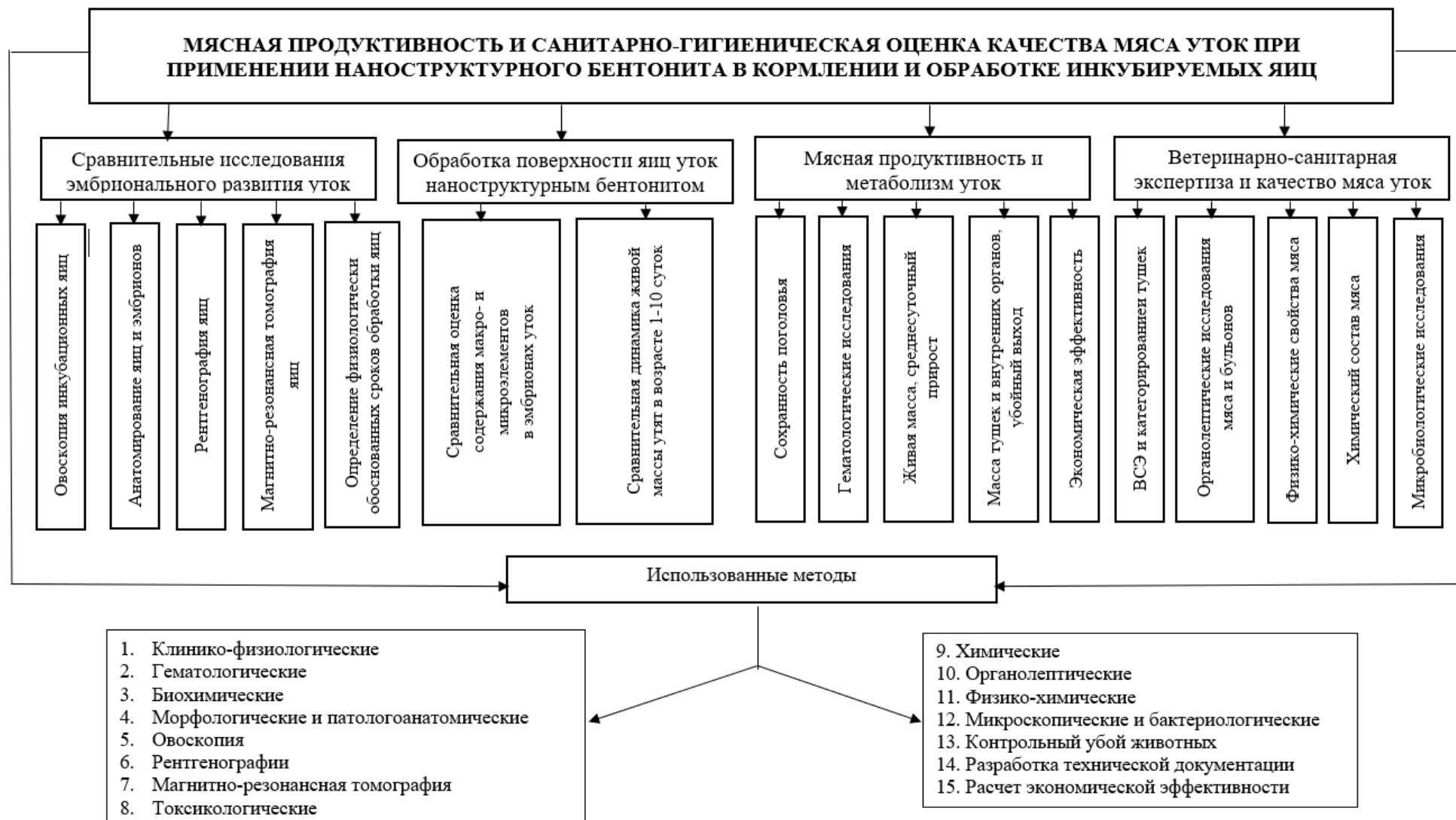


Рисунок 1 – Направления исследований

Для магнитно-резонансной томографии использовали магнитно-резонансный томограф, разработанный в лаборатории методов медицинской физики КФТИ – ОСП ФГБУН ФИЦ КазНЦ РАН (Россия), получали МРТ-изображение с контрастом по T1 (TR=500 мс, TE=20 мс) (Международные рекомендации (этический кодекс) по проведению медико-биологических исследований с использованием животных., 1985; Шагалов В.А., и др., 2017; Баязитов А.А., и др., 2020). Выражаем благодарность кандидату физико-математических наук Фаттахову Яхье Валеевичу за представленную возможность провести исследования эмбрионов уток методом магнитно-резонансной томографии и консультативное сопровождение.

Изображения яиц и анатомированных эмбрионов получали с помощью камеры устройства iPhone 13pro, разрешением 12 Мп (США). Микроскопические снимки получали с помощью микроскопа – MODEL Microscope: N-400M RATING 220-240V ~ 50/60HZ 0.4A HFLOGEN LFMP 6V 20W № 00186, с увеличением 40/0.65 160/0.17. Взвешивание эмбрионов проводили на весах II класса точности 122ACF-1500.05 LCD «Accurate» (Южная Корея). Эксперименты при изучении эмбрионального развития уток не противоречили правилам этического кодекса по проведению биологических исследований с использованием животных, потому что согласно «Правовым и этическим нормам...» эмбрионы птиц до вылупления не считаются полноценными живыми организмами (Aleksandrowicz E., 2015).

У утят, подвергшихся обработке наноструктурным бентонитом *in ovo* в инкубационный период, исследовали динамику живой массы в ранний постнатальный онтогенез. В условиях вивария кафедры физиологии и патологической физиологии ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ были сформированы две группы по 50 инкубируемых яиц: I – контрольная и II – опытная. Обработку поверхности инкубируемых яиц проводили на 7 и 13 сутки эмбрионального развития, исследование элементного состава эмбрионов проводили на 24 сутки. Исследование эмбрионов на элементный состав проводили методом атомно-адсорбционной спектromетрии, использовали атомно-абсорбционный спектрометр «Analyst 400» PerkinElmer Inc (США). Изменение массы тела утят контрольной и опытной групп учитывали ежедневно в возрасте от 1 до 10 суток.

Научно-производственный опыт по изучению влияния наноструктурного бентонита в виде кормовой добавки на мясную продуктивность и качество мяса уток проведен в условиях ООО «Фермерское хозяйство «Рамаевское» Лаишевского района РТ. Выражаем благодарность руководителю хозяйства Хайрутдинову Фариду Нафигулловичу за представленную возможность провести научно-производственный опыт. Были сформированы три группы птиц, каждая из которых составляла 40 уток в возрасте 14 суток: I – контрольная группа, которая получала основной рацион (ОР), II – опытная группа, где птица получала бентопорошок в количестве 3% от сухого вещества основного рациона, и III – опытная группа, в которой утки получали наноструктурный бентонит в количестве 1,2% от сухого вещества основного рациона. Применение добавок продолжалось до 47 суточного возраста, до технологического убоя уток на мясо.

Учитывали сохранность поголовья, гематологические показатели, живую массу птицы, массу и убойный выход потрошеной тушки. Кровь анализировали на гемоанализаторе Hema-Screen фирмы Hospitex diagnostic (Италия) и биохимическом анализаторе «OLYMPUS AU 400» BECKMAN COULTER (Япония).

Технологический убой уток-бройлеров проводили в возрасте 47 суток. Послеубойный ветеринарно-санитарный осмотр тушек проводили согласно «Ветеринарных правил убоя животных и Ветеринарных правил назначения и проведения ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и продуктов убоя (промысла) животных, предназначенных для переработки и (или) реализации». Определение категорийности мяса были проведены по ГОСТ 31990-2012. Мясо уток (тушки и их части). Общие технические условия».

Органолептические свойства мяса тушек определяли согласно ГОСТ Р 51944-2002 «Мясо птицы. Методы определения органолептических показателей, температуры и массы». Физико-химические свойства исследовали согласно ГОСТ 31470-2012 «Мясо птицы, субпродукты и полуфабрикаты из мяса птицы. Методы органолептических и физико-химических исследований».

Содержание аминокислотного азота определяли по Т.Е. Буровой, аммиак и соли аммония определяли в соответствии с ГОСТ 7702.1-74. Определение рН мясного экстракта и влаги проводили по ГОСТу Р 51479-99. Количество жира определяли методом Сокслета по ГОСТ 23042-86. Содержание белков по Кьельдалю ГОСТ 25011-81. Энергетическую ценность определяли по Нечаеву А.П. и др. (Нечаев А.П., и др., 2007). Содержание минеральных веществ определяли по ГОСТ Р 51479-99, методом сжигания в фарфоровом тигле в муфельной печи. Количество МАФАНМ определяли по ГОСТ Р 50396.1-2010, патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы и *Listeria monocytogenes* в 25 г каждой пробы определяли по ГОСТ Р 51921-2022.

Экономическую эффективность применения разных форм бентонита определяли по Никитину И.Н. и Апалькину В.А. (2006) с учетом актуализированных цен. Цифровые показатели, полученные при проведении экспериментов и научно-производственного опыта, анализировали по стандартным программам вариационной статистики с использованием пакета программ Microsoft Office Excel 2022.

Библиографическое описание, использованных в работе источников литературы, осуществляли в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011.

2.2 Визуализация и интерпретация эмбрионального развития уток при неинвазивных методах исследования и анатомировании инкубационных яиц

Визуализировано эмбриональное развитие уток методами овоскопии, анатомирования, рентгеноскопии и магнитно-резонансной томографии (МРТ). Дана интерпретация МРТ-изображений белка и желтка инкубируемого яйца,

зародышевого диска, зародыша, кровеносных сосудов, эмбриона, частей тела, желточного мешка и аллантаиса. При сравнительном исследовании эмбрионов методом магнитно-резонансной томографии в сопоставлении с другими методами, установлена их высокая сопоставимость и узнаваемость изображений в одинаковые периоды развития эмбрионов (рис. 2 и 3).

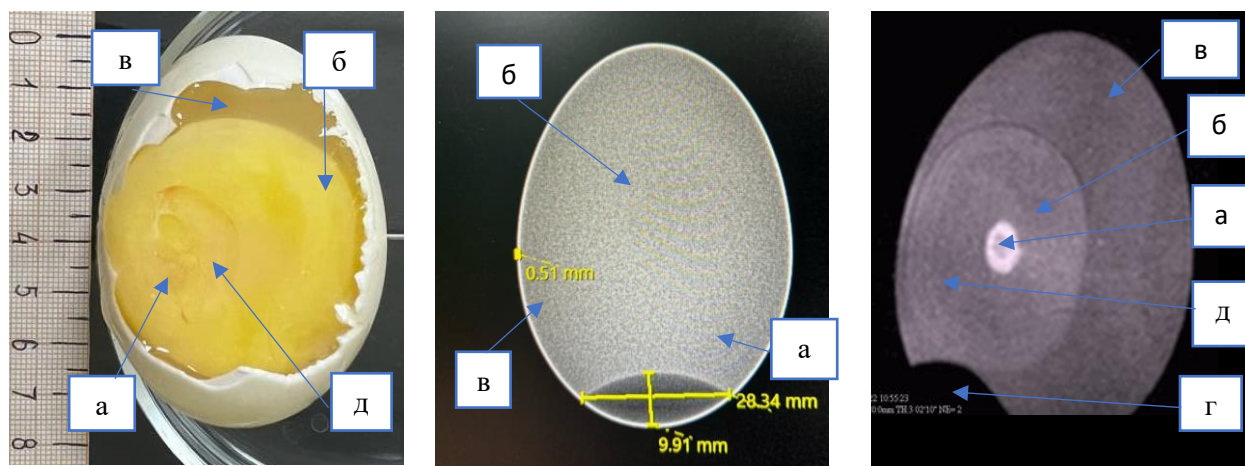


Рисунок 2 – Изображение анатомированного яйца утки, рентгенограмма и МРТ-изображение на 4 сутки инкубации: а – зародыш, б – желток, в – белок, г – воздушная камера, д – зародышевый диск

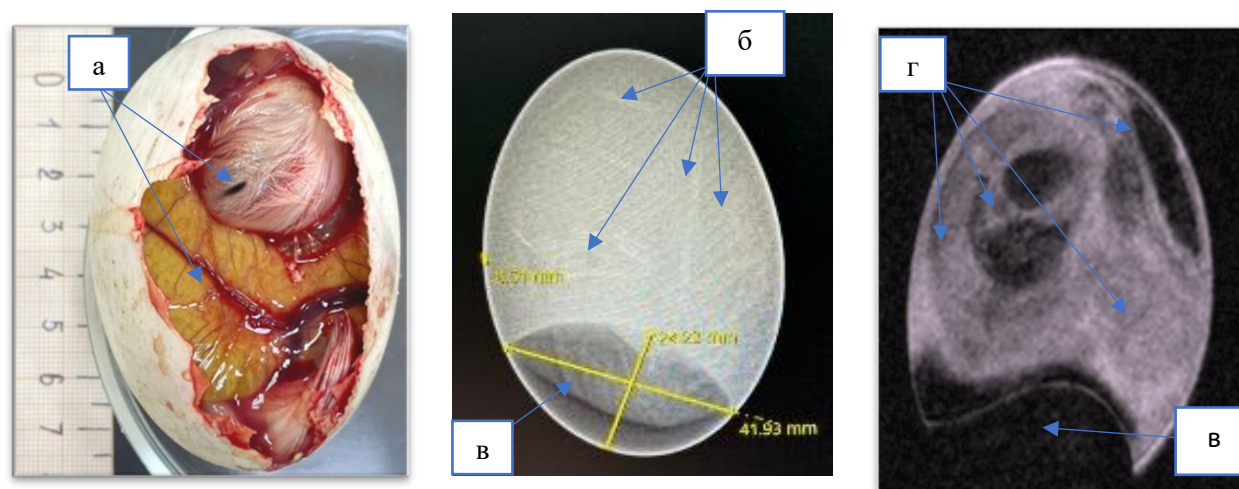


Рисунок 3 – Изображение анатомированного яйца утки, рентгенограмма и МРТ-изображение на 22 сутки инкубации: а – внешний вид в яйце эмбриона с приоткрытым глазом, уменьшение желточного мешка, б – выраженный силуэт головы с глазницами и клювом, трубчатые кости конечностей, позвоночника, в – воздушная камера, г – голова с клювом и глазницами, шея, тело эмбриона и аллантаис

Визуализация, интерпретация и верификация полученных данных позволили рекомендовать метод магнитно-резонансной томографии как высокоточный неинвазивный метод исследования функционального состояния эмбрионов.

При исследовании развития зародышей на 3-4 сутки визуализировано формирование кровеносной системы и деятельность зачатков сердца в виде

колебаний. Полученные данные стали критерием для определения магнитно-резонансной томографией витальности зародышей без их разрушения.

При исследовании эмбрионов на 8-9 сутки выявляли начальный период формирования хрящевых зачатков конечностей, на 10 сутки – перьевых сосочков на бедренной поверхности зародыша, на 14-15 сутки отмечали окостенение хрящевых зачатков, покрытие тела эмбриона пуховым волосом и формирование чешуек на конечностях. Полученные данные стали предпосылкой для определения сроков обработки эмбрионов *in ovo*.

2.3 Влияние наноструктурного бентонита на развитие эмбрионов, их элементный состав и динамику живой массы утят в неонатальный период

Проведены исследования инкубируемых яиц при обработке наноструктурным бентонитом для изучения доставки активных элементов *in ovo* и для определения влияния на жизнеспособность эмбрионов и утят в период раннего постнатального онтогенеза. Установлено увеличение содержания кальция – в 1,4 раза ($P \leq 0,05$); калия – 0,6; меди – 0,02; магния – 0,7; марганца – 0,9 ($P \leq 0,05$); натрия – в 0,4 раза, в сравнении с контрольными. Увеличение концентрации макро-, микроэлементов в организме опытных эмбрионов косвенно указывает на проникновение частиц наноструктурного бентонита через скорлупу в организм эмбрионов.

При вылуплении масса утят опытной группы составила $62,5 \pm 3,6$ г, что превысило массу птенцов контрольной группы на 2,6% или на 1,6 г на одного утенка (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика живой массы утят в период раннего постнатального онтогенеза

Показатель, сутки	Генетический потенциал	Группа (n=40)		Дополнительный прирост, г
		I контрольная	II опытная	
1	63,0	$60,9 \pm 1,2$	$62,5 \pm 1,6$	1,6
2	79,0	$63,0 \pm 5,2$	$66,4 \pm 2,7$	3,4
3	101,0	$69,6 \pm 7,5$	$74,9 \pm 2,1$	5,3
4	127,0	$89,7 \pm 8,5$	$97,1 \pm 4,1$	7,4
5	160,0	$116,7 \pm 9,2$	$127,3 \pm 4,7$	10,6
6	199,0	$156,8 \pm 17,8$	$170,7 \pm 10,5$	13,9
7	243,0	$185,7 \pm 11,3$	$202,5 \pm 9,2$	16,8
8	291,0	$221,2 \pm 17,1$	$245,2 \pm 14,8$	24,0
9	342,0	$256,7 \pm 11,5$	$289,3 \pm 12,5^*$	32,6
10	397,0	$287,2 \pm 16,8$	$325,0 \pm 17,8^*$	37,8
Абсолютный прирост, г	334,0	226,3	262,5	36,2
Относительный прирост %	—	100%	113,1%	—

* $P \leq 0,05$

В динамике возрастного увеличения живой массы утята опытной группы имели превышение массы тела на 2,6-13,1%, в сравнении с контрольными аналогами. Стоит особенно отметить, что показатели массы тела контрольных и опытных утят не достигали значений генетического потенциала линии роста для этого кросса птиц. Живая масса к 10 суточному возрасту опытных утят составила $325,0 \pm 27,8$ г, что было на 13,1% ($P \leq 0,05$) больше контрольных аналогов, и на одного утенка дополнительный прирост составил 36,2 г.

2.4 Влияние наноструктурного бентонита в виде кормовой добавки на метаболизм и мясную продуктивность уток

Для изучения воздействия наноструктурного бентонита на метаболизм и мясную продуктивность уток в условиях хозяйства был проведен научно-производственный опыт. Были сформированы три группы птиц ($n=40$) в возрасте 14 суток: I – контрольная группа, утята которой получали основной рацион (ОР), II – опытная группа, где птица получала бентонит в количестве 3% от сухого вещества ОР, и III – опытная группа, в которой утки получали наноструктурный бентонит в количестве 1,2% от сухого вещества ОР.

Морфо-, биохимические показатели крови. При технологическом убое уток в возрасте 47 суток получена кровь и проведены ее морфо-, биохимические исследования. Установлено, что в использованных дозах бентонит и наноструктурный бентонит обеспечили увеличение количества эритроцитов – на 4,2 и 6,7%, повышение содержания гемоглобина – на 3,6 и 6,8% ($P \leq 0,05$), общего белка – на 5,6 и 6,6 % ($P \leq 0,05$), общего кальция – на 6,0 и 11,9% ($P \leq 0,05$), неорганического фосфора – на 5,5 и 11,0% ($P \leq 0,05$) и железа – на 6,7 и 23,8% ($P \leq 0,05$). Установлено положительное воздействие разных форм бентонита на минеральный обмен, оптимизацию кальций-фосфорного отношения. Показатели АСТ и АЛТ контрольных и опытных уток существенно не различались и свидетельствовали об отсутствии токсического фона. При этом следует отметить, что показатели крови находились в пределах границ физиологической нормы для этого вида и возраста уток. Сравнительный анализ выявил наилучшие значения у уток, получавших в кормлении наноструктурный бентонит.

Масса тушек и внутренних органов, убойный выход. Предубойная живая масса уток контрольной группы составила $3198,9 \pm 109,9$ г, у утят II опытной группы – $3342,7 \pm 124,9$ г и утят III опытной группы – $3465,7 \pm 127,5$ г ($P \leq 0,05$). Превышение предубойной живой массы у утят во II опытной группе составило 4,5% или 143,8 г на голову, у птиц III опытной группы – 8,3% или 266,8 г больше, чем у контрольных аналогов. По линии генетического потенциала живая масса уток в 47-ми суточном возрасте должна составлять 3475,0 г, однако ни контрольные, ни опытные утки такую массу не достигали. Сохранность поголовья уток во всех группах составляла 100%.

Масса тушек уток II опытной группы была больше контрольных на 5,9% или 122,5 г, а в III опытной группе превышение составило 10,7% или 220,1 г

($P \leq 0,05$). У тушек уток II и III опытных групп убойный выход был выше на 0,9% и 1,4 % в сравнении с контрольными аналогами. Масса печени уток II и III опытных групп была больше, чем у контрольных аналогов на 1,0% и 3,2%. Масса почек уток II и III опытных групп была выше контрольных значений на 9,5% и 14,3%. Масса сердца была больше у птиц II и III опытных групп на 2,9% и 7,3%, соответственно, по сравнению с контрольными. Масса желудка опытных групп II и III превысила массу контрольных аналогов на 3,0% и 8,2%. Масса внутренних органов опытных уток была незначительно выше, чем у контрольных аналогов, и не носила достоверный характер. По нашему мнению, увеличение массы внутренних органов у уток опытных групп по сравнению с контрольными, является результатом нормального пропорционального физиологического развития.

2.5 Ветеринарно-санитарная оценка мяса уток

Экспертиза внутренних органов и тушек уток, их категорирование. При послеубойном осмотре тушек уток контрольных и опытных групп было отмечено их хорошее обескровливание, при осмотре внутренних органов визуально не установлено патологоанатомических изменений. Отмечали, что у уток всех групп внутренние органы сохраняли пропорциональный размер, характерный цвет, отсутствие кровоизлияний, налетов, изъязвлений и новообразований. Целостность и структура внутренних органов были сохранены и не нарушены.

На поверхности тушек уток всех групп через 24 часа после убоя отмечали наличие корочки подсыхания бледно-розового цвета после созревания, влажную и блестящую серозную оболочку брюшной полости. Мышцы были красного цвета, плотные, упругие с быстро выравнивающейся ямкой надавливания. Мясо имело специфический запах, свойственный свежему мясу уток. На разрезе грудные и бедренные мышцы имели красный цвет, характерный для уток. Грудные и бедренные мышцы уток имели незначительную влажность и не оставляли на фильтровальной бумаге влажных пятен. Запах с поверхности и в глубине разреза мышц был специфический, свойственный свежему мясу уток. Подкожный и внутренний жир не имел посторонних запахов и привкусов, при нагревании становились прозрачным. Оценка туш и внутренних органов уток опытных групп не выявила визуальных отклонений и установила сравнительную сопоставимость и схожесть контрольных и опытных аналогов.

По упитанности (состоянию мышечной системы и жировым отложениям) тушки опытных утят имели хорошо развитые грудные мышцы, не выделяющийся киль грудной кости и отложения подкожного жира на груди и животе. По состоянию и виду кожи тушки опытных бройлеров имели чистую кожу, без разрывов, царапин, ссадин и кровоподтеков, оперение было удалено, отмечали единичные пеньки перьев, локализованные на крыльях и копчике тушек бройлеров. По состоянию костной системы установлено, что тушки

опытных утят имели костную систему без деформаций, киль грудной кости был хрящевидный, легко сгибаемый, переломов голеней и крыльев не выявляли.

В соответствии с категоризацией, состояние мышечной системы, наличие жировых отложений, степень снятия оперения, состояние кожи и костной системы тушек утят всех групп соответствовали требованиям I категории.

Органолептическая оценка мяса и бульона. При органолептическом исследовании бульонов отмечали их прозрачность, скопление крупных жировых капель на поверхности и наличие аромата, характерного для утинового мяса. По общей сумме баллов лучшими по показателям внешнего вида, цвета аромата, консистенции, вкуса и крепости были бульоны, приготовленные из мяса (грудки) уток II и III опытных групп – $8,61 \pm 0,2$ и $8,63 \pm 0,1$, в сравнении с контрольными аналогами – $8,52 \pm 0,2$. Сравнительная оценка опытных проб выявила превосходство бульонов из мяса уток, получавших в кормлении наноструктурный бентонит, по показателям цвета, аромата и консистенции. По общей сумме баллов бульоны, приготовленные из мяса (бедро) уток II и III опытных групп – $8,23 \pm 0,3$ и $8,38 \pm 0,2$ ($P \leq 0,05$), были лучшими по всем оценочным показателям, в сравнении с контрольными аналогами – $8,21 \pm 0,2$ балла. Сравнительная оценка опытных проб выявила превосходство бульонов из мяса уток, получавших в кормлении наноструктурный бентонит, по показателям внешнего вида, цвета, аромата, консистенции, вкуса и крепости.

При органолептической оценке мяса установлено, что применение в кормлении бентонита и наноструктурного бентонита обеспечило улучшение всех дегустационных критериев мяса в сравнении с контрольными аналогами. Общая оценка качества мяса уток (грудка) во II и III опытных групп была $8,6 \pm 0,3$ и $8,7 \pm 0,1$ ($P \leq 0,05$) выше, чем у контрольной группы – $8,3 \pm 0,2$. Установлено в опытных образцах улучшение показателей мяса по внешнему виду, аромату, консистенции и сочности с наилучшими значениями в мясе уток, получавших в кормлении наноструктурный бентонит. Общая оценка качества мяса уток (бедро) во II и III опытных групп была $8,1 \pm 0,2$ и $8,4 \pm 0,2$ ($P \leq 0,05$) выше, чем у контрольной группы – $7,9 \pm 0,2$ балла. Установлено в опытных образцах мяса улучшение показателей внешнего вида, цвета, аромата, консистенции, вкуса и сочности с наилучшими значениями в мясе уток, получавших в кормлении наноструктурный бентонит.

Полученные результаты исследования свидетельствуют о том, что бульоны и мясо уток опытных групп по дегустационным показателям превосходит контрольные аналоги с наилучшими значениями в образцах уток, получавших наноструктурный бентонит и удовлетворяет требованиям стандарта по органолептическим характеристикам. Мясо уток признано высокого качества и годным для реализации без ограничений.

Физико-химические показатели мяса. Проведены исследования физико-химических показателей мяса уток. Установлено, что значения pH в контрольных и опытных образцах мяса из грудных и бедренных мышц находились в пределах нормативных границ, составляя от 5,6 до 6,1 ($P \leq 0,05$). В мясе уток опытных групп содержание аминоаммиачного азота составило

1,09±0,6-1,11±0,3 мг/10 мл, что не превышало допустимых границ нормы по качеству мяса и было сопоставимо с контрольными аналогами, где показатель составил 1,08±0,2-1,09±0,4 мг/10 мл. Продукты первичного распада белков отсутствовали во всех исследуемых образцах мяса из грудных и бедренных мышц, что свидетельствовало о доброкачественности мяса уток, получавших в рационе бентонит и наноструктурный бентонит. Качественный тест на наличие аммиака и соли аммония был отрицательным во всех исследованных пробах мяса контрольных и опытных уток. Полученные результаты подтверждали, что мясо уток было свежим и соответствовало требованиям стандарта качества.

Химический, элементный составы и питательная ценность мяса. Проведен химический анализ грудных и бедренных мышц уток (табл. 2).

Таблица 2 – Химический состав и питательность мяса уток

Показатель	Группа (n=9)		
	I контрольная	II опытная	III опытная
Грудные мышцы			
Влага, %	75,2±1,3	73,9±1,2	72,0±1,5
Минеральные вещества, %	2,2±0,2	2,6±0,3	2,9±0,4*
Белок, %	16,6±1,2	17,3±1,1	18,2±1,2
Жир, %	6,0±0,3	6,2±0,1	6,9±0,8
Калорийность 100 г мяса, ккал	135,0±6,8	144,2±4,1	148,5±3,1
Бедренные мышцы			
Влага, %	75,5±1,1	73,3±1,4	72,8±1,7
Минеральные вещества, %	2,1±0,3	2,7±0,1*	2,8±0,2*
Белок, %	16,6±1,3	17,4±1,2	17,7±2,0
Жир, %	5,8±0,5	6,6±0,1	6,7±0,2
Калорийность 100 г мяса, ккал	140,8±7,8	150,5±4,8	154,2±9,0

*P ≤ 0,05

При исследовании установлено снижение влажности на 1,7 и 4,2% в мясе уток (грудка), получавших бентонит и наноструктурный бентонит в сравнении с контрольными аналогами. Длительное введение в рацион уток минеральных добавок обеспечило увеличение зольности на 18,1 и 31,8% (P≤0,05) в мясе II и III опытных групп, в сравнении с контролем. Установлено повышение содержания в мясе уток II и III опытных групп белка на 4,2 и 9,6%, жира – на 3,3 и 15,0%, в сравнении с показателями контрольной птицы. При исследовании химического состава мяса уток (бедро) установили снижение влажности на 2,9 и 3,6%, что было обусловлено сорбционными свойствами агроминерала, усиленного его наноструктурированием. В мясе уток II и III опытных групп установлено повышение минеральных веществ на 28,6 и 33,3% (P≤0,05), белка – на 4,8 и 6,6%, жира – на 13,8 и 15,5%, соответственно, в сравнении с контрольными аналогами.

Увеличение содержания белка и жира в мясе обеспечило повышение его калорийности. В мясе грудных мышц уток II и III опытных групп установлено повышение энергетической ценности на 6,8 и 9,9%, в мясе бедренных мышц – на 6,9 и 9,5%, соответственно, к контрольным показателям.

Калорийность мяса грудных мышц в контрольной группе была ниже на 6,8 и 10,0% в сравнении с опытными аналогами, с тенденцией лучших значений в мясе уток, получавших наноструктурный бентонит. Калорийность бедренных мышц также показывала аналогичную тенденцию – 6,9 и 9,5%, с лучшими значениями в мясе уток III опытной группы.

Проведены исследования элементного состава мяса уток. Введение в рацион уток в виде кормовых добавок бентонита и наноструктурного бентонита обусловило увеличение количества кальция в 0,5 и 1,9 раза ($P \leq 0,05$), магния – на 1,7 и 3,1%, калия – на 0,5 и 1,6%, натрия – на 0,6 и 2,4%, цинка – на 23,0 и 68,0% ($P \leq 0,05$), соответственно, с лучшими результатами при применении наноструктурного бентонита. Полученные данные по динамике элементного состава хорошо соотносятся с результатами исследования химического состава мяса, в котором под действием бентонита и наноструктурного бентонита увеличилось содержание минеральных веществ на 18,1 и 31,8% ($P \leq 0,05$), соответственно.

Микробиологические исследования мяса. При микроскопии мазков-отпечатков мяса в поле зрения микроскопа наблюдали единичные микроорганизмы. Количество микроорганизмов, формирующих колонии (МАФАНМ), в контрольных и опытных образцах было сопоставимо и составило в пробах II и III опытных групп $1,6 \times 10^3$ и $1,5 \times 10^3$ и контрольной группы – $1,8 \times 10^3$, что не превышало допустимого уровня – не более 1×10^5 КОЕ/г. Патогенные микроорганизмы, включая сальмонеллы и *Listeria monocytogenes*, в концентрации 25 г каждого образца мяса как в контрольных, так и в опытных группах, не были выявлены. В результате бактериологических исследований установлено, что мясо уток, которые длительно потребляли добавки бентонита и наноструктурного бентонита, соответствовало требованиям, установленным в СанПиН 2.3.2.1078-01, и рекомендовано для реализации.

2.6 Экономическая эффективность использования бентонита и наноструктурного бентонита при выращивании уток

Использование кормовой добавки бентонита в объеме 3,0% от рациона привело к дополнительной продукции стоимостью 2635,36 рублей, в то время как применение наноструктурного бентонита в объеме 1,2% от рациона привело к дополнительной продукции стоимостью 4750,72 рублей. Это означает, что каждый затраченный рубль на бентонит принес 1,67 рубля экономического эффекта, а каждый рубль, потраченный на наноструктурный бентонит, принес 2,64 рубля экономического эффекта. Результаты анализа экономической эффективности представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Экономическая эффективность применения бентонита и наноструктурного структурного бентонита в кормлении уток

Показатель	Группа (n=40)	
	II опытная	III опытная
Дополнительно получено прироста живой массы, кг.	12,67	22,84
Израсходовано кормовой добавки, кг.	20,99	8,39
Реализационная цена 1 кг. / руб.	208,00	208,00
Стоимость 1 кг кормовой добавки, руб.	75,00	214,00
Стоимость дополнительной продукции, руб.	2635,36	4750,72
Экономический эффект, руб. на 1 рубль затрат, руб.	1,67	2,64

Экономически целесообразным оказалось применение наноструктурного бентонита в количестве 1,2% к сухому веществу рациона уток.

3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Управление продукционными процессами животных и влияние на качество получаемой от них продукции в условиях современного импортозамещения в животноводстве приобретает все большую актуальность и значимость. Визуализация эмбрионального развития уток позволяет определить периоды эффективного воздействия наноструктурным бентонитом на эмбрионы уток. Установлены и научно-обоснованы сроки обработки инкубационных яиц высоко активными наночастицами бентонитов для увеличения прироста живой массы утят в период раннего постнатального онтогенеза. Применение наноструктурного бентонита в кормлении молодняка уток обуславливает увеличение их мясной продуктивности и улучшение качества продукции утководства.

По результатам проведенных исследований сделаны выводы:

1. Визуализация эмбрионального развития уток методами овоскопии, анатомирования, рентгенографии и магнитно-резонансной томографии доказала высокую степень сопоставимости результатов, выявила физиологически обоснованные сроки обработки инкубируемых яиц наноструктурным бентонитом и установила возможность определения витальности эмбрионов неинвазивным методом магнитно-резонансной томографии.

2. Обработка поверхности яиц наноструктурным бентонитом на 7 и 13 сутки инкубации обеспечило в эмбрионе увеличение содержания кальция – в 1,4 раза ($P \leq 0,05$); калия – 0,6; меди – 0,02; магния – 0,7; марганца – 0,9 ($P \leq 0,05$); натрия – в 0,4 раза; снижение содержания железа в 0,6 раза ($P \leq 0,05$); цинка – в 0,02 и стронция – в 0,05 раза; способствовало в ранний постнатальный онтогенез – до 10-ти суточного возраста, увеличению прироста живой массы утят на 13,1%, в сравнении с контрольными аналогами.

3. Включение в кормление уток наноструктурного бентонита обусловило повышение в крови количества эритроцитов на 6,7%, содержания гемоглобина на 6,8% ($P \leq 0,05$), общего белка – на 6,6 % ($P \leq 0,05$), общего кальция – на 11,9%

($P \leq 0,05$), неорганического фосфора – на 11,0% ($P \leq 0,05$), железа – на 23,8% ($P \leq 0,05$), обеспечило увеличение мясной продуктивности: предубойной массы на 8,3% ($P \leq 0,05$), массы потрошенной туши – на 10,7% ($P \leq 0,05$), убойного выхода – на 1,4% и массы внутренних органов: сердца – на 7,3%, печени – на 3,2% и мышечного желудка – на 8,2%, в сравнении с контрольными показателями.

4. Длительное введение наноструктурного бентонита в кормление уток улучшило пищевую ценность мяса из грудных и бедренных мышц: снизилось содержание влаги на 4,2 и 3,6%, увеличилось содержание белка – на 9,6 и 6,6%, жира – на 15,0 и 15,5% и минеральных веществ – на 31,8 ($P \leq 0,05$) и 33,3% ($P \leq 0,05$). В элементном составе мяса повысилось содержание кальция в 1,9 раза ($P \leq 0,05$), магния – на 3,1%, калия – на 1,6%, натрия – на 2,4%, цинка – на 68,0% ($P \leq 0,05$); снизилось содержание меди на 13,1%, железа – на 11,8%. По категоричности тушек, органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям мясо уток, полученное с использованием наноструктурного бентонита, существенно не отличалось от контрольных аналогов, и соответствовало требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01 к доброкачественным продуктам.

5. Экономическая эффективность на 1 рубль дополнительных затрат составила при применении бентонита – 1,67 руб., наноструктурного бентонита – 2,64 рубля. Экономически целесообразным оказалось применение наноструктурного бентонита в количестве 1,2% к сухому веществу рациона уток.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Рекомендуем использовать в производстве неинвазивные методы исследования для контроля витальности и развития эмбрионов.

2. Для повышения прироста живой массы утят до 10 суточного возраста, рекомендуем обработку инкубационных яиц суспензией наноструктурного бентонита.

3. В птицеводстве, для повышения мясной продуктивности уток и улучшения качества их продукции рекомендуем вводить в рацион с 14 суточного возраста кормовую добавку наноструктурный бентонит в дозе 1,2% к сухому веществу рациона.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Тодороски, К. Механизм действия наночастиц природных минералов на эмбриональное развитие уток / К. Тодороски // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов: Сборник докладов I Международной научно-практической конференции. В 2 томах, Томск, 27-29 апреля 2021 года.

Том 1. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2021. – С. 380-381.

2. Тодороски, К. Химический состав и питательность мяса уток при использовании наноструктурной добавки бентонита / К. Тодороски, Ю.В. Ларина, Р.А. Волков // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2023. – Т. 9, № 1(33). – С. 50-55*.

3. Тодороски, К. Визуализация и интерпретация референсных значений эмбрионального развития уток / К. Тодороски, А.М. Ежкова, В.О. Ежков, Р.А. Волков // Международный вестник ветеринарии. – 2023. – № 1. – С. 212-218*.

4. Ежков, В.О. Исследование структурно-функционального состояния органов и тканей эмбрионов уток методом магнитно-резонансной томографии / В.О. Ежков, Т.Г. Хадеев, Я.В. Фаттахов, В.Л. Одиванцев, К. Тодороски, Т.Ю. Мотина, А.М. Ежкова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана. – 2023. – Т. 254, № 2. – С. 87-92*.

5. Фаттахов, Я.В. Разработка датчика среднеполевого магнитнорезонансного томографа для визуализации и определения витальности эмбрионального развития уток / Я.В. Фаттахов, В.Л. Одиванов, В.О. Ежков [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2022. – Т. 252, № 4. – С. 245-249*.

6. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022620824 Российская Федерация. Визуализация, верификация и интерпретация эмбрионального развития уток с 8 по 27 сутки: № 2022620646; заявл. 05.04.2022; опубл. 18.04.2022 / К. Тодороски, А.М. Ежкова, В.О. Ежков, Р.А. Волков. Заявитель и правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана» (RU).

7. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022621297 Российская Федерация. Визуализация эмбрионального развития уток с помощью рентгенографии: № 2022621116; заявл. 20.05.2022; опубл. 03.06.2022 / К. Тодороски, Д. Р. Амиров, А. М. Ежкова [и др.]. Заявитель и правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана» (RU).

8. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023620378 Российская Федерация. Способ повышения плотности костной ткани у уток: № 2023620077; заявл. 16.01.2023; опубл. 26.01.2023 / К. Тодороски, Д.Д. Морозова, Д.Р. Амиров [и др.]. Заявитель и правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана» (RU).

***Статьи, опубликованные в изданиях, рекомендованных ВАК РФ**