На правах рукописи

**САГДЕЕВА ЗУХРА ХАЛИМОВНА**

# ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО СОРБЕНТА ПРИ КОНТАМИНАЦИИ КОРМОВ ЭКОТОКСИКАНТАМИ

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

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Казань – 2024

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности» (ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ»).

| | |
|---|---|
| **Научный руководитель:** | **Матросова Лилия Евгеньевна**<br>доктор биологических наук |
| **Официальные оппоненты:** | **Абдуллаева Асият Мухтаровна** – доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой ветеринарно-санитарной экспертизы и биологической безопасности ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет» |
| | **Герунов Тарас Владимирович** – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры диагностики, внутренних незаразных болезней, фармакологии, хирургии и акушерства ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» |
| **Ведущая организация:** | ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет» |

Защита диссертации состоится 22 мая 2024 г. в $15^{00}$ 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 http://kazanveterinary.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2024 г. размещен на сайтах: http://www.vak.ed.gov.ru и http://kazanveterinary.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета Ленар Рафикович Загидуллин

# 1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В условиях интенсивного развития животноводства актуальной является проблема качества и безопасности кормов, продовольственного сырья и продуктов питания растительного и животного происхождения.

Напряженная экологическая ситуация в мире способствует загрязнению продукции и кормов экотоксикантами природного и техногенного происхождения (микотоксины, токсичные элементы и пестициды) (Кононенко Г.П., 2005; Тремасов М.Я., 2005, Семенов Э.И., 2006; Тремасова А.М. и др., 2014; Фисинин В.И. и др., 2016; Кадиков И.Р. и др., 2016; Папуниди К.Х. и др., 2017; Тарасова Е.Ю. и др., 2020; Дорожкин В.И. и др., 2022). Продукты, содержащие природные и антропогенные загрязнители, приводят к возникновению у людей острых и хронических токсикозов, снижают резистентность организма, вызывают аллергические реакции, нарушают обмен веществ.

Из природных экотоксикантов наиболее токсичным микотоксином является Т-2 токсин, проявляющий иммунотоксичность, репродуктивную токсичность и нейротоксичность (Папуниди Э.К., 2008; Kumagai S. et al., 1998; Maruniakova N. et al., 2014; Yang, D. et al., 2018; Janik E. et al., 2021).

Другим природным загрязнителем является дезоксиниваленол. Хотя дезоксиниваленол и обладает низкой токсичностью среди микотоксинов, его активность может играть пагубную роль в животноводстве, часто большую, чем у других сильнодействующих трихотеценов, таких как Т-2-токсин (Pestka J.J., 2010; Pinton P. et al., 2014; Wu Q. et al., 2020). Дезоксиниваленол поражает иммунную систему, изменяет морфологию и функцию клеток и вызывает цитотоксичность, опосредованную окислительным стрессом.

Антропогенное загрязнение окружающей среды химическими веществами представляет большую угрозу для здоровья животных, человека, а также экологической безопасности (Ежкова А.М. и др., 2008). Одним из наиболее опасных и распространенных токсичных элементов является кадмий, блокирующий сульфгидрильные и дисульфидные группы биологических структур, способствующих образованию активных форм кислорода (Потапова С.Н. и др., 2021; Rani A. et al., 2014; Genchi G. et al., 2020).

В последние годы при выращивании сельскохозяйственных культур широко используют десиканты. Одной из самых перспективных составляющих ассортимента являются препараты на основе диквата, имеющего статус гербицида (Лаптиев А.Б., Волосатова Н.С., 2020). Токсичность диквата связана с нарушением баланса между окислительными и антиоксидантными процессами, поражением легких, печени, головного

мозга и почек (Mao X. et al., 2014).

Для снижения отрицательного влияния природных и антропогенных загрязнителей на здоровье животных, повышения качества и безопасности продуктов питания животного происхождения используются энтеросорбенты различного происхождения (Кретинина А.Г., 2004; Ахмадышин Р.А. и др., 2007; Улитько В.Е. и др., 2007; Тремасова А.М. и др., 2013; Кочева Л.С. и др., 2018; Мишина Н.Н. и др., 2018; Тарасова Е.Ю., 2021). Энтеросорбенты способствуют связыванию экзо- и эндогенных веществ в желудочно-кишечном тракте, после чего выводятся из организма. К веществам, обладающим сорбционной активностью и широко используемым при токсикозах, относятся природные алюмосиликатные минералы – бентониты, которые, благодаря своим свойствам и структуре, способны эффективно связывать и выводить из организма токсины (Папуниди К.Х. и др., 2005; Семененко М.П., 2008; Семёнов Э.И. и др., 2022).

Повысить избирательность сорбции бентонитов по отношению к токсичным соединениям возможно также химическим модифицированием поверхности (Пьянова Л.Г. и др., 2016). В последнее время технология биосорбции появилась как предпочтительная альтернатива обычным адсорбирующим материалам, с потенциальными преимуществами (Садыкова А.Ш. и др., 2021), такими как экономичность и эффективность.

**Степень разработанности темы.** Повышение продуктивности сельскохозяйственных животных и птиц, а также устойчивости к незаразным и инфекционным болезням остается приоритетным направлением ведения животноводства. В настоящее время остро стоит проблема получения экологически чистых кормов для животных и продуктов питания животного происхождения. Основные природные и антропогенные загрязнители кормов и продовольственного сырья – микотоксины, токсичные элементы и пестициды.

Токсикозы животных являются объектом пристального внимания отечественных и зарубежных исследователей. Наибольшую опасность представляет одновременное воздействие нескольких токсинов. Усиление токсического действия отмечено при поступлении в организм животных одновременно дециса и Т-2 токсина (Егоров В.И., 2007), зеараленона и Т-2 токсина (Валлиулин Л.Р., 2008), кадмия и свинца (Папуниди Э.К. и др., 2010), диоксина, Т-2 токсина, кадмия и свинца (Кадиков И.Р., 2015), Т-2 токсина, афлатоксина В1 и зеараленона (Долгов В.А. и др., 2015; Тарасова Е.Ю. и др., 2022), зеараленона, охратоксина А и фумонизина В1 (Семененко М.П. и др., 2019), Т-2 токсина и свинца (Сагдеев Д.Р., 2021), Т-2 токсина, зеараленона, дезоксиниваленола на фоне клостридиоза (Семёнов Э.И. и др., 2022), афлатоксина В1, Т-2 токсина, охратоксина А и дельтаметрина (Герунов Т.В. и др., 2022), Т-2 токсина, зеараленона, дезоксиниваленола и энпрономектина (Герунова Л.К. и др., 2023).

Для определения микотоксинов, токсичных элементов и пестицидов в кормах и продовольственном сырье существуют гостируемые методики, используемые в испытательных лабораториях. Метод определения общей токсичности корма, комбикорма и комбикормового сырья зарекомендовал себя с положительной стороны в плане экспрессности и простоты исполнения. Несмотря на имеющиеся методические тонкости постановки биотеста и особенности биологического действия экотоксикантов, которые не всегда позволяют отсортировать потенциально опасный корм (Цвылев О.П. и др., 2007; Гроздов А.О., 2008), тесты с использованием инфузорий являются доступными и первыми на «рубеже обороны».

Высокая степень опасности природных и антропогенных загрязнителей, сложность диагностики токсикозов, отсутствие специфической терапии при сочетанных токсикозах свидетельствуют о необходимости поиска эффективных способов нейтрализации их токсического действия.

**Цель и задачи исследования.** Целью данных исследований явилась оценка токсичности контаминированных экотоксикантами кормов методом биотестирования, а также изучение эффективности модифицированного сорбента при воздействии Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата.

В этой связи перед нами были поставлены следующие задачи:

1. оценить общую токсичность кормов в регионах РФ;
2. выявить влияние природных и антропогенных загрязнителей на качество кормов методом биотестирования;
3. изучить эффективность и безвредность модифицированного сорбента в опытах *in vitro* и *in vivo*;
4. изучить клинико-физиологические, морфо-биохимические показатели и патоморфологические изменения животных под влиянием природных и антропогенных загрязнителей на фоне применения модифицированного сорбента;
5. провести ветеринарно-санитарную оценку мяса птиц при воздействии Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата на фоне применения модифицированного сорбента;
6. рассчитать экономическую эффективность применения модифицированного сорбента в рационе птиц при воздействии Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность результатов исследований обусловлена значительным объёмом фактического материала, а также анализом результатов исследований со статистической обработкой полученных данных.

Основные результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на ежегодных итоговых отчетах ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ». Научные результаты были представлены на Международных научно-практических конференциях (Казань, 2018, 2021, 2022; Йошкар-Ола, 2018, 2021, 2023).

**Научная новизна.** Методом биотестирования проанализирована токсичность различных видов кормов, поступивших из регионов РФ. Впервые изучено влияние различных экотоксикантов, таких как микотоксины (Т-2 токсин, афлатоксин В1, афлатоксин G1, зеараленон, дезоксиниваленол), гербицида (диквата) и токсичного элемента (кадмия) на качество корма в биотесте на простейших.

Воспроизведена модель хронического токсикоза животных, вызванная воздействием природных (Т-2 токсин и дезоксиниваленол) и антропогенных загрязнителей (кадмий и дикват). Доказана эффективность и безопасность модифицированного сорбента на основе внеклеточных полисахаридов, синтезируемых штаммом 574 бактерий *P. muciliginosus* и бентонита Биклянского месторождения РТ, активированного солями цинка при контаминации кормов микотоксинами, пестицидом и токсичным элементом. Подобрана оптимальная доза применения модифицированного сорбента при сочетанном токсикозе. Впервые проанализированы клинико-физиологические, морфологические и биохимические показатели крови; изучены патоморфологические изменения органов и тканей животных под влиянием природных и антропогенных загрязнителей и применении модифицированного сорбента. Исследовано влияние Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата на мясную продуктивность и органолептические, физико-химические и микробиологические показатели мяса цыплят-бройлеров.

**Теоретическая и практическая ценность работы.** Проведенные исследования показали различный вклад микотоксинов, пестицида и токсичного элемента в общую (интегральную) токсичность корма.

Изучено хроническое влияние природных и антропогенных загрязнителей на животных. Разработано и научно обоснованно применение модифицированного сорбента при сочетанном воздействии Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата. В результате проведенных исследований на животных показана положительная динамика клинических, морфологических и биохимических показателей, а также ветеринарно-санитарных качеств мяса птицы при применении сорбента на фоне сочетанного воздействия природных и антропогенных загрязнителей. Для снижения токсического действия Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата рекомендуется добавление в рацион животных и птиц модифицированного сорбента в дозе 0,5 % от рациона (по массе), обладающего свойствами адсорбента поллютантов.

Материалы диссертационной работы вошли в «Методические рекомендации по применению добавок на основе природных минералов, адаптогенов и микроэлементов для коррекции последствия токсикозов животных, патологии печени и получения экологически чистого мяса» (утв. ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ»). Результаты научных исследований используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет» на кафедре технологии производства продукции животноводства, а также на кафедре инфекционных болезней и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

**Методология и методы исследования.** Методологические подходы диссертационной работы основаны на обосновании актуальности, целях и задачах исследований, анализе данных отечественных и зарубежных публикаций по тематике исследования и результатах собственных исследований.

В ходе исследования были использованы клинические, морфологические, биохимические, токсикологические, гистологические, ветеринарно-санитарные и математические методы.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. определение токсичности кормов, поступивших из различных регионов Российской Федерации, и экотоксикантов методом биотестирования на *Stylonychia mytilus*;
2. оценка эффективности и безвредности модифицированного сорбента;
3. клинико-физиологические, морфо-биохимические показатели, патологоанатомические изменения внутренних органов животных, получавших модифицированный сорбент при сочетанном воздействии Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата;
4. мясная продуктивность, органолептические, физико-химические и микробиологические показатели мяса цыплят-бройлеров при контаминации кормов экотоксикантами и добавлении модифицированного сорбента;
5. экономическое обоснование применения модифицированного сорбента животным при контаминации кормов Т-2 токсином, дезоксиниваленолом, кадмием и дикватом.

**Публикации результатов исследований.** По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, отражающих её основное содержание, в том числе 7 статей в журналах, входящих в перечень ВАК Министерства образования и науки РФ.

**Структура и объем диссертации** Работа изложена на 150 страницах компьютерного текста, иллюстрирована 31 таблицами, 29 рисунками, включает разделы: введение, обзор литературы, основное содержание работы (материал и методы исследований, результаты

собственных исследований), заключение, рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы, список сокращённых терминов, список использованной литературы, приложение. Библиографический список содержит 234 наименования, в т.ч. 117 зарубежных источников.

# 2 СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

## 2.1 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в лаборатории микотоксинов отделения токсикологии ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» (г. Казань) в период с 2018 по 2023 г. Материалы, изложенные в работе, выполнены в соответствии с тематическим планом научно-исследовательской работы ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» (ИЦ.20.2020.06/04.И-1; 01.02.2021.04/03.1-7).

Объектом исследования являлся модифицированный сорбент, разработанный доктором технических наук, профессором А.В. Канарским и доктором ветеринарных наук Э.И. Семеновым. Модифицированный сорбент получен на основе бентонита Биклянского месторождения РТ, активированного солями цинка и внеклеточных полисахаридов, синтезируемых штаммом 574 бактерий *P. muciliginosus*.

Общую токсичность кормов, поступивших из животноводческих хозяйств РФ, определяли согласно ГОСТ 31674-2012 на 3 видах тест-объектов.

В качестве первого тест-объекта использовали простейших – *Stylonychia mytilus*. Для этих целей отбирали среднюю пробу исследуемого корма, подготавливали водно-ацетоновый и водный экстракты и далее тестировали через 1 и 3 часа экспозиции с учетом численности и выживаемости простейших.

Следующим этапом определения токсичности являлось тестирование на белых мышах, который заключается в извлечении токсичных веществ из кормов ацетоном или водой (в зависимости от результатов экспресс-теста) и внутрижелудочным введением экстракта.

На третьем этапе учитывали кожную пробу на кроликах. Дерматонекротический эффект проявляют токсичные вещества микогенного происхождения, которые извлекаются из корма ацетоном. На выстриженный участок кожи кролика наносили половину ацетонового экстракта исследуемого корма, а вторую половину экстракта – на следующие сутки. За животными наблюдали в течение 3-х суток.

Для оценки влияния различных экотоксикантов на общую токсичность корма контаминировали образцы нетоксичной пшеницы (10 г) ацетоновыми растворами кристаллических микотоксинов (Т-2 токсин, дезоксиниваленол, афлатоксин В1, афлатоксин G1, зеараленон) в различных концентрациях, дикватом и кадмием хлоридом. В опытах

*in vitro* и *in vivo* использовали стандартные образцы микотоксинов (производство ЛТД «Ферментек», Израиль), дикват в кристаллической форме (д.в. 98 %), очищенный к.х.н. Фицевым И.М. из коммерческого препарата «Реглон Форте, ВР» и кадмий хлорид с пересчетом на кадмий.

Адсорбционную активность модифицированного сорбента в отношении экотоксикантов *in vitro* определяли по методике, описанной Крюковым В.С. и соавт. (1992) с изменениями Мишиной Н.Н. (2008), Тарасовой Е.Ю. (2020).

Качественное и количественное определение остаточных количеств Т-2 токсина и дезоксиниваленола проводили методом иммуноферментного анализа по ГОСТ 31653-2012. Определение кадмия проводили методом атомной адсорбции на анализаторе AAC Perkin Elmer AAnalyst 200 согласно ГОСТ 30692-2000. Определение дипиридилиевого гербицида – диквата проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с УФ-детектированием, на колонке с обращенной фазой, на жидкостном хроматографе Dionex UltiMate3000 (США), применяя для пробоподготовки твердофазную экстракцию (Фицев И.М. и др., 2021). Результаты ВЭЖХ определения подтверждали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии – квадрупольной времяпролетной масс-спектрометрии (ВЭЖХ-МС) с ионизацией электрораспылением (Bruker Impact II, Германия).

Доклинические исследования модифицированного сорбента проводили согласно «Руководству по проведению доклинических исследований лекарственных средств» (Миронов А.Н., 2012).

Эффективность модифицированного сорбента при сочетанном токсикозе оценивали в опытах на 80 белых крысах и 40 цыплятах-бройлерах. Группы формировали по принципу аналогов. Схема исследований, условия проведения экспериментов, дозы экотоксикантов и модифицированного сорбента отражены в соответствующих разделах работы.

Продолжительность эксперимента на белых крысах составила 45 суток, цыплят-бройлеров – 21 сутки. Наблюдение за клиническим состоянием животных проводили ежедневно. Взвешивание осуществляли на весах ВМ-520 (Россия).

В ходе опыта оценивали морфологические и биохимические показатели крови. Гематологический анализ (лейкоциты, лимфоциты, моноциты, гранулоциты, эритроциты, гемоглобин, гематокрит, тромбоциты) проводили на анализаторе «Mythic 18 Vet» («OrpheeGeneva», Швейцария). Биохимические показатели (общий белок, альбумин, мочевина, креатинин, глюкоза, аспартатаминотрансфераза (АСТ), аланинаминотрансфераза (АЛТ), щелочная фосфатаза (ЩФ), холестерин, лактатдегидрогеназа (ЛДГ), гамма-глутамилтрансфераза (ГГТ), креатинин, креатинкиназа, мочевая кислота, мочевина, билирубин и глюкоза) определяли на анализаторе АРД-200 (ООО «ВИТАКО», Россия) с

использованием специальных наборов реагентов («Chronolab Systems S.L.», Испания). Содержание глобулинов высчитывали по разнице между содержанием общего белка и количеством альбуминов; альбумин-глобулиновый коэффициент (АГК) как отношение количества альбуминов к количеству глобулинов. Высчитывали коэффициент де Ритиса – соотношение активности АСТ и АЛТ.

Определение содержания малонового диальдегида в крови проводили в реакции с тиобарбитуровой кислотой по Кондрахину И.П. (Кондрахин И.П., 2004).

Кровь для исследований брали у крыс путем декапитации при убое, у цыплят-бройлеров путем прокола вены с внутренней стороны крыла над локтевым сочленением.

Для гистологического исследования образцы органов фиксировали в 10 % забуференном нейтральном формалине размером не более 10х10х0,5мм, обезвоживали в спиртах возрастающей крепости и заливали в парафин. Срезы толщиной 5-7 мкм депарафинировали и окрашивали гематоксилином и эозином. Препараты изучали в светооптическом микроскопе Leica DM 1000 с цифровой камерой Leica DFC 320 (Германия). Гистологический анализ проведен совместно с патоморфологом ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» к.м.н. Губеевой Е.Г.

Убой цыплят-бройлеров проводили в возрасте 42 суток. Ветеринарно-санитарную экспертизу охлажденных тушек и мяса цыплят-бройлеров при сочетанном токсикозе на фоне применения модифицированного сорбента провели через 24 ч после убоя. Для полноты картины исследований проводили органолептический (ГОСТ 9959-2015) и физико-химический анализы (ГОСТ 31470-2012), а также исследование микробиологических характеристик (ГОСТ 31931-2012; ГОСТ 7702.2.1-2017).

Экономическую эффективность применения модифицированного сорбента определяли по методике Никитина И.Н. с учетом действующих цен (Никитин И.Н., 2014).

На отдельных этапах работы принимал участие главный научный сотрудник «ФЦТРБ-ВНИВИ» д.в.н., Семёнов Э.И., за что автор выражает ему искреннюю благодарность.

Обработку цифрового материала проводили методом вариационной статистики с применением критерия достоверности по Стьюденту. Вычисляли следующие величины: среднеарифметическую (M), среднеквадратическую ошибку (m) и показатель существенной разницы (p).

## 2.2 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.2.1 Токсичность кормов по регионам Российской Федерации

Большинство исследуемых кормов, доставленных из отдельных регионов Российской Федерации в экспресс-тесте на стилонихиях не проявили токсичность.

Комбикорм и престартер, поступивший для исследования из Лаишевского района Республики Татарстан показали токсичность на 2 тест-объектах (простейших и кроликах). Положительную реакцию в тесте кожной пробы на кроликах наблюдали и при исследовании пивной дробины (Нурлатский район). Биотестированием на стилонихиях этого образца токсичность не выявлена.

Комбикорм, доставленный из Челябинской области, сено злаково-бобовое из Рязанской области показали токсичность на 3 тест-объектах: простейших, белых мышах и кроликах.

Таким образом, биотестированием кормов на общую токсичность установлено, что в зависимости от региона РФ токсичными были до 8,1 %, слабой токсичностью обладало до 36,4 % образцов.

### 2.2.2 Токсикологическая оценка безопасности различных типов кормов

Обнаружено, что наиболее токсичными были комбикорма. Из 46 образцов комбикормов в тесте на инфузориях 34,8 % образцов обладали общей токсичностью, а 41,3 % были слаботоксичными. При рассмотрении токсичности комбикормов по видам животных, 100,0 % образцов комбикорма для крупного рогатого скота были токсичными. Комбикорма для птицы и свиней оказались токсичными в 42,1 % и 24,0 % случаях, слаботоксичными в 52,6 и 36,0 %, соответственно.

### 2.2.3 Влияние токсикантов на общую токсичность корма

Статистически значимое снижение показателей выживаемости стилонихий относительно контрольной группы регистрировали только на 45 минуте при тестировании максимальной концентрации (0,2 мг/кг) кристаллического Т-2 токсина. При моделировании естественно загрязненного зерна, снижение выживаемости тест-объекта на 8,4 % ($p<0,05$) с максимальной концентрацией Т-2 токсина регистрировали на 30 минуте.

Внесенные дозы токсина не позволяют относить образец к токсичному корму, несмотря на концентрацию токсина на уровне ПДК и двукратно превышающую ПДК.

Сходные результаты были получены при тестировании корма, контаминированного дезоксиниваленолом.

Статистически значимое снижение выживаемости тест-объекта относительно контрольных показателей при внесении афлатоксина $B_1$ регистрировали на 15 минуте при всех испытанных концентрациях. Это позволяло отнести образцы корма к слаботоксичным при концентрации афлатоксина $B_1$ 0,00625 мг/кг и к токсичным при концентрации

афлатоксина $B_1$ от 0,0125 до 0,1 мг/кг. При моделировании естественно загрязненного зерна, начиная с концентрации 0,05 мг/кг, происходила полная гибель инфузорий.

Результаты оценки влияния на показатель общей токсичности афлатоксина $G_1$ имели те же тенденции, что у афлатоксина $B_1$. Тест-объект инфузории оказались чувствительными к афлатоксину $G_1$, однако выживаемость была несколько выше, чем при экспозиции с афлатоксином $B_1$. При контаминации естественно загрязнённым зерном выживаемость инфузорий была практически идентична, как в случае с афлатоксином $B_1$.

Контаминация чистым зеараленоном не приводила к значимому снижению выживаемости инфузорий и, тем более, полученные цифры не попадали под определение корма не только как токсичного, но и слаботоксичного. При этом внесение в образец корма субстрата с естественной контаминацией приводило уже к другим результатам – корм можно было категорировать как слаботоксичный при испытании максимальной концентрации токсина.

Высокие концентрации диквата (выше ПДК в 4 раза) не позволяют говорить о высокой токсичности корма, но вызывают слаботоксичный эффект. Напротив, высокие концентрации кадмия (выше ПДК в 4 раза) свидетельствуют о токсичности корма, при этом наличие кадмия на уровне ПДК уже вызывает слаботоксичный эффект.

Биотестирование на простейших *Stylonychia* является простым в исполнении методом в токсикологических исследованиях, однако не учитывает особенности действия микотоксинов. Стилонихий можно использовать в качестве тест-культуры для определения токсичности микотоксинов (Т-2 токсина) лишь при кратном превышении ПДК. Метод определения общей токсичности кожной пробой на кроликах показал большую достоверность в сравнении с другими методами при загрязненности кормов Т-2 токсином.

### 2.2.4 Оценка безопасности и адсорбционных свойств модифицированного сорбента

При модификации бентонита бактериями *P. mucilaginosus* повышается адсорбционная способность. Процент адсорбции к Т-2 токсину составил 84,6 %, к ДОНу – 84,1 %, диквату – 74,0 %, кадмию – 72,5 %.

Далее проводили оценку безвредности модифицированного сорбента, которая включала определение острой токсичности при пероральном введении и исследование кумулятивных свойств.

Опыты по изучению острой токсичности сорбента проведены на 36 белых крысах живой массой 180-210 г, разделенных по принципу аналогов на 6 групп. Животным первой группы вводили сорбент в дозе 5000 мг/кг; второй – 10000 мг/кг; третьей – 15000 мг/кг; четвертой – 20000 мг/кг; пятой – 25000 мг/кг живой массы. Гибели белых крыс не

регистрировали ни в одной из групп. При вскрытии у крыс не отмечали видимых патологических изменений в тканях и органах.

Исследование кумулятивных свойств модифицированного сорбента проводили на 20 белых крысах обоего пола, разделенных на 2 группы. Модифицированный сорбент вводили натощак двукратно (с интервалом 6 часов) в виде хлебного болюса с добавлением сорбента. Испытывали следующие дозы сорбента – 2500 мг/кг (1-4 сутки); 3750 мг/кг (5-8 сутки); 5625 мг/кг (9-12 сутки); 8437 мг/кг (13-16 сутки); 12655 мг/кг (17-20 сутки); 18982 мг/кг (21-24 сутки). На всем протяжении исследования гибель животных не регистрировали.

Таким образом, модифицированный сорбент, согласно ГОСТ 12.1.007.76, относится к 4 классу (малоопасные вещества), не обладает кумулятивным действием.

### 2.2.5 Влияние модифицированного сорбента на организм белых крыс при воздействии Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата

#### 2.2.5.1 Ветеринарно-санитарные условия содержания и кормления лабораторных крыс

Животные содержались в виварном помещении ($S$=18 м$^2$) с бетонными полами имеющие уклон к желобам канализации. Все помещения оборудованы центральным отоплением и системой вентиляции (принудительной приточно-вытяжной). Освещение вивария естественное (25 лк для крыс) и искусственное. Клетки для крыс размером 46х30х22 см имеют решетчатую крышу с углублением для корма, крышкой-ниппелем, съемным разделителем и поликарбонатной поилкой. На протяжении всего исследования животные 2 раза в сутки потребляли комбикорм «Little One» (20-30 г в сутки). Для поения крыс использовали фильтрованную водопроводную воду.

#### 2.2.5.2 Влияние модифицированного сорбента на прирост массы тела, морфо-биохимические показатели крови белых крыс при воздействии Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата

Эксперимент проводили на 80 белых крысах обоего пола весом 152-181 г в течение 45 суток. Для этого после двух недель адаптации животных методом случайной выборки распределили на восемь групп по 10 голов в каждой: 1 группа – биологический контроль (основной рацион (ОР)); 2 группа – ОР + Т-2 токсин (120 мкг/кг корма), дезоксиниваленол (500 мкг/кг корма), кадмий (450 мкг/кг корма) и дикват (110 мкг/кг корма) – токсичный корм (ТК); 3, 5 и 7 группы – ТК + модифицированный сорбент в дозе 0,25 %, 0,5 % и 1,0 % от рациона (по массе); 4, 6 и 8 группы – ОР + модифицированный сорбент в дозе 0,25 %, 0,5 % и 1,0 % от рациона (по массе).

Добавление в корм экотоксикантов негативно влияло на прирост массы тела животных. Так, в группе токсического контроля живая масса белых крыс была ниже, чем в группе биологического контроля у самцов на 11,4 % ($p<0,05$) и у самок на 13,9 % ($p<0,05$). Модифицированный сорбент снижал отрицательное влияние токсинов на динамику прироста животных. Живая масса белых крыс по сравнению с биологическим контролем у самцов и самок третьей, пятой и седьмой группе была ниже на 7,4 % ($p<0,05$), 1,4 %, 1,2 %, соответственно, и – на 9,8 % ($p<0,05$); 2,1 %; и 2,0 %, соответственно.

При использовании модифицированного сорбента с основным рационом регистрировали повышение массы тела.

Результаты общего анализа крови крыс, подвергшихся воздействию Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата (группа 2), характеризовались повышением уровня лейкоцитов и тромбоцитов относительно фоновых значений на 22,3 % ($p<0,001$) и на 47,0 % ($p<0,001$), уменьшением содержания эритроцитов на 31,7 % ($p<0,001$), гемоглобина на 29,7 % ($p<0,001$), гранулоцитов на 22,2 % ($p<0,001$) и моноцитов на 27,3 % ($p<0,001$). Отмечено стимулирующее влияние модифицированного сорбента на гемопоэз. Так, количество эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина было ниже фоновых значений у крыс третьей группы на 23,7 % ($p<0,01$), 15,0 % и 18,9 % ($p<0,05$), пятой – 9,4 %, 3,2 % и 12,1 % и седьмой – 10,3 %, 5,3 % и 11,0 %, соответственно. Количество моноцитов у животных третьей, пятой и седьмой группе к концу эксперимента снизилось на 18,2 % ($p<0,05$), 9,8 % и 13,7 %; количество гранулоцитов – на 16,7 % ($p<0,05$), 5,5 %, и 6,9 %, соответственно.

При исследовании биохимических показателей крови у животных группы токсического контроля отмечали повышение активности печеночных ферментов – АЛТ на 40,9 % ($p<0,001$), АСТ на 62,8 % ($p<0,001$) и щелочной фосфатазы на 39,2 % ($p<0,001$) относительно фоновых значений.

Количество мочевины было выше исходных показателей на 17,7 % ($p<0,01$), в то время как происходило снижение уровня креатинина – на 14,3 % ($p<0,05$). Содержание общего белка, альбумина и глобулинов у белых крыс второй группы было ниже на 21,5 % ($p<0,01$), 14,6 % ($p<0,05$) и 28,6 % ($p<0,001$), соответственно.

Содержание общего белка, альбумина и глобулина у всех животных, получавших с токсичным кормом различные дозы модифицированного сорбента, было практически одинаковым и не превысило границу нормы.

Альбумин-глобулиновый коэффициент у животных группы токсического контроля был выше фоновых значений на 18,6 % ($p<0,05$).

Длительное поступление токсинов способствовало повышению концентрации билирубина в сыворотке крови на 44,0 % ($p<0,001$).

На 45 сутки уровень глюкозы у крыс второй и третьей группы был ниже значений группы контроля на 25,1 % (p<0,001) и 16,0 % (p<0,05), соответственно, тогда как в пятой и седьмой группе снижение было менее выраженным.

При введении в токсичный корм модифицированного сорбента в дозе 0,25 %, 0,5 % и 1,0 % от рациона активность АЛТ была выше на 23,2 % (p<0,001), 7,2 % и 11,2 %, соответственно, и активность АСТ – на 28,2 % (p<0,001), 5,3 % и 5,0 %, соответственно.

Коэффициент де Ритиса у крыс второй и третьей группы был выше фоновых значений на 15,7 % и 4,4 %.

Щелочная фосфатаза относительно фоновых значений у животных третьей, пятой и седьмой группы была выше на 17,3 % (p<0,05), 5,0 % и 11,9 %, соответственно.

Количество креатинина у животных третьей, пятой и седьмой группы было ниже на 14,5 %, 4,5 % и 2,2 %, соответственно, в то время мочевины выше – на 9,5 %, 5,3 % и 7,5 %, соответственно.

Содержание общего билирубина в третьей, пятой и седьмой группы относительно фоновых значений возросло на 17,0 % (p<0,05), 7,5 % и 5,6 %, соответственно.

Показано статистически значимое повышение уровня МДА у крыс второй и третьей группы на 52,2 % (p<0,001) и 29,5 % (p<0,001), соответственно. При использовании на фоне токсикоза модифицированного сорбента в дозе 0,5 % и 1,0 % малоновый диальдегид повышался на 13,0 % и 15,0 %, соответственно, относительно группы биологического контроля.

Статистически достоверных изменений исследуемых биохимических параметров крови крыс, получавших дополнительно с основным рационом, модифицированный сорбент не обнаружено.

### 2.2.5.3 Влияние модифицированного сорбента на патоморфологическую картину белых крыс при воздействии Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата

При исследовании гистологических препаратов сердца, печени, легких, почек, желудка, селезенки, тонкого кишечника, семенниках, матки, яичника белых крыс 1, 4, 5, 6, 7 и 8 групп каких-либо патологических изменений не выявлено. Гистологическое исследование крыс 3 группы выявило сходство с контролем в препаратах сердца, легких, печени, почек, селезенки, матки. В препаратах желудка и тонкого кишечника наблюдается, в отличие от контроля, слабо выраженная инфильтрация лейкоцитами, лимфоцитами слизистого слоя.

При исследовании гистологических препаратов крыс второй группы выявлена вакуольная дистрофия печени с некрозами. В почках десквамация эпителия дистальных

канальцев, бурый пигмент в эпителии проксимальных канальцев. В стенке желудка и стенке тонкого кишечника признаки воспалительной реакции. В селезенке разрежение белой пульпы.

### 2.2.6 Влияние модифицированного сорбента на организм цыплят-бройлеров при воздействии Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата

#### 2.2.6.1 Ветеринарно-санитарные условия содержания и кормления цыплят-бройлеров в условиях вивария

Птица содержалась в секции содержания животных барьерного типа. Для кормления использовали комбикорм полнорационный для бройлеров «Финиш CHICK». В комнате содержания птиц поддерживались следующие параметры микроклимата: температура воздуха 20-26 °С, относительная влажность воздуха 30-70 %, воздухообмен 8-10 объемов/ч, световой режим – день/ночь. Уборку комнат содержания проводили ежедневно.

#### 2.2.6.2 Влияние модифицированного сорбента на прирост массы тела, морфо-биохимические показатели крови цыплят-бройлеров при воздействии Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата

Для изучения влияния сорбента на прирост массы тела, морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров были сформированы 4 группы: 1 группа – основной рацион (ОР); 2 группа – ОР + токсичный корм (ТК) Т-2 токсин (120 мкг/кг корма), дезоксиниваленол (500 мкг/кг корма), кадмий (450 мкг/кг корма), дикват (0,11 мкг/кг корма); 3 группа – ТК + модифицированный сорбент в дозе 0,5 % от рациона (по массе); 4 группа – ОР + модифицированный сорбент в дозе 0,5 % от рациона (по массе).

Цыплята контрольной группы были активны, хорошо потребляли корм, без остатка, а во второй группе наблюдалось снижение активности и пищевой возбудимости. Гибели не отмечалось, сохранность поголовья составила 100 % во всех группах. К концу эксперимента живая масса цыплят-бройлеров второй группы была ниже, чем у биологического контроля на 6,5 %. Добавление модифицированного сорбента к токсичному корму нивелировало негативное действие токсикантов на прирост массы тела. Так масса тела цыплят-бройлеров третьей группы к 42 сут была ниже, чем у птиц биологического контроля.

К концу экспериментального периода живая масса цыплят-бройлеров группы биологического контроля увеличилась в 2,8 раза. Самый высокий прирост массы тела наблюдался у цыплят-бройлеров, получавших с основным рационом модифицированный сорбент, живая масса была выше, чем в группе биологического контроля на 2,0 %.

Выявлена тенденция отставания в массе тела у цыплят-бройлеров, получавших с основным рационом Т-2 токсин, дезоксиниваленол, кадмий и дикват. К концу эксперимента живая масса цыплят-бройлеров второй группы была ниже, чем у биологического контроля на 6,5 %. Добавление модифицированного сорбента к токсичному корму нивелировало негативное действие токсикантов на прирост массы тела.

Среднесуточные привесы во второй и третьей группе цыплят-бройлеров были ниже, чем в контроле на 18,1 % ($p<0,05$) и 11,1 %, соответственно.

Введение же в корм модифицированного сорбента приводит к повышению потребления корма и, соответственно, к большему приросту массы тела.

В группе токсического контроля регистрировали увеличение количества лейкоцитов и тромбоцитов на 14,9 % ($p<0,05$) и 17,7 % ($p<0,01$), соответственно, и снижение уровня эритроцитов и гемоглобина на 12,9 % ($p<0,05$) и 19,1 % ($p<0,01$), соответственно. При использовании на фоне токсикоза модифицированного сорбента исследуемые морфологические показатели крови были на уровне контрольной группы.

Уровень АЛТ и АСТ увеличивался в крови цыплят-бройлеров 2 группы на 25,9 % ($p<0,001$) и 48,0 % ($p<0,001$), соответственно, в 3 – на 10,8 % и 10,0 %. Увеличение ферментов ЩФ и ЛДГ во второй группе относительно фоновых значений происходило на 27,0 % ($p<0,001$) и на 20,9 % ($p<0,001$), соответственно, в третьей – на 4,3 % и 8,2 %, соответственно. На 42 сутки исследования уровень ГГТ увеличился во 2 группе – на 36,6 % ($p<0,001$), а в группе 3 – на 11,8 %.

К концу эксперимента во второй группе отмечали снижение концентрации глюкозы и холестерина по 18,0 % ($p<0,01$), соответственно, по сравнению с фоновыми значениями. Уровень мочевой кислоты превышал первоначальные значения во второй группе на 16,3 % ($p<0,01$), в третьей – на 5,2 %.

Статистически достоверное снижение концентрации креатинина (12,0 %) и креатинкиназы (18,4 %) регистрировали только у цыплят-бройлеров второй группы.

Содержание общего белка в крови цыплят второй группы по сравнению с фоном снизилось на 17,2 % ($p<0,01$). Количество альбуминов и глобулинов у птиц второй группы было ниже фоновых значений на 11,1 % ($p<0,05$) и 23,8 % ($p<0,001$), соответственно. Содержание белка, альбуминов и глобулинов у птиц 3 группы было ниже на 6,9 %, 5,1 % и 8,9 %, соответственно.

В конце эксперимента регистрировали увеличение МДА на 41,0 % ($p<0,001$), в крови птиц второй группы. Статистически достоверных изменений МДА у птиц при использовании модифицированного сорбента не обнаружено.

При введении модифицированного сорбента в дозе 0,5 % морфо-биохимические показатели крови практически не отличались от значений контрольной группы.

### 2.2.6.3 Влияние модифицированного сорбента на патоморфологическую картину цыплят-бройлеров при воздействии Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата

Гистоструктура сердца, печени, почек, селезенки, стенки железистого и мышечного желудка, тонкого кишечника, фабрициевой сумки цыплят-бройлеров 1 и 4 группы без патологических изменений. Гистологическая картина у цыплят-бройлеров 3 группы, получавшей модифицированный сорбент с токсичным кормом, приближена к группе биологического контроля. В печени и почках видимые изменения не обнаружены. В тонком кишечнике и железистом желудке признаки инфильтрации лейкоцитами, лимфоцитами. В бурсе признаки реактивных изменений.

При анализе гистологических препаратов цыплят второй группы выявлены признаки дистрофических изменений в сердце, гиалиноз сосудов сердца, артериоспазм и очаговый межуточный слабо выраженный отек. Белковая дистрофия и воспалительная (клеточная) реакция в печени с некрозом единичных гепатоцитов. Воспалительная реакция и некробиозы в тонком кишечнике, железистом и мышечном желудке. Реактивные изменения в фабрициевой сумке и селезенке.

### 2.2.6.4 Влияние модифицированного сорбента на качество мяса птиц при воздействии Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата

При оценке органолептических показателей мяса цыплят-бройлеров группы токсического контроля выявлены отклонения от нормы свежего мяса в виде изменения консистенции (при надавливании пальцем образующаяся ямка выравнивалась в течение минуты), кисловатого запаха глубоких слоев мышц. Поверхность мяса была слегка липкой и влажной. По органолептическим показателям образцы первой, третьей и четвертой групп цыплят-бройлеров соответствовали параметрам требований свежего охлажденного мяса.

Следующим этапом было проведение физико-химических и микробиологических исследований, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние модифицированного сорбента на физико-химические показатели мяса цыплят-бройлеров при воздействии Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата (n=10)

| Показатель | Группа | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| pH | 5,7±0,1 | 6,1±0,4* | 5,8±0,1 | 5,6±0,2 |
| Реакция на пероксидазу | + | - | + | + |
| Количество летучих жирных кислот, мг КОН/100 г | 3,9±0,02 | 7,3±0,04*** | 4,0±0,02 | 3,9±0,03 |
| Кислотное число жира, мг КОН/г | 0,7±0,03 | 2,4±0,09*** | 0,8±0,04 | 0,8±0,03 |
| Перекисное число жира, % йода | 0,008±0,01 | 0,04±0,07*** | 0,009±0,01 | 0,009±0,01 |
| Амино-аммиачный азот, мг | 1,29±0,01 | 1,74±0,05*** | 1,28±0,02 | 1,29±0,03 |

*; *** – в сравнении с группой биологического контроля выявлены различия $p<0,05$; $p<0,001$.

Статистически значимые отличия от pH группы биологического контроля зарегистрированы в группе токсического контроля, где pH составил 6,1±0,4 ($p<0,05$). Количество летучих жирных кислот мяса бройлеров второй группы было выше в 1,9 раза ($p<0,001$). Кислотное и перекисное число превышали показатели группы биологического контроля в 3,4 и 5,0 раз ($p<0,001$), соответственно. Физико-химические показатели 3 и 4 опытных групп не имеют существенных отличий от показателей группы контроля.

При изучении мазков-отпечатков с поверхностных слоев мышц 2 группы зафиксирована обсемененность кокками и палочками. Во всех остальных образцах отмечались единичные бактерии. Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) у образцов всех групп находилось в пределах $1,8x10^4$-$1,6x10^2$ КОЕ/г. Патогенных микроорганизмов, в том числе листерий и сальмонелл, ни в одном образце мяса цыплят-бройлеров обнаружено не было.

Физико-химическим исследованием грудных мышц и печени в группе токсического контроля были обнаружены экотоксиканты (табл. 2). Содержание кадмия в мясе и печени превышало ПДК. Кадмий был также выявлен в группе цыплят, получавших экотоксиканты совместно с сорбентом, но его количество не превышало ПДК. Содержание кадмия в мясе и печени птиц третьей группы было меньше, чем во второй в 5,13 раз и 4,23 раза, соответственно.

Таблица 2 – Остаточные количества экотоксикантов в мясе и печени цыплят-бройлеров (n=10)

| Группа | Объект исследования | Показатель, мг/кг | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | кадмий | Т-2 токсин | ДОН | дикват |
| 1 | Мясо | не обн. | не обн. | не обн. | не обн. |
| | Печень | не обн. | не обн. | не обн. | не обн. |
| 2 | Мясо | 0,195±0,15 | 0,011±0,02*** | 0,006±0,001*** | следы (<0,003) |
| | Печень | 0,406±0,37 | 0,044±0,05*** | 0,025±0,002*** | 0,016±0,003*** |
| 3 | Мясо | 0,038±0,06 | не обн. | не обн. | не обн. |
| | Печень | 0,096±0,08 | не обн. | не обн. | не обн. |
| 4 | Мясо | не обн. | не обн. | не обн. | не обн. |
| | Печень | не обн. | не обн. | не обн. | не обн. |

*** – в сравнении с группой биологического контроля выявлены различия $p<0,001$.

По результатам проведения ветеринарно-санитарной экспертизы можно заключить, что введение модифицированного сорбента при воздействии экотоксикантов не влияет на органолептические, физико-химические и микробиологические показатели мяса цыплят-бройлеров и такое мясо соответствует требованиям действующих государственных стандартов, предусмотренных для доброкачественного мяса (СанПиН 2.3.2.1078-01; ТР ТС 021/2011).

### 2.2.6.5 Экономическая эффективность применения модифицированного сорбента на фоне воздействия Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата

При расчете экономической эффективности учитывали полученный прирост массы тела цыплят-бройлеров, затраты на лечебно-профилактические мероприятия, стоимость продукции. Экономическая эффективность применения модифицированного сорбента на фоне воздействия Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата на 1 рубль дополнительных затрат составила 2,87 рубля.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ограничивающим фактором производства продукции животноводства и птицеводства является загрязнение кормов токсикантами природного и антропогенного происхождения. Вопросы экспресс диагностики и применения эффективных профилактических средств остаются приоритетными при токсикозах.

В соответствии с поставленными в данной работе задачами были проведены экспериментальные исследования, в ходе которых получены результаты, отраженные в следующих выводах:

1. Биотестированием кормов на общую токсичность скрининговым методом по

выживаемости *Stylonychia mytilus* установлено, что в зависимости от региона РФ токсичными были до 8,1 %, слабой токсичностью обладало до 36,4 % образцов. Наиболее токсичными были комбикорма.

2. Стилонихии обладают высокой чувствительностью к афлатоксинам и кадмию, малой – Т-2 токсину, дезоксиниваленолу, зеараленону и слабой – диквату.

3. Разработан модифицированный сорбент на основе бентонита Биклянского месторождения РТ, активированного солями цинка и внеклеточных полисахаридов, синтезируемых штаммом 574 бактерий *P. muciliginosus*. В опытах *in vitro* и *in vivo* оценена безвредность и эффективность данного сорбента. Сорбция Т-2 токсина модифицированным сорбентом составила 84,6 %, дезоксиниваленола – 84,1 %, кадмия – 74,0 % и диквата – 72,5 %. Сорбент относится к 4 классу опасности (малоопасные вещества), не обладает кумулятивным действием.

4. При одновременном введении белым крысам Т-2 токсина в дозе 120 мкг/кг корма, дезоксиниваленола в дозе 500 мкг/кг корма, кадмия в дозе 450 мкг/кг корма и диквата в дозе 110 мкг/кг корма в течение 45 суток отмечается достоверное снижение живой массы, изменение морфологического состава крови. Регистрировали статистически достоверное повышение активности АЛТ на 40,9 %, АСТ на 62,8 %, щелочной фосфатазы на 39,2 %, билирубина на 44,0 %, мочевины на 17,7 %, АГК на 18,6 % относительно фоновых значений; снижение креатинина, глюкозы, общего белка, альбумина и глобулинов на 14,3 %, 25,1 %, 21,5 %, 14,6 % и 28,6 %. Уровень МДА был выше на 52,2 % ($p<0,001$). Модифицированный сорбент в дозе 0,5-1,0 % от рациона оказывает положительное влияние на клинический статус, морфо-биохимические показатели крови белых крыс.

Совместное поступление в организм цыплят-бройлеров природных и антропогенных загрязнителей способствует достоверному увеличению количества лейкоцитов на 14,9 %; тромбоцитов – 17,7 %; МДА – 41,0 %; билирубина – 30,7 %; АЛТ – 25,9 %; АСТ – 48,0 %; ГГТ – 36,6 %; щелочной фосфатазы – 27,0 %; ЛДГ – 20,9 %; мочевой кислоты – 16,3 % и креатинкиназы – 18,4 %. В группе токсического контроля регистрировали достоверное снижение уровня эритроцитов, гемоглобина, глюкозы, холестерина, общего белка, альбуминов, глобулинов, креатинина на 12,9 %, 19,1 %, 18,0 %, 18,0 %, 17,2 %, 11,1 %, 23,8 %, 12,0 %. Применение модифицированного сорбента при воздействии экотоксикантов способствует восстановлению морфологических и биохимических показателей крови до референсных значений.

5. Длительное поступление в организм птиц Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата ухудшало органолептические, физико-химические и микробиологические показатели мяса. Введение модифицированного сорбента в корм, контаминированный

экотоксикантами, положительно влияло на росто-весовые показатели цыплят-бройлеров и обеспечивало получение экологически чистой и безопасной продукции.

6. Экономическая эффективность применения модифицированного сорбента при воздействии Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата на 1 рубль дополнительных затрат составила 2,87 рубля.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Для снижения токсического действия Т-2 токсина, дезоксиниваленола, кадмия и диквата рекомендуется добавление в рацион животных и птиц модифицированного сорбента в дозе 0,5 % от рациона (по массе).

Полученные результаты рекомендуются для использования ветеринарными специалистами, экологами, ветсанэкспертами, токсикологами, биологами при чтении лекций на курсах повышения квалификации и проведении занятий со студентами высших учебных заведений.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Перспективным направлением дальнейшей разработки темы является изучение применения модифицированного сорбента при контаминации рационов разных видов животных токсикантами антропогенного и природного происхождения.

Внедрение сорбента в животноводческие предприятия с целью снижения последствий отравления микотоксинами, токсичными элементами и пестицидами для сохранения продуктивности и качества животноводческой продукции.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи в Российских рецензируемых журналах из Перечня ВАК

1. Сагдеева, З. Х. Оценка общей токсичности кормов Стерлитамакского района Республики Башкортостан / З.Х. Сагдеева // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2019. – Т. 238, № 2. – С. 176-181.

2. Анализ токсичности кормов в отдельных регионах Российской Федерации / Л. Е. Матросова, З. Х. Сагдеева, Е. Ю. Тарасова, Р. М. Потехина, О. К. Ермолаева // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. – 2020. – № 4 (61). – С. 69-75.

3. Оценка общей токсичности кормов республики Татарстан / З. Х. Сагдеева, О. К. Ермолаева, А. Р. Валиев, Д. Р. Сагдеев, Р. М. Потехина, Л. Е. Матросова // Ветеринарный врач. – 2020. – № 5. – С. 59-65.

4. Об исследованиях кормов на общую токсичность в испытательном центре ФГБНУ «ФЦТРБ – ВНИВИ» / Г. Г. Галяутдинова, А. Р. Валиев, З. Х. Сагдеева, О. В. Шлямина // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2022. – Т. 251, № 3. – С. 84-89.

5. Эффективность модифицированного сорбента при токсикозе птиц / З. Х. Сагдеева, Л. Е. Матросова, Э. И. Семенов, Д. Р. Сагдеев, Н. Н. Мишина, О. К. Ермолаева // Ветеринария. – 2023. – №7. – С. 50-53.

6. Оценка эффективности модифицированного сорбента при отравлении животных экотоксикантами / З. Х. Сагдеева, Д. Р. Сагдеев, Л. Е. Матросова, О. К. Ермолаева, М. А. Ерохондина // Вестник Омского государственного аграрного университета. –2023. – № 3(51). – С. 151-156.

7. Сагдеева, З. Х. Влияние модифицированного сорбента на печеночный профиль цыплят-бройлеров при сочетанном воздействии токсических веществ / З. Х. Сагдеева // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2023. – Т. 9. – № 2(34). – С. 190-196.

**Статьи, опубликованные в журналах, материалах и сборниках конференций**

8. Сагдеева, З. Х. Оценка общей токсичности кормов из Рязанской области / З. Х. Сагдеева, Н. Н. Мишина // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции, Йошкар-Ола. – 2018. – № 20. – С. 357-360.

9. Сагдеева, З. Х. Оценка общей токсичности кормов поступивших из районов Республики Татарстан / З. Х. Сагдеева, Н. Н. Мишина, А. И. Никитин // Актуальные проблемы ветеринарной медицины: Материалы Международной научно-практической конференции, Казань. - 2018. – С. 176-180.

10. Аналитика данных общей токсичности кормов / З. Х. Сагдеева, Э. И. Семёнов, А. Р. Валиев, Н. Н. Мишина, Е. Ю. Тарасова, Л. Е. Матросова // Современные проблемы экспериментальной и клинической токсикологии, фармакологии и экологии: Материалы Международной научно-практической конференции, Казань. - 2021. – С. 129-133.

11. Экспресс-оценка биосорбента для детоксикации Т-2 токсина in vitro и in vivo / З. Х. Сагдеева, Н. Н. Мишина, Е. Ю. Тарасова, Э. И. Семенов, Л. Е. Матросова // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции», Йошкар-Ола. - 2021. – № 23. – С. 601-603.

12. Использование простейших для оценки общей токсичности контаминированных Т-2 токсином кормов / З. Х. Сагдеева, Э. И. Семенов, Л. Е. Матросова, Д. Р. Сагдеев // Фундаментальные и прикладные решения приоритетных задач токсикологии и биотехнологии: Материалы Международной научно-практической конференции, Казань. - 2022. – С. 127-131.

13. Гематологические показатели цыплят-бройлеров при сочетанном воздействии экотоксикантов на фоне применения сорбента / З.Х. Сагдеева, Л.Е. Матросова, Э. И. Семёнов, Д.Р. Сагдеев // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции, Йошкар-Ола. - 2023. – С. 723-726.