

УДК: 619:615.9:636.5

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.228

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСНОГО АДСОРБЕНТА «ГАЛЛУАСОРБ» НА УЛЬТРАСТРУКТУРУ ПЕЧЕНИ ПТИЦЫ ПРИ МИКОТОКСИКОЗЕ

Кашеваров Г.С.* – канд. биол. наук, зав. лабораторией морфологических исследований (ORCID 0000-0002-4520-7596); Юсупова К.В. – канд. ветеринар. наук, науч. сотр. лаборатории морфологических исследований (ORCID 0000-0001-8597-3458); Сантов В.Р. – д-р. биол. наук, вед. науч. сотр. лаборатории морфологических исследований (ORCID 0000-0001-9815-1314); Тарасова Е.Ю. – канд. биол. наук, зав. лабораторией ветеринарной санитарии (ORCID 0000-0002-9056-5798); Матросова Л.Е. – д-р биол. наук, зав. лабораторией микотоксинов (ORCID 0000-0001-7428-7882).

ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной
и биологической безопасности»

* kaschewarow@mail.ru

Ключевые слова: сочетанный микотоксикоз, комплексный адсорбент, печень, ультраструктура, цыплята-бройлеры.

Key words: combined mycotoxicosis, complex adsorbent, liver, ultrastructure, broiler chickens.

Поступила: 05.12.2024

Принята к публикации: 06.03.2025

Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Несмотря на развитие и модернизацию сельского хозяйства, одной из важных проблем птицеводства по-прежнему остаются микотоксикозы. Ввиду продуцирования плесневыми грибами сразу нескольких микотоксинов, актуально говорить об их сочетанном действии, которое за счёт синергетического эффекта может вызывать более серьёзные изменения в организме, чем каждый отдельно взятый токсин. Патологические изменения в первую очередь проявляются в печени и других органах-мишенях. Известно, что препараты, оказывающие направленный эффект в отношении гепатоцитов, перспективны в качестве лечебных и профилактических средств против микотоксикозов. Цель данной работы – оценка гепатопротективной активности комплексного адсорбента «Галлуасорб» на ультраструктурном уровне при экспериментальном сочетанном микотоксикозе цыплят-бройлеров. Эксперимент провели на 40 цыплятах-бройлерах кросса КОББ-500, возраст 21–22 суток, разделённых на четыре группы: 1 группа (БК) – биологический контроль; 2 группа (ТК) – токсический контроль (токсический рацион, загрязнённый Т-2 токсином, афлатоксином В1 и зеараленоном); 3 группа (ТК+ГС) – профилактируемая (токсический рацион с добавлением 0,25 % «Галлуасорба»); 4 группа (БК+ГС) – контроль безвредности (обычный рацион с 0,25 % «Галлуасорба»). Для морфологического исследования кусочки печени размером 1 мм³ подготавливали по методике ультратонких срезов, контрастировали и просматривали на ТЭМ. Далее проводили описание полученных электронограмм и морфометрию, учитывая следующие характеристики мито-

хондрий: площадь, периметр, калиперометрический диаметр (диаметр Фере), коэффициент округлости. Статистическая обработка данных проведена с использованием описательной и сравнительной статистики (непараметрический тест Манна – Уитни, $\alpha=0,05$; коррекция р по Бонферрони). По результатам исследований был выявлен протективный эффект адсорбента «Галлуасорб» в отношении общей цитоморфологии гепатоцитов и морфометрических показателей митохондрий гепатоцитов цыплят-бройлеров.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Микотоксины – продуцируемые грибами токсиканты, попадающие в организм животных с пищей и вызывающие различные виды микотоксикоза: острый, подострый или хронический [1].

Одним из важнейших в хозяйственном отношении микотоксинов является афлатоксин В₁ – соединение, вызывающее высокий токсический, мутагенный и канцерогенный эффект [2, 3]. Не менее опасен зеараленон, в действующих концентрациях вызывающий такие репродуктивные проблемы, как структурные перестройки репродуктивных органов и нарушения полового цикла [4]. Опасен и Т-2 токсин, вызывающий окислительное повреждение и апоптоз клеток за счёт ингибирования синтеза белка и нарушения синтеза нуклеиновых кислот [5, 6].

В реальных условиях микотоксины часто встречаются в сочетании и проявляют аддитивное или синергетическое действие, что приводит к необходимости систематического изучения ультраструктурных изменений, возникающих при одновременном воздействии афлатоксина В₁, Т-2 токсина и зеараленона, и противодействию этим негативным изменениям.

Печень – это орган, первым проявляющий патологические морфологические изменения при микотоксикозах, в первую очередь проявляющиеся в изменении морфологии митохондрий [7].

Известно, что препараты, оказывающие направленный эффект в отношении гепатоцитов, более перспективны в качестве лечебных и профилактических препаратов против микотоксикозов [8, 9]. В качестве агента, снижающего токсическую нагрузку на организм, нами был протестирован разработанный на базе ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» комплексный адсорбент, содержащий: нанотрубки галлуазита с высокой адсорбционной актив-

ностью к афлатоксину В₁, Т-2 токсину, зеараленону и охратоксину А [10]; β -глюканы, также обладающие сорбционной активностью в отношении микотоксинов [11]; шрот расторопши, проявляющий адаптогенные свойства, а также метионин, являющийся гепатопротектором при микотоксикозах в силу повышения активности метильных групп [12].

Ранее нами была показана эффективность данного комплекса на крысах и кроликах в условиях микотоксикоза [13–15].

Таким образом, цель данной работы – оценка гепатопротективной активности комплексного адсорбента «Галлуасорб» на ультраструктурном уровне при экспериментальном сочетанном микотоксикозе цыплят-бройлеров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования по определению эффективности комплексного адсорбента «Галлуасорб» (ГС), в состав которого входят нанотрубки галлуазита, β -глюканы, шрот расторопши и метионин, были выполнены на 40 цыплятах-бройлерах кросса КОББ-500 массой 0,8–0,9 кг. Птицы были случайным образом распределены на четыре группы по 10 особей в каждой:

Биологический контроль (БК) – цыплята этой группы получали основной рацион, предварительно проверенный на отсутствие микотоксинов методом иммуноферментного анализа.

Токсический контроль (ТК) – цыплята этой группы дополнительно к основному рациону получали смесь микотоксинов (Т-2 токсин – 2,5 мг/кг, афлатоксин В₁ – 3,3 мг/кг, зеараленон – 1,7 мг/кг).

Группа опыта (ТК+ГС) – животные получали комплексный адсорбент «Галлуасорб» в дозе 0,25 % от рациона дополнительно к токсичному рациону.

Группа контроля безвредности (БК+ГС) – животные получали комплексный адсорбент «Галлуасорб» в дозе 0,25 % от рациона дополнительно к основному рациону.

Птицы всех групп содержались в одинаковых условиях, доступ к корму и воде был свободным.

Микотоксины добавляли в основной рацион путем ступенчатого перемешивания на протяжении трех недель. Дозы микотоксинов были выбраны с целью контролируемого воспроизведения подострого сочетанного микотоксикоза с выраженной клинической картиной.

По окончании эксперимента проводили эвтаназию животных с отбором проб тканей для лабораторных исследований.

Согласно стандартной для ультраструктурных исследований процедуры, выбранные случайным образом в объеме органа кусочки ткани печени размером до 1 мм³ фиксировали в 1 % глутаровом альдегиде на 0,1 М фосфатном буфере и готовили к просмотру на электронном микроскопе в соответствии с принятыми протоколами (с дегидратацией ацетоном и этиловым спиртом) [16, 17].

Срезы изготавливали на ультрамикротоме в два этапа. На первом этапе получали полутонкие срезы (в пределах 1,5 мкм) для предварительного просмотра на световом микроскопе (окрашивание 1 % раствором метиленового синего) с целью точного выбора участка для ультраструктурного исследования. На втором этапе получали ультратонкие срезы (ориентировочно 80 нм), монтировали на медных сеточках с полимерной подложкой и контрастировали методом капли солями тяжёлых металлов.

Электроннограммы (микрофотографии) полей зрения электронного микроскопа получали методом случайных бесповторных полей при увеличении до 10 тысяч раз и ускоряющем напряжении 80 кВ. Затем проводили морфологическое описание и морфометрию с помощью программ FIJI / Image J [18].

На срезах измеряли следующие характеристики митохондрий: площадь,

периметр, калиперометрический диаметр (диаметра Фере). Также вычисляли коэффициент их округлости по формуле:

$$C=4\pi(S/P^2),$$

где C – коэффициент округлости;

S – площадь;

P – периметр.

Статистическая обработка полученных данных проводилась в программных средах MS Excel и Statistica 6.0. с использованием методов описательной и сравнительной статистики. Вычисляли средние значения показателей (M) и стандартное отклонение (Sd), а также определяли соответствие распределения выборочных значений нормальному (тест Колмогорова – Смирнова). Поскольку распределение величин значимо отличалось от нормального, для сравнения групп проводили непараметрический тест Манна – Уитни для несвязанных выборок. Статистические тесты проводили при критическом уровне значимости $\alpha=0,05$ (величину p корректировали исходя из поправки Бонферрони).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В группе биологического контроля характеристики гепатоцитов соответствуют таковым для нормального строения (рис. 1, А). Ядра округлые, поры в оболочке ядер просматриваются отчётливо, перинуклеарное пространство равномерной ширины по всему периметру, хроматин расположен диффузно. Матрикс митохондрий в основном электронноплотный, в большинстве отчётливо просматриваются кристы. Встречается гликоген, хорошо визуализируется эндоплазматическая сеть (в том числе гранулярная) – как в цитоплазме в целом, так и в околоядерной зоне. Такое же внешнее строение характерно для гепатоцитов группы контроля безвредности (БК+ГС) средства «Галлуасорб».

В группе токсического контроля (ТК) во многих гепатоцитах контур ядра неровный (отмечаются изломы, впадины), наблюдается переориентация и дезинтеграция хроматина, перинуклеарное пространство местами увеличено и неравномерной ширины. Кристы в митохондриях

просматриваются, но иногда выявляются разрывы мембран с деструкцией оргanelл, матрикс в основном средней электронной плотности, иногда просветленный. Включения в цитоплазме редки, эндоплазматическая сеть фрагментарна.

Перинуклеарное пространство в группе применения «Галлуасорба» на фоне микотоксикоза (ТК+ГС) не увеличено, но в ряде случаев наблюдается незначительная деформация ядер. В ядрах встречается конденсированный хроматин. Митохондрии с электронно-плотным матриксом, кристы в большинстве случаев визуализируются. Цитоплазма средней электронной плотности, включения встреча-

ются, эндоплазматическая сеть чётко просматривается.

Таким образом, группа ТК+ГС в морфологическом отношении показала отличия от группы токсического контроля, приближаясь по своим характеристикам к группе биологического контроля.

Также был проведён морфометрический анализ митохондрий гепатоцитов. Сравнивали площадь, периметр, калиперометрический диаметр (диаметра Фере) и коэффициент округлости митохондрий гепатоцитов. Результаты статистического анализа полученных данных представлены в таблице 1.

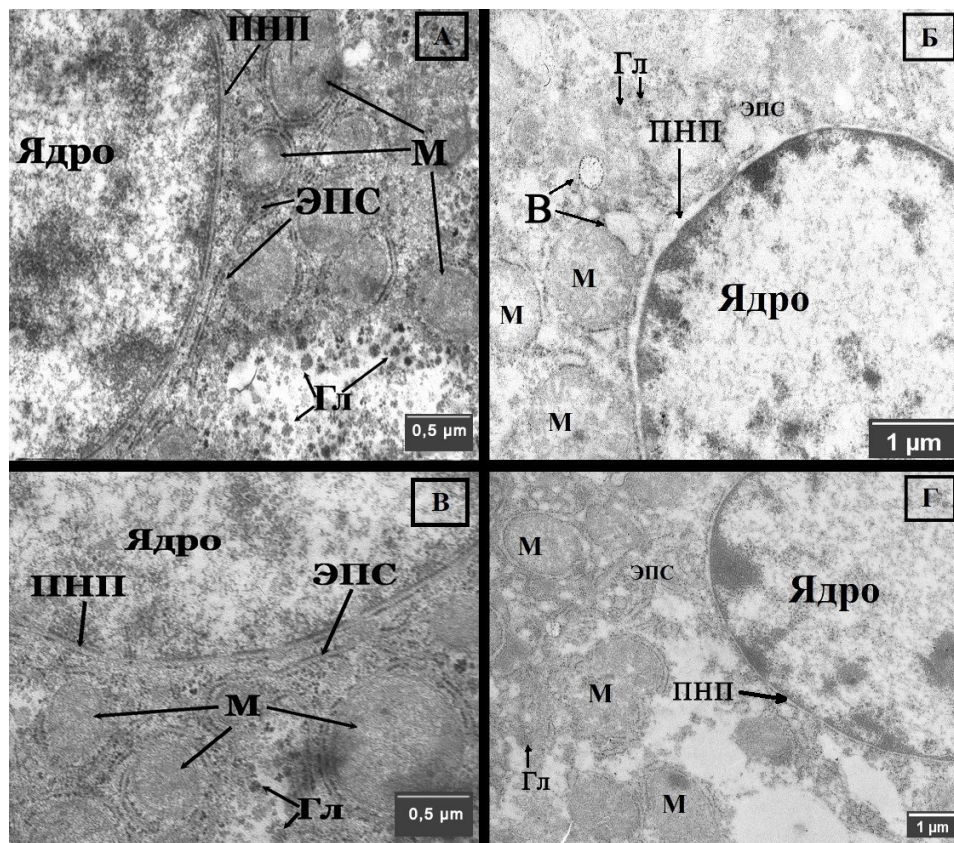


Рисунок 1 – Фрагменты гепатоцитов цыплят-бройлеров

Примечание: А – группа биологического контроля, Б – группа токсического контроля, В – группа контроля безвредности комплексного адсорбента, Г – опытная группа (токсический рацион+«Галлуасорб»), м – митохондрии, ЭПС – эндоплазматическая сеть, ПНП – перинуклеарное пространство, Гл – гликоген, В – вакуоли.

Таблица 1– Морфометрические характеристики ($M(Sd)$) митохондрий гепатоцитов цыплят-бройлеров

Группа	Площадь, μm^2	Периметр, μm	Диаметр, μm	Коэффициент округлости
Биологический контроль (БК)	0,39(0,23) ^b	2,28(0,78) ^b	0,88(0,33) ^b	0,91(0,10)
Токсический контроль (ТК)	0,23(0,15) ^a	1,72(0,59) ^a	0,66(0,24) ^a	0,90(0,09)
Контроль безвредности (БК+ГС)	0,39(0,21) ^b	2,25(0,68) ^b	0,84(0,29) ^b	0,92(0,10)
Группа опыта (ТК+ГС)	0,31(0,16) ^b	2,02(0,58) ^b	0,79(0,25) ^b	0,90(0,09)

Примечания:

Верхние индексы показывают статистически значимые отличия с учётом поправки на влияние множественного сравнения:

a – отличие от группы биологического контроля.

b – отличие от группы токсического контроля.

Статистически значимые отличия от группы БК показывают морфометрические характеристики митохондрий только группы ТК, что воспроизводится в анализе всех характеристик, кроме коэффициента округлости. Эти изменения можно интерпретировать как объективное свидетельство уменьшения митохондрий в группе токсического контроля.

Значения морфометрических показателей в группе БК+ГС, как уже сообщалось выше, не отличаются от группы БК, и, как и у группы БК, значимо отличаются от группы ТК.

В группе ТК+ГС мы наблюдаем снижение этих показателей по сравнению с группой биологического контроля (при этом статистические отличия от БК не обнаруживаются, в то же время характеристики значимо отличаются от группы ТК).

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Несмотря на многие годы исследований и вмешательств на уровне до, во время и после сбора урожая микотоксины продолжают представлять значительную угрозу животноводству. Поскольку методы сбора урожая и условия хранения остаются ненадлежащими, применение практичных и эффективных методов детоксикации кормов, загрязнённых микотоксинами, становится все более важным

для снижения риска здоровью людей и животных. Нами отмечен протективный эффект комплексного адсорбента «Галлуасорб» в отношении общей цитоморфологии гепатоцитов и морфометрических показателей митохондрий гепатоцитов цыплят-бройлеров, что выражалось в сближении общей цитоморфологии и морфометрических характеристик митохондрий профилируемой группы с группой биологического контроля. В то же время, в группе контроля безвредности отличий изученных характеристик от группы биологического контроля не отмечалось. Таким образом, после дальнейших всесторонних исследований «Галлуасорб» может стать эффективной и экологически чистой стратегией защиты при смешанном микотоксикозе сельскохозяйственной птицы.

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF THE COMPLEX ADSORBENT "GALLUASORB" ON THE ULTRASTRUCTURE OF POULTRY LIVER IN MYCOTOXICOSIS

Kashevarov G.S. * – candidate of biological sciences, head of laboratory for morphological studies (ORCID 0000-0002-4520-7596); **Yusupova K.V.** – candidate of veterinary sciences, scientific researcher of la-

laboratory for morphological studies (ORCID 0000-0001-8597-3458); **Saitov V.R.** – doctor of biological sciences, leading scientific researcher of laboratory for morphological studies (ORCID 0000-0001-9815-1314); **Tarasova E.Yu.** – candidate of biological sciences, head of the laboratory of veterinary sanitation (ORCID 0000-0002-9056-5798); **Matrosova L.E.** – doctor of biology sciences, head of the mycotoxins laboratory (ORCID 0000-0001-7428-7882)

FSBSI «Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety»

* kaschewarow@mail.ru

ABSTRACT

Despite the development and modernization of agriculture, mycotoxicosis remains one of the important problems of poultry farming. Due to the production of several mycotoxins by mold fungi at once, it is important to talk about their combined action, which, due to the synergistic effect, can cause more serious changes in the body than each individual toxin. Pathological changes primarily occur in the liver and other target organs. It is known that drugs that have a targeted effect on hepatocytes are promising as therapeutic and prophylactic agents against mycotoxicosis. The objective of this work is to evaluate the hepatoprotective activity of the complex adsorbent "Galluasorb" at the ultrastructural level in experimental combined mycotoxicosis of broiler chickens. The experiment was conducted on 40 broiler chickens of the COBB-500 cross, aged 21-22 days, divided into four groups: group 1 (BC) – biological control; group 2 (TC) – toxic control (toxic diet contaminated with T-2 toxin, aflatoxin B₁ and zearalenone); group 3 (TC+GS) – preventive (toxic diet with the addition of 0.25% Galluasorb); group 4 (BC+GS) – safety control (regular diet with 0.25% Galluasorb). For morphological examination, 1 mm³ liver pieces were prepared using the ultrathin section technique, contrasted and examined on TEM. Then, the obtained electronograms were described and morphometry was performed, taking into account the following mitochon-

dria characteristics: area, perimeter, calipermetric diameter (Feret diameter), roundness coefficient. Statistical data processing was performed using descriptive and comparative statistics (nonparametric Mann-Whitney test, $\alpha=0.05$; Bonferroni correction p). Based on the research results, a protective effect of the Galluasorb adsorbent was revealed in relation to the general cytomorphology of hepatocytes and morphometric indices of mitochondria of hepatocytes in broiler chickens.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Semenov, E. I. Effect of Bee Brood and Zeolite on Broiler Chickens Exposed by Mycotoxin T-2 / E. I. Semenov, N. N. Mishina, V. R. Saitov [et al.] // Natural Volatiles and Essential Oils. – 2021. – Vol. 8, No. 4. – P. 3520-3531., Innovative technologies for the mitigation of mycotoxins in animal feed and ingredients – a review of recent patents / Y. Zhu, Y. I. Hassan, C. Watts [et al.] // Anim Feed Sci Technol. – 2016. – Vol. 216. – P. 19–29.
2. Тарасова, Е. Ю. Эффективность пробиотического комплекса на основе природного минерала галлуазита при смешанном микотоксикозе кроликов / Е. Ю. Тарасова, Л. Е. Матросова, С. А. Танасева, Э. И. Семенов // Ветеринария. – 2022. – № 11. – С. 62-65. – DOI 10.30896/0042-4846.2022.25.11.62-65.
3. Тремасов, М. Я. Опыт применения пробиотика при микотоксикозах / М. Я. Тремасов, Л. Е. Матросова, Е. Ю. Тарасова // Вестник ветеринарии. – 2009. – № 3 (50). – С. 38–41.
4. Mahato, D. K. Trichothecenes in food and feed: occurrence, impact on human health and their detection and management strategies / D. K. Mahato, S. Pandhi, M. Kamle [et al.] // Toxicon. – 2022. – Vol. 208. – P. 62–77.
5. Садыкова, А. Ш. Изучение сорбционной активности биосорбентов по отношению к Т-2 токсину / А. Ш. Садыкова, Е. Ю. Тарасова, Л. Е. Матросова [и др.] // Ветеринарный врач. – 2021. – № 3. – С. 45–52. – DOI 10.33632/1998-698X.2021-3-45-52.

6. Идиятов, И. И. Цитотоксическая активность Т-2 токсина к перевиваемым культурам клеток эпителия легкого эмбриона крупного рогатого скота / И. И. Идиятов, Л. Р. Валиуллин, В. В. Бирюля [и др.] // Гены и Клетки. – 2017. – Т. 12, № 1. – С. 41–46.
7. Попова, О. С. Оценка современных энтеросорбентов: возможности и перспективы / О. С. Попова // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2023. – № 2. – С. 76–79. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.2.76.
8. Барышев, В. А. Повышение эффективности современных сорбентов / В. А. Барышев, О. С. Попова, А. В. Свиридова // Международный вестник ветеринарии. – 2017. – № 2. – С. 13–16.
9. Понамарев, В. С. Влияние препарата «Гепатон» в сочетании с фитосорбционным комплексом на уровень эндогенной интоксикации / В. С. Понамарев, О. С. Попова // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2020. – № 3. – С. 124–125.
10. Тарасова, Е. Ю. Нанотрубки галлуазита – новое эффективное средство для борьбы с микотоксикозами / Е. Ю. Тарасова, Э. И. Семенов, Л. Е. Матросова, М. И. Канин // Научная жизнь. – 2020. – Т. 15, № 4 (104). – С. 561–571.
11. Sun, Y. Impacts of low-level aflatoxin in feed and the use of modified yeast cell wall extract on growth and health of nursery pigs / Y. Sun, I. Park, J. Guo [et al.] // Animal Nutrition. – 2015. – Vol. 1 (3). – P. 177–183.
12. Гулюшин, С. Ю. Доноры метильных групп — перспективные средства для профилактики хронических микотоксикозов / С. Ю. Гулюшин, Р. А. Зернов // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 2. – С. 21–31.
13. Тарасова, Е. Ю. Изучение защитного действия профилактических комплексов на ультраструктуру гепатоцитов кроликов при сочетанном микотоксикозе / Е. Ю. Тарасова, Г. С. Кашеваров, В. Р. Сайтов [и др.] // Ветеринарный врач. – 2023. – № 1. – С. 57–63.
14. Кашеваров, Г. С. Морфометрические показатели подоцитов почек крыс и кроликов при сочетанном микотоксикозе на фоне применения профилактических комплексов / Г. С. Кашеваров, Е. Ю. Тарасова, В. Р. Сайтов [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3. – С. 97–101.
15. Tarasova, E. The effectiveness of a feed additive with galloisite in rat mycotoxicosis / E. Tarasova, L. Matrosova, G. Kashevarov, S. Tanaseva, O. Ermolaeva, A. Sofronova, N. Mishina, L. Valiullin, R. Mukhammadiev, E. Semenov // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 548. – P. 02014. – DOI 10.1051/e3sconf/202454802014.
16. Иванов, А. В. Методические рекомендации по электронно-микроскопическим исследованиям биологических объектов / А. В. Иванов, А. А. Иванов, А. Н. Чернов [и др.]. – Москва: Росинформагротех, 2011. – 67 с.
17. Сальникова, М. М. Трансмиссионная электронная микроскопия в биологии и медицине: монография / М. М. Сальникова, Л. В. Малютина, В. Р. Сайтов, А. И. Голубев. – Казань: КФУ (Казанский (Приволжский) федеральный университет), 2016. – 125 с.
18. Schindelin, J. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis / Schindelin J., Arganda-Carreras I., Frise E. [et al.] // Nature methods, 9(7). – 2012. – P. 676–682.

REFERENCES

1. Semenov, E. I. Effect of Bee Brood and Zeolite on Broiler Chickens Exposed by Mycotoxin T-2 / E. I. Semenov, N. N. Mishina, V. R. Saitov [et al.] // Natural Volatiles and Essential Oils. – 2021. – Vol. 8, No. 4. – P. 3520–3531. Innovative technologies for the mitigation of mycotoxins in animal feed and ingredients – a review of recent patents / Y. Zhu, Y. I. Hassan, C. Watts [et al.] // Anim Feed Sci Technol. – 2016. – Vol. 216. – P. 19–29.
2. Tarasova, E. YU. Effektivnost' profilakticheskogo kompleksa na osnove prirodnogo minerala galluazita pri smeshannom mikotoksikoze krolikov / E. YU. Tarasova,

- L. E. Matrosova, S. A. Tanaseva, E. I. Semenov // Veterinariya. – 2022. – № 11. – S. 62–65. – DOI 10.30896/0042-4846.2022.25.11.62-65.
3. Tremasov, M. YA. Opyt primeneniya probiotika pri mikotoksikozah / M. YA. Tremasov, L. E. Matrosova, E. YU. Tarasova // Vestnik veterinarii. – 2009. – № 3 (50). – S. 38–41.
4. Mahato, D. K. Trichothecenes in food and feed: occurrence, impact on human health and their detection and management strategies / D. K. Mahato, S. Pandhi, M. Kamle [et al.] // Toxicon. – 2022. – Vol. 208. – P. 62–77.
5. Sadykova, A. SH. Izuchenie sorbcionnoj aktivnosti biosorbentov po otnosheniyu k T-2 toksinu / A. SH. Sadykova, E. YU. Tarasova, L. E. Matrosova [i dr.] // Veterinarnyj vrach. – 2021. – № 3. – S. 45–52.
6. Idiyatov, I. I. Citotoksicheskaya aktivnost' T-2 toksina k perevivaemym kul'turam kletok epiteliya legkogo embriona krupnogo rogatogo skota / I. I. Idiyatov, L. R. Valiullin, V. V. Biryulya [i dr.] // Geny i Kletki. – 2017. – T. 12, № 1. – S. 41–46.
7. Popova, O. S. Ocenka sovremennyh enterosorbentov: vozmozhnosti i perspektivy / O. S. Popova // Normativno-pravovoe regulirovanie v veterinarii. – 2023. – № 2. – S. 76–79. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.2.76.
8. Baryshev, V. A. Povyshenie effektivnosti sovremennyh sorbentov / V. A. Baryshev, O. S. Popova, A. V. Sviridova // Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii. – 2017. – № 2. – S. 13–16.
9. Ponamarev, V. S. Vliyanie preparata «Gepaton» v sochetanii s fitosorbcionnym kompleksom na uroven' endogennoj intoksikacii / V. S. Ponamarev, O. S. Popova // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. – 2020. – № 3. – S. 124–125.
10. Tarasova, E. YU. Nanotrubki galluazita – novoe effektivnoe sredstvo dlya bor'by s mikotoksikozami / E. YU. Tarasova, E. I. Semenov, L. E. Matrosova, M. I. Kanin // Nauchnaya zhizn'. – 2020. – T. 15, № 4 (104). – S. 561–571.
11. Sun, Y. Impacts of low-level aflatoxin in feed and the use of modified yeast cell wall extract on growth and health of nursery pigs / Y. Sun, I. Park, J. Guo [et al.] // Animal Nutrition. – 2015. – Vol. 1 (3). – P. 177–183.
12. Gulyushin, S. YU. Donory metil'nyh grupp — perspektivnye sredstva dlya profilaktiki hronicheskikh mikotoksikozov / S. YU. Gulyushin, R. A. Zernov // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2011. – № 2. – S. 21–31.
13. Tarasova, E. YU. Izuchenie zashchitnogo dejstviya profilakticheskikh kompleksov na ul'trastrukturu gepatocitov krolikov pri sochetannom mikotoksikoze / E. YU. Tarasova, G. S. Kashevarov, V. R. Saitov [i dr.] // Veterinarnyj vrach. – 2023. – № 1. – S. 57–63.
14. Kashevarov, G. S. Morfometricheskie pokazateli podocitov pohek krysa i krolikov pri sochetannom mikotoksikoze na fone primeneniya profilakticheskikh kompleksov / G. S. Kashevarov, E. YU. Tarasova, V. R. Saitov [i dr.] // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2023. – № 3. – S. 97–101.
15. Tarasova, E. The effectiveness of a feed additive with galloisite in rat mycotoxicosis / E. Tarasova, L. Matrosova, G. Kashevarov, S. Tanaseva, O. Ermolaeva, A. Sofronova, N. Mishina, L. Valiullin, R. Mukhammadiyev, E. Semenov // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 548. – P. 02014. – DOI 10.1051/e3sconf/202454802014.
16. Ivanov, A. V. Metodicheskie rekomendacii po elektronno-mikroskopicheskim issledovaniyam biologicheskikh ob"ektov / A. V. Ivanov, A. A. Ivanov, A. N. Chernov [i dr.]. – Moskva : Rosinformagrotekh, 2011. – 67 s.
17. Sal'nikova, M. M. Transmissiionnaya elektronnaya mikroskopiya v biologii i medicine: monografiya / M. M. Sal'nikova, L. V. Malyutina, V. R. Saitov, A. I. Golubev. – Kazan': KFU (Kazanskij (Privolzhskij) federal'nyj universitet), 2016. – 125 s.
18. Schindelin, J. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis / Schindelin J., Arganda-Carreras I., Frise E. [et al.] // Nature methods, 9(7). – 2012. – P. 676–682.