

**УДК: 579:615:636.5:636.085
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.3.195**

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
БИОКОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ БАКТЕРИЙ
BACILLUS SUBTILIS В КАЧЕСТВЕ БЕЗОПАСНОЙ
ДОБАВКИ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА -
НЕЙТРАЛИЗАТОРА ЗЕАРАЛЕНОНА В ПТИЦЕВОДСТВЕ**

Крутъ У.А.^{1*} – канд. биол. наук, доц. каф. биотехнологии и микробиологии (ORCID 0009-0009-6341-9750); Иванова С.М.¹ – лаборант-исследователь (ORCID 0009-0007-6755-6686); Шайдорова Г.М.¹ – асс. каф. биохимии (ORCID 0000-0002-9467-027X); Кощаев И.А.² – канд. с.-х. наук, доц. каф. технологии и переработки сельскохозяйственной продукции (ORCID 0000-0002-0377-6088); Перепелица М.М.¹ – лаборант-исследователь (ORCID 0009-0004-7356-4728)

¹ ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный
исследовательский университет»

² ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет»

* krut@bsuedu.ru

Ключевые слова: сельскохозяйственные птицы, микотоксины, монтмориллонит, симбиотики для кур, *Bacillus subtilis*.

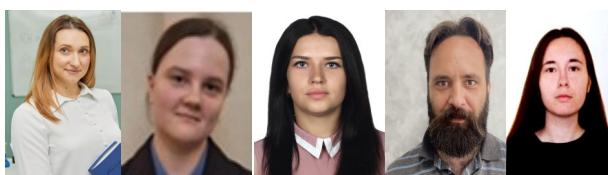
Key words: Agricultural poultry, mycotoxins, montmorillonite, symbiotics for chickens, *Bacillus subtilis*.

Финансирование: Материалы подготовлены в рамках Государственного задания № FZWG-2023-0007 по теме: «Адаптивные реакции микроорганизмов: теоретические и прикладные аспекты».

Поступила: 27.01.2025

Принята к публикации: 26.08.2025

Опубликована онлайн: 15.09.2025



РЕФЕРАТ

В рамках настоящего исследования были проведены два эксперимента: оценка *in vitro* способности биокомпозиции на основе монтмориллонитовых глин и бактерий *Bacillus subtilis* BKM B3701D нейтрализовать микотоксин зеараленон, а также *in vivo* оценка безопасного влияния данной биокомпозиции на рост цыплят. Целью работы являлось изучение возможности применения биокомпозиций, содержащей монтмориллонитовые глины и штамма микроорганизма *Bacillus subtilis* BKM B3701D, в птицеводстве как безопасного нейтрализатора микотоксина зеараленона, а также как профилактического и пробиотического средства. Зеараленон представляет собой вторичный метаболит, продуцируемый токсигенными видами плесневых грибов, и часто встречается в загрязнённых кормах для животных, включая зерновые культуры. Умеренное или низкое потребление данного микотоксина приводит

к снижению продуктивности животных, замедлению темпов роста, уменьшению объёмов производства и ухудшению качества продукции на рынке. Эти эффекты часто возникают без проявления явного первичного синдрома микотоксикоза. Согласно результатам исследований, проведённых с использованием метода высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), биокомпозиция в соотношении биомассы и монтмориллонита 5:1 соответственно, способствовала снижению концентрации микотоксина зеараленона в 21 раз в опытах *in vitro*. Внесение в рацион цыплят мясного кросса экспериментальной кормовой добавки в дозировке 2,0 кг на тонну сухого корма оказалось положительное влияние на среднесуточный прирост живой массы птиц. Так, по сравнению с контрольной группой данный показатель увеличился на 5,8 %. На 42 сутки эксперимента средняя масса одного цыплёнка опытной группы составила 3016,9 г, что на 5,7 % выше аналогичного показателя контрольной группы. Все биохимические показатели контрольной и опытных групп животных находились в пределах физиологической нормы. Полученные результаты являются важным этапом в разработке современной синбиотической кормовой добавки.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Введение в рацион кормов низкого качества, загрязнённых микотоксинами, способствует частому возникновению заболеваний, нарушению иммунного статуса, а также усугубляет негативное влияние неблагоприятных условий содержания и стрессовых факторов [1]. Экономический ущерб от микотоксикозов обусловлен снижением продуктивности животных и их воспроизводительной способности, повышением восприимчивости животных к заболеваниям, увеличением материальных затрат на лечение и профилактические мероприятия, ухудшением качества получаемой продукции, а в случае превышения допустимых концентраций микотоксинов – полной непригодностью сельскохозяйственной продукции к употреблению человеком [2]. Для обезвреживания микотоксинов на практике применяют следующие методы: физические (очистка, вымачивание, промывание, нагревание, растворение), химические (окисление, обработка бисульфатом, амиаком, формальдегидом), связывание (адсорбция алюмоシリкатами, бентонитами, цеолитами и т.п.), биологические (действие ферментов, в том числе микробных). Недостатком обработки зерна деконтаминирующими факторами является необходимость удаления остатков химических агентов, наличие которых в корнях нежелательно, а также продуктов трансформации микотоксинов во избежание обратных реакций и реакций актива-

ции. Ранее коллективом авторов были доказаны высокие показатели сорбционной активности биокомпозиций на основе монтмориллонитовых глин по отношению к микотоксинам, на примере афлатоксина, в подсолнечном и соевом шротах в лабораторных условиях [3].

Целью настоящей работы является изучение свойств биокомпозиции на основе монтмориллонитосодержащих глин и бактерий *Bacillus subtilis* по отношению к зеараленону, а также выявление перспектив её использования в качестве безопасной кормовой добавки для сельскохозяйственной птицы. Используемый штамм *Bacillus subtilis* BKM B3701D производит значительное количество биологически активных метаболитов, проявляющих биологическую активность по отношению к фитопатогенным грибам, таким как *Fusarium sp.* и обладает антагонистической активностью по отношению к *Escherichia coli* [4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Биокомпозиция была приготовлена на основе минералов монтмориллонита и микроорганизмов *Bacillus subtilis* BKM B3701D с титром 10^9 КОЕ/г в количестве 75–80 мас.% [5]. Способность нейтрализовать микотоксины проверяли на заряжённом пшенице с использованием аборигенного штамма плесневого гриба *Fusarium sp.* Определение содержания микотоксина зеараленона проводили методом высокоэффективной жидкостной хрома-

тографии (ВЭЖХ) с модификацией стандартной методики, описанной в ГОСТ 31691-2012 «Зерно и продукты его переработки, комбикорма», с учётом специфики используемых реагентов.

Реакционные смеси для анализа были приготовлены по методике, адаптированной из рекомендаций по определению микотоксинов, с использованием оптимального соотношения буфера и воды, подобранного на основе предварительных опытов [6]. Смеси готовили в трёх вариантах:

К 10 г заражённого корма добавляли навеску 0,1 г биокомпозиции, 10 мл буфера и 100 мл воды.

К 10 г заражённого корма добавляли навеску 0,25 г биокомпозиции, 10 мл буфера и 100 мл воды.

К 10 г заражённого корма добавляли навеску 0,5 г биокомпозиции, 10 мл буфера и 100 мл воды.

Колбы с пшеницей после первых суток культивирования с аборигенным штаммом плесневого гриба *Fusarium sp.* и биокомпозицией помещали в шейкер-инкубатор на 24 часа при температуре 35–40 °С. По истечении этого времени пшено измельчали, после чего из каждого измельчённого образца брали навеску 1,00 г для экстракции. Образцы встряхивали в течение 10 минут на шейкере, затем центрифугировали 5 минут при скорости 2700 об/мин. Отбирали 3 мл экстракта в центрифужную пробирку вместимостью 15 мл, добавляли 1 мл гексана, насыщенного ацетонитрилом, и встряхивали 3 минуты. Гексан использовали для удаления липидов из корма, которые могут мешать определению микотоксинов на хроматограммах. После расслаивания фаз отбирали 2 мл нижней фазы, добавляли 2 мл деионизированной воды, перемешивали и фильтровали через мембранный фильтр (0,45 мкм). Из полученного фильтрата выпаривали растворитель с помощью вакуумной центрифуги. Полученный сухой остаток растворяли в 1 мл смеси ацетонитрил:вода (50:50) для дальнейшего анализа методом ВЭЖХ на хроматографе WATERS ACQUITY H с ис-

пользованием стандартов микотоксинов.

Для изучения безопасного влияния биокомпозиции на сельскохозяйственных животных проводили кормление экспериментальной кормовой добавкой цыплят-бройлеров кросса Росс-308 в условиях, приближенных к реальным фермерским хозяйствам на базе ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина». Были сформированы три группы: две опытные и контрольная, по 40 цыплят в каждой (20 курочек и 20 петушков). Первой опытной группе в сухой корм с суточного возраста до 42-го дня жизни, кроме дней вакцинации, добавляли биокомпозицию из расчёта 1,0 кг/т корма. Во второй опытной группе – в дозировке 2,0 кг/т корма. Контрольной группе препарат в корм не включали; в остальном условия содержания были идентичны опытным группам. В ходе эксперимента ежедневно проводили мониторинг микроклиматических показателей (температура, влажность, вентиляция, освещённость) в птичнике, учёт расхода корма, случаев заболеваний, отхода и падежа птицы. Биохимические показатели (общий белок, глюкоза, триглицериды) определяли в крови цыплят на 42-й день по стандартным методикам (результаты этих измерений в данной статье не приведены). Статистический анализ результатов эксперимента проводили методом дисперсионного анализа с вычислением средней и факториальной дисперсий (Dфакт.) и отклонения от средней линии (m).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Была проведена оценка способности биокомпозиции нейтрализовать микотоксин зеараленон в заражённом зерне методом высокоеффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Контрольным образцом являлось зерно с искусственным заражением грибом рода *Fusarium sp.*, Выбор зеараленона в качестве маркерного микотоксина обусловлен его частым присутствием в кормах и значимым негативным влиянием на продуктивность животных.

Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение изменений концентраций зеараленона в зараженном корме при действии биокомпозицией в различных дозировках

Дозировка биокомпозиции на 10 г реакционной смеси	Средняя площадь пика хроматограмм образцов, inj	RSD	Стандартное отклонение	Концентрация зеараленона, мкг/мл
Контроль (зараженное пшено – 1 сутки культивации с <i>Fusarium sp.</i>)	25975,67	605,1978	2,33	0,78
Контроль (зараженное пшено – 10 сутки после заражения <i>Fusarium sp.</i>)	19488,57	20717,02	1,06	173,84
Навеска 0,1 г	33763,67	1098,816	3,25	1,48
Навеска 0,25 г	25988	777,9672	2,99	0,78
Навеска 0,5 г	15986,33	327,5581	2,05	0,12

Таблица 2 – Динамика массы птицы за опытный период, ($M \pm m$), n=40

Сутки	Опытная группа 1	Опытная группа 2	Контрольная группа
1-е сутки	40,1±0,4	40,4±0,4	40,63±0,5
14-е сутки	430,1±4,9	453,93±5,3*** p=0,0008	427,8±4,6
28-е сутки	1480,1±21,8** p=0,0023	1510,2±21,1*** p=0,0004	1454,4±19,3
42-е сутки	2947,2±36,1*** p=0,0002	3016,9±36,5** p=0,0029	2854,1±35,9

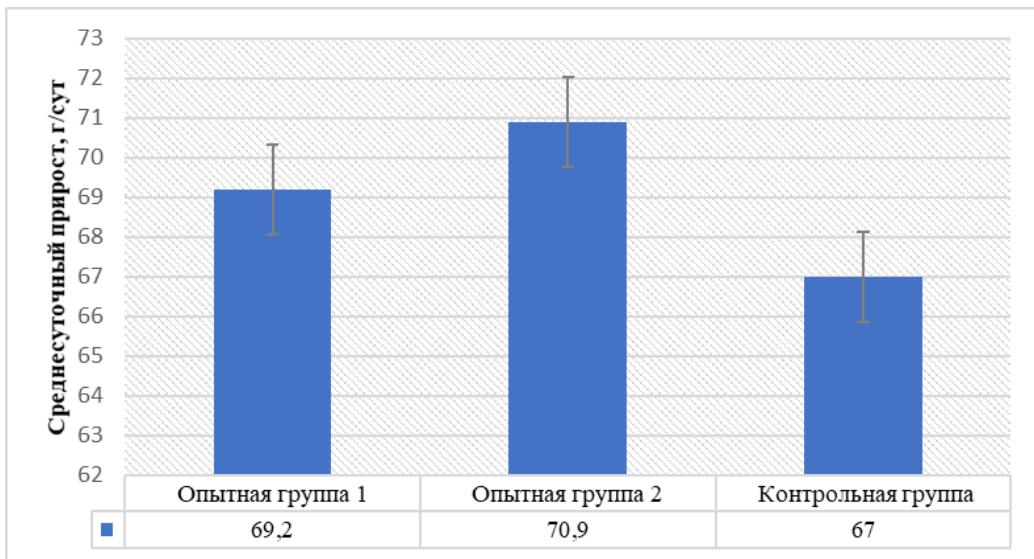


Рисунок 1 – Среднесуточный прирост живой массы птиц.

По полученным данным можно сделать вывод, что содержание зеараленона в контрольном образце (заражённое пшено) значительно возрастает со временем, что связано с накоплением метаболитов плесневых грибов в корме. При использовании биокомпозиции в дозировке 0,5 г концентрация зеараленона после первых суток культивирования снижается до 0,12 мкг/мл, что примерно в 6,5 раз ниже по сравнению с контролем (0,78 мкг/мл). В контрольной группе пшено хранилось в условиях, приближенных к фермерским, в течение 10 дней, что привело к значительному увеличению концентрации микотоксина зеараленона (с 0,78 до 173,84 мкг/мл).

Изучение безопасности кормовой добавки на основе биокомпозиции было проведено в эксперименте в условиях, приближенных к реальным фермерским хозяйствам, получены данные о физиологико-биохимическом статусе птиц.

В рисунке 1, отражены показатели среднесуточного прироста живой массы птиц опытных и контрольных групп: наилучший результат показывает опытная группа № 2 и составляет 70,9 г/сут, что на 3,9 г/сут. выше контрольной группы.

В таблице 3 указаны средние показатели набранной массы за период выращивания: 1-я опытная группа за 42 дня в пересчёте на одну голову набрала 2947,2 г., что выше показателей контрольной группы на 93,1 г. (3,2%, $p=0,0002$). Лучшие результаты зафиксированы во 2-й опытной группе – 3016,9 г., что превышает контроль на 162,8 г (5,7 %, $p=0,0029$).

Сбалансированность, полноценность кормления и влияние негативных факторов на птиц оценивали по биохимическим показателям крови: общий белок, глюкоза и триглицериды [7–9]. Белок в крови животных выполняет питательную и транспортную функции, его баланс важен для оценки общего физиологического статуса (рис. 1).

В первой опытной группе концентрация общего белка была ниже контрольной на 12 %. Во второй группе концен-

трация общего белка находилась в пределах нижней границы физиологической нормы ($p=0,0037$, ***) [7]. Следует отметить, что организмам кроссов мясных пород свойственен высокий уровень белкового обмена [8]. Также стоит отметить, что на 42-е сутки масса первой опытной группы была выше, чем во второй и контрольной, вероятно, ресурсы организма были направлены на анаболические пути метаболизма. Для более полной оценки белкового гомеостаза у птицы целесообразно дополнительно определить содержание мочевой кислоты, мочевины и креатинина. В настоящем исследовании данные показатели не изучались, что является направлением для будущих исследований [8].

Ключевую роль в энергообмене организма птиц играет углеводный метabolизм, так как большинство клеток, тканей и органов эволюционно приспособлены покрывать свои энергозатраты за счёт окислительного распада экзогенных или эндогенных углеводов. Например, такие ткани, как головной мозг, эритроциты, хрусталик глаза, паренхима почки и работающая мышца полностью зависят от поступления глюкозы непосредственно в клетки [10]. Результаты исследования уровня глюкозы у птиц представлены на рисунке 3.

Анализ уровня глюкозы в крови кур указывает на низкий энергетический запас. Однако стоит отметить, что во второй группе животных уровень глюкозы в крови был выше, чем в первой группе и контрольной на 13,3 % и 17,3 % ($p=0,0007$ ***) соответственно.

Печень является основным органом-мишенем при отравлениях. При микотоксиказах наблюдаются изменения в обмене липидов, аминокислот, витаминов, нуклеиновых кислот и активности печёночных ферментов [12]. Уровень триглицеридов (ТГ) отражает состояние липидного обмена между печенью и другими тканями у птиц. Данный показатель значительно зависит от питания животных и их возраста.

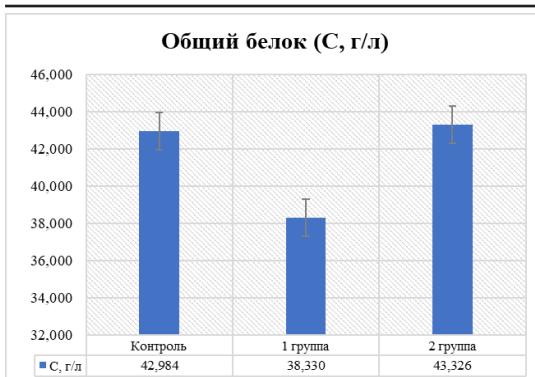


Рисунок 2 – Концентрация общего белка, г/л. (Норма биохимических показателей крови для кур (по Кудрявцеву А.А., Кудрявцевой Л.А., 1974) общий белок - 43–59 г/л).

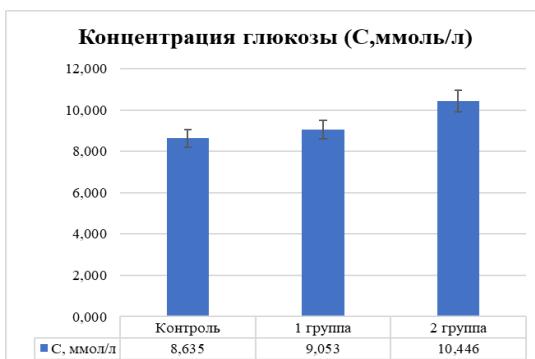


Рисунок 3 – Концентрация глюкозы ммоль/л. (Норма биохимических показателей крови для кур (по Кудрявцеву А.А., Кудрявцевой Л.А., 1974) глюкоза – 4,44–7,77 ммоль/л.).

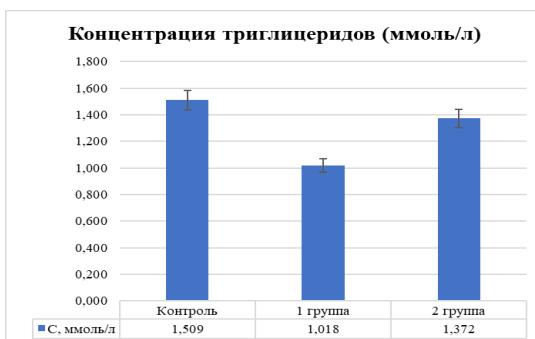


Рисунок 4 – Концентрация триглицеридов, ммоль/л (Норма биохимических показателей крови для кур (по Кудрявцеву А.А., Кудрявцевой Л.А., 1974) триглицериды – 1,04 –3,9 ммоль/л.).

По результатам исследования уровень триглицеридов находятся в пределах физиологической нормы (рис.4). Однако, в первой опытной группе, наблюдается тенденция к заниженным показателям триглицеридов, вероятно, как и в случае с общим белком (рис.1) ресурс организма был запущен на анаболические процессы набора массы.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Проведенное исследование демонстри-

рует, что биокомпозиция, основанная на монтмориллонитовой глине и штамме *Bacillus subtilis BKM B3701D*, является безопасной и обладает значительным потенциалом для нейтрализации зеараленона. Данные экспериментов *in vitro* подтверждают это, продемонстрировав снижение содержания микотоксина в 6,5 раз, а также улучшение показателей роста птицы, выраженное в увеличении среднесуточного привеса на 5,8%. Тем не менее,

ряд методологических аспектов, включая выбор модели заражения, детализированную методику приготовления реакционных смесей и обоснование сроков исследований для мясного кросса, требует дальнейшего уточнения. Учитывая полученные положительные результаты, планируется продолжение исследований с целью решения указанных вопросов и оптимизации применения биокомпозиции в области животноводства.

PROSPECTS OF USING A BIO-COMPOSITION BASED ON BACILLUS SUBTILIS BACTERIA AS A SAFE ADDITIVE AND PREVENTIVE AGENT NEUTRALIZER OF ZEARALENONE IN POULTRY FARMING

Krut U.A.^{1*} – PhD in Biological Sciences, Associate Professor, Department of Biotechnology and Microbiology (ORCID 0009-0009-6341-9750); **Ivanova S.M.**¹ – Research Assistant (ORCID 0009-0007-6755-6686); **Shaidorova G.M.**¹ – Assistant, Department of Biochemistry (ORCID 0000-0002-9467-027X); **Koshchaev I.A.**² – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Technology and Processing of Agricultural Products (ORCID 0000-0002-0377-6088); **Perepelitsa M.M.**¹ – Research Assistant (ORCID 0009-0004-7356-4728).

¹ Belgorod State National Research University

² Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin

*krut@bsuedu.ru

Financing: The materials were prepared as part of the State Assignment No. FZWG-2023-0007 on the topic: "Adaptive Responses of Microorganisms: Theoretical and Applied Aspects."

ABSTRACT

This document emphasizes the development of feed additives for animals, veterinary drugs, and mineral supplements, supported by the implementation of competitive domestic technologies based on the latest scientific achievements. The goal of this

study was to explore the potential use of a biocomposite made from montmorillonite clays and the bacterial strain *Bacillus subtilis* VKM B-3701D in poultry farming. This biocomposite was tested as a zearalenone mycotoxin neutralizer, as well as a prophylactic and probiotic agent. Zearalenone is a secondary metabolite produced by toxigenic mold fungi, commonly found in contaminated animal feeds, including grains. Even moderate or low levels of zearalenone consumption often led to reduced productivity, such as slower growth rates, decreased production, and lower market quality. These effects frequently occur without clear symptoms of primary mycotoxicosis. The study showed that the biocomposite, when prepared in a 5:1 ratio of bacterial biomass to montmorillonite, reduced the concentration of zearalenone mycotoxin by 6.5 times in vitro experiments, as determined by high-performance liquid chromatography (HPLC). Adding the experimental feed additive to the diet of laying hens at a dosage of 2.0 kg per ton of dry feed increased the average daily weight gain by 5.8% compared to the control group. The average weight per chick reached 3016.9 grams, which is 5.7% higher than the control group. No significant changes in biochemical parameters were observed in either the control or experimental groups. These findings represent an important step toward the development of modern symbiotic feed additives for animals, contributing to the biosafety of domestic poultry farming.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Коростелева А.П. Смешанные микотоксикозы и безопасные уровни микотоксинов в кормах и сельскохозяйственной продукции / В.П. Коростелева // Ветеринарный врач. 2016;(1):3–5. Доступно по ссылке: <https://elibrary.ru/vstph>
2. Попов В.С., Самбуров Н.В., Воробьева Н.В. Проблемы микотоксикозов в современных условиях и принципы профилактических решений [Текст]: монография. Курск: Планета+; 2018. 158 с.
3. Oleynikova II, Krut UA, Shaidorova GM, Kuzubova EV, Radchenko AI. Determination of mycotoxins in the seeds of sunflower,

- soybean and corn by enzyme immunoassay. *EurAsian J BioSci.* 2019;13(2):987–991.
4. Kuzubova E, Radchenko A, Shaidorova G, Lyakhovchenko N, Sychev A. Determination of taxonomic affiliation and assessment of biotechnological potential of an indigenous strain of gram-positive spore-forming bacteria. *BIO Web Conf.* 2023;(06001).
5. Шайдорова Г.М., Крут У.А., Олейникова И.И., Радченко А.И., Кузубова Е.В., Потапова М.С., Апухтин К.В., Шикер А.С. Способ получения сорбционной кормовой добавки для сельскохозяйственных животных и птицы. Патент RU 2782383 C1. 26 октября 2022. Заявка №2022107161 от 18 марта 2022.
6. Симбиотическая кормовая добавка: заявка на изобретение № 2025104954 от 04.03.2025 / Шайдорова Г.М., Крут У.А., Иванова С.М., Селезнев А.О., Ляховченко Н.С., Потапова М.С. // ФИПС
7. Загарин А.Ю. Характеристика корреляционных связей между биохимическими показателями крови и морфологическими особенностями цыплят-бройлеров. *Известия ТСХА.* 2024;(4).
8. Околелова Т.М., Енгашев С.В., Егоров И.А., Егорова Т.А. Роль биохимических показателей крови в оценке физиологического состояния птицы. *Птицеводство.* 2023;(2).
9. Красноперов А.С., Опарина О.Ю., Малков С.В., Белоусов А.И., Верещак Н.А. Изменение морфологических, биохимических показателей крови и продуктивности кур-несушек при применении композиции гепатопротективного действия. *Ветеринария Кубани.* 2024;(3). Доступно по ссылке: https://vetkuban.com/num3_202411.html
10. Повозников Н.Г., Пустовая Н.В. Продуктивность и биохимический состав крови кур. Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2013;16 (2). Доступно по ссылке: <https://cyberleninka.ru/article/n/produktivnost-i-biohimicheskiy-sostav-krovi-kur> (дата обращения: 04.01.2025).
11. Шацких Е.В., Латыпова Е.Н. Показатели крови и продуктивность кур при использовании в рационе фитобиотических препаратов. *Аграрный вестник Урала.* 2023;08(237):78–88. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-78-88.
12. Тарасова Е.Ю., Матросова Л.Е. Изучение биохимических показателей сыворотки крови кур-несушек при сочетанном микотоксикозе на фоне применения многофункционального средства «ГАЛЛУАСОРБ». *Вестник КрасГАУ.* 2024;(10). Доступно по ссылке: <https://kgau.editorum.ru/ru/nauka/article/90932/view>
13. Кудрявцев А.А., Кудрявцева Л.А. Клиническая гематология животных. Москва: Колос; 1974. 309 с
- REFERENCES**
- 1.Korosteleva AP. Mixed mycotoxicoses and safe levels of mycotoxins in feed and agricultural products. *Veterinarnyy Vrach.* 2016;(1):3–5. Available from: <https://elibrary.ru/vstyph>
2. Popov VS, Samburov NV, Vorobyeva NV. Problems of mycotoxicoses under modern conditions and principles of preventive solutions [Text]: monograph. Kursk: Planeta+; 2018. 158 p.
- 3.Oleynikova II, Krut UA, Shaidorova GM, Kuzubova EV, Radchenko AI. Determination of mycotoxins in the seeds of sunflower, soybean and corn by enzyme immunoassay. *EurAsian J BioSci.* 2019;13(2):987–991.
- 4.Kuzubova E, Radchenko A, Shaidorova G, Lyakhovchenko N, Sychev A. Determination of taxonomic affiliation and assessment of biotechnological potential of an indigenous strain of gram-positive spore-forming bacteria. *BIO Web Conf.* 2023;(06001). International Scientific and Practical Conference “Innovations, Technological Solutions and Management in Modern Biotechnology and Biomedicine” (ITSM-2022), Pushchino, Russia.
- 5.Shaidorova GM, Krut UA, Oleynikova II, Radchenko AI, Kuzubova EV, Potapova MS, et al. Method for obtaining sorption feed additives for agricultural animals and poultry. Patent RU 2782383 C1. 26 Oct 2022. Application No. 2022107161, filed 18 Mar 2022.
- 6.Symbiotic feed additive: patent application

-
- No. 2025104954 of 04.03.2025 / Shaidorova G.M., Krut U.A., Ivanova S.M., Seleznev A.O., Lyakhovchenko N.S., Potapova M.S. // FIPS (Federal Institute of Industrial Property).
- 7.Zagarin AY. Characteristics of correlations between blood biochemical parameters and morphological features of broiler chickens. *Izvestiya TSHA*. 2024;(4).
- 8.Okolelova TM, Engashev SV, Egorov IA, Egorova TA. The role of blood biochemical parameters in assessing the physiological state of poultry. *Ptitsevodstvo*. 2023;(2).
- 9.Krasnoperov AS, Oparina OYu, Malkov SV, Belousov AI, Vereshchak NA. Changes in morphological and biochemical blood parameters and productivity of laying hens when using a hepatoprotective composition. *Veterinary Kuban*. 2024;(3). Available from: https://vetkuban.com/num3_202411.htm
- 10.Povoznikov NG, Pustovaya NV. Productivity and biochemical composition of chicken blood. *Actual Problems of Intensive Livestock Development*. 2013;16(2). Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/produktivnost-i-biohimicheskiy-sostav-krovi-kur> [Accessed 4 Jan 2025].
- 11.Shatskikh EV, Latypova EN. Blood parameters and productivity of chickens when using phytobiotic preparations in their diet. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023;08(237):78–88. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-78-88.
- 12.Tarasova EY, Matrosova LE. Study of biochemical parameters of blood serum in laying hens under combined mycotoxicosis when using the multicomponent product "GALLUASORB." *Bulletin of KrasGAU*. 2024;(10). Available from: <https://kgau.editorum.ru/ru/nauka/article/90932/view>
13. Kudryavtsev AA, Kudryavtseva LA. Clinical hematology of animals. Moscow: Kolos; 1974. 309 p.