

ИННОВАЦИОННЫЙ АДсорбЕНТ МИКОТОКСИНОВ НА ОСНОВЕ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ МАТРИЦЫ «МАКСИСОРБ»

М. А. ГЛАСКОВИЧ (ORCID ID 0000-0001-9753-7039)

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: mglaskovich@mail.ru*

(Поступила в редакцию 13.03.2026)

В современных условиях развития промышленного животноводства и птицеводства безопасность корма – важнейший фактор, обеспечивающий здоровье и высокую продуктивность животных и птицы. Одной из острых проблем животноводства и птицеводства является зараженность кормов микотоксинами. Практически все хозяйства сталкиваются с этой проблемой. Решить ее способны эффективные адсорбенты. С целью уменьшения или предотвращения неблагоприятного действия микотоксинов на сельскохозяйственных животных и птицу рекомендовано включение в корм адсорбентов. Выбор адсорбента определяется на практике в первую очередь экономической эффективностью. Затраты на адсорбенты окупаются привесами, яйценоскостью, качеством мясо- и молокопродуктов. На современном этапе развития животноводства и птицеводства использование адсорбентов стало неотъемлемой практикой. Их применение обусловлено не только противодействием поступившим в организм микотоксинам, но и способностью нормализовать обмен веществ, предупредить нарушения баланса аминокислот в крови, повысить устойчивость птицы к заболеваниям. Контроль сырья до скармливания – это главный принцип, являющийся критической точкой в общей системе HACCP получения продуктов животноводства и птицеводства. Показатели качества сырья напрямую зависят от правильности отбора образцов для исследования, выбора показателя качества зерна и места проведения анализа.

Ключевые слова: кормовая добавка, микотоксины, адсорбент, адсорбционная способность, токсические вещества.

In today's industrial livestock and poultry farming environment, feed safety is a critical factor in ensuring the health and high productivity of animals and poultry. One of the pressing issues facing livestock and poultry farming is feed contamination with mycotoxins. Almost all farms face this problem. Effective adsorbents can solve it. To reduce or prevent the adverse effects of mycotoxins on livestock and poultry, it is recommended to include adsorbents in feed. In practice, the choice of adsorbent is determined primarily by cost effectiveness. The cost of adsorbents is offset by weight gain, egg production, and the quality of meat and dairy products. In the current stage of livestock and poultry farming development, the use of adsorbents has become an essential practice. Their use is determined not only by their ability to counteract mycotoxins ingested by the body, but also by their ability to normalize metabolism, prevent amino acid imbalances in the blood, and enhance poultry resistance to disease. Pre-feeding raw material testing is a key principle and a critical point in the overall HACCP system for livestock and poultry products. Raw material quality indicators directly depend on the correct sampling, selection of grain quality indicators, and the location of analysis.

Key words: feed additive, mycotoxins, adsorbent, adsorption capacity, toxic substances.

Введение

Действие микотоксинов на организм животных и птицы разделяют на три основных этапа: быстрое всасывание в желудочно-кишечном тракте, быстрый транзит с кровью во внутренние органы и превращение в конечные метаболиты. Поэтому основной задачей сорбента является удаление растворенных токсинов до того, как они начнут всасываться в желудке или кишечнике. Как правило, технологические показатели и показатели эффективности сорбции не всегда совпадают. Поэтому выбор сорбента зависит от оптимального соотношения цены, технологичности и эффективности [1, с. 4], [3, с. 53], [4, с. 102]. Адсорбенты микотоксинов позволяют снизить их уровень в кормах ниже допустимых пределов. На рынке представлен широкий выбор таких адсорбентов: неорганических, органических и комбинированных [2, с. 95].

Преимущества применения адсорбентов микотоксинов

- 1. Широкий спектр действия:* благодаря своей комплексной природе, данные препараты эффективно нейтрализуют разнообразные виды микотоксинов.
- 2. Оптимизация минерального обмена:* способствуют повышению биодоступности и усвоения минеральных элементов в организме.
- 3. Улучшение кормовой привлекательности и пищеварения:* повышают аппетит и способствуют более полному расщеплению и усвоению питательных веществ корма.
- 4. Иммуномодулирующее действие:* стимулируют и укрепляют защитные функции иммунной системы у сельскохозяйственных животных и птицы.
- 5. Повышение продуктивных показателей и общего благополучия:* приводят к увеличению продуктивности, улучшению общего физиологического состояния и здоровья подопечных.

Препараты для нейтрализации микотоксинов действуют либо напрямую, связывая и обезвреживая токсин, либо косвенно, укрепляя защитные силы организма животного. Последний механизм

включает в себя стимуляцию иммунитета, восстановление баланса микрофлоры и дополнительное поступление витаминов.

Несомненно, первостепенное значение имеют непосредственные механизмы воздействия, поскольку микотоксины обладают высокой токсичностью. Это означает, что продолжительное потребление кормов, загрязненных микотоксинами, неизбежно приводит к истощению адаптационных ресурсов организма. Более того, существует опасность скрытого проявления симптомов интоксикации, что может повлечь за собой контаминацию продуктов животноводства, внезапную гибель животных, заболевания молодняка и снижение общей продуктивности.

Показатели, влияющие на выбор сорбента

1. *Сорбция широкого спектра микотоксинов.* Это обусловлено тем, что в организме присутствует одновременно несколько токсинов в различных концентрациях.

2. *Высокая сорбция в широком диапазоне pH (2–7).* Одни токсины растворяются в желудке, другие – в кишечнике.

3. *Высокая площадь сорбции.* Чем выше площадь сорбции имеет сорбент, тем эффективнее происходит процесс адсорбции. Эффективность адсорбции напрямую зависит от площади места связывания молекул токсинов. Так, для адсорбентов на основе активированного угля площадь сорбции составляет 600–1000 м²/г, для сорбентов на основе диоксида кремния – 50 м²/г, для сорбентов на основе маннано-вых олигосахаридов – 7 м²/г.

4. *Широкий диапазон микро-, мезо- и макропор.* Микотоксины различаются по размеру молекул. Недостаточное количество одного вида пор ограничивает или делает невозможным сорбцию соответствующих молекул токсинов.

5. *Низкая десорбция адсорбента.* Это очень важный показатель сорбента, о котором мало говорят. Эффект адсорбции заключается в быстром выделении из раствора молекул токсина и крепком связывании его на поверхности сорбента за счет различных физических связей. Эти связи не являются прочными, поэтому через некоторое время наступает процесс обратного выхода молекул микотоксинов из сорбента в содержимое желудка или кишечника. Чем ниже десорбция, тем выше эффективность сорбента.

6. *Заряд сорбента.* Последняя тенденция в кормлении животных поддерживает разделение всех веществ на положительно и отрицательно заряженные. Например, микотоксины DON и ZEA отрицательно заряженные, а HT-2, T-2, FB1, FB2 и OTA положительно заряженные. Распределение зарядов играет роль в ионнообменных связях на поверхности сорбента. Однако эти связи легко разрушаются при изменении pH раствора.

7. *Нейтральное отношение к питательным компонентам корма, витаминам.* Сорбенты не обладают избирательной адсорбцией. И если в сорбент поступила молекула витамина или аминокислоты, она будет адсорбирована в той или иной степени. Здесь вопрос приоритетов. На первом месте – уменьшение токсического воздействия на организм. Поэтому адсорбенты не должны быть постоянным компонентом корма, за исключением, если токсический корм – это норма.

8. *Доза сорбента.* Доза адсорбента напрямую зависит от предварительно перечисленных показателей и степени токсичности корма. Если какой-то из показателей не оптимален, эффективность достигается за счет увеличения количества адсорбента в корме. Это приводит к увеличению доли сорбента за счет уменьшения питательных компонентов. Для адсорбентов на основе природных силикатов средняя доза составляет 2,5–5,0 кг/т, для комбинаций маннано-вых олигосахаридов – от 0,5 до 2,0 кг/т, для активированного древесного угля – от 0,25 до 1,0 кг/т.

9. *Технологичность.* Адсорбенты должны хорошо смешиваться с конечным кормом, равномерно распределяться в нем, а не расслаиваться при транспортировке за счет большой массы. Должен гарантироваться охват всего поголовья.

10. *Постоянство содержания.* Подавляющее большинство адсорбентов изготавливается на основе неконтролируемого минерального сырья. Разница содержания микро-, макроэлементов, тяжелых металлов, общей токсичности от партии к партии не позволяет гарантировать постоянную эффективность и безопасность для птицы. Лучше отдавать предпочтение стандартизированным по составу сорбентам.

Еще одно соображение, которым руководствуются грамотные специалисты – регулярный анализ растительного сырья на наличие и концентрацию микотоксинов. Существует даже специальная Программа менеджмента микотоксинов – МКО, основанная на принципах ХАССП, которая описывает принципы проведения регулярного аудита и выявления конкретных причин воздействия микотоксинов.

Хороший сорбент должен соответствовать следующим критериям:

1. *Сорбция полярных и неполярных микотоксинов.* Для этого в составе сорбента должны присутствовать минеральная составляющая, как правило, берущая на себя полярные микотоксины, и

органическая часть, поглощающая неполярные микотоксины. Поэтому односоставные сорбенты никогда не смогут вывести из организма все микотоксины, несмотря на клятвенные заверения производителей.

2. *Удерживающая способность.* Недостаточно связать микотоксины – необходимо вывести их из организма в связанном состоянии. Многие адсорбенты демонстрируют высокую сорбционную способность в модели *in vitro*, но следует помнить, что *in vivo* (в организме) протекают абсолютно иные процессы. В действительности следует оценивать сорбционную емкость. Это показатель практического коэффициента полезного действия, равный разнице между величиной адсорбции и десорбции, т. е. количеству токсина, которое осталось связанным с сорбентом.

3. *Летальный синтез.* Заявление о том, что сорбент содержит ферменты, которые разлагают микотоксины, звучит весьма убедительно. И действительно, отдельные вещества вступают с микотоксинами в реакцию, в результате которой ксенобиотик будет ликвидирован. Но продукт реакции может оказаться гораздо токсичнее и опаснее своего предшественника, а влияние на организм будет нетипичным, что поставит перед специалистами очень непростую задачу. Применение таких модификаторов требует пристального внимания и серьезного научного изучения.

4. *Все сорбенты поглощают часть витаминов, аминокислот, микроэлементов.* Какие-то больше, какие-то меньше. Поэтому их применение и дозировка должны быть строго регламентированы изготовителем.

Если подходить к выбору адсорбента максимально конструктивно, то следует принимать во внимание три основных параметра – состав адсорбента (от которого зависит его активность в отношении конкретных микотоксинов), результаты текущего анализа сырья на микотоксины и затраты на ввод адсорбента в пересчете на тонну корма. Ущерб от поражения кормов плесневыми грибами и микотоксинами достигает в мире сотен миллионов долларов в год, и эта цифра имеет тенденцию к росту. Наиболее действенное средство уменьшения потерь – строгое соблюдение технологии производства, хранения и переработки сырья и кормов. Компоненты для производства комбикормов поступают из различных областей Республики Беларусь, что представляет сложность в прогнозировании количественного и качественного состава микотоксинов в готовом корме. При этом необходимо принимать во внимание не их суммарный токсический эффект, а синергизм действия микотоксинов, а также способность большинства из них накапливаться в организме сельскохозяйственных животных и птиц. На настоящий момент выделено более 400 видов микотоксинов, однако стандартные методы обнаружения разработаны для определения лишь около 10 наименований.

В рассмотрении данного вопроса для Республики Беларусь необходимо помнить следующее:

1. Проявление степени клинических признаков микотоксикозов у животных зависит от вида токсинов, количества и продолжительности потребления пораженного корма, а также от возраста животного и физиологического состояния его организма.

2. Распространены хронические формы микотоксикозов. Симптоматика при этом неявная, диагностика затруднена. Однако именно при них наблюдаются наибольшие экономические потери.

3. Микотоксины очень стабильны и термоустойчивы, они сохраняют свои свойства при производстве комбикорма.

Если же не брать во внимание производителя, выбор адсорбента становится поистине увлекательным квестом, так как нормы ввода, эффективность и цены этих продуктов значительно разнятся, не говоря уже о составе: в настоящее время специалисты говорят уже о нескольких «поколениях» адсорбентов. Раньше основным механизмом воздействия на микотоксины являлось их связывание, часто (но не всегда) основанное на разной полярности молекул адсорбента и микотоксинов, т. е. попав в желудочно-кишечный тракт животного или птицы, адсорбент притягивал к себе микотоксины, в неизменном виде выводя их из организма, препятствуя тем самым всасыванию в кровь и проявлению токсического эффекта. Сейчас это далеко не единственный механизм действия адсорбентов. Например, есть такие адсорбенты, которые вступают в химическую реакцию с молекулами микотоксинов и преобразуют их в новые соединения, уже не имеющие токсического эффекта.

Цель работы – определение общей адсорбционной активности «МаксиСорб», оценка термостабильности, а также адсорбционная эффективность по отношению к микотоксину фумонизин.

Основная часть

К настоящему времени разработан и рекомендован к использованию целый ряд адсорбентов, и существующий на рынке список таких веществ непрерывно пополняется, но до сих пор нет универсальных, высокоэффективных препаратов, способных связывать токсины и предотвращать их всасывание

в пищеварительном тракте и проникновение в кровь. Поэтому продолжается поиск и разработка средств, в наибольшей степени отвечающих вышеуказанным требованиям.

Лабораторные исследования проводились в условиях отдела научно-исследовательских экспертиз Научно-исследовательского института прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии УО ВГАВМ. Определение уровня микотоксинов выполнялось согласно действующим методикам: МВИ.МН 2477-2006; МВИ.МН 24879-2007; МВИ.МН 2485-2007; МВИ.МН 2480-2007; МВИ.МН 2482-2007.

«МаксиСорб» – это многокомпонентная кормовая добавка с инновационной формулой, предназначенная для адсорбции микотоксинов в кормах для сельскохозяйственных животных, зверей, птиц и рыб. Это адсорбент микотоксинов с гепатопротекторными функциями. Кормовая добавка представляет собой смесь минералов природного происхождения, которая адсорбирует микотоксины в пищеварительном тракте до их всасывания в кровь и стабилизирует слизистый барьер желудочно-кишечного тракта. Кормовая добавка «МаксиСорб» – это сложный сорбент. Добавка обладает высокой адсорбционной, каталитической, ионообменной активностью. Компоненты добавки существенно отличаются от подавляющего большинства адсорбентов микотоксинов. «МаксиСорб» содержит активные вещества: диоктаэдрический монтмориллонит (бентонит очищенный) – 65,0 %, пермаит – 5,0 %, цеолит (сокернит) – 5,0 %, диоксид кремния (высокодисперсный кремнезем) – 2,0 %, клеточные стенки дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*) – 15,0 %, бетаин – 3,0 %, янтарную кислоту – 2,0 %, расторопшу пятнистую – 2,0 %, фермент МОС – 1,0 %. Данная кормовая добавка обладает высокой адсорбционной, каталитической и ионообменной активностью. Эффективно адсорбирует афлатоксины (B1, B2, G1, G2, M1), поражающие печень, охратоксин, зераленон, Т-2 токсин, дезоксиваленон, а также фумонизины. *Направлена* на выведение микотоксинов из организма, не связывает витамины и минеральные вещества. *Формирует* необратимые комплексы с микотоксинами в пищеварительном тракте, которые не разрушаются на всем протяжении пищеварительной системы и выводятся из организма вместе с экскрементами, исключая их негативное воздействие на организм животного. «МаксиСорб» препятствует всасыванию микотоксинов из пищеварительного тракта, таким образом, повышая сохранность и темпы роста сельскохозяйственных животных.

Область применения кормовой добавки

1. *Для крупного рогатого скота и других жвачных животных:* применяется для профилактики заболеваний, связанных с отравлением микотоксинами, для улучшения показателей продуктивности и здоровья. Кормовую добавку необходимо включать в рационы кормления (в зерновой размол, комбикорма, премиксы), особенно высокоценным племенным животным для достижения максимальных результатов.

2. *В свиноводстве:* введение в рацион кормовой добавки профилактирует бесплодие, уменьшает количество абортосов и мертворожденных поросят. Снижаются случаи иммунодепрессии, потери аппетита, уменьшения приростов, появления рвоты, расстройства пищеварения. У хряков не снижается качество спермы, а у молодняка идет нормальное развитие половых органов.

3. *В птицеводстве:* является необходимым компонентом рациона. Кормовую добавку «МаксиСорб» добавляют в комбикорма бройлеров, что препятствует снижению потребления корма; при этом происходит профилактика диареи и падежа птицы. При введении в рационы кур-несушек профилактирует снижение яйценоскости, появление дистрофии печени, а у родительского стада – снижение оплодотворяемости яиц.

4. *В рыбоводстве:* применяется в промышленном рыбоводстве для профилактики развития токсикозов эндо- и экзогенного происхождения для всех возрастных групп рыб. Обогащает комбикорма необходимыми микроэлементами и биологически активными веществами, при этом повышая их питательные свойства. Улучшает прочность гранул корма.

Общая адсорбционная активность оценивалась по адсорбции раствора метиленового голубого с концентрацией 3 мг/см³. Навеску массой 1,0 г испытуемого адсорбирующего продукта взвешивали с точностью до 0,01. В колбу объемом 250 мл помещали навеску адсорбирующего продукта, доливали 20 см³ дистиллированной воды, перемешивали. Содержимое колбы взбалтывали и приливали 1 см³ красителя. После добавления каждой новой порции красителя суспензию взбалтывали в течение 2 минут, после чего оценивали наличие свободного красителя. При сохранении окраски добавление красителя прекращали, выдерживали взвесь до оседания частиц, центрифугировали в течение 5 минут при 3000 об/мин. Надосадочную жидкость переносили в кварцевую кювету с толщиной слоя 10,0 мм и измеряли оптическую плотность при длине волны 665 Нм по отношению к дистиллированной воде.

Адсорбционная способность (X , мг/г) рассчитывалась по формуле $X = C \cdot V / M$, где C – концентрация раствора метиленового голубого, мг/см³; V – объем раствора красителя, израсходованного на титрование, см³; M – навеска исследуемого образца, г.

При оценке сорбирующих свойств кормовой добавки в отношении микотоксина фумонизин использовались стандартные образцы микотоксина, ИФА-наборы для определения концентрации микотоксина «RYDASCRIN». После введения микотоксина все опытные и контрольные образцы были исследованы методом ИФА с целью установления концентрации содержащегося в них микотоксина фумонизин. Определение уровня микотоксинов выполнялось согласно действующим методикам: МВИ.МН 2482-2007. После определения уровня содержащихся микотоксинов в исследуемые образцы была внесена кормовая добавка «МаксиСорб» в количестве 1 %. Образец был помещен в кислую среду при pH 3,3–3,6 и температуре на уровне 37 °C на 1 час. По истечении 1 часа в образцах вновь были проведены измерения концентрации микотоксинов. По разнице уровня микотоксинов до внесения адсорбента и после его внесения оценивались сорбирующие свойства данного продукта. Оценка общей адсорбционной активности кормовой добавки «МаксиСорб» показала, что добавка обладает выраженной адсорбционной активностью, позволяющей предполагать наличие адсорбирующей эффективности в отношении широкого спектра токсических веществ, табл. 1.

Таблица 1. Общая адсорбционная активность кормовой добавки «МаксиСорб» по оптической плотности рабочего раствора метиленового голубого

Добавка	Единица измерения	Фактический результат
«МаксиСорб»	мг/г	120

Результаты оценки адсорбирующих свойств кормовой добавки в отношении микотоксина фумонизин приведены в табл. 2.

Таблица 2. Адсорбционная эффективность кормовой добавки «МаксиСорб» по отношению к микотоксину фумонизин

Образцы	Содержание микотоксина		Сорбционная эффективность, %
	до введения адсорбента, мг/кг	после введения адсорбента, мг/кг	
Контроль чистый	–	–	–
Контроль с фумонизином	1,603	1,603	–
«МаксиСорб»	1,603	0,447	72,1

Общая адсорбционная активность составляет 120 мг/кг. Адсорбционная эффективность кормовой добавки «МаксиСорб» в отношении фумонизина при норме ввода 1 % составляет 72,1 %.

Термостабильность – это способность химических веществ и материалов сохранять неизменным химическое строение (и физические свойства) при изменении температуры. Термостабильность кормовой добавки «МаксиСорб» оценивалась по сохранению общей адсорбционной активности после воздействия на добавку высокой температурой. Термическое воздействие на кормовую добавку осуществлялось при температуре 115 °C в течение 10 минут. По разности общей адсорбционной активности до термической обработки и после нее оценивалась термостабильность. Оценка общей адсорбционной активности кормовой добавки «МаксиСорб» до термической обработки и после нее показала усиление адсорбционных свойств после термического воздействия, табл. 3.

Таблица 3. Общая адсорбционная активность кормовой добавки «МаксиСорб» до термической обработки и после нее

Добавка	Общая адсорбционная активность, мг/г, по оптической плотности рабочего раствора метиленового голубого	
	до обработки температурой	после термической обработки (при 115 °C в течение 10 минут)
«МаксиСорб» (MaxiSorb)	120	128

Воздействие температурой 115 °C на кормовую добавку «МаксиСорб» в течение 10 минут способствовало повышению общей адсорбционной активности на 6,25 %.

Заключение

Оценивая результаты, полученные в ходе оценки общей адсорбционной активности кормовой добавки до термической обработки и после нее, можно утверждать, что «МаксиСорб» является эффективным адсорбентом микотоксинов, предназначенным для применения сельскохозяйственным животным, птице, рыбе, и ее можно использовать при производстве гранулированных комбикормов. Применять кормовую добавку «МаксиСорб» можно как отдельно, так и в составе премиксов, других кормовых добавок для усиления эффективности их действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подобед, Л. И. Особенности кормления сельскохозяйственных птиц: монография / Л. И. Подобед, И. В. Брыло, Е. А. Капитонова. – Минск: ИВЦ «Минфина», 2023. – 340 с.
2. Околелова, Т. М. Производственные риски в промышленном птицеводстве и минимизация потерь: монография / Т. М. Околелова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2024. – 104 с.
3. Производство продукции животноводства: учебное пособие / Хаткова М. Х., Улимбашева Р. А., Капитонова Е. А. [и др.]. – Майкоп-Нальчик: Изд-во Магарин О.Г., 2025. – 176 с.
4. Технология производства и переработки продукции животноводства: учебное пособие / Улимбашев М. Б., Голембовский В. В., Капитонова Е. А. [и др.]. // ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»: Изд-во «Ставрополь-Сервис-Школа», Ставрополь, 2024. – 207 с.