

**БЕЗОПАСНЫЕ И ТЕРМОСТОЙКИЕ АДСОРБЕНТЫ
«МИНЕЗЕЛ MIN-D-GEL» И «МИНЕЗЕЛ MIN-D-GEL PLUS» –
КЛЮЧ К ЗАЩИТЕ ЖИВОТНЫХ ОТ МИКОТОКСИКОЗОВ**

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

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

С. А. ГЛАСКОВИЧ

*Ветеринарный Центр «Прайд»,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 196084*

(Поступила в редакцию 02.03.2026)

Одним из наиболее сильных кормовых стрессогенных факторов, приводящих к снижению продуктивных и воспроизводительных качеств сельскохозяйственных животных и птицы, являются микотоксины. О существовании проблемы микотоксикозов известно давно. К настоящему времени отечественные сельскохозяйственные предприятия на практике убедились, что микотоксины в кормах далеко не редкость, и принимают различные меры для профилактики и лечения вызываемых ими заболеваний, а также для предупреждения последующего экономического ущерба. Как известно, скормливание сельскохозяйственным животным и птице кормов, загрязненных микотоксинами, приводит к снижению продуктивных показателей, повышению смертности, увеличению коэффициента конверсии корма, ухудшению репродуктивных качеств и иммунного статуса. Микотоксикозы – это хорошо известная и серьезная проблема в сельском хозяйстве, особенно в промышленном животноводстве, где она активно изучается. Из множества известных микотоксинов, афлатоксины, охратоксины, фумонизины и Т-2 токсин наиболее опасны для птицы. Для борьбы с ними обычно используют адсорбенты, которые связывают токсины в кормах. Но эффективность таких адсорбентов сильно различается, потому что микотоксины и сами адсорбенты имеют разную химическую структуру и свойства. Многочисленные исследования показали, что лучше всего с микотоксинами справляются комплексные добавки, содержащие несколько видов сорбирующих веществ. Поскольку на рынке появляется всё больше таких добавок, важно понимать, насколько они эффективны. Мы провели исследования кормовых добавок «Минезел Min-D-gel» и «Минезел Min-D-gel plus», которые предназначены для сельскохозяйственных животных и птицы для адсорбции микотоксинов. По результатам наших исследований, общая адсорбционная активность этих добавок составила от 27,6 до 31,8 мг/г, что указывает на их потенциальную эффективность в решении проблемы микотоксикозов.

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

Mycotoxins are one of the most powerful feed stressors leading to a decrease in the productive and reproductive performance of farm animals and poultry. The problem of mycotoxicosis has long been known. By now, domestic agricultural enterprises have learned from experience that mycotoxins in feed are far from uncommon, and they are taking various measures to prevent and treat the diseases they cause, as well as to mitigate subsequent economic losses. Feeding livestock and poultry feed contaminated with mycotoxins is known to reduce productivity, increase mortality, increase feed conversion rates, and impair reproductive performance and immune status. Mycotoxicoses are a well-known and serious problem in agriculture, particularly in industrial livestock farming, where they are actively studied. Of the many known mycotoxins, aflatoxins, ochratoxins, fumonisins, and T-2 toxin are the most dangerous for poultry. Adsorbents that bind toxins in feed are commonly used to combat them. However, the effectiveness of such adsorbents varies greatly because mycotoxins and the adsorbents themselves have different chemical structures and properties. Numerous studies have shown that complex additives containing several types of adsorbent substances are the most effective in combating mycotoxins. As more and more such additives appear on the market, it is important to understand their effectiveness. We conducted research on the feed additives "Minezel Min-D-gel" and "Minezel Min-D-gel plus," which are intended for the adsorption of mycotoxins in livestock and poultry. Our research showed that the total adsorption activity of these additives ranged from 27.6 to 31.8 mg/g, indicating their potential effectiveness in solving the problem of mycotoxicosis.

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

Введение

Интенсивное расширение пахотных земель, обусловленное ростом животноводческого сектора, приводит к вовлечению в сельскохозяйственный оборот угодий с вариативной климатической характеристикой [3, с. 3], [4, с. 39]. Применение разнородных агротехнических стратегий и химических препаратов в таких условиях снижает резистентность растительных культур к фитопатогенным организмам, в том числе к представителям класса плесневых грибов. Параллельно, несоблюдение регламентированных технологических процессов при сборе, консервации и последующей обработке зернового сырья, а также его повышенная гигроскопичность и нарушение структурной целостности зерновок, являются триггерами для пролиферации микромицетов [1, с. 6], [2, с. 32]. Важно подчеркнуть, что отсутствие макроскопически определяемой плесени не исключает наличия в зерне микотоксинов, которые являются этиологическими агентами множественных патологий у сельскохозяйственных животных и птицы, зачастую с фатальным исходом. Актуальность проблемы микотоксикозов в сельском

хозяйстве, особенно в условиях промышленного животноводства, неоспорима и активно исследуется. На сегодняшний день идентифицировано несколько сотен микотоксинов, представляющих угрозу. Для птицы особую опасность несут афлатоксины, охратоксины, фумонизины и Т-2 токсин. Ключевым методом снижения их содержания в кормах является адсорбция. Однако, из-за различий в химической структуре микотоксинов и адсорбентов, эффективность этого процесса неоднозначна. Многочисленные научные работы демонстрируют, что наилучшие результаты достигаются при использовании комплексных многокомпонентных адсорбентов. Поскольку рынок таких добавок постоянно пополняется, оценка их эффективности приобретает особую значимость. Кормовые субстраты являются естественной средой обитания микроскопических грибов, которые при достижении определенного уровня влажности продуцируют микотоксины. Эти метаболиты грибковой активности обладают цитотоксическим действием, повреждая живые клетки. При поступлении в организм животных с кормом и водой, микотоксины инициируют каскад патологических процессов, проявляющихся в виде дискомфорта, желудочно-кишечных расстройств, глубоких морфологических изменений внутренних органов и нарушения фундаментальных биохимических путей. В критических ситуациях возможно развитие летального исхода. Микотоксины группируются по их химической структуре, что позволяет выделить такие группы, как афлатоксины, трихотецены, охратоксины, фумонизины, зеараленон и его аналоги, монилиформин, фузарохроманон, алкалоиды спорыньи, циклопиазоновую кислоту, патулин, цитринин и другие. Как правило, микотоксины представляют собой кристаллические, термостойкие соединения, хорошо растворимые в органических растворителях. Разнообразие химических структур микотоксинов обуславливает широкий спектр вызываемых ими симптомов у животных. В ходе своей эволюции грибы вырабатывают разнообразные метаболиты, как безопасные, так и токсичные. Токсичные вещества играют роль в конкурентной борьбе внутри микробных сообществ, напрямую поражая противников. На сегодняшний день идентифицировано свыше 400 видов микотоксинов, продуцируемых плесневыми грибами, при этом огромное количество других видов остается неисследованным. Непрерывные изменения внешней среды и условий выращивания сельскохозяйственных культур приводят к модификации и трансформации микотоксинов, порождая новые их формы. Однако опасность для животных представляют не только прямые токсины, но и вещества, которые изначально кажутся безобидными. Ключевой аспект заключается в том, что сами микотоксины и большинство плесневых грибов-продуцентов являются нетоксичными соединениями. Процесс трансформации происходит в желудочно-кишечном тракте животных: ферменты превращают микотоксины в реакционноспособные промежуточные продукты, которые приобретают токсические свойства. *Эта эволюционная стратегия грибов заключается в том, что метаболиты не вредят самому грибу, но становятся смертельно опасными при попадании в организм животного, где они метаболически активируются.* Поскольку заражение зерна плесенью происходит еще на стадии роста, а грибы продолжают свою жизнедеятельность и синтез токсинов после уборки, практически любое зерно, используемое для кормления скота, содержит микотоксины в различных количествах. Современные данные, полученные в результате обширных исследований и опубликованные в научных трудах последних лет, указывают на доминирующую тенденцию в инфекционной патологии молодняка: перманентный рост оппортунистических кишечных инфекций, этиологическими агентами которых являются условно-патогенные бактерии. Организм сельскохозяйственных моногастричных животных, подвергаясь экзогенному поступлению грибковых метаболитов с контаминированным кормом, активирует комплекс адаптивных реакций. В частности, в желудочно-кишечном тракте наблюдается ферментативное расщепление части микотоксинов, которое, однако, может сопровождаться трансформацией в более токсичные соединения. Другая фракция микотоксинов, абсорбируясь в системный кровоток, подвергается детоксикации посредством эндогенных ферментных систем. Молодняк, характеризующийся незрелостью барьерных функций, демонстрирует повышенную чувствительность к негативному воздействию микотоксинов. Данная патология часто усугубляется синергетическим действием нескольких микотоксинов. Эффективность адсорбции микотоксинов сорбентами демонстрирует значительную вариабельность, обусловленную как природой самих сорбентов, так и специфическими химическими свойствами микотоксинов. Микотоксины присутствуют в кормах в некотором количестве даже при отсутствии токсичности по анализам, поскольку корма всегда содержат патогенные микроорганизмы. Решением проблемы превышения допустимых норм микотоксинов в кормах является применение адсорбентов. Рынок предлагает разнообразные адсорбенты микотоксинов, включая неорганические, органические и комбинированные варианты, позволяющие достичь необходимого уровня очистки. Как показали многочисленные исследования, наиболее эффективными в связывании микотоксинов являются комплексные

многокомпонентные препараты, содержащие несколько сорбирующих веществ. Учитывая, что ассортимент таких добавок расширяется, интерес представляет определение их эффективности.

Каждый производитель стремится быть конкурентоспособным на рынке. Это особенно важно в условиях современных экономических реалий, когда колебания цен на конечную продукцию непредсказуемы и нередко не обеспечивают желаемый уровень рентабельности производства. Выбор адсорбента определяется на практике в первую очередь экономической эффективностью. Затраты на адсорбенты окупаются привесами, яйценоскостью, качеством мясо- и молокопродуктов. Как показали многочисленные исследования, наиболее эффективными в связывании микотоксинов являются комплексные многокомпонентные препараты, содержащие несколько сорбирующих веществ.

Цель работы – оценка адсорбирующей активности кормовых добавок «Минезел Min-D-gel» и «Минезел Min-D-gel plus».

Основная часть

Разумный комплексный подход к профилактике микотоксикозов в животноводстве и птицеводстве позволит повысить продуктивность животных и птицы, а также получить качественные и безопасные продукты, удовлетворяющие потребности рынка, и главное – снизить себестоимость конечного продукта, что поддержит рентабельность производства на высоком уровне.

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. Кормовые добавки «Минезел Min-D-gel» и «Минезел Min-D-gelplus» являются адсорбентами микотоксинов, предназначенными для применения сельскохозяйственным животным и птице. Это эффективные адсорбенты микотоксинов пяти основных групп: афлатоксина, охратоксина, зеараленона, фумонизин-монилиформина и vomitоксина (ДОН); это эффективные кормовые добавки-адсорбенты микотоксинов, основанные на цеолитах, которые связывают токсины в ЖКТ, предотвращая их всасывание в организм животных и птицы, а также тяжелые металлы и аммиак; они отличаются широким спектром действия и безопасностью для питательных веществ корма, но «Min-D-gelplus» имеет более высокую селективность и скорость адсорбции благодаря усовершенствованной структуре пор (около 4 ангстрем), обеспечивая надежную защиту от широкого спектра афлатоксинов, охратоксинов, фумонизмов, ДОН и др. Назначение: профилактика микотоксикозов у сельскохозяйственных животных и птицы.

Механизм действия: адсорбция микотоксинов (афлатоксины, охратоксины, зеараленон, фумонизин, ДОН и др.) за счет большой адсорбирующей поверхности и селективно калиброванных пор, что не дает им попасть в кровь. Свойства: связывают тяжелые металлы и радионуклиды; контролируют уровень аммиака; не связывают витамины, аминокислоты, микроэлементы и не снижают питательность корма; эффективны в широком диапазоне pH.

Отличия и особенности «Min-D-gelplus»:

- Улучшенная структура: имеет строго калиброванные поры (около 4 ангстрем), что обеспечивает высокую селективность.
- Высокая скорость адсорбции: быстро связывает микотоксины (например, зеараленон) уже в первые 30–60 минут пребывания в ЖКТ.
- Повышенная эффективность: обладает более высокой адсорбционной активностью в отношении микотоксинов по сравнению с базовой версией.

Выполнение оценки общей адсорбционной активности выполняли 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 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 5 мин 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 рассчитывалась по формуле, мг/г:

$X = C \times V/M$, 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 кормовых добавок «Минезел Min-D-gel» и «Минезел Min-D-gelplus» в отношении отдельных видов микотоксинов использовались стандартные образцы микотоксинов, ИФА-наборы для определения концентрации микотоксинов «RYDASCRIN». После введения микотоксинов все опытные и контрольные образцы были исследованы методом ИФА с целью установления концентрации содержащихся в них токсинов. После определения уровня содержащихся микотоксинов в исследуемые образцы были внесены соответствующие адсорбенты – «Минезел Min-D-gel» и «Минезел Min-D-gelplus». Образцы были помещены в кислую среду при pH 3,3-3,6 ед., и температуре на уровне 37 °С, на период 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 оцениваемых кормовых добавок показала, что как «Минезел Min-D-gel», так и «Минезел Min-D-gelplus» обладают выраженной адсорбционной активностью позволяющей предполагать наличие адсорбирующей эффективности в отношении широкого спектра токсических веществ, табл. 1.

Таблица 1. Общая адсорбционная активность кормовых добавок по оптической плотности рабочего раствора метиленового голубого

Наименование	Единицы измерения	Фактический результат
«Минезел Min-D-gel»	мг/г	31,8
«Минезел Min-D-gel plus»	мг/г	27,6

Результаты оценки адсорбирующих свойств оцениваемых продуктов в отношении отдельных видов микотоксинов приведены в табл. 2.

Таблица 2. Адсорбционная эффективность кормовых добавок

к продуктам гриба Aspergillus – афлатоксину			
Образцы	Содержание микотоксина		Сорбционная эффективность, %
	до введения адсорбента, мкг/кг	введение адсорбента, pH3,6 мкг/кг	
Контроль чистый	–	–	–
Контроль с афлатоксином	10,53	10,53	–
«Минезел Min-D-gel»	10,53	≤0,002	≤98
«Минезел Min-D-gel plus»	10,53	≤0,002	≤98
к продуктам гриба Fusarium – T2 токсину			
Образцы	Содержание микотоксина		Сорбционная эффективность, %
	до введения адсорбента, мкг/кг	введение адсорбента, pH3,6 мкг/кг	
Контроль чистый	–	–	–
Контроль с T2 токсином	116,38	116,38	–
«Минезел Min-D-gel»	116,38	13,337	88,54
«Минезел Min-D-gel plus»	116,38	21,0	81,96
к продуктам гриба Fusarium–дезоксиниваленолу			
Образцы	Содержание микотоксина		Сорбционная эффективность, %
	до введения адсорбента, мкг/кг	введение адсорбента, pH3,6 мкг/кг	
Контроль чистый	–	–	–
Контрольс ДОН	1,562	1,562	–
«Минезел Min-D-gel»	1,562	0,677	56,63
«Минезел Min-D-gel plus»	1,562	0,776	50,32
к продуктам гриба Penicillium–охратоксину			
Образцы	Содержание микотоксина		Сорбционная эффективность, %
	до введения адсорбента, мкг/кг	введение адсорбента, pH3,6 мкг/кг	
Контроль чистый	–	–	–
Контроль с охратоксином	32,96	32,96	–
«Минезел Min-D-gel»	32,96	≤5,0	Более 85%
«Минезел Min-D-gel plus»	32,96	≤5,0	Более 85%
к продуктам гриба Aspergillus и Penicillium–зеараленону			
Образцы	Содержание микотоксина		Сорбционная эффективность, %
	до введения адсорбента, мкг/кг	введение адсорбента, pH3,6 мкг/кг	
Контроль чистый	–	–	–
Контроль с зеараленоном	0,388	0,388	–
«Минезел Min-D-gel»	0,388	0,016	95,73
«Минезел Min-D-gel plus»	0,388	0,029	92,52
к микотоксину фуманизину			
Образцы	Содержание микотоксина		Сорбционная эффективность, %
	до введения адсорбента, мкг/кг	введение адсорбента, pH3,6 мкг/кг	
Контроль чистый	–	–	–
Контроль с фуманизином	2,718	2,718	–
«Минезел Min-D-gel»	2,718	0,610	77,55
«Минезел Min-D-gel plus»	2,718	0,469	82,74

Оценивая результаты, полученные в ходе оценки общей адсорбционной активности кормовых добавок до термической обработки и после нее, можно утверждать, что:

1. Применение данной методики в области определения микотоксинов позволяет без лишних усилий и затрат средств и времени получать достоверный результат в кратчайшие сроки, что имеет большое значение при закупке кормовых добавок. Данные о содержании того или иного микотоксина в ингредиенте или корме позволяют принимать обоснованное и своевременное решение: какой адсорбент вводить в лечебной или профилактической дозе или исключить его, можно ли нивелировать отрицательный эффект микотоксинов за счет изменения питательности или состава корма, применения других методов и средств.

2. Кормовые добавки «Минезел Min-D-gel» и «Минезел Min-D-gelplus» являются эффективными адсорбентами микотоксинов, предназначенными для применения сельскохозяйственным животным и птице.

3. Общая адсорбционная активность кормовых добавок составляет: «Минезел Min-D-gel» – 31,8 мг/г; «Минезел Min-D-gelplus» – 27,6 мг/г.

4. Адсорбционная эффективность кормовой добавки «Минезел Min-D-gel» в отношении отдельных видов микотоксинов: Афлатоксина – не менее 98,0 %; Охротоксина – более 85,0 %; Т2 токсина – на уровне 88,54 %; Дезоксиниваленола (ДОН) – на уровне 56,63 %; Зеараленона – на уровне 95,73 %; Фуманизина – на уровне 77,55 %.

5. Адсорбционная эффективность кормовой добавки «Минезел Min-D-gelplus» в отношении отдельных видов микотоксинов: Афлатоксина – не менее 98,0 %; Охротоксина – более 85,0 %; Т2 токсина – на уровне 81,96 %; Дезоксиниваленола (ДОН) – на уровне 50,32 %; Зеараленона – на уровне 92,52 %; Фуманизина – на уровне 82,74 %.

6. Применять кормовые добавки «Минезел Min-D-gel» и «Минезел Min-D-gelplus» можно как отдельно, так и в составе премиксов, других кормовых добавок, что обеспечит усиление эффективности их действия.

Заключение

Актуальность проблемы микотоксикозов в агропромышленном комплексе, в частности в сфере промышленного животноводства, не вызывает сомнений и является предметом интенсивных исследований. Известно несколько сотен видов микотоксинов, среди которых афлатоксины, охратоксины, фумонизины и Т-2 токсин представляют наибольшую опасность для птицеводства. Стандартным методом детоксикации кормов является применение адсорбентов. Однако, эффективность адсорбции значительно варьирует, что обусловлено гетерогенностью химических структур и свойств как микотоксинов, так и используемых сорбентов. Эмпирические данные свидетельствуют о превосходстве комплексных многокомпонентных препаратов, содержащих несколько сорбирующих агентов, в связывании микотоксинов. В контексте расширяющегося рынка подобных добавок, оценка их эффективности приобретает особую значимость. Нами были изучены кормовые добавки «Минезел Min-D-gel» и «Минезел Min-D-gel plus», предназначенные для адсорбции микотоксинов у сельскохозяйственных животных и птицы, и установлена их общая адсорбционная активность в диапазоне 27,6–31,8 мг/г.

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.