

<https://doi.org/10.47612/2079-3928-2023-2-141-149>
УДК 619.614.31:637.5'64

Поступила в редакцию 07.11.2023
Received 07.11.2023

ОЦЕНКА БАКТЕРИОСТАТИЧЕСКИХ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТОРФА

А. Э. Томсон¹, Ю. Г. Янута¹, Т. Н. Каменская², С. А. Лукьянчик²,
Т. В. Соколова¹, Т. Я. Царюк¹, Ю. Ю. Навоша¹, Г. Г. Янута¹, А. С. Марзан¹

¹Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь;

²РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелесского», Минск, Беларусь

Аннотация. В работе приведены материалы по оценке антимикробных свойств сорбентов различной рецептуры на основе торфа. Показана эффективность их бактериостатических свойств. Полученные результаты свидетельствуют о пролонгированном бактериостатическом действии сорбентов. Проведены исследования по оценке их безвредности и биологической ценности для животных. Показана низкая эффективность древесных опилок в глубокую подстилку в птицеводстве. Полученные результаты подтверждают вывод о высокой энтеросорбционной активности торфяных и органоминеральных материалов на основе торфа, оказывающих положительное влияние на протекание физиологических процессов развития птицы за счет сорбции и выведения микотоксинов и тяжелых металлов.

Ключевые слова: сорбенты на основе торфа; метод диффузии в агар; антимикробная активность; бактериостатические свойства; токсичность; безвредность.

Для цитирования. Томсон А. Э., Янута Ю. Г., Каменская Т. Н., Лукьянчик С. А., Соколова Т. В., Царюк Т. Я., Навоша Ю. Ю., Янута Г. Г., Марзан А. С. Оценка бактериостатических и токсикологических свойств сорбционных материалов на основе торфа // Природопользование. – 2023. – № 2. – С. 141–149.

ASSESSMENT OF THE BACTERIOSTATIC AND TOXICOLOGICAL PROPERTIES OF SORPTION MATERIALS BASED ON PEAT

A. E. Thomson¹, Yu. G. Yanuta¹, T. N. Kamenskaya², S. A. Lukyanchik²,
T. V. Sokolova¹, T. Ya. Tsaryuk¹, Yu. Yu. Navosha¹, G. G. Yanuta¹, A. S. Marzan¹

¹Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus;

²RUE "S. N. Vyshelesskogo Institute of Experimental Veterinary Medicine", Minsk, Belarus

Abstract. The work provides materials on the assessing of the antimicrobial properties of the sorbents of various formulations based on peat. The effectiveness of their bacteriostatic properties has been shown. The obtained results indicate prolonged bacteriostatic effect of the sorbents. The studies have been conducted to assess their harmlessness, toxicity and biological value for animals. Low efficiency of sawdust in deep litter in poultry farming has been shown. The obtained results confirm the conclusion about high enterosorption activity of peat and organomineral materials based on peat having positive effect on the physiological processes of poultry development due to the sorption and removal of mycotoxins and heavy metals.

Keywords: peat-based sorbents; agar diffusion method; antimicrobial activity; bacteriostatic properties; toxicity; harmlessness.

For citation. Thomson A. E., Yanuta Yu. G., Kamenskaya T. N., Lukyanchik S. A., Sokolova T. V., Tsaryuk T. Ya., Navosha Yu. Yu., Yanuta G. G., Marzan A. S. Assessment of the bacteriostatic and toxicological properties of sorption materials based on peat. *Nature Management*, 2023, no. 2, pp. 141–149.

Введение. Препараты на основе торфа плотно вошли в различные сферы жизни: от использования в качестве топлива до продуктов с высокой добавленной стоимостью – гуминовых препаратов, стимуляторов роста растений и др. Одним из перспективных направлений переработки торфа является производство сорбционных материалов. Оно открывает широкие перспективы для применения этой группы веществ в разнообразных областях хозяйственной деятельности: от очистки воздуха до использования в фармацевтической промышленности. Новое направление применения данных веществ –

использование в качестве компонента для сорбции продуктов жизнедеятельности в животноводческих комплексах, специализирующихся на ведении интенсивного откорма животных и птицы. Такие сорбенты обладают рядом уникальных свойств: высокой поглотительной емкостью, что позволяет сохранить оптимальные показатели микроклимата в рабочих зонах предприятий; пролонгированным действием, которое составляет 45–50 дней; биодеструкцией после окончания срока эксплуатации без дополнительных мероприятий по утилизации. Многолетние испытания таких материалов показали свою эффективность по сравнению с наиболее часто применяемыми для этих целей материалами (древесными опилками) [1].

В современном промышленном птицеводстве (как отечественном, так и зарубежном) используются клеточные и напольные способы содержания и выращивания птицы. При напольном выращивании бройлеров к качеству подстилочного материала предъявляются повышенные требования. Основными его критериями являются оптимальная влагопоглощающая способность, сухость, рыхлость, низкая теплопроводность при использовании в птичниках с неотапливаемыми полами, отсутствие бактерий и микроскопических грибов [1]. Весьма важными требованиями, которые предъявляются к подстилочным материалам, являются способность обеспечивать удаление и связывание из воздушной среды токсичных загрязняющих веществ, подавлять развитие болезнетворной микрофлоры, а также отсутствие дополнительного запыления.

Основными источниками загрязнений, поступающих от животноводческих ферм и птицефабрик в окружающую среду, являются вентиляционные выбросы, навоз и стоки в процессе их удаления, хранения и утилизации. Как следует из работы [2], максимальную удельную массу в структуре азоровыброса составляет аммиак – до 80 %; на долю пылевидных частиц, меркаптанов и сероводорода приходится 17,3; 1,2 и 0,3 % соответственно. Авторы статьи отмечают, что при разработке природоохранных мероприятий приоритетными должны быть те, которые способны сократить выброс соединений с наибольшей удельной массой, например аммиака.

Поскольку подстилка является одной из составляющих всей комплексной системы содержания птицы, существенные недостатки в других элементах (системы поения и кормления, температурно-влажностный режим в помещениях, продолжительность и последовательность технологических циклов и т. д.) могут привести к значительному снижению эффективности использования даже правильно подобранных материалов. По мнению специалистов из Института защиты животных и животноводства (Institut für Tierschutz und Tierhaltung) в г. Целле, не существует суперподстилки, применение которой позволит устранить все производственные проблемы. Принципиально важно, чтобы подстилочные материалы не оказывали вредного воздействия на здоровье птицы, а при их применении продуктивность поголовья и качество мясного сырья не снижались. От свойств подстилки напрямую зависят частота возникновения и тяжесть протекания такого заболевания, как плантарный пододрематит, или дерматит подушечек лап [3]. Главная причина появления дерматита подушечек лап – чрезмерная влажность подстилки (этот параметр обусловлен составом самой подстилки и состоянием окружающей среды). Оптимальная влажность подстилки – 30 %. Превышение этого порогового значения ведет к развитию дерматита подушечек лап. Если подстилка сухая, в помещении снижается концентрация аммиака, что положительно сказывается на здоровье поголовья. Вот почему важно учитывать такие особенности подстилки, как ее способность к набуханию, а также способность связывать и отдавать влагу (из помещения лишнюю влагу быстро удаляют при помощи вентиляции). Установлено, что физические показатели птицы практически не изменялись в зависимости от того, какой подстилочный материал применяли на предприятии, а вот частота поражения подушечек лап и тяжесть протекания болезни существенно различались. Наибольшее количество патологий зафиксировано при использовании сосновых опилок, измельченной соломы, отходов хлопкового производства и сосновой щепы.

Известно применение торфа как добавки к подстилочному материалу любого вида. Он может необратимо поглощать аммиак за счет протекания хемосорбционных процессов (до 2,5 % своей массы), поскольку опасность для птицы представляет также эмиссия из подстилки вредных газов (аммиака, углекислоты, сероводорода), которые существенно снижают продуктивные показатели птицы. Торф может также адсорбировать воду в 15–20 раз больше собственной массы. Преимущества торфа как адсорбента аммиака заключаются в том, что он безопасен в применении и не наносит вред окружающей среде. Кроме того, торф имеет высокие антисептические свойства, а отработанная подстилка после использования – это ценное органическое удобрение [4]. В случае склеивания торфа птицей (что нередко случается) он не причиняет вреда ее организму. Наоборот, его довольно богатый минеральный состав положительно влияет на минеральный обмен организма птицы и выполняет определенные функции в сорбции микотоксинов и микроорганизмов.

Таким образом, использование торфа как компонента глубокой подстилки при напольном содержании птицы должно быть направлено на регулирование гидрофильных и сорбционных свойств торфяного компонента, повышение механической прочности, так как при наличии 60 % частиц размером

менее 3 мм в птичнике появляется много пыли, а также на возможность нейтрализовать болезнетворные микроорганизмы в глубокой подстилке.

Одним из способов, направленных на снижение негативного влияния избыточной влаги и токсичных компонентов газовой среды в птичнике, избыточной запыленности, подавления развития болезнетворной микрофлоры, служат добавки различной функциональной природы, которые способны оказывать влияние не только на нормализацию среды обитания птицы, но в то же время и на то, чтобы используемые подстилочные материалы не вредят здоровью птицы, а при их применении продуктивность поголовья и качество мясного сырья не снижались.

Обычно в качестве подстилки используют древесные опилки и стружку, но они становятся дефицитом и с каждым годом дорожают. Эти обстоятельства побуждают искать новые источники материалов или частично экономить их за счет добавки некоторых минеральных веществ – цеолитов, лигнитов, вермикулита и некоторых других минералов. Так, в работе [5] приводится подстилка для животных на основе гранулированного верхового торфа, отличающаяся тем, что торф дополнительно содержит глину с получением торфоминеральной композиции при следующем соотношении компонентов, мас. % по сухому веществу: торф – 45–95, глина (каолиновая глина или любой другой глинистый минерал) – 50–10. Торфоминеральная композиция выполнена в виде шарообразных гранул диаметром 6–10 мм, образованных методом окатывания на тарельчатом грануляторе.

Нашими исследованиями показано, что эффективно регулировать свойства торфяной подстилки можно путем введения в торфяную матрицу практически любых минералов, оказывающих влияние на сорбционные и гидрофильные свойства композиционных органо-минеральных систем [6]. Так, добавки минералов карбонатной природы способны оказывать влияние на повышение прочности торфяных материалов в процессе гранулирования, что позволяет снизить параметры запыленности воздушной среды в птичниках.

Исследования по оценке бактериостатических свойств, а также безвредности, токсичности и биологической ценности препаратов на основе торфа выполняли на базе лаборатории ветсанитарии и экологии РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелесского».

Цель работы – провести оценку бактериостатических свойств сорбционных материалов на основе торфа, а также их токсичности и безвредности.

Материалы и методы исследования. Образцы представляли собой композицию торфяного и минерального субстрата в виде гранулированного вещества, нерастворимого в воде.

Антимикробную активность испытуемых образцов сорбентов в нативном виде проводили методом диффузии в агар. В качестве микроорганизмов использовали тест-культуры *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Candida albicans*. Для измерения мутности суспензии бактерий применяли денситометр DEN-1. Так, количество микробов в 1 мл микробной взвеси соответствовало $1,5 \cdot 10^5$ клеток/мл.

Изучение бактериостатических свойств образцов проводили в два этапа.

На первом этапе изучали антимикробную эффективность сорбентов. Применяли стандартный луночный метод (метод диффузии в агар) с использованием чашек Петри. В качестве среды использовали мясопептонный агар. После застывания агара в лунки помещали изучаемый образец сорбента в одинаковом объеме для каждой чашки. После контакта изучаемого сорбента с агаром (40–60 мин) чашки ставили в термостат на сутки при температуре 37 °С. Опыт повторяли в четырехкратной последовательности. Учет активности исследуемого образца сорбента к тест-культурам вели по диаметру зоны просветления вокруг лунки, а после выводили среднее значение.

На первом этапе изучали зоны задержки роста тест-микроорганизмов вокруг лунки, куда помещали изучаемый торфяной сорбент при использовании метода диффузии в агар. На трех культурах микроорганизмов – *E. coli*, *S. aureus*, *P. vulgaris* – отмечен бактериостатический эффект, зона лизиса составляла от 10,0 до 11,41 мм. В то же время на *C. albicans* бактериостатическое влияние было минимальным.

На втором этапе на инфицированные культурой стафилококка тест-объекты наносили образец торфяного сорбента и выдерживали 30 мин, 1 ч, 3 ч и 6 ч. После этого тест-объекты помещали в термостат на 1 сут и после 24 ч экспозиции высевали на стафилококкагар по общепринятым методикам. В качестве тест-объектов использовали пластинки из стекла, дерева, металла, бетона, резины размером 10 см × 10 см. Микробная нагрузка культуры *Staphylococcus aureus* в 1 мл микробной взвеси составила $4,1 \cdot 10^3$ клеток.

Для оценки токсичности и безвредности использовали общепринятый метод [7]. В качестве тест-организмов взяли инфузорию (*Tetrahymena pyriformis*) и лабораторных животных (белых мышей). При оценке токсичности сформировали четыре группы белых беспородных нелинейных мышей обоего пола по 10 особей в каждой: животным первой группы принудительно внутривенно с использованием шприца и зонда вводили крахмальную клейстер с содержанием 10%-го торфяного сор-

бента (образец № 1), животным второй группы – крахмальный клейстер с содержанием 10%-го торфо-минерального сорбента (образец № 2), животным третьей группы – крахмальный клейстер с содержанием 10%-го торфо-органического сорбента (образец № 3), животным четвертой группы (контроль) – также принудительно вводили чистый клейстер. Введение мышам опытных и контрольной групп соответствующих растворов клейстера проводили 1 раз в день в количестве 0,8 мл в течение 10 дней.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований по оценке эффективности действия торфяного сорбента на инфицированные культурой *S. aureus* тест-объекты (пластинки из стекла, дерева, металла, бетона, резины) представлены в табл. 1. Контролем служили тест-объекты, обработанные стерильной водопроводной водой. Наибольший эффект от применения сорбента отмечен на стеклянных поверхностях, минимальный – на древесине.

Таблица 1. Эффективность торфяного сорбента при обеззараживании поверхностей, инфицированных культурой *S. aureus*

Table 1. The effectiveness of peat sorbent in disinfection of surfaces infected with *S. aureus* kultur

| Экспозиция, мин | Тест-объект | | | | |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | стекло | дерево | металл | бетон | резина |
| 30 (0,5 ч) | 369,7 ± 5,2 (53,68 %) | 443,5 ± 2,5 (44,43 %) | 382,4 ± 0,1 (52,09 %) | 419,2 ± 0,2 (47,46 %) | 378,9 ± 1,2 (52,51 %) |
| 60 (1 ч) | 335,8 ± 2,1 (57,92 %) | 417,7 ± 4,5 (47,65 %) | 369,7 ± 3,2 (53,67 %) | 401,2 ± 0,05 (49,72 %) | 360,6 ± 0,04 (54,81 %) |
| 180 (3 ч) | 218,1 ± 2,2 (72,67 %) | 388,6 ± 1,5 (51,3 %) | 294,3 ± 0,1 (63,12 %) | 391,1 ± 0,03 (50,99 %) | 300,0 ± 0,03 (62,41 %) |
| 480 (6 ч) | 200,0 ± 2,2 (74,93 %) | 290 ± 1,5 (63,66 %) | 250 ± 0,03 (68,67 %) | 309 ± 0,03 (61,27 %) | 240 ± 0,03 (69,93 %) |
| Контроль 798,0 ± 47,8 КОЕ/0,2 мл | | | | | |

Примечание. В таблицах 1–3 приведены средние значения КОЕ ± стандартное отклонение (% от контроля).

Из материалов, приведенных в табл. 1, торфяной сорбент через 30 мин воздействия на тест-объекты обеззараживал их на 44,43–53,68 % в зависимости от вида тест-объекта. Через 6 ч экспозиции обеззараживание обсемененных культурой *S. aureus* тест-объектов проходило от 61,27 до 74,93 %.

На основании представленных результатов видно, что сорбент на основе торфа обладает бактериостатической активностью на всех пяти рассматриваемых тест-объектах. Наибольшая бактериостатическая активность отмечена для стеклянных поверхностей, наименьшая – для древесных и бетонных.

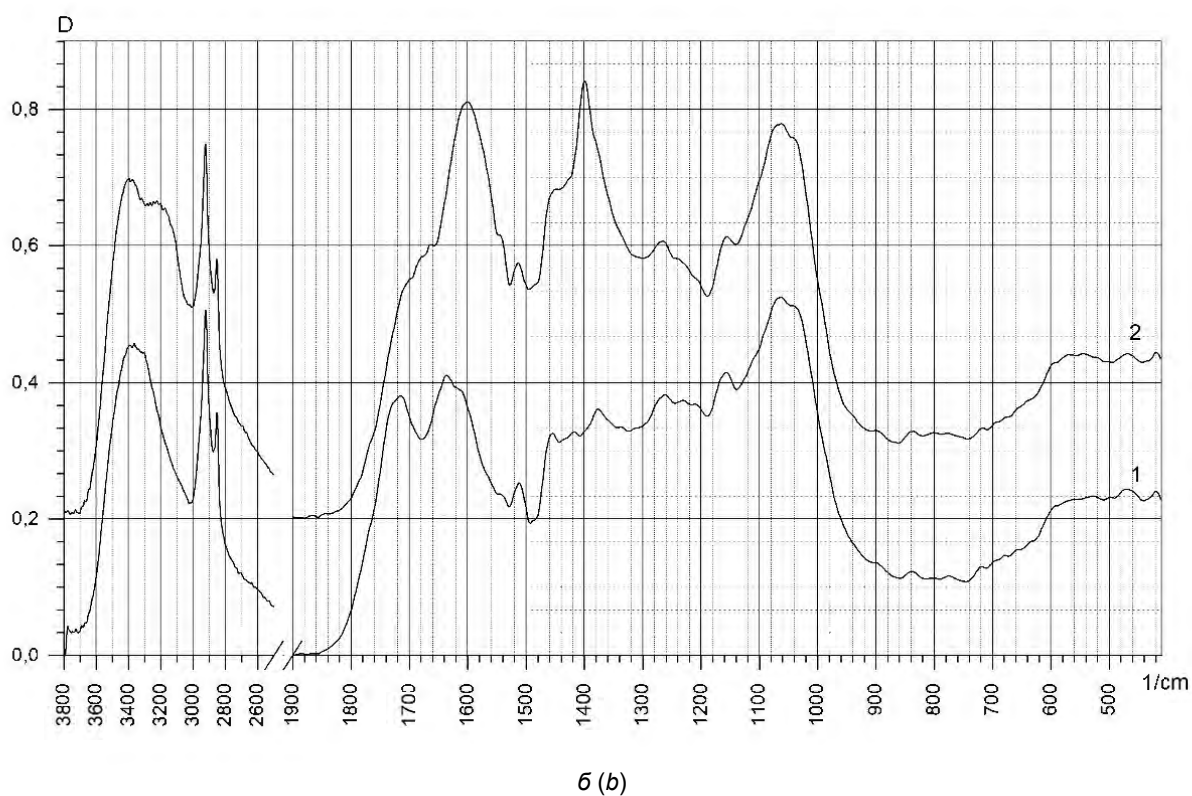
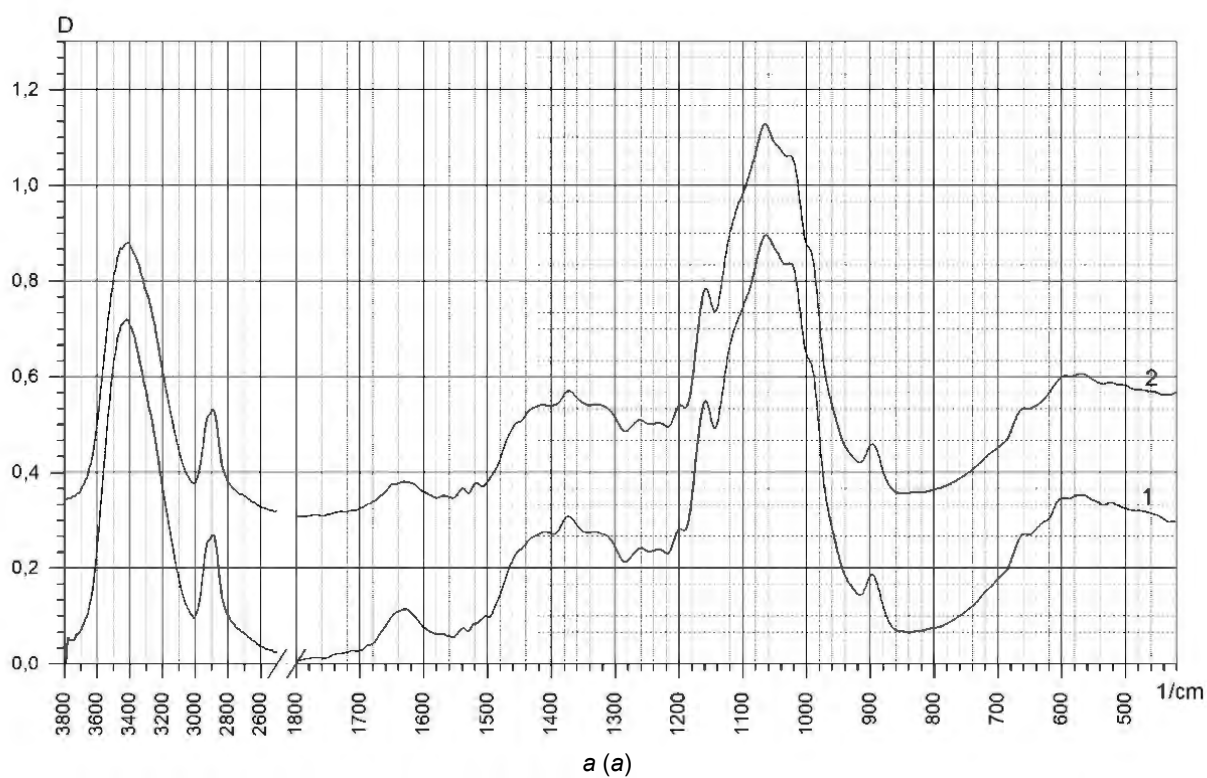
Полученные результаты подтверждают низкую эффективность, наряду с невысокими значениями водопоглощения и рядом других параметров использования в качестве глубокой подстилки древесных материалов (опилки, стружка).

О низкой эффективности использования древесных материалов в качестве глубокой подстилки свидетельствуют полученные нами экспериментальные данные по поглощению газообразного аммиака по данным ИК-спектроскопии.

На рисунке приведены инфракрасные спектры образцов целлюлозы и пушицево-сфагнового торфа до и после обработки газообразным аммиаком.

Из анализа данных ИК-спектров (см. рисунок, а) следует, что обработка образца целлюлозы газообразным аммиаком почти не приводит к каким-либо изменениям в ИК-спектре, т. е. газообразный аммиак практически не взаимодействует с целлюлозой – одним из основным компонентов древесины.

Анализ ИК-спектров образцов пушицевого-сфагнового торфа (см. рисунок, б) показывает, что после обработки торфа газообразным аммиаком в ИК-спектре наблюдаются существенные изменения: уменьшается полоса поглощения свободных карбоксильных групп (1720 см^{-1}), увеличивается интенсивность полос в области поглощения карбоксилат анионов (1600 и 1400 см^{-1} – асимметричные и симметричные валентные колебания C—O группы —CO₂), что обусловлено химическим взаимодействием ионов аммония со свободными карбоксильными группами структурных элементов торфа, при этом существенно увеличивается интенсивность полосы поглощения в области связанных водородом NH-групп (3200 см^{-1}), что указывает на увеличение их содержания.



ИК-спектры образцов целлюлозы (а) и пушицевого-сфагнового (б) торфа:
1 – исходный образец; 2 – после сорбции аммиака

IR-spectra of cellulose (a) and fluffy-sphagnum (b) peat samples:
1 – original sample; 2 – after ammonia sorption

Образец торфоминарального сорбента показал аналогичные результаты испытаний (табл. 2). Через 30 мин воздействия на тест-объекты он обеззараживал их только на 36,03–46,2 %. Через 6 ч экспозиции обеззараживание обсемененных тест-культурой *S. aureus* тест-объектов составило от 47,06 до 68,53 %.

Таблица 2. Эффективность торфоминарального сорбента при обеззараживании поверхностей, инфицированных культурой *S. aureus*

Table 2. The effectiveness of peat-mineral sorbent in the decontamination of surfaces infected with *S. aureus* kultur

| Экспозиция, мин | Тест-объект | | | | |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | стекло | дерево | металл | бетон | резина |
| 30 (0,5 ч) | 371,1 ± 3,2 (45,42 %) | 420,5 ± 3,4 (38,24 %) | 388,4 ± 6,2 (42,89 %) | 435,0 ± 0,2 (36,03 %) | 365,9 ± 2,8 (46,20 %) |
| 60 (1 ч) | 328,7 ± 4,7 (51,66 %) | 419,3 ± 4,8 (38,34 %) | 377,1 ± 4,1 (44,55 %) | 420,2 ± 2,8 (38,21 %) | 359,1 ± 2,8 (47,20 %) |
| 180 (3 ч) | 220,6 ± 1,8 (67,56 %) | 400,01 ± 5,2 (41,18 %) | 354,3 ± 2,5 (47,90 %) | 400,6 ± 3,6 (41,09 %) | 312,0 ± 2,6 (54,12 %) |
| 480 (6 ч) | 214,0 ± 1,2 (68,53 %) | 360,01 ± 7,2 (47,06 %) | 290 ± 2,2 (57,36 %) | 345 ± 7,2 (49,28 %) | 280 ± 4,4 (58,83 %) |
| Контроль 680,0 ± 44,2 КОЕ/0,2 мл | | | | | |

В сравнении с торфяным сорбентом, у образца торфоминарального сорбента показатели эффективности ниже в среднем на 11,4 %. Максимальные значения эффективности отмечены для стеклянных поверхностей, а минимальные значения – для деревянных.

Использование торфо-органоминарального сорбента показало (табл. 3) более низкие результаты бактериостатического эффекта (в среднем на 7 %) по сравнению с рассматриваемыми выше образцами (см. рисунок).

Таблица 3. Эффективность торфо-органоминарального сорбента при обеззараживании поверхностей, инфицированных культурой *S. aureus*

Table 3. The effectiveness of a peat organomineral sorbent in the disinfection of surfaces infected with *S. aureus* kultur

| Экспозиция, мин | Тест-объект | | | | |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | стекло | дерево | металл | бетон | резина |
| 30 (0,5 ч) | 450,0 ± 4,2 (43,04%) | 590,7 ± 2,5 (25,31%) | 460,2 ± 5,6 (41,75%) | 570,5 ± 2,5 (27,79%) | 478,9 ± 7,8 (39,38%) |
| 60 (1 ч) | 420,0 ± 7,2 (46,84%) | 548,2 ± 3,5 (30,61%) | 450,1 ± 3,2 (43,03%) | 510,2 ± 5,7 (35,45%) | 450,6 ± 1,8 (42,97%) |
| 180 (3 ч) | 390,0 ± 4,2 (50,64%) | 510,6 ± 7,0 (35,37%) | 410,4 ± 6,6 (48,05%) | 490,1 ± 3,3 (37,97%) | 390,0 ± 3,7 (50,64%) |
| 480 (6 ч) | 340,0 ± 3,8 (56,97%) | 490,2 ± 1,5 (37,95%) | 380,0 ± 7,1 (51,90%) | 420,0 ± 6,7 (46,84%) | 350,0 ± 2,2 (55,70%) |
| Контроль 790,0 ± 33,5 КОЕ/0,2 мл | | | | | |

Как видно из табл. 3, торфо-органоминаральный сорбент через 30 мин воздействия на тест-объекты обеззараживал их только на 25,31–43,04 % в зависимости от вида тест-объекта. Через 6 ч экспозиции обеззараживание обсемененных тест-культурой *S. aureus* тест-объектов проходило на 37,95–56,97 %. Максимальные и минимальные значения отмечены для стекла и дерева соответственно. Средние показатели эффективности также оказались ниже на 17,8% по сравнению с торфяным сорбентом и на 6,3 % ниже по сравнению с торфоминаральным.

Токсиколого-гигиенические исследования показали, что изучаемые образцы (торфяной, торфо-минеральный и торфо-органоминеральный сорбенты) были безвредны в течение 24 ч для простейших инфузорий тетрахимена пириформис (табл. 4). При подсчете выросших клеток инфузорий установлено, что во флаконах с торфяным сорбентом количество инфузорий через 24 ч составляло $8,66 \pm 0,33$ клеток, во флаконах с торфоминеральным сорбентом – $10,66 \pm 0,33$, с торфо-органоминеральным сорбентом – $12,33 \pm 0,88$, в контрольной группе – $8,33 \pm 0,33$ клеток.

Таблица 4. Количество выросших инфузорий в течение 24 ч культивирования

Table 4. Number of infusories cultivated during 24 hours

| Номер образца | Изучаемый образец | Клеток | | | % к контролю |
|---------------|---------------------------------|------------------|----------------|---------------|--------------|
| | | в 1-м флаконе | во 2-м флаконе | в 3-м флаконе | |
| 1 | Торфяной сорбент | 9 | 9 | 8 | 103,9 |
| | Среднее значение $M \pm m$ | $8,66 \pm 0,33$ | | | |
| 2 | Торфоминеральный сорбент | 11 | 10 | 11 | 128,0 |
| | Среднее значение $M \pm m$ | $10,66 \pm 0,33$ | | | |
| 3 | Торфо-органоминеральный сорбент | 14 | 12 | 11 | 148,0 |
| | Среднее значение $M \pm m$ | $12,33 \pm 0,88$ | | | |
| 4 | Среда для инфузорий* | 9 | 8 | 8 | 100,0 |
| | Среднее значение $M \pm m$ | $8,33 \pm 0,33$ | | | |

*Культуры инфузорий высевали на среду для тетрахимены пириформис и вводили в нее соответствующий сорбент в количестве 10 %.

Как видно из табл. 4, с включением торфяного сорбента количество инфузорий возросло на 3,9 %, торфоминерального сорбента – на 28,0, торфо-органоминерального сорбента – на 48,0 % по сравнению с контролем.

В опыте на лабораторных животных (белых мышах) установлено, что прирост живой массы одной головы в среднем составил: при введении клейстера с торфяным сорбентом – 6,1 г, или 103,4 %; при введении клейстера с торфоминеральным сорбентом – 6,6 г, или 111,7 %; при введении клейстера с торфо-органоминеральным сорбентом – 6,8 г, или 115,3 %; в контрольной группе – 5,9 г, или 100,0 % соответственно (табл. 5).

Таблица 5. Процентное соотношение среднесуточного прироста у подопытных мышей при использовании сорбентов

Table 5. Percentage of average daily increase in mice using sorbents

| Группа | Количество особей, шт. | Вес группы | Вес одной головы | Вес группы | Вес одной головы | Прирост к контролю | |
|-------------|------------------------|-----------------|------------------|---------------|------------------|--------------------|-------|
| | | в начале опыта | в начале опыта | в конце опыта | в конце опыта | г | % |
| Образец № 1 | 10 | $204,0 \pm 1,0$ | $20,4 \pm 0,1$ | $265 \pm 1,0$ | $26,5 \pm 0,1$ | $6,1 \pm 0,1$ | 103,4 |
| Образец № 2 | 10 | $210,0 \pm 1,0$ | $21,0 \pm 0,1$ | $276 \pm 0,9$ | $27,6 \pm 0,0$ | $6,6 \pm 0,1$ | 111,7 |
| Образец № 3 | 10 | $208,0 \pm 1,0$ | $20,8 \pm 0,1$ | $276 \pm 0,9$ | $27,6 \pm 0,0$ | $6,8 \pm 0,1$ | 115,3 |
| Образец № 4 | 10 | $199,0 \pm 1,0$ | $19,9 \pm 0,1$ | $258 \pm 1,0$ | $25,8 \pm 0,1$ | $5,9 \pm 0,1$ | 100,0 |

При клиническом наблюдении подопытных групп животных, которым принудительно вводили в желудок клейстер с соответствующим сорбентом, отклонений в клиническом состоянии мышей обнаружено не было, шерстный покров был гладкий и блестящий, поедаемость корма отмечалась хорошая, нарушений работы желудочно-кишечного тракта и центральной нервной системы не происходило, падежа и заболеваний животных не наблюдалось.

При патологоанатомическом вскрытии животных видимых патологических изменений не установлено, кишечник не вздут, без кровоизлияний, паренхиматозные органы без изменений.

Заключение. Установлено, что все три исследуемых образца на торфяной основе обладают бактериостатическими свойствами. Наиболее интенсивно они проявляются на стеклянных поверхностях. Экспериментально выявлено увеличение бактериостатических свойств сорбентов с увеличением времени экспозиции. Полученные результаты свидетельствуют о пролонгированном бактериостатическом действии данных сорбентов, а также о невысокой эффективности подстилки на основе древесного сырья (опилки), что подтверждается анализом ИК-спектров целлюлозы и пушицево-сфагнового торфа после обработки газообразным аммиаком.

Исследования на токсичность и безвредность сорбентов на основе торфа не только показали их безвредность для животных, но и был отмечен прирост массы в 3,4–15,3 % в зависимости от применяемой рецептуры сорбента. Полученные результаты подтверждают вывод о высокой энтеросорбционной активности торфяных и органоминеральных материалов на основе торфа, оказывающих положительное влияние на протекание физиологических процессов развития птицы за счет сорбции и выведения микотоксинов и тяжелых металлов.

Список использованных источников

1. Чарыев, А. Б. Зоогигиеническая оценка подстилочных материалов для бройлеров / А. Б. Чарыев // Птицеводство. – 2011. – № 3. – С. 59–60.
2. Основные направления природоохранных мероприятий в животноводстве / В. Г. Тюрин [и др.] // Вестник Российского государственного заочного университета. – 2008. – № 5. – С. 132–134.
3. Вербицкий, С. И. Использование подстилки в птичнике / С. И. Вербицкий // Животноводство России. – 2019. – № 11. – С. 21–25.
4. Гигиенические требования к подстилочному материалу, используемому при выращивании птицы: рекомендации / Д. В. Медведева [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2020. – 24 с.
5. Способ подготовки подстилки из соломы при выращивании цыплят-бройлеров : пат. РФ 2333637 С1 / И. В. Зуев, В. А. Гусев, И. П. Салеева, В. А. Офицеров. – М., 2008.
6. Использование гранулированного торфа в качестве компонента подстилочного материала / В. Н. Фисинин [и др.] // Птица и птицепродукты. – 2013. – № 6. – С. 16–36.
7. Методические рекомендации по ускоренному определению токсичности и безвредности кормов и кормовых добавок / П. А. Красочко [и др.]. – Минск : Ин-т эксперимент. ветеринарии им. С. Н. Вышелесского НАН Беларуси, 2015. – 12 с.

References

1. Charyev A. B. *Zoogigienicheskaya ocenka podstilochnyh materialov dlya brojlerov* [Zoohygenic assessment of bedding materials for broilers]. *Pticevodstvo = Poultry Farming*, 2011, no. 3, pp. 59–60. (in Russian)
2. Tyurin V. G., Mysova G. A., Potemkina N. N. *Osnovnye napravleniya prirodoohrannykh meropriyatij v zhivotnovodstve* [Main directions of environmental protection measures in livestock farming]. *Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo zaochnogo universiteta = Bulletin of the Russian State Correspondence University*, 2008, no. 5, pp. 132–134. (in Russian)
3. Verbickij S. I. *Ispol'zovanie podstilki v ptichnike* [Using litter in the poultry house]. *Zhivotnovodstvo Rossii = Livestock Production of Russia*, 2019, no. 11, pp. 21–25. (in Russian)
4. Medvedeva D. V., Medvedskij V. A., Kosyak A. P., Medvedskaya T. V. *Gigienicheskie trebovaniya k podstilochnomu materialu, ispol'zuemomu pri vyrashchivanii pticy* [Hygienic requirements for bedding material used in poultry rearing]. Vitebsk, 2020, 24 p. (in Russian)
5. Zuev I. V. [et al.] *Sposob podgotovki podstilki iz solomy pri vyrashchivanii cyplyat-brojlerov* [Method for preparing straw bedding when raising broiler chickens]. Patent RF, no. 2333637 C1, 2008. (in Russian)
6. Fisinin V. N., Egorov N. A., Tomson A. E., Naumova G. V., Ponomarenko Yu. A., Martynenko A. A. *Ispol'zovanie granulirovannogo torfa v kachestve komponenta podstilochnogo materiala* [Use of granulated peat as a component of bedding material]. *Ptica i pticeprodukty = Poultry and poultry products*, 2013, no. 6, pp. 16–36. (in Russian)
7. Krasochko P. A., Kuchinskij M. P., Tolkach N. G., Kamenskaya T. N. *Metodicheskie rekomendacii po uskorenному opredeleniyu toksichnosti i bezvrednosti kormov i kormovyh dobavok* [Methodological recommendations for the accelerated determination of toxicity and harmlessness of feed and feed additives]. Minsk, S. N. Vyshellessky Institute of Experimental Veterinary Medicine of the National Academy of Sciences of Belarus, 2015, 12 p. (in Russian)

Информация об авторах

Томсон Алексей Эммануилович – кандидат химических наук, доцент, заместитель директора по научной работе, заведующий Центром по торфу и сапропелям, заведующий лабораторией экотехнологий, Институт природопользования НАН Беларуси, (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: altom@nature-nas.by

Янута Юрий Григорьевич – кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по науке, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: yanuta@tut.by

Каменская Татьяна Николаевна – кандидат ветеринарных наук, доцент, заведующая лабораторией ветеринарной санитарии и экологии, Институт экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелесского (ул. Брикета, 28, 220003, г. Минск, Беларусь). E-mail: kamenskaya.63@bk.ru

Лукьянчик Станислав Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Институт экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелесского (ул. Брикета, 28, 220003, г. Минск, Беларусь). E-mail: kamenskaya.63@bk.ru

Соколова Тамара Владимировна – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси, (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: tomsok49@tut.by

Царюк Татьяна Яковлевна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси, (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: tsariuk9@mail.ru

Навоша Юльян Юльевич – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси, (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: navoscha@tut.by

Янута Григорий Григорьевич – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси, (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: yanuta@tut.by

Марзан Анастасия Сергеевна – младший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси, (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: marr_29@mail.ru

Information about the authors

Alexey E. Tomson – Ph. D. (Chemistry), Assistant Professor, Deputy Director, Head of the Center of Peat and Sapropel, Head of Lab. of Ecotechnology, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: altom@nature-nas.by

Yuriy G. Yanuta – Ph. D. (Technical), docent, Deputy Director for Science, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Scoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: yanuta@tut.by

Tatiana N. Kamenskaya – Ph. D. (Veterinary), Associate Professor, Head of the Laboratory of Veterinary Sanitation and Ecology, S. N. Vyshellessky Institute of Experimental Veterinary Medicine (28, Briketa Str., 220003, Minsk, Belarus). E-mail: kamenskaya.63@bk.ru

Stanislav A. Lukyanchik – Ph. D. (Agricultural), Leading Researcher, S. N. Vyshellessky Institute of Experimental Veterinary Medicine (28, Briketa Str., 220003, Minsk, Belarus). E-mail: kamenskaya.63@bk.ru

Tamara V. Sokolova – Ph. D. (Technical), Assistant Professor, Senior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: tomsok49@tut.by

Tatiana Ya. Tsaryuk – Ph. D. (Technical), Senior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: tsariuk9@mail.ru

Yulian Yu. Navosha – Ph. D. (Physical and Mathematical), Leading Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: navoscha@tut.by

Grigoriy G. Yanuta – Ph. D. (Biology), Assistant Professor, Senior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: yanuta@tut.by

Anastasiya S. Marzan – Junior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: marr_29@mail.ru