ISSN 1817-7204 (Print)
ISSN 1817-7239 (Online)
УДК 631.22.018:614.71
https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-2-234-242

Поступила в редакцию 08.12.2021
Received 08.12.2021

А. А. Ратько, Ю. В. Дуко, В. В. Шевчук

Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ОБРАБОТКИ СВИНЫХ НАВОЗНЫХ СТОКОВ НА ЭМИССИЮ ЗАПАХООБРАЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Аннотация. В процессе функционирования животноводческих комплексов на небольших пространствах образуется большое количество выделений животных (кал, моча, непереваренная пища), что может привести к загрязнению воздуха, присутствию постоянного запаха и выделению токсичных газов. При увеличении производительности комплексов жалобы от жителей населенных пунктов, находящихся в непосредственной близости от объекта, возрастают, свиноводческие комплексы в данном случае не являются исключением. Неприятные запахи являются мощным раздражающим фактором, оказывающим существенное негативное влияние на жизнь и здоровье людей, проживающих поблизости от животноводческих комплексов, что снижает качество их жизни. Необходимость постоянного контроля присутствия неприятных запахов часто является лимитирующим фактором для модификации, расширения существующих свиноводческих комплексов или создания новых, а также для увеличения их производительности и рентабельности. В настоящей работе проведены исследования по подбору композиции химических реагентов с целью дезодорации и обезвреживания жидких навозных стоков свиноводческого комплекса. Установлено, что наиболее предпочтительными с точки зрения сохранения эффекта обеззараживания и подавления неприятного запаха на длительный срок являются композиция на основе персульфата аммония с надуксусной кислотой и формалином, а также композиция на основе нитрита натрия с молибдатом аммония (высокий дезодорирующий эффект сохранялся после 21 сут выдерживания с момента введения реагентов в навозные стоки). Полученные в результате такой обработки навозные смеси не представляют опасности для окружающей среды и могут быть использованы в качестве основной составляющей комплексных органоминеральных удобрений.

Ключевые слова: животноводческие комплексы, химические методы обработки навоза, эмиссия газов, запах навозных стоков, удаление запаха

Для цитирования: Ратько, А. А. Исследование влияния способа обработки свиных навозных стоков на эмиссию запахообразующих веществ / А. А. Ратько, Ю. В. Дуко, В. В. Шевчук // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2022. – Т. 60, № 2. – С. 234–242. https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-2-234-242

Alexander A. Ratko, Yuliya V. Duko, Vyacheslav V. Shevchuk

Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

STUDY OF EFFECT OF PIG MANURE TREATMENT METHOD ON EMISSION OF ODOR-FORMING SUBSTANCES

Abstract. During operation of livestock complexes in small spaces, a large amount of animal excretions (feces, urine and undigested food) is generated, which can lead to air pollution, constant smell and release of toxic gases. With increase in productivity of complexes, complaints from residents of settlements located in the immediate vicinity of the facility increase, and pig breeding complexes in this case are no exception. Unpleasant odor is a powerful irritating factor having a significant negative impact on the life and health of people living near livestock complexes, which reduces their living standards. Often, the need to constantly monitor presence of unpleasant odor is the limiting factor for modification, expansion of existing pig farms or creation of new ones, as well as for increasing their productivity and profitability. In this research, studies were carried out for selection of chemical reagents composition for the purpose of deodorization and neutralization of liquid manure runoff at pig-breeding complex. It has been determined that composition based on ammonium persulfate with peracetic acid and formalin, as well as a composition based on sodium nitrite with ammonium molybdate (a high deodorizing effect was maintained after 21 days of exposure to the moment of introduction of reagents into manure) was the most preferable in terms of maintaining the disinfecting effect and suppressing bad odor over the long term. The manure mixtures obtained as a result of such treatment do not pose danger to the environment and can be used as the main component of complex organomineral fertilizers.

Keywords: pig breeding complexes, chemical methods of manure treatment, gas emission, manure odor, odor removal

For citation: Ratko A. A., Duko Yu. V., Shevchuk V. V. Study of effect of pig manure treatment method on emission of odor-forming substances. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2022, vol. 60, no 2, pp. 234–242 (in Russian). https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-2-234-242

© Ратько А. А., Дуко Ю. В., Шевчук В. В., 2022

Введение. Одной из самых актуальных проблем современного свиноводства является присутствие неприятного запаха навозных стоков животноводческих комплексов. Как известно, навоз, образующийся в результате содержания животных, традиционно собирают и хранят в масштабных искусственных лагунах – навозохранилищах, где он по прошествии в среднем 12 месяцев утрачивает свои опасные свойства и постепенно превращается в удобрение, которое далее вывозится на поля. В течение всего времени хранения свиного навоза выделяется значительное количество летучих органических соединений, обладающих интенсивным резким неприятным запахом и представляющих вред для здоровья человека и животных. Дополнительными факторами загрязнения атмосферного воздуха неприятными запахами – источниками выбросов из свинарников – являются вентиляция, аэрационные фонари.

Характерный запах свиного навоза формируется в результате жизнедеятельности бактерий. Запахообразующие вещества являются конечными или промежуточными продуктами ферментативного разложения фекалий анаэробными бактериями [1]. Известно, что особенности запаха свиного навоза обусловлены присутствием порядка 40 соединений, относящихся к 14 химическим классам, основные из которых – летучие жирные кислоты, соединения серы, соединения азота, ароматические соединения (индол, скатол, фенол, п-крезол), альдегиды (формальдегид, ацетальдегид, бутаналь) [2].

Особенность загрязнения воздуха запахообразующими веществами такова, что присутствие последних в воздухе даже на уровне ниже предельно допустимых значений вызывает раздражение, дискомфорт и ухудшение самочувствия. Это связано с более низким значением порогов восприятия запахообразующих веществ, чем их предельно допустимые концентрации в атмосферном воздухе [3].

Тенденция последних лет к увеличению поголовья свиней на животноводческих комплексах сделала проблему неприятного запаха центром внимания общественности. Проблема переработки и утилизации отходов свиноводства исключительно актуальна для многих стран мира, в том числе и для Республики Беларусь. Существует острая потребность в эффективных методах контроля запахов, генерируемых свиноводческими предприятиями. Специалистами разных стран разработаны различные подходы к решению данной проблемы: нейтрализация, маскировка, связывание, окисление или снижение эмиссии неприятных запахов свиноферм путем применения химических или микробиологических реагентов, технических средств очистки воздуха с использованием биофильтров. Один из самых распространенных способов обработки навозных стоков – метод окисления, благодаря которому достаточно эффективно разлагаются вещества, ответственные за наличие неприятного запаха [4].

Установки очистки воздуха в производственных помещениях свиноферм на основе биофильтров не получили широкого практического применения из-за высокой стоимости, большого энергопотребления, сложностей в эксплуатации. Оснащение свиноводческих предприятий такими установками приводит к увеличению себестоимости и снижению конкурентоспособности продукции.

В литературе имеются данные о применении химических реагентов для устранения неприятных запахов, в качестве таковых используют перекись водорода, перманганат калия, озон, соединения железа и т. д. [5–7]. Действительно, лабораторные исследования подтверждают 90%-ную эффективность использования таких методов, однако в промышленном масштабе они практически не реализованы из-за сложностей, возникающих вследствие переменного состава НС и сильного влияния погодных условий на условия проведения дезодорирующих мероприятий. Кроме того, реагенты для дезодорирования навозных стоков имеют ограниченное по времени действие, поэтому часто возникает необходимость повторной обработки навозных масс [8]. Данных о применении микробиологических реагентов – ингибиторов метаболической активности бактерий, ответственных за эмиссию запахообразующих веществ, – в литературе крайне мало [9], способы их использования недостаточно изучены, как и возможности их использования для навозных масс различного возраста. В связи с вышеизложенным поиск универсальных реагентных способов снижения эмиссии запахообразующих соединений до экологически приемлемого значения имеет существенное практическое значение.

Цель настоящей работы – поиск возможных решений проблемы снижения эмиссии запахообразующих веществ с одновременным обеззараживанием трудноперерабатываемых свиных навозных стоков.

Задачи исследования:

1) определение универсальных химических реагентов, одинаково подавляющих интенсивное микробиологическое разложение свиного навоза в лагунах под открытым небом в любое время года и при различных условиях кормления животных различных возрастных групп;

2) определение оптимальных доз реагентов, снижающих эмиссию;

3) сравнение результатов использования разных реагентов.

Материалы и методы исследования. В качестве образцов для исследования использовали навозные стоки влажностью 94–95 % свинофермы в д. Глебковичи (Минский район, Республика Беларусь) производительностью 100 гол. с выходом навозных стоков 1 $м^3$/день. Образцы отбирали из лагун свинофермы по 10 л в течение семи месяцев (с июня по декабрь 2021 г.). Для определения влияния возраста навоза на уровень запахообразующих веществ и количество реагентов, необходимых для контроля этих выбросов, в лабораторных условиях Института общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси исследовали навоз различного времени нахождения в лагунах свинофермы: свежий (находился в лагунах не более двух недель) и через 1–3–6 мес. после отбора (навозную массу помещали в чистые ведра, закрывали крышками и хранили в условиях, приближенных к естественным, до наступления времени исследования).

Наличие сухого вещества в составе жидкой навозной смеси определяли по методике[1]. В сушильный шкаф помещали образцы, которые высушивали до постоянной массы при температуре 105 °С; взвешивание проводили на лабораторных весах марки «OHAUS» RV313 (AR3130), II класс точности по ГОСТ 24104–2001. Содержание сухого вещества в образцах варьировало от 15 до 25 %. Среднее содержание сухого вещества в жидких отходах свинофермы составило 20 %.

Измерение pH проводили с помощью профессионального многоканального pH-метра “Seven Excellence” производства компании METTLER TOLEDO (США).

Изучали несколько способов устранения специфического запаха навоза: изменение pH навозных стоков до определенного уровня, при котором прекращается эмиссия запахообразующих веществ; способ, основанный на окислительно-восстановительных свойствах реагентов; способ, основанный на ингибировании развития бактерий химическими реагентами. Для сравнения степени интенсивности снижения эмиссии летучих соединений выбирали и испытывали три группы реагентов различной направленности действия.

В связи с тем, что весомую долю среди запахообразующих веществ составляют вещества, обладающие кислотными и основными свойствами, в качестве реагентов для обработки свиного навоза были выбраны: серная кислота (H_2SO_4 конц.), щелочной раствор гипохлорита натрия (NaClO 18 %, марка А). Опыт применения данной группы реагентов есть в животноводстве: минеральными кислотами регулируют уровень pH с целью снижения выработки азотсодержащих запахообразующих веществ [10], в то время как гипохлорит натрия нашел применение в ветеринарии ввиду наличия фунгицидных и бактерицидных свойств [11].

Надуксусная кислота $CH_3C(O)OOH$, персульфат аммония ($(NH_4)_2S_2O_8$), формалин (CH_2O, 37%-ный раствор) – каждый отдельно взятый компонент данной группы реагентов используется для дезинфекции и/или дезодорации помещений сельскохозяйственного назначения. В нашей работе мы исследовали возможность их синергичного действия для обеспечения эффективного окисления запахообразующих соединений навозных стоков [12].

Нитрит натрия $NaNO_2$ и молибдат аммония $(NH_4)_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ применяли в качестве метаболических ингибиторов, снижающих активность бактерий, ответственных за производство запахообразующих веществ [9].

[1] Лурье Ю. Ю., Рыбникова А. И. Химический анализ производственных сточных вод. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Химия, 1974. 335 с.

Компоненты обеззараживающих и дезодорирующих составов, их соотношение подбирали с учетом минимизации токсичного и опасного воздействия на людей и животных.

Изучение влияния вышеуказанных добавок на эмиссию запахообразующих соединений выполняли в лабораторных и полупроизводственных условиях. В лабораторных условиях в стеклянные химические стаканы емкостью 1000 см^3 помещали образцы массой 0,5 кг. Каждая дезодорирующая композиция вводилась в исследуемые образцы по своей схеме. Один образец навозных стоков использовали в качестве контроля без какой-либо обработки. Испытывали различные комбинации реагентов и метаболических ингибиторов. После получения положительных результатов лабораторных испытаний изучение влияния добавок на снижение неприятного запаха проводили в производственных помещениях свинофермы в емкостях объемом 200 л, имитирующих лагуны с навозными стоками.

Первую партию исследуемых образцов подкисляли 30%-ным раствором серной кислоты до достижения pH 5±0,5, после чего для полного устранения неприятного запаха обрабатывали щелочным раствором гипохлорита натрия, содержащим 3–5 % гидроксида натрия и 5–10 % гипохлорита натрия.

Вторую партию образцов обрабатывали смесью персульфата аммония (30%-ный раствор) и формальдегида (30%-ный раствор) в соотношении от (1:3) до (3:1), время экспозиции – 24 ч, после чего каждый из образцов обрабатывали рабочим раствором надуксусной кислоты, для приготовления которого использовали 4 ч. ледяной уксусной кислоты, 1 ч. пероксида водорода и 5 ч. воды, подкисленной борной кислотой с добавлением изопропилового спирта[2]. Опытным путем было установлено, что свежеприготовленный раствор надуксусной кислоты менее эффективен для целей дезодорирования, что связано с полнотой протекания реакции превращения уксусной кислоты в надуксусную, поэтому после приготовления его выдерживали в закрытой емкости минимум трое суток.

Третью партию образцов свиного навоза обрабатывали смесью нитрита натрия и молибдата аммония в соотношениях (20–40):(0,5–2) мМ.

Запах свиного навоза формируется сложной смесью соединений переменчивого состава, поэтому контроль интенсивности запаха осуществляли в целом, а не по отдельным компонентам.

Оценку запаха проводили органолептическим способом. В качестве испытателей выступала группа людей в количестве 10 человек, выбранных рандомно. Для определения различий между запахами тестируемого образца и запахом контрольного образца использовали метод парного сравнения общей интенсивности запаха в соответствии с процедурой, описанной в ГОСТ 53161-2008 (ISO 5495:2005).

Для оценки запаха испытателям предоставляли образцы обработанной и высушенной навозной массы, образец необработанной навозной массы применяли в качестве контрольного. Образцы в количестве 30 г каждый помещали в воздухонепроницаемые емкости, перед проведением испытания их выдерживали в темном месте в течение 24 ч при температуре (23 ± 2) °С. Количество образцов адаптировали по количеству испытателей в группе. Основным требованием к помещению было отсутствие постороннего запаха. Требования к емкостям для проведения испытаний предъявлялись следующие: емкости не влияют на результаты испытания и не имеют собственного запаха.

После этапа хранения тестировали запах атмосферы, который возник в ограниченном пространстве емкости, содержащей образец обработанных навозных стоков. Запах образцов оценивали немедленно после открытия емкостей. Для выполнения теста на запах каждый испытатель нюхал образцы сразу после удаления плотно притертой крышки, после чего емкость закрывали вновь.

Образцы оценивали по пятибалльной шкале в соответствии с табл. 1. Если расхождение в оценке запаха отдельными испытателями превышала 1 балл, оценка пробы повторялась не ранее чем через 30 мин. За окончательный результат испытания принимали среднее арифметическое результатов оценок, присужденных испытателями. Результат округляли до целого числа.

[2] Способ получения дезинфицирующего средства: пат. RU 2183467 / А. В. Смирнов, В. А. Лазеба, Б. М. Мезенцев, Л. В. Дульнева. Опубл. 20.06.2002.

Т а б л и ц а 1. **Оценка интенсивности запаха навоза**

T a b l e 1. **Assessment of manure odor intensity**

Запах	Оценка	Баллы
Запах не воспринимается	Отлично	0
Запах ощущается, недостаточно выраженный	Хорошо	1
Умеренный запах	Удовлетворительно	2
Сильный запах	Плохо	3
Очень сильный запах	Плохо	4

Результаты и их обсуждение. В результате исследований установлено, что интенсивность выделения запахообразующих веществ напрямую зависит от возраста навозной смеси (рис. 1).

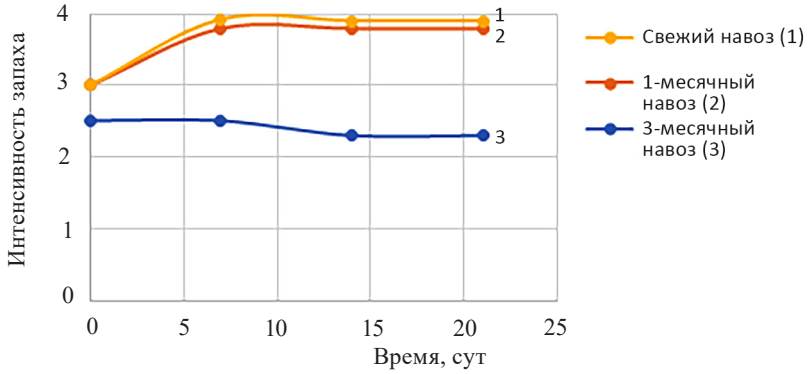

Рис. 1. Зависимость интенсивности запаха жидких навозных стоков от возраста навоза, 2021 г.

Fig. 1. Dependence of odor intensity on manure age, 2021

Для оценки влияния возраста навоза на интенсивность запаха исследовали необработанный свежий, 1-месячный и 3-месячный навоз. Интенсивность запаха свежего и 1-месячного навоза приблизительно в течение 21 сут исследования практически одинакова, начиная с 6-х суток незначительно повышается и далее остается на одном уровне оставшееся время исследования. Трехмесячный навоз имеет менее выраженный запах, который не изменялся на протяжении всего исследуемого периода, что позволяет уменьшить количество реагентов для обработки данной навозной смеси.

Результаты исследований по дезодорации навозной смеси различными реагентами представлены на рис. 2 и в табл. 2. Снижение запаха в образцах, обрабатываемых серной кислотой и гипохлоритом натрия обусловлено связыванием летучих азотсодержащих соединений в нелетучие аммонийные соли и окислением сероводорода:

$$NH_3 + H_2SO_4 = NH_4HSO_4;$$

$$H_2S + 4NaClO = 4NaCl + H_2SO_4.$$

Образование серной кислоты в результате обработки навозной смеси гипохлоритом натрия позволяет снизить расход первой для достижения положительного эффекта эксперимента. Эффект дезодорации при использовании указанных реагентов достигается за счет изменения pH обрабатываемых образцов и не зависит от возраста навозной смеси.

Результаты обработки навозной смеси в зависимости от pH среды, представленные на рис. 2, показывают, что оптимальное значение pH, при котором прекращается выделение зловонных газов, соответствует 5.

Стойкая нормализация запаха после обработки серной кислотой и гипохлоритом натрия сохранялась на протяжении 6 сут. Следует отметить, что данный промежуток времени является достаточным для обеспечения последующей полной переработки навоза в органоминеральное удобрение.

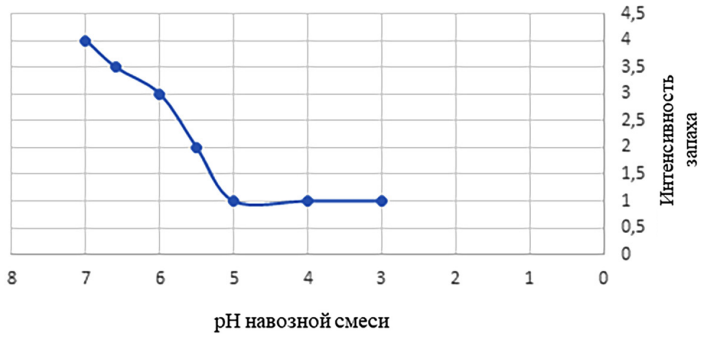

Рис. 2. Зависимость интенсивности запаха навозных стоков от pH смеси на примере обработки смесью серной кислоты и гипохлорита натрия

Fig. 2. Dependence of manure odor intensity on pH of the mixture on the example of treatment with a mixture of sulfuric acid and sodium hypochlorite

Эффект дезодорации при использовании персульфата аммония как одного из компонентов дезодорирующей смеси основан главным образом на высокой окислительной способности персульфата по отношению к сульфидам навоза и подавлении активности анаэробных сульфидообразующих бактерий. Авторами работы[3] было показано, что дезододорирующий эффект персульфата аммония усиливается в случае, когда в смеси с персульфатом используется формальдегид. Так, при обработке навоза данной смесью дезодорирующий эффект проявлялся через 15 мин после добавления реагентов и сохранялся на протяжении 3 дней, после чего неприятный запах возвращался. В связи с этим с целью окончательного избавления от неприятного запаха была проведена дополнительная обработка навозной смеси раствором надуксусной кислоты.

Согласно имеющимся в литературе данным[4], механизм действия надуксусной кислоты, являющейся пероксидным соединением, заключается в уничтожении бактерий – разрушаются сероводородные (-SH) и дисульфидные (S-S) мостики в белках и ферментах при окислении. После обработки надуксусной кислотой дезодорирующий эффект сохранялся до 21 сут (рис. 3).

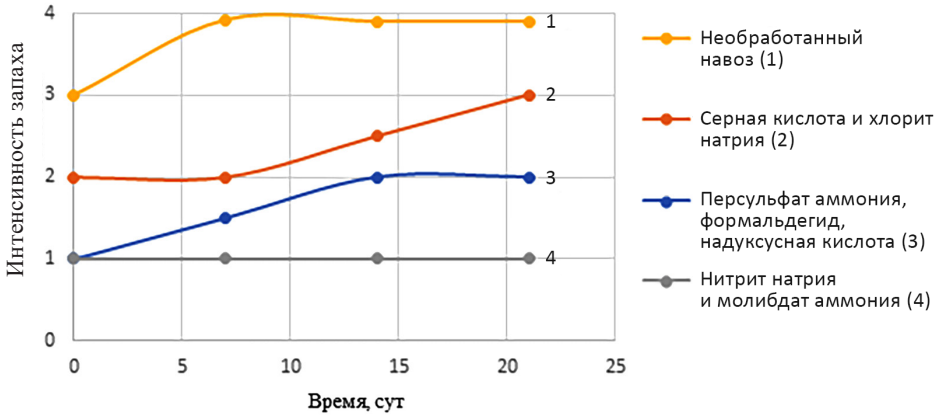

Рис. 3. Зависимость интенсивности запаха навозных стоков, обработанных дезодорирующими составами, от времени хранения после обработки

Fig. 3. Dependence of odor intensity of manure, treated with deodorizing formulations, on the time of storage after processing

[3] Process for deodorizing liquid manure and removing harmful gases: pat. US 4160656 / H. Junkermann. Publ. date 10.07.1979.

[4] Block S. S. Disinfection, sterilization, and preservation. 5th ed. Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins, 2001. 1481 p.

<u k h d b c ^ _ a h ^ h j b j m x s b c w n n _ d l j _ Z] _ g l h \ h [t y k g y _ l k y k b g - j] b q _ k d b
Z ¥ e g u o d h f i h g _ g l h \ j _ Z] _ g l g h c k f _ k b b l Z d ` _ d Z d \ k e m q Z - _ h j Z [h
i h o e h j b l h f g Z l j b y g _ a Z \ b k b l h l \ h a j Z k l Z g Z \ h a g h c k f _ k b

< j _ a m e v l Z l _ i j h \ _ ^ _ g g u o b k k e _ ^ h \ Z g b c i h h [j Z [h l d _ g Z \ - h a g h c k f
l j b l h f g Z l j b y b f h e b [^ Z l h f Z f f h g b y m k l Z g h \ e _ g h q l h i j b ^ h [Z \ e _ g b b
g b l j b l Z a e h \ h g g u c a Z i Z o k g b ` Z e k y \ l _ q _ g b _ q Z k Z w n n _ d l k h o j Z g
l h b k l _ q _ g b b w l h] h i _ j b h ^ Z a Z i Z o m k b e b e k y b k l Z [b e b a b j h - \ Z e k y H
\ Z l _ e v g h _ ^ h [Z \ e _ g b _ g b l j b l Z b f h e b [^ Z l Z k m s _ k l \ _ g g h k g b ` Z _ l w f
\ _ s _ k l \ \ l _ q _ g b _ \ k _] h i _ j b h ^ Z b k k e _ ^ h \ Z g b y l Z [e

> h [Z \ e _ g b _ g b l j b l Z b f h e b [^ Z l Z d g Z \ h a g h c k f _ k b k i h k h [k l \ m _ l
q l h i j b \ h ^ b l d j _ a d h f m m f _ g v r _ g b x d h g p _ g l j Z p b b k _ j h \ h ^ - h j h ^ Z \ g
d b c i j h f _ ` m l h d \ j _ f _ g b b l _ f k Z f u f d b k q _ a g h \ _ g b x g _ i j b y l g h] h a
w n n _ d l k f _ k b g b l j b l Z g Z l j b y b f h e b [^ Z l Z Z f f h g b y i j h y \ e y - l k y l Z d `
k l b k m e v n Z l \ h k k l Z g Z \ e b \ Z x s b o [Z d l _ j b c b a Z f _ ^ e _ g b b i j h p _ k k Z [
k m e v n b ^ h \

L Z [e b B g Z _ g k b \ g h k l v a Z i Z o Z g Z \ h a Z \ a Z \ b k b f h k l b
h l d h e b q _ k l \ Z g b l j b l Z g Z l j b y b f h e b [^ Z l Z g Z l j b y

7 D E (S V H W H V V P H Q W R I W K H L Q W H Q V L W \ R I P D Q X U H R G U G H S H Q G
R I V P P G Q L X W U L W H D Q G D P P R Q L X P P R O \ E G D W H

K h ^ _ j ` Z g b _ g b l j b l Z g Z l j b y f F	K h ^ _ j ` Z g b _ f h e b [^ Z l Z Z f f h g b y f F	Z h e ` b l _ e v g h k l \ u ^ _ j ` d b k m l	J _ a m e v l Z l [Z e e u
20		1	3
			3
		±	0
	1	1	3
			3
		±	0
	2	1	3
			0
		±	0
40		1	3
			0
		±	0
	1	1	3
			0
		±	0
	2	1	3
			0
		±	0

H [t _ f \ u ^ _ e b \ r b o k y a Z i Z o h h [j Z a m x s b o \ _ s _ k l \ b a k \ b g h] h g Z \ h a Z
g b l j b l Z g Z l j b y b f h e b [^ Z l Z Z f f h g b y l j _ [m x s b o k y ^ e y h [j Z [h l d b g Z
h l \ h a j Z k l Z g Z \ h a Z m \ _ e b q _ g b _ \ h a j Z k l Z g Z \ h a Z k j h d Z _] h o j Z g _ g
k g b ` _ g b x k h ^ _ j ` Z g b y a Z i Z o h h [j Z a m x s b o k h _ ^ b g _ g b c b k h - h l \ _ l k l \
^ Z o b f b q _ k d b o j _ Z] _ g l h \ l j _ [m _ f u o ^ e y i h e g h] h m ^ Z e _ g b y a Z i Z o Z

A Z d e x q _ g < b j _ a m e v l Z l _ i j h \ _ ^ _ g g u o b k k e _ ^ h \ Z g b c h k m s _ k l \ e _ g i h
d h f i h a b p b c o b f b q _ k d b o j _ Z] _ g l h \ h [_ k i _ q b \ Z x s b o m ^ Z e _ g - b _ g _ i j b y
` b \ Z g b g Z \ h a g u o k l h d h \ k \ b g h \ h ^ q _ k d h] h d h f i e _ d k Z M k l Z g h \ e _ g h q l
d h f i h a b p b b j _ Z] _ g l h \ k _ j g Z y d b k e h l Z \ k h q _ l Z g b b k] b i h o e h j b l h f g Z
\ k h q _ l Z g b b k n h j f Z e b g h f k i h k e _ ^ m x s b f ^ h [Z \ e _ g b _ f g Z ^ m d k m k g h
g b l j b l Z g Z l j b y b f h e b [^ Z l Z Z f f h g b y h [_ k i _ q b \ Z x l h [_ a a Z j Z ` - b \ Z g b _ b
] h a Z i Z o Z g Z \ h a g h c k f _ k b

10. Sindhöj E., Tamm K., Bryukhanov A., Casimir J., Uvarov R., Oblomkova N. Slurry acidification as a tool to reduce ammonia emissions. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*, 2019, vol. 13, no. 5, pp. 4-10. https://doi.org/10.22314/2073-7599-2019-13-5-4-10

11. Galkina T.S., Karaulov A.K. Canine parvovirus enteritis: epidemic situation analysis and perspectives. *Veterinariya segodnya = Veterinary Science Today*, 2020, no. 4 (35), pp. 283-289 (in Russian). https://doi.org/10.29326/2304-196X-2020-4-35-283-289

12. Kovalchuk A.N., Lefler T.F., Stroganova I.Ya., Donkova N.V., Sidorova A.L., Chetvertakova E.V., Smolin S.G. The technology of disinfestation of pig manure. *Vestnik KrasGAU = Bulletin of KSAU*, 2017, no. 11 (134), pp. 71-79 (in Russian).

Информация об авторах

Ратько Александр Анатольевич – кандидат химических наук, зам. директора по научной и инновационной работе, Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси (ул. Сурганова, 9, корп. 1, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: aratko@gmail.com ; http://orcid.org/0000-0002-5741-4381

Дуко Юлия Владимировна – научный сотрудник лаборатории минеральных удобрений, Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси (ул. Сурганова, 9, корп. 1, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: julietta.fifochka@gmail.com ; http://orcid.org/0000-0002-1984-6116

Шевчук Вячеслав Владимирович – член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор химических наук, заведующий лабораторией минеральных удобрений, Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси, (ул. Сурганова, 9, корп. 1, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: shevchukslava@rambler.ru ; http://orcid.org/0000-0002-0516-1765

Information about the authors

Alexander A. Ratko – Ph. D. (Chemistry), Deputy Director for Science and Innovations, Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (9/1, Surganova Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: aratko@gmail.com ; http://orcid.org/0000-0002-5741-4381

Yuliya V. Duko – Researcher of the Laboratory of Mineral Fertilizers, Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (9/1, Surganova Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: julietta.fifochka@gmail.com ; http://orcid.org/0000-0002-1984-6116

Vyacheslav V. Shevchuk – Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, D. Sc. (Chemistry), Head of the Laboratory of Mineral Fertilizers, Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (9/1, Surganova Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: shevchukslava@rambler.ru ; http://orcid.org/0000-0002-0516-1765