

ISSN 1561-8323 (Print)

ISSN 2524-2431 (Online)

УДК 631.22.018

<https://doi.org/10.29235/1561-8323-2025-69-3-206-213>

Поступило в редакцию 06.02.2025

Received 06.02.2025

А. А. Ратько, член-корреспондент В. В. Шевчук, Ю. В. Дуко, академик Н. П. Крутько*Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Республика Беларусь*

СПОСОБ ДЕЗОДОРАЦИИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ КУРИНОГО ПОМЕТА С ЦЕЛЬЮ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Аннотация. В процессе работы птицеводческих комплексов происходит постоянное образование большого количества куриного помета, в связи с чем переработка органических отходов птицефабрик для получения экологически безопасных удобрений является весьма актуальной задачей. В настоящей работе проведены исследования по подбору композиции химических реагентов для обработки куриного помета с целью его последующего использования при производстве комплексных удобрений. Установлено, что дезодорирующим эффектом в отношении куриного помета в лабораторных и промышленных условиях обладают состав на основе персульфата аммония, формальдегида и надуксусной кислоты и состав, содержащий серную кислоту, гипохлорит натрия, гидроксид натрия и известковое молоко. Более предпочтительным с точки зрения быстроты наступления дезодорирующего эффекта является состав на основе персульфата аммония, формалина и надуксусной кислоты – эффект дезодорации при испытаниях на образцах помета объемом 100 л наступал через 40 мин после обработки. Оба состава продемонстрировали хорошую сохраняемость эффекта дезодорирования и обеззараживания (до 30 сут.). Обработанный таким образом куриный помет не представляет опасности для окружающей среды и может быть использован в качестве органической составляющей комплексных органоминеральных удобрений.

Ключевые слова: птицеводческие комплексы, химические методы обработки помета, запах помета, эмиссия газов, удаление запаха

Для цитирования. Способ дезодорации и обеззараживания куриного помета с целью его применения при производстве органоминеральных удобрений / А. А. Ратько, В. В. Шевчук, Ю. В. Дуко, Н. П. Крутько // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2025. – Т. 69, № 3. – С. 206–213. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2025-69-3-206-213>

Alexander A. Rat'ko, Vyacheslav V. Shevchuk, Yuliya V. Duko, Academician Nikolay P. Krut'ko*Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

METHOD OF DEODORIZATION AND DISINFECTION OF CHICKEN MANURE FOR ITS USE IN THE PRODUCTION OF ORGANO-MINERAL FERTILIZERS

Abstract. Chicken breeding facilities generate substantial quantities of chicken manure during their operation. Consequently, the processing of organic waste from these facilities is a pressing concern. In this work, a study was conducted on the selection of the composition of chemical reagents for processing chicken manure for the purpose of its subsequent use in the production of complex fertilizers. Research has demonstrated that a composition comprising ammonium persulfate, formaldehyde, and peracetic acid, as well as a composition containing sulfuric acid, sodium hypochlorite, sodium hydroxide, and lime milk, have a deodorizing effect on chicken manure in both laboratory and industrial conditions. From the standpoint of the rapidity with which the deodorizing effect is initiated, a formulation comprising ammonium persulfate, formalin, and peracetic acid is preferable. The deodorization effect was observed in 100-liter litter samples after a treatment period of 40 minutes. Both compositions demonstrated effective retention of their deodorizing and disinfection properties over a duration of up to 30 days. The utilization of chicken manure in this manner does not constitute a threat to the environment and can be used as an organic component of complex organomineral fertilizers.

Keywords: poultry farming complexes, chemical methods of manure treatment, manure odor, gas emissions, odor removal

For citation. Rat'ko A. A., Shevchuk V. V., Duko Yu. V., Krut'ko N. P. Method of deodorization and disinfection of chicken manure for its use in the production of organo-mineral fertilizers. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2025, vol. 69, no. 3, pp. 206–213 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2025-69-3-206-213>

Введение. Вопрос утилизации птичьего помета, сточных вод и непищевых отходов предприятий птицеводческой отрасли является весьма актуальным для стран всего мира, исключением не является и Республика Беларусь. Накопление органических необработанных продуктов жиз-

недеятельности птиц и сопутствующих производственных отходов, с одной стороны, целесообразность их крупномасштабной переработки, зависящая от стоимости процесса, – с другой, те два обстоятельства, которые требуют одновременного решения во избежание экологических и биологических проблем.

Птичий помет на 70 % состоит из питательных веществ, которые усваиваются растениями (азот, фосфор, калий, органические вещества, аминокислоты, белок и др.) – фосфора, азота и калия больше, чем в навозе свиней и крупного рогатого скота. В курином помете содержатся микроэлементы: в 100 г помета в пересчете на сухое вещество – железа 360–900 мг, цинка 12–35 мг, марганца 15–38 мг, кобальта 1,0–1,3 мг в виде комплексонатов [1]. Эта так называемая энергия корма, не использованная птицами, определяет высокую ценность помета как основы для органических удобрений. Кроме того, внесение органических удобрений увеличивает ферментативную и целлюлозолитическую активность почвы, улучшает ее микрофлору, снижает количество условно фитопатогенных грибов, не оказывая при этом фитотоксического действия [2].

Тем не менее, использование птичьего помета в виде удобрения имеет существенные недостатки с экологической точки зрения. Концентрация поговья птиц на ограниченных территориях птицеферм приводит к значительным объемам птичьего помета, который можно отнести к категории опасных отходов. Результатом ферментативного расщепления аминокислот и деградации остатков непереваренного корма в органических отходах птицеферм является образование органических соединений 1, 2 и 3 класса опасности. Мочевая кислота (с течением времени при хранении преобразуется в мочевину), гипуровая и масляная кислоты, белковые вещества, меркаптаны, сложные эфиры, карбонильные соединения, карбоновые кислоты, фенолы и различные газы ответственны за специфический запах помета. Высокая биологическая активность птичьего помета при его длительном хранении на площадках складирования создает угрозу локального загрязнения почвы, поверхностных и грунтовых вод, становится источником загрязнения по микробиологическим и паразитологическим показателям.

Ежегодный выход пометной массы и сточных вод с повышенной концентрацией вредных веществ от одной средней по объемам производства птицефабрики (400 тыс. кур-несушек) составляет соответственно до 35 тыс. т пометной массы и свыше 400 тыс. м³ сточных вод с повышенной концентрацией вредных веществ [3]. По статистическим данным, в Беларуси поголовье птицы составляет 49,9 млн шт. в хозяйствах всех категорий. Объем образовавшегося куриного помета составляет свыше 1,56 млн т [4]. Поэтому исключительно важна переработка органических отходов птицефабрик, направленная на получение экологически безопасных удобрений, отвечающих нормативным требованиям санитарно-гигиенических норм Республики Беларусь. Одно из требований к органическому удобрению, производимому из птичьего помета, – отсутствие неприятного запаха, возбудителей инфекционных болезней, инвазионных заболеваний и отсутствие жизнеспособных семян сорняков.

Среди соединений – продуктов анаэробного разложения навоза – аммиак, сероводород и метиламин играют ключевую роль в формировании неприятного запаха. Так, вблизи бройлерного птичника концентрация аммиака может достигать 2,38 мг/м³ (предельно допустимая концентрация – 0,1 мг/м³), а содержание сульфидов – 1,0–15,0 мг/т [5].

Для контроля распространения неприятного запаха во время хранения и обращения с навозом используют химические и биологические реагенты. Среди коммерчески доступных реагентов для дезодорирования выделяют: маскирующие агенты, пищеварительные дезодоранты, адсорбенты, пищевые добавки и химические дезодорирующие препараты. Использование маскирующих агентов для предотвращения неприятного запаха не получило широкого распространения в связи с тем, что они разрушаются бактериями, их применяли для контроля распространения запаха на нефтедобывающих, текстильных и химических предприятиях. К пищеварительным дезодорантам относятся белки, оказывающие дезодорирующее действие лишь в некоторых случаях. Для поглощения неприятных запахов из воздуха используются также адсорбционные материалы – силикагель, активированный алюминий и активированный уголь. Пищевые добавки – вещества, которые добавляют в пищу с целью удаления запаха, и существует корреляционная зависимость между количеством вводимой в рацион питания пищевой добавки

и качеством запаха. К числу используемых пищевых добавок можно отнести дрожжи, сухую и влажную лактозу. В свою очередь, химические дезодоранты представляют собой бактерицидные препараты и сильные окислительные агенты, которые подавляют активность бактерий, ответственных за появление неприятного запаха и ликвидируют ее. Химические методы снижения загрязнения окружающей среды запахообразующими веществами подразумевают изменение природы загрязняющих веществ. Для связывания загрязняющих веществ кислотного характера (SO_2 , H_2S , HCl , NO_2 , летучие органические кислоты) применяются реагенты, проявляющие основные свойства, а для веществ, проявляющих свойства оснований (NH_3 , летучие амины), – кислотные реагенты.

Цель работы – исследование возможности применения химических реагентов для подавления неприятного запаха и обеззараживания помета и его последующего применения в качестве органической составляющей при производстве органоминеральных удобрений.

Материалы и методы исследования. В качестве объекта исследования использовался куриный помет Минского филиала ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский». В роли модификаторов использовали ряд окислителей – персульфат аммония, надуксусную кислоту, гипохлорит натрия, перекись водорода и др. и стабилизаторы запаха – формальдегид, борную кислоту и др.

Первую партию образцов куриного помета обрабатывали смесью персульфата аммония (30 %-ный раствор) и формальдегида (30 %-ный раствор) в различных соотношениях, вторую – рабочим раствором надуксусной кислоты, для приготовления которого использовали 4 части ледяной уксусной кислоты, 1 часть пероксида водорода, 5 частей воды, подкисленной борной кислотой с добавлением изопропилового спирта.

В лабораторных условиях обработку помета проводили следующим образом: измеряли с помощью pH-метра «Seven Excellence» компании METTLER TOLEDO (США) исходный pH навозной смеси ($\text{pH}_{\text{исх}} = 6,2$). В мерный стакан объемом 600 мл помещали 300 г помета и раствор смеси персульфата аммония и формальдегида в количестве 6,3 мл (из расчета 21 л реагента/т помета), в течение 1 ч осуществляли перемешивание с помощью механической мешалки, чтобы реагент равномерно распределился в массе помета. По истечении одного часа смесь обрела более светлую окраску, $\text{pH} = 5,7$.

Через 1 сутки к смеси добавляли 2,1 мл надуксусной кислоты, из расчета 7 л реагента/т навозной смеси. Наблюдалось пенообразование. Объем смеси увеличился приблизительно на 13–15 %. Время экспозиции после добавления указанного реагента – 24 ч. Запах навоза уменьшился на 95 %. Изменение запаха определяли органолептическим методом.

С целью установления дезодорирующего и обеззараживающего эффекта при обработке куриного помета химическими реагентами различной природы дополнительно проводили обработку помета смесью серной кислоты и щелочного раствора гипохлорита натрия. В мерный стакан объемом 600 мл помещали 300 г помета (pH исходной смеси = 6,2). Навозную смесь подкисляли 30 %-ным раствором серной кислоты до достижения $\text{pH} = 5,0$. Через 2 часа вводили в смесь щелочной раствор гипохлорита натрия до достижения pH смеси 6,9, после чего в смесь вводили CaO (в виде 18 %-ного известкового молока) до достижения близкой к нейтральной реакции смеси ($\text{pH} = 7,3$). Время экспозиции – 48 ч.

После обработки химическими реагентами куриный помет подвергали термическому обеззараживанию в сушильном шкафу при температуре 110 °С.

Определение запаха помета проводили органолептическим методом. В качестве испытателей выступала группа людей в количестве 10 человек. Для того чтобы определить, могли ли испытатели обнаружить разницу между запахом тестируемого образца и запахом контрольного образца, использовали метод парного сравнения общей интенсивности запаха в соответствии с процедурой, описанной в ГОСТ Р 53161-2008 (ИСО 5495-2005)¹.

Для оценки запаха испытателям предоставляли образцы обработанного и высушенного помета и в качестве сравнения образцы необработанного помета. Образцы в количестве 30 г каждый помещали в воздухонепроницаемые емкости, перед проведением испытания выдерживали

¹ Органолептический анализ – Методология. Метод парного сравнения: ГОСТ Р 53161-2008. – Введ. 01.01.2010. – М.: Нац. стандарт РФ: Стандартинформ, 2010. – 20 с.

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 должны влиять на результаты испытания и должны быть абсолютно без запаха.

После этапа хранения тестировали запах атмосферы, возникшей в ограниченном пространстве емкости с упаковочным материалом или в упаковочном материале. Оценивают запах образцов немедленно после открытия емкостей. Для выполнения теста на запах каждый испытатель нюхал образцы сразу после удаления плотно притертой крышки, после чего емкость закрывали вновь.

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

Т а б л и ц а 1. Оценка интенсивности запаха куриного помета

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

Запах Smell	Оценка Rating	Баллы Score
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. Запах куриного помета является результатом присутствия сложной смеси соединений переменного состава, поэтому контроль его интенсивности осуществляли в целом, а не по отдельным компонентам. Оценку запаха проводили органолептическим способом, как было описано выше. Результаты исследований по дезодорации куриного помета смесью персульфата аммония и формальдегида, различными количествами реагентов представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Результаты дезодорации помета смесью персульфата аммония и формальдегида

T a b l e 2. Results of deodorization of the manure using the mixture of ammonium persulphate and formaldehyde

Параметр Parameter	Образец Sample			
	1	2	3	4
$V_{\text{помета}}$	0,3 л	100 л	0,3 л	100 л
$\text{pH}_{\text{исх}}$	6,2			
Состав реагента – количество	$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ – 4 мл CH_2O – 2,3 мл	$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ – 320 г (в пересчете на сухое вещество) CH_2O – 207,1 мл (37 %-ного CH_2O)	$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ – 3 мл CH_2O – 3,3 мл	$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ – 300 г (в пересчете на сухое вещество) CH_2O – 270,3 мл (37 %-ного CH_2O)
Количество реагентов на 1 т навоза	$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ – 3,2 кг (в пересчете на сухое вещество) CH_2O – 2,1 л (37 %-ного CH_2O)		$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ – 3 кг (в пересчете на сухое вещество) CH_2O – 2,7 л (37 %-ного CH_2O)	
Интенсивность запаха навоза после сушки обработанных образцов	1	1	0	0

Из данных, представленных в табл. 2, следует, что стойкая нормализация запаха образцов как в лабораторных, так и в полупромышленных условиях достигалась для образцов 3 и 4, при этом время выдержки образца в лабораторных условиях до достижения эффекта дезодорации было значительно короче такового по сравнению с образцами больших объемов (1 и 6 суток

соответственно). Следует также отметить, что эффект первоначального дезодорирования куриного помета сохранялся в последующие 7 и более суток с момента обработки.

Наличие в составе дезодорирующей смеси персульфата аммония, обладающего высокой окислительной способностью по отношению к сульфидам помета, обеспечивает эффект дезодорации, а также приводит к подавлению активности сульфидообразующих бактерий. Дезодорирующее действие персульфата может быть усилено добавлением в состав смеси вспомогательных реагентов, например, формальдегида [6]. В [7] было показано, 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 и раствором бисульфита натрия.

Надуксусная кислота, относящаяся к классу пероксидных соединений, уничтожает бактерии – разрушаются сероводородные (-SH) и дисульфидные (S-S) мостики в белках и ферментах при окислении. После обработки больших объемов навозных стоков дезодорирующей смесью, содержащей в своем составе надуксусную кислоту (образец № 1 объемом 100 л), эффект полной дезодорации наступал через 10 минут после обработки навозной смеси и сохранялся в течение 30 суток с момента обработки (табл. 3). Высокий дезодорирующий эффект реагентов объясняется синергическим действием индивидуальных компонентов реагентной смеси.

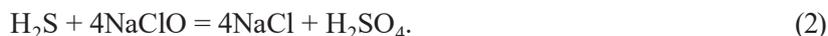
Т а б л и ц а 3. Влияние природы реагентов дезодорирующей смеси на интенсивность запаха промышленных образцов куриного помета

T a b l e 3. The influence of deodorizing reagents on the intensity of odor of chicken manure industrial samples

Параметр Parametr	Образец Sample	
	1	2
Реагенты	Персульфат аммония, формальдегид, надуксусная кислота	Серная кислота, щелочной раствор гипохлорита натрия
$V_{\text{помета}}$	100 л	
$\text{pH}_{\text{исх}}$	6,2	
Состав реагента, количество (из расчета на 100 л навоза)	(NH_4) ₂ S ₂ O ₈ (30 %-ный раствор) – 1,6 кг CH ₂ O (30 %-ный раствор) – 0,384 кг Реагент на основе надуксусной кислоты – 0,280 л Уксусная кислота – 0,115 л H ₃ BO ₃ – 0,35 г H ₂ O ₂ – 30 мл Вода – остальное pH 5,9	H ₂ SO ₄ (30 %-ная) – 0,5 л NaClO (5,5 %-ный раствор) – 0,30 кг NaOH – 0,15 кг pH 5,3 CaO – 107,5 г (добавляли до достижения нейтральной среды)
Количество реагентов на 1 т навоза	(NH_4) ₂ S ₂ O ₈ – 16 кг CH ₂ O – 3,84 кг Реагент на основе надуксусной кислоты – 2,8 л Уксусная кислота – 1,15 л H ₃ BO ₃ – 3,5 г H ₂ O ₂ – 0,300 л Вода – остальное pH 5,95	H ₂ SO ₄ (30 %-ная) – 5 л NaClO (5,5 %-ный раствор) – 3,0 кг NaOH – 1,5 кг pH 5,3 CaO – 1,075 кг (добавляли до достижения нейтральной среды)
Эффект после сушки образцов	После сушки при температуре 110 °С до полного высыхания, запах навоза отсутствует. На 30-е сутки выдержки смеси зловонный запах отсутствует	После сушки при температуре 110 °С до полного высыхания, запах навоза отсутствует. На 30-е сутки выдержки смеси зловонный запах отсутствует

Для обработки образца № 2 объемом 100 л применяли смесь серной кислоты и гипохлорита натрия, описанную ранее в [8]. Для окончательного избавления от неприятного запаха и разрушения патогенных микроорганизмов, присутствующих в курином помете, дезодорирующий состав был дополнен гидроксидом натрия и оксидом кальция (CaO), которые вводили в смесь в виде известкового молока и жидкого концентрированного раствора гидроксида натрия [9].

Снижение запаха в образцах, обрабатываемых серной кислотой и гипохлоритом натрия, обусловлено связыванием летучих азотсодержащих соединений в нелетучие аммонийные соли и окислением сероводорода согласно уравнениям реакций (1) и (2):



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 рН обрабатываемых образцов и не зависит от возраста навозной смеси.

Деструкция патогенов происходит в результате увеличения рН в сочетании с ингибирующим эффектом действия аммиака, выделяющегося при уровне рН смеси выше 10. По результатам экспериментов полутора дней оказалось достаточно для разрушения микроорганизмов из пищеварительного тракта животных – содержание их в обработанном курином помете было ниже предела обнаружения.

Из данных, представленных в табл. 3, видно, что эффект полной дезодорации достигается в случае обеих смесей, но для образца, обработанного смесью персульфата аммония, формальдегида и надуксусной кислоты, неприятный запах пропадает быстрее (через 40 мин после обработки последним компонентом смеси) и сохраняется в течение как минимум 30 суток, тогда как в случае второго образца дезодорация навозных стоков наступает после 48 ч с момента обработки смеси последним реагентом и сохраняется также в течение 30 суток.

Изучено влияние гидросульфита натрия и известкового молока в дезодорирующей смеси на основе надуксусной кислоты на эффективность удаления запаха (табл. 4) и установлено, что наилучший эффект дезодорации достигается при использовании бисульфита натрия в качестве одного из компонентов смеси. Оптимальными с точки зрения быстроты наступления эффекта подавления неприятного запаха и его удержания (прекращения выделения зловонных газов) на продолжительное время являются композиции, содержащие в своем составе персульфат аммония, формальдегид, надуксусную кислоту и бисульфит натрия (образец № 1).

Т а б л и ц а 4. Влияние гидросульфита натрия и известкового молока на интенсивность запаха обработанного куриного помета

T a b l e 4. The influence of sodium hydrosulphite and lime milk on the treated chicken manure's odor intensity

Параметр Parametr	Образец Sample			
	1	2	3	4
$V_{\text{помета}}$	100 л			
$\text{pH}_{\text{исх}}$	6,2			
Количество реагентов, необходимое для обработки 1 т помета	Персульфат аммония (30 %) – 16 кг формальдегид (30 %) – 3,84 кг Надуксусная к-та – 2,8 л Бисульфит натрия NaHSO_3 – 6 кг	Бисульфит натрия NaHSO_3 – 8,5 кг	Бисульфит натрия NaHSO_3 – 6 кг Надуксусная к-та – 10 л Известковое молоко – 0,5 л	Бисульфит натрия NaHSO_3 – 8 кг Надуксусная к-та – 10 л Известковое молоко – 0,5 л
Интенсивность запаха помета после сушки образцов	0	2	1	1

Заключение. В результате проведенных исследований показано, что дезодорирующим эффектом в отношении куриного помета в лабораторных и промышленных условиях обладают состав на основе персульфата аммония, формальдегида и надуксусной кислоты и состав, содержащий серную кислоту, гипохлорит натрия, гидроксид натрия и известковое молоко. Проведена оценка влияния концентрации дезодорирующих и обеззараживающих реагентов на эмиссию запахообразующих веществ куриного помета и для каждого из дезодорирующих составов опре-

делены оптимальные значения концентрации химических реагентов, обеспечивающих эффект дезодорации.

Более предпочтительным с точки зрения быстроты наступления дезодорирующего эффекта является состав на основе персульфата аммония, формалина и надуксусной кислоты – эффект дезодорации при испытаниях на образцах помета объемом 100 л наступал через 40 мин после обработки. Оба состава продемонстрировали хорошую сохраняемость эффекта дезодорирования и обеззараживания (до 30 суток), что является достаточным для проведения глубокой переработки куриного помета с целью его последующего использования в качестве органической составляющей комплексных удобрений, предназначенных для внесения под различные культуры.

Список использованных источников

1. Шмидт, А. Г. Использование куриного помета для оптимизации питания сельскохозяйственных культур в условиях южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Шмидт Александр Генрихович. – Омск, 2020. – 25 с.
2. Садохина, С. А. Использование органических удобрений на основе птичьего помета / С. А. Садохина // Сельская Сибирь: информационно-аналитический журнал. – 2020. – № 6. – С. 20–21. – URL: <https://sectormedia.ru/articles/ispolzovanie-organicheskikh-udobreniy-na-osnove-ptichego-pometa/> (дата обращения: 10.01.2025).
3. Максимова, С. Л. Утилизация отходов птицеводства при помощи биообъектов / С. Л. Максимова // Экология на предприятии. – 2014. – № 12. – С. 42–46.
4. поголовье скота и птицы на начало периода // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=136770> (дата обращения: 10.01.2025).
5. Livestock farming and atmospheric emissions / G. Zicari, V. Soardo, D. Rivetti [et al.] // Hygiene and Public Health. – 2013. – Vol. 69, N 4. – P. 445–457
6. Ольфактометрические исследования выбросов запаха на российских предприятиях / М. А. Яценко-Хмелевская, В. В. Цибульский, Н. Г. Хитрина, Л. И. Короленко // Биосфера. – 2013. – Т. 5, № 3. – С. 303–310.
7. Ратько, А. А. Исследование влияния способа обработки свиных навозных стоков на эмиссию запахообразующих веществ / А. А. Ратько, Ю. В. Дуко, В. В. Шевчук // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2022. – Т. 60, № 2. – С. 234–242. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-2-234-242>
8. An overview of the control of bacterial pathogens in cattle manure / C. E. Mnyih-Loh, S. N. Mamphweli, E. L. Meyer [et al.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2016. – Vol. 13, N 9. – Art. 843. <https://doi.org/10.3390/ijerph13090843>
9. Gerba, C. P. Sources of pathogenic microorganisms and their fate during land application of wastes / C. P. Gerba, J. E. Smith // Journal of Environmental Quality. – 2005. – Vol. 34, N 1. – P. 42–48. <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0042a>

References

1. Shmidt A. G. *The use of chicken manure for optimizing the feed of agricultural plants in the conditions of Western Siberia forest prairie*. Omsk, 2020. 25 p. (in Russian).
2. Sadohina S. A. The use of organic fertilizers based on chicken manure. *Selskaya Sibir* [Rural Siberia], 2020, no. 6, pp. 20–21. Available at: <https://sectormedia.ru/articles/ispolzovanie-organicheskikh-udobreniy-na-osnove-ptichego-pometa/> (Accessed 10 January 2025) (in Russian).
3. Maksimova S. L. Utilization of poultry waste using bio-objects. *Ecologiya na predpriyatii* [Ecology at the Enterprise], 2014, no. 12, pp. 42–46 (in Russian).
4. Livestock and poultry population at the beginning of the period. *Natsional'nyi statisticheskiy komitet Respubliki Belarus'* [National Statistical Committee of the Republic of Belarus]. Available at: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=136770> (accessed 10 January 2025) (in Russian).
5. Zicari G., Soardo V., Rivetti D., Cerrato E., Russo D. Livestock farming and atmospheric emissions. *Hygiene and Public Health*, 2013, vol. 69, no. 4, pp. 445–457.
6. Yantzenko-Hmelevskaya M. A., Tsibulskii V. V., Hitrina N. G., Korolenko L. I. Olfactometric studies of the releases of odor at Russian enterprises. *Biosfera*, 2013, vol. 5, no. 3, pp. 303–310 (in Russian).
7. Ratko A. A., Duko Yu. V., Shevchuk V. V. Study of effect of pig manure treatment method on emission of odor-forming substances. *Vesti Natsyonal'nyay 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>
8. Mnyih-Loh C. E., Mamphweli S. N., Meyer E. L., Makaka G., Simon M., Okoh A. I. An overview of the control of bacterial pathogens in cattle manure. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2016, vol. 13, no. 9, art. 843. <https://doi.org/10.3390/ijerph13090843>
9. Gerba C. P., Smith J. E. Sources of pathogenic microorganisms and their fate during land application of wastes. *Journal of Environmental Quality*, 2005, vol. 34, no. 1, pp. 42–48. <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0042a>

Информация об авторах

Ратко Александр Анатольевич – канд. хим. наук, заместитель директора. Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси (ул. Сурганова, 9/1, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: aratko@gmail.com. ORCID: 0000-0002-5741-4381.

Шевчук Вячеслав Владимирович – член-корреспондент НАН Беларуси, д-р хим. наук, заведующий лабораторией. Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси (ул. Сурганова, 9/1, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: shevchukslava@rambler.ru.

Дуко Юлия Владимировна – науч. сотрудник. Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси (ул. Сурганова, 9/1, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: julietta.fifochka@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1984-6116.

Крутько Николай Павлович – академик, д-р хим. наук, профессор, заведующий отделом. Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси (ул. Сурганова, 9/1, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: ionch@igic.bas-net.by.

Information about the authors

Ratko Alexander A. – Ph. D. (Chemistry), Deputy Director. Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (9/1, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: aratko@gmail.com. ORCID: 0000-0002-0516-1765.

Shevchuk Vyacheslav V. – Corresponding Member, D. Sc. (Chemistry), Head of the Laboratory. Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (9/1, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: shevchukslava@rambler.ru.

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

Krutko Nikolay P. – Academician, D. Sc. (Chemistry), Professor, Head of the Department. Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (9/1, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ionch@igic.bas-net.by.