

Краткое сообщение

УДК 579.6;504.06

<https://doi.org/10.35885/1684-7318-2023-1-107-116>

ВЛИЯНИЕ ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ НА МИКРОБИОТУ И ЗАПАХ НАВОЗНЫХ СТОКОВ

Н. В. Сырчина ^{1✉}, Л. В. Пилип ², Е. П. Колеватых ³,
Т. Я. Ашихмина ^{1, 4}, Д. А. Кузнецов ¹

¹ Вятский государственный университет

Россия, 610000, г. Киров, ул. Московская, д. 36

² Вятский государственный агротехнологический университет

Россия, 610017, г. Киров, Октябрьский просп., д. 133

³ Кировский государственный медицинский университет

Россия, 610998, г. Киров, ул. К. Маркса, д. 112

⁴ Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН

Россия, 167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28

Поступила в редакцию 18.10.2022 г., после доработки 24.11.2022 г., принята 24.11.2022 г.

Аннотация. Навозные стоки (НС) животноводческих предприятий представляют собой богатую питательную среду для развития различных аэробных микроорганизмов (МО). В результате биодеструкции органических компонентов НС в воздух поступает широкий спектр запахообразующих веществ (ЗОВ) и парниковых газов. Интенсивность и основные направления деструкции НС зависят от состава и численности микробиоты. Для подавления процессов разложения биогенных составляющих НС может найти применение раствор гипохлорита натрия. В процессе исследований установлено, что внесение 0.005% активного хлора в жидкую фракцию НС (рН – 6.8; влажность – 99.1%) приводит к снижению численности таких представителей гнилостной микробиоты, как *Bacteroides* spp., *Clostridium* spp., *Escherichia coli*, *Pseudomonas* spp., *Sarcina ventriculi*, *Peptostreptococcus anaerobius*. Соответствующие аммонификаторы принимают активное участие в процессах биодеструкции органических веществ, в результате которых образуются уксусная, изовалериановая, масляная кислоты, индолы, скатолы, аммиак, сероводород, меркаптаны и другие ЗОВ. Численность микробиоты, не вносящей заметного вклада в продукцию ЗОВ (*Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodotorula glutinis*, *Lactobacillus* spp. и др.), наоборот, увеличилась. Возросло количество некоторых продуцентов летучих жирных кислот (ЛЖК): *Anaerococcus prevotii*, *Acidaminococcus* spp., *Prevotella* spp. и др., однако это не оказало заметного влияния на интенсивность и характер запаха НС, что может быть обусловлено образованием нелетучих солей ЛЖК при рН выше 7.0. Численность *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Klebsiella* sp., *Proteus* spp., *Alistipes putredinis*, *Bifidobacterium* spp., *Candida tropicalis*, *Candida albicans* при добавке в НС NaOCl практически не изменилась. В результате трансформации

✉ Для корреспонденции. Кафедра фундаментальной химии и методики обучения химии Вятского государственного университета.

ORCID и e-mail адреса: Сырчина Надежда Викторовна: <https://orcid.org/0000-0001-9695-7146>, nvms1956@mail.ru; Пилип Лариса Валентиновна: <https://orcid.org/0000-0001-8049-6760>, pilip_larisa@mail.ru; Колеватых Екатерина Петровна: <https://orcid.org/0000-0001-6147-3555>, hibica@mail.ru; Ашихмина Тамара Яковлевна: <https://orcid.org/0000-0003-4919-0047>, ecolab2@gmail.com; Кузнецов Дмитрий Алексеевич: <https://orcid.org/0000-0002-5554-8378>, dimzaaa@gmail.com.

микробиоты общая эмиссия газообразных веществ, основными компонентами которых являются парниковые газы CO_2 и CH_4 , уменьшилась более чем на 17%. Интенсивность неприятного запаха существенно снизилась. Раствор NaOCl может найти применение для обработки НС в навозосборных ваннах. Внедрению практики обработки НС этим биоцидом способствует его доступность, низкая стоимость и безопасность для окружающей среды.

Ключевые слова: гипохлорит натрия, биоцидные свойства, навозные стоки, микробиота навозных стоков, запах

Для цитирования. Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Колеватых Е. П., Ашихмина Т. Я., Кузнецов Д. А. Влияние гипохлорита натрия на микробиоту и запах навозных стоков // Поволжский экологический журнал. 2023. № 1. С. 107 – 116. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2023-1-107-116>

Введение. Интенсивность и характер запаха навозных стоков (НС) во многом обусловлены видовым составом и численностью микроорганизмов (МО), принимающих участие в процессах их биодеструкции. Основной вклад в эмиссию широкого спектра запахообразующих веществ (ЗОВ) из биогенных отходов вносит анаэробная микробиота (Пилип и др., 2020). Ведущими продуцентами аммиака являются *Clostridium aminophilum*, *Clostridium sticklandii*, *Peptostreptococcus anaerobius*, *Bacteroides fragilis* (Ward et al., 2018); летучие жирные кислоты (ЛЖК) активно образуются в результате жизнедеятельности бактерий родов *Eubacterium*, *Clostridium* (Zhu et al., 2016); в эмиссии сероводорода основное участие принимают диссимилирующие сульфатредуцирующие бактерии, способные использовать сульфаты в качестве акцепторов электронов (Whitehead et al., 2013; St-Pierre et al., 2017), а образование тиоспиртов (меркаптанов) происходит в процессе метаболизма органических веществ такими МО, как *Bacillus sporogenes*, *Bacillus putrificus*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris* (Вайсман и др., 2008).

Растворы гипохлорита натрия (NaOCl) находят широкое применение в качестве экономичных, эффективных и безопасных для окружающей среды антисептиков и дезинфектантов. Биоцидные свойства соответствующих растворов обусловлены хлорноватистой кислотой (HOCl), образующейся в процессе гидролиза NaOCl : $\text{NaOCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{HOCl} + \text{NaOH}$.

Для хлорноватистой кислоты характерны выраженные окислительные свойства. Максимальную биоцидную активность растворы NaOCl проявляют в интервале pH от 7.0 до 7.6, что связано с образованием метастабильной системы, генерирующей синглетный молекулярный кислород и ряд радикалов ($\text{ClO}\cdot$, $\text{Cl}\cdot$, $\text{O}\cdot$, $\text{OH}\cdot$), нарушающих работу ферментов клеток микроорганизмов (Седунов и др., 2009). В ряде исследований показано, что растворы NaOCl могут найти применение для обработки навоза и НС с целью улучшения их микробиологических характеристик и устранения неприятного запаха (Пилип, Сырчина, 2018; Способ устранения запаха..., 2019; Терентьев и др., 2019).

Поскольку разные группы МО проявляют неодинаковую устойчивость к воздействию NaOCl (Журавлев и др., 2019), большой практический интерес представляют исследования, сфокусированные на выявление основных трансформаций микробных сообществ биогенных отходов под воздействием этого биоцида. Результаты данных разработок необходимы для создания эффективных технологий,

направленных на снижение биологического загрязнения окружающей среды и управление процессами эмиссии ЗОВ и парниковых газов из биогенных отходов.

Цель настоящей работы: установить влияние раствора гипохлоританатрия на микробиоту, снижение запаха и эмиссию газов из навозных стоков.

Материал и методы. Для проведения исследований использовали жидкую фракцию свиных НС (рН: 6.8; влажность: 99.1%), полученную в результате сепарирования свиного навоза. Пробы НС отбирали сразу после сепарации. Время нахождения навоза в навозосборных ваннах до момента разделения на фракции составляло 10 суток. Пробы НС помещали в стерильные прозрачные 5-литровые пластиковые емкости, на горловинах герметично закрепляли специальные пакеты из FEP пленки, в которые собирали выделяющиеся газы. Объем НС в каждой емкости составлял 4 л. Эксперимент проводили в лабораторных условиях при естественном освещении и температуре $22 \pm 2^\circ\text{C}$. Время от начала эксперимента (внесение добавок) до его окончания составило 7 суток. Интенсивность запаха определяли по окончании эксперимента органолептическим методом и оценивали в баллах по шкале от 0 (запах отсутствует) до 5 (запах соответствует нативным НС). Группа экспертов для оценки запаха включала 6 человек.

Варианты эксперимента: 1 – НС без добавок (контроль); 2 – НС с добавкой раствора NaOCl. Массовая доля активного хлора в НС с добавкой NaOCl составляла 0.005%. Добавка раствора NaOCl привела к повышению рН НС до 7.1.

Забор материала для микробиологических исследований проводили в стерильных условиях с поверхности НС. В течение 1 ч образцы были доставлены в микробиологическую лабораторию. Отбор проб с поверхности НС обусловлен тем, что формирующаяся на поверхности пленка микроорганизмов (биопленка) оказывает существенное влияние на процесс газовыделения. Микроорганизмы, находящиеся в аэробных условиях на поверхности НС, могут активно использовать кислород для окисления различных органических и неорганических веществ, включая NH_3 , H_2S , летучие жирные кислоты, меркаптаны и др., снижая, таким образом, эмиссию ЗОВ.

Для определения качественного и количественного состава микробиоты НС использовали метод серийных десятикратных разведений. Посев материала производили на стандартные и специализированные питательные среды с применением модифицированного агарового чашечного метода (ОФС.1.7.2.0008.15). Идентификацию МО проводили с помощью биохимических тестов ЭНТЕРОтест 24N, АНАЭРОтест 23, СТРЕПТОтест16, СТАФИтест16, САНДИДАтест21 (ERBA LACHEMA, Чехия). Для выделения анаэробных бактерий использовали микро-анаэроустат, питательные среды АнаэроАгар (HIMEDIA, Индия), а также газогенерируемые пакеты (HIMEDIA, Индия) для создания анаэробноа (время 24 – 72 суток, температура 37°C). Культивирование дрожжей осуществляли на среде Сабуро и жидкой среде специального состава (сахароза, NaNO_3 , KH_2PO_4 , KCl, $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Пробы инкубировали в течение 7 – 14 дней при $26 - 30^\circ\text{C}$.

Все исследования проводили в трёхкратной повторности. Статистическую обработку полученных результатов выполняли стандартными методами с использованием встроенного пакета программ Microsoft Excel (Microsoft Corp., USA). Статистическую значимость различий средних величин оценивали по *t*-критерию

Стьюдента (использовали гетероскедастический двусторонний тест ТТЕСТ из статистического пакета Microsoft Excel).

Результаты и их обсуждение. В результате экспериментальных исследований установлено, что обработка жидкой фракции НС раствором NaOCl оказала существенное влияние на количественный и качественный состав МО, при этом различные МО по-разному реагировали на соответствующий дезинфектант. В таблице приведены данные, характеризующие влияние NaOCl на микробиоту поверхностного слоя НС, а также запах и эмиссию газов из этого отхода.

Влияние гипохлорита натрия на микробиоту и запах навозных стоков

Table. Effect of sodium hypochlorite on the microbiota and odor of manure effluents

Показатель / Index	Вариант эксперимента / Experimental option	
	1 (контроль) / 1 (control)	2 (добавка NaOCl) / 2 (additive NaOCl)
Общий объем выделившихся газов, мл / Total volume of evolved gases, ml	3450±245	2850±138 ($p = 0.0316$)
Интенсивность запаха, баллов / Odor intensity, points	5	2.2±0.3 ($p = 0.0038$)
Общее количество микроорганизмов, КОЕ/мл / Total numbers of microorganisms, CFU/ml	$(6.6 \pm 1.3) \cdot 10^7$	$(8.0 \pm 1.4) \cdot 10^7$ ($p = 0.2735$)
Микроорганизмы, численность которых уменьшилась при внесении NaOCl, КОЕ/мл / Microorganisms, whose number decreased upon the introduction of NaOCl, CFU/ml		
<i>Enterococcus</i> sp.	$(7.2 \pm 2.3) \cdot 10^2$	$(4.3 \pm 0.4) \cdot 10^1$ ($p = 0.0364$)
<i>Escherichia coli</i>	$(4.3 \pm 0.9) \cdot 10^6$	$(7.1 \pm 1.3) \cdot 10^4$ ($p = 0.01475$)
<i>Clostridium</i> spp.	$(6.2 \pm 1.3) \cdot 10^7$	$(8.4 \pm 1.6) \cdot 10^6$ ($p = 0.0178$)
<i>Bacteroides ovatus</i> , <i>B. vulgatus</i> , <i>B. fragilis</i>	$(7.4 \pm 2.3) \cdot 10^5$	$(7.3 \pm 0.5) \cdot 10^4$ ($p = 0.0374$)
<i>Peptostreptococcus</i> spp., <i>P. anaerobius</i>	$(6.3 \pm 2.3) \cdot 10^4$	$(7.2 \pm 1.3) \cdot 10^3$ ($p = 0.0518$)
<i>Sarcina ventriculi</i>	$(6.2 \pm 1.8) \cdot 10^5$	$(5.3 \pm 0.7) \cdot 10^3$ ($p = 0.0274$)
<i>Pseudomonas</i> spp.	$(5.1 \pm 1.4) \cdot 10^3$	отсутствует ($p = 0.0242$)
Микроорганизмы, численность которых увеличилась при внесении NaOCl, КОЕ/мл / Microorganisms, whose number increased upon the introduction of NaOCl, CFU/ml		
<i>Fusobacterium nucleatum</i> , <i>F. varium</i> , <i>F. necrophorum</i>	$(7.4 \pm 2.7) \cdot 10^2$	$(6.3 \pm 0.9) \cdot 10^3$ ($p = 0.0053$)
<i>Prevotella buccalis</i> , <i>P. intermedia</i> , <i>P. bivia</i> , <i>P. melaninogenica</i> , <i>P. oralis</i>	$(5.2 \pm 1.3) \cdot 10^2$	$(7.2 \pm 1.3) \cdot 10^3$ ($p = 0.0118$)
<i>Capnocytophaga ochracea</i>	$(9.2 \pm 2.8) \cdot 10^2$	$(5.2 \pm 1.4) \cdot 10^4$ ($p = 0.0241$)
<i>Peptococcus niger</i>	$(4.2 \pm 1.4) \cdot 10^3$	$(6.1 \pm 0.8) \cdot 10^4$ ($p = 0.0054$)
<i>Peptoniphilus asaccharolyticus</i>	$(9.3 \pm 2.7) \cdot 10^2$	$(5.2 \pm 0.8) \cdot 10^4$ ($p = 0.0080$)
<i>Anaerococcus prevotii</i>	$(9.1 \pm 2.4) \cdot 10^2$	$(4.2 \pm 1.3) \cdot 10^4$ ($p = 0.0317$)
<i>Acidaminococcus fermentans</i>	$(7.1 \pm 1.9) \cdot 10^3$	$(5.2 \pm 0.9) \cdot 10^4$ ($p = 0.0105$)
<i>Lactobacillus</i> spp.	$(7.2 \pm 2.3) \cdot 10^3$	$(7.2 \pm 1.3) \cdot 10^4$ ($p = 0.0112$)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	$(5.2 \pm 1.3) \cdot 10^4$	$(7.1 \pm 0.9) \cdot 10^7$ ($p = 0.0053$)
<i>Rhodotorula glutinis</i>	$(7.3 \pm 2.4) \cdot 10^4$	$(8.2 \pm 1.3) \cdot 10^5$ ($p = 0.0021$)

Примечание. Жирным шрифтом выделены варианты с добавками, достоверно ($P > 0.95$) отличающиеся от вариантов без добавок.

Note. Bold font shows options with additives, reliably ($P > 0.95$) different from those without additives.

Согласно приведенным в таблице данным, в микробных сообществах контрольных образцов доминировали анаэробные МО (*Clostridium* spp., *Escherichia coli*, *Bacteroides* sp., *Sarcina ventriculi*, *Klebsiella* sp.) – продуценты широкого спек-

тра ЗОВ. Соответствующие МО являются обычными представителями микробиоты желудочно-кишечного тракта животных. Доля *Clostridium* spp. в этой группе превышала 90% от общей численности выявленных МО. Для представителей рода *Clostridium* характерно наличие активных протеолитических ферментов, позволяющих гидролизовать углеводы, белки и пептиды с последующим сбраживанием продуктов гидролиза. Основными метаболитами клостридий являются кислоты, спирты, CO₂, H₂, минеральные вещества. Богатый разнообразными органическими соединениями навоз является хорошей питательной средой для развития этих МО. Способность образовывать споры, толерантность к кислороду, высокая устойчивость в условиях засухи и перепада температур позволили многим видам рода *Clostridium* широко распространиться в окружающей среде, включиться в биогеоценозы и стать обычными обитателями почв селитебных территорий (Соколов, Соколов, 2014; Cabral, 2010). Активному развитию клостридий в НС способствует не только способность выживать вне организма животных, но и устойчивость к антибиотикам (Shah et al., 2010), которые находят применение в промышленном животноводстве для профилактики и лечения болезней, а также повышения продуктивности животных (Sui et al., 2018).

Второе место по численности занимала *Escherichia coli* (6.07%), для которой также характерна высокая резистентность к антибиотикам (Allocati et al., 2013) и способность выживать в окружающей среде вне организма животных. Кроме представителей кишечной микробиоты в составе НС были выявлены и МО, источником которых являются корма для животных (*Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodotorula glutinis*).

Обработка НС раствором NaOCl привела к снижению численности таких представителей гнилостной микробиоты, как *Bacteroides* spp., *Clostridium* spp., *Escherichia coli*, *Pseudomonas* spp., *Sarcina ventriculi*, *Peptostreptococcus anaerobius*. Соответствующие аммонификаторы принимают активное участие в процессах биодеструкции органических веществ, в результате которых образуются уксусная, изовалериановая, масляная кислоты, индолы, скатолы, аммиак, сероводород, меркаптаны и другие ЗОВ.

Численность микробиоты, не вносящей заметного вклада в продукцию ЗОВ (*Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodotorula glutinis*, *Lactobacillus* spp. и др.), при добавлении NaOCl увеличилась. Следует отметить, что штаммы *Saccharomyces cerevisiae* и *Lactobacillus* spp. не проявляют токсичные и токсигенные свойства и используются в составе биопрепаратов для переработки биогенных отходов и устранения неприятного запаха продуктов разложения (Van Fan et al., 2018; Kim et al., 2019). Выявленная толерантность дрожжей рода *Rhodotorula* к действию NaOCl может представлять определенный практический интерес, поскольку эти микроорганизмы способны включать в свой метаболизм высокотоксичные полициклические арены, что крайне важно для защиты окружающей среды от загрязнения. Возросло и количество некоторых продуцентов ЛЖК (*Anaerococcus prevotii*, *Acidaminococcus* spp., *Prevotella* spp. и др.), однако это не оказало заметного влияния на интенсивность и характер запаха НС, что может быть обусловлено образованием нелетучих солей ЛЖК при pH выше 7.

Численность *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Klebsiella* sp., *Proteus* spp., *Alistipes putredinis*, *Bifidobacterium* spp., *Candida tropicalis*, *Candida albicans* в обработанных NaOCl НС практически не изменилась.

В результате трансформации микробиоты общая эмиссия газообразных веществ из НС уменьшилась более чем на 17%. Данный эффект имеет большое практическое значение. Известно, что при разложении навоза образуются такие газообразные продукты, как CO_2 и CH_4 (Hao et al., 2001; Møller et al., 2004). Выброс этих газов в атмосферу приводит к увеличению парникового эффекта. На животноводство приходится около 18% выбросов парниковых газов. Подавление эмиссии газообразных продуктов разложения НС можно рассматривать в качестве одного из механизмов уменьшения углеродного следа животноводческой продукции. Кроме того, в помещениях для содержания животных улучшаются гигиенические характеристики воздуха и, соответственно, уменьшаются расходы на вентиляцию и отопление.

Заключение. Выполненные исследования показали, что обработка жидкой фракции НС раствором гипохлорита натрия оказывает существенное влияние на микробиоту. Снижение численности гнилостных МО и увеличение количества МО, обладающих хозяйственно полезными признаками (*Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodotorula glutinis*, *Lactobacillus* spp.), способствуют уменьшению интенсивности неприятного запаха, подавлению эмиссии парниковых газов, улучшению качества воздуха в помещениях для содержания животных.

Раствор NaOCl может найти применение для обработки НС непосредственно в навозосборных ваннах. Внедрению практики обработки НС этим биоцидом способствуют его доступность, низкая стоимость и безопасность для окружающей среды.

Расходы предприятий на приобретение соответствующего дезинфектанта могут быть существенно снижены за счет использования щелочных растворов NaOCl , образующихся в качестве отходов производства хлора электролизным методом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вайсман Я. И., Рудакова Л. В., Жилинская Я. Т. Процессы, протекающие на полигонах ТБО // Твердые бытовые отходы. 2008. № 1. С. 14 – 19.
- Журавлёв П. В., Алешина В. В., Марченко Б. И. Определение дезинфицирующего действия негашёной извести на микрофлору иловых осадков сточных вод очистных сооружений канализации и животноводческих комплексов // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 5. С. 483 – 488. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-5-483-488>
- Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Новые подходы к дезодорации свиного навоза // Иппология и ветеринария. 2018. № 4 (30). С. 99 – 106.
- Пилип Л. В., Козвонин В. А., Сырчина Н. В., Колеватых Е. П., Ашихмина Т. Я. Влияние подкисления навозных стоков на их микробиологические характеристики // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 161 – 167. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-3-161-167>
- Седунов С. Г., Козырева А. В., Швецов А. Б., Тараскин К. А. Хлорные дезинфектанты и их применение в современной водоподготовке // Молекулярные технологии. 2009. № 3. С. 98 – 121.
- Соколов М. С., Соколов Д. М. Санитарно-бактериологическая оценка почвы и органических удобрений // Агрохимия. 2014. № 5. С. 3 – 19.
- Способ устранения запаха вентиляционных выбросов из производственных помещений для содержания свиней : пат. 2708599 Рос. Федерация : МПК, B01D 53/34, F24F 7/00, A01K 1/00, C05F 3/00 / Ашихмина Т. Я., Сырчина Н. В., Терентьев Ю. Н., Пилип Л. В. ; за-

явитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет». № 2019106585 ; заявл. 07.03.2019 ; опубли. 09.12.2019, Бюл. № 34. 9 с.

Терентьев Ю. Н., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я., Пилип Л. В. Снижение эмиссии запахообразующих веществ в условиях промышленных свиноводческих предприятий // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 2. С. 113 – 120. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2019-2-113-120>

Allocati N., Masulli M., Alexeyev M. F., Di Ilio C. *Escherichia coli* in Europe: An overview // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2013. Vol. 10, № 12. P. 6235 – 6254. <https://doi.org/10.3390/ijerph10126235>

Cabral J. P. S. Water microbiology. Bacterial pathogens and water // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2010. Vol. 7, № 10. P. 3657 – 3703. <https://doi.org/10.3390/ijerph7103657>

Hao X., Chang C., Larney F. J., Travis G. R. Greenhouse gas emissions during cattle feedlot manure composting // Journal of Environmental Quality. 2001. Vol. 30, iss. 2. P. 376 – 386. <https://doi.org/10.2134/jeq2001.302376x>

Kim J. A., Bayo J., Cha J., Choi Y. J., Jung M. Y., Kim D. H., Kim Y. Investigating the probiotic characteristics of four microbial strains with potential application in feed industry // PLoS ONE. 2019. Vol. 14, № 6. P. e0218922. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218922>

Møller H. B., Sommer S. G., Ahring B. K. Biological degradation and greenhouse gas emissions during pre-storage of liquid animal manure // Journal of Environmental Quality. 2004. Vol. 33, iss. 1. P. 27 – 36. <https://doi.org/10.2134/jeq2004.2700>

Shah D., Dang M. D., Hasbun R., Koo H. L., Jiang Z. D., DuPont H. L., Garey K. W. Clostridium difficile infection: update on emerging antibiotic treatment options and antibiotic resistance // Expert Review of Anti-infective Therapy. 2010. Vol. 8, iss. 5. P. 555 – 564. <https://doi.org/10.1586/eri.10.28>

St-Pierre B., Wright A.-D. G. Implications from distinct sulfate-reducing bacteria populations between cattle manure and digestate in the elucidation of H₂S production during anaerobic digestion of animal slurry // Applied Microbiology and Biotechnology. 2017. Vol. 101, iss. 13. P. 5543 – 5556. <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8261-1>

Sui Q., Meng X., Wang R., Zhang J., Yu D., Chen M., Wang Y., Wei Y. Effects of endogenous inhibitors on the evolution of antibiotic resistance genes during high solid anaerobic digestion of swine manure // Bioresource Technology. 2018. Vol. 270. P. 328 – 336. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.043>

Van Fan Y., Lee C. T., Klemeš J. J., Chua L. S., Sarmidi M. R., Leow C. W. Evaluation of effective microorganisms on home scale organic waste composting // Journal of Environmental Management. 2018. Vol. 216. P. 41 – 48. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.019>

Ward B. K., Dufault R. J., Hassell R., Cutulle M. A. Affinity of hyperammonia-producing bacteria to produce bioammonium/ammonia utilizing five organic nitrogen substrates for potential use as an organic liquid fertilizer // ACS Omega. 2018. Vol. 3, iss. 9. P. 11817 – 11822. <https://doi.org/10.1021/acsomega.7b02083>

Whitehead T. R., Spence C., Cotta M. A. Inhibition of hydrogen sulfide, methane, and total gas production and sulfate-reducing bacteria in vitro swine manure by tannins, with focus on condensed quebracho tannins // Applied Microbiology and Biotechnology. 2013. Vol. 97, iss. 18. P. 8403 – 8409. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4562-6>

Zhu Y., Zheng G., Gao D., Chen T., Wu F., Niu M., Zou K. Odor composition analysis and odor indicator selection during sewage sludge composting // Journal of the Air & Waste Management Association. 2016. Vol. 66, iss. 9. P. 930 – 940. <https://doi.org/10.1080/10962247.2016.1188865>

Effect of sodium hypochlorite on the microbiota and odor of manure effluents

N. V. Syrchina ^{1✉}, L. V. Pilip ², E. P. Kolevatykh ³,
T. Ya. Ashikhmina ^{1,4}, D. A. Kuznetsov ¹

¹ Vyatka State University

36 Moskovskaya St., Kirov 610000, Russia

² Vyatka State Agrotechnological University

133, Oktyabrsky Pros., Kirov 610017, Russia

³ Kirov State Medical University

112 K. Marx St., Kirov 610998, Russia

⁴ Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of RAS

28 Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, Republic of Komi 167982, Russia

Received: 18 October 2022 / revised: 24 November 2022 / accepted: 24 November 2022

Abstract. Manure effluents (ME) of livestock enterprises represent a rich nutrient medium for the development of various aerobic microorganisms (MO). During the biodegradation of the organic components of ME, a wide range of odor-forming substances (OFS) and greenhouse gases enter the atmospheric air. The intensity and main directions of ME destruction depend on the composition and amount of microbiota. A solution of sodium hypochlorite can be used to suppress the decomposition of the biogenic components of ME. In the course of our research, it was found that the introduction of 0.005% active chlorine into the liquid fraction of ME (pH ~ 6.8; humidity ~ 99.1%) leads to a decrease in the numbers of putrefactive microbiota, namely: *Bacteroides*, *Clostridium*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas*, *Sarcina ventriculi*, and *Peptostreptococcus anaerobius*. The corresponding ammonifiers are actively involved in the biodegradation processes of organic substances to form acetic acid, isovaleric acid, butyric acid, indoles, skatoles, ammonia, hydrogen sulfide, mercaptans and others. The numbers of microbiota not making a significant contribution to the production of OFS (*Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodotorula glutinis*, *Lactobacillus* spp. and others), on the contrary, increased. The numbers of some producers of volatile fatty acids (VFA), namely: *Anaerococcus prevotii*, *Acidaminococcus*, *Prevotella* spp. etc. increased. However, this did not affect the intensity and nature of the ME odor, which can be explained by the formation of non-volatile VFA salts at pH above 7.0. The numbers of *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Klebsiella* sp., *Proteus* spp., *Alistipes putredinis*, *Bifidobacterium* spp., *Candida tropicalis*, and *Candida albicans* almost did not change when NaOCl was added to ME. As a result of the microbiota transformation, the total emission of gaseous substances, whose main components are the greenhouse gases CO₂ and CH₄, decreased by more than 17%. The unpleasant odor intensity has significantly decreased. A NaOCl solution can be used to treat ME in manure storage baths. The introduction of the practice of treating ME with this biocide is facilitated by its availability, low cost and safety for the environment.

Keywords: sodium hypochlorite, biocidal properties, manure effluents, microbiota of manure effluents, odor

✉ Corresponding author. Department of Fundamental Chemistry and Methods of Teaching Chemistry, Vyatka State University, Russia.

ORCID and e-mail addresses: Nadezhda V. Syrchina: <https://orcid.org/0000-0001-9695-7146>, nvms1956@mail.ru; Larisa V. Pilip: <https://orcid.org/0000-0001-8049-6760>, pilip_larisa@mail.ru; Ekaterina P. Kolevatykh: <https://orcid.org/0000-0001-6147-3555>, hibica@mail.ru; Tamara Ya. Ashikhmina: <https://orcid.org/0000-0003-4919-0047>, ecolab2@gmail.com; Dmitriy A. Kuznetsov: <https://orcid.org/0000-0002-5554-8378>, dimzaaa@gmail.com.

For citation: Syrchina N. V., Pilip L. V., Kolevatykh E. P., Ashikhmina T. Ya., Kuznetsov D. A. Effect of sodium hypochlorite on the microbiota and odor of manure effluents. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2023, no. 1, pp. 107–116 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2023-1-107-116>

REFERENCES

- Vaisman Ya. I., Rudakova L. V., Zhilinskaya Ya. T. Processes occurring at landfills. *Municipal Solid Waste*, 2008, no. 1, pp. 14–19 (in Russian).
- Zhuravlev P. V., Aleshnya V. V., Marchenko B. I. Determination of the disinfectant action of caustic lime on the microflora of sludge of wastewater of cleaning facilities for sewerage and cattle-breeding complexes. *Hygiene and Sanitation*, 2019, vol. 98, no. 5, pp. 483 – 488 (in Russian). <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-5-483-488>
- Pilip L. V., Syrchina N. V. New approaches to the deodorization of pig manure. *Hippology and Veterinary*, 2018, no. 4 (30), pp. 99–106 (in Russian).
- Pilip L. V., Kozvonin V. A., Syrchina N. V., Kolevatykh E. P., Ashikhmina T. Ya. Effect of acidification of manure runoff on their microbiological characteristics. *Theoretical and Applied Ecology*, 2020, no. 3, pp. 161–167 (in Russian). <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-3-161-167>
- Sedunov S. G., Kozyreva A. V., Shvetsov A. B., Taraskin K. A. Chloric disinfection tools and their application in the municipal water treatment. *Molecular Technologies*, 2009, no. 3, pp. 98–121 (in Russian).
- Sokolov M. S., Sokolov D. M. Sanitary-bacteriological evaluation of soils and organic fertilizers. *Agrohimia*, 2014, no. 5, pp. 3–19 (in Russian).
- Method for Removing Odor of Ventilation Emissions from Industrial Premises for Keeping Pigs*. Patent RU 2708599. Int. Cl. B01D 53/34, F24F 7/00, A01K 1/00, C05F 3/00. Ashikhmina T. Ya., Syrchina N. V., Terentev Yu. N., Pilip L. V.; Proprietor: federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya “Vyatskij gosudarstvennyj universitet”. Application: 2019106585, Published: 07.03.2019, Date of publication 09.12.2019, Bulletin no. 34. 9 p. (in Russian).
- Terentev Yu. N., Syrchina N. V., Ashikhmina T. Ya., Pilip L. V. Reducing the emission of odorous substances in industrial pig breeding enterprises. *Theoretical and Applied Ecology*, 2019, no. 2, pp. 113–120 (in Russian). <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2019-2-113-120>
- Allocati N., Masulli M., Alexeyev M. F., Di Ilio C. *Escherichia coli* in Europe: An overview. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2013, vol. 10, no. 12, pp. 6235–6254. <https://doi.org/10.3390/ijerph10126235>
- Cabral J. P. S. Water microbiology. Bacterial pathogens and water. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2010, vol. 7, no. 10, pp. 3657–3703. <https://doi.org/10.3390/ijerph7103657>
- Hao X., Chang C., Larney F. J., Travis G. R. Greenhouse gas emissions during cattle feedlot manure composting. *Journal of Environmental Quality*, 2001, vol. 30, iss. 2, pp. 376–386. <https://doi.org/10.2134/jeq2001.302376x>
- Kim J. A., Bayo J., Cha J., Choi Y. J., Jung M. Y., Kim D. H., Kim Y. Investigating the probiotic characteristics of four microbial strains with potential application in feed industry. *PLoS ONE*, 2019, vol. 14, no. 6, pp. e0218922. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218922>
- Møller H. B., Sommer S. G., Ahring B. K. Biological degradation and greenhouse gas emissions during pre-storage of liquid animal manure. *Journal of Environmental Quality*, 2004, vol. 33, iss. 1, pp. 27–36. <https://doi.org/10.2134/jeq2004.2700>
- Shah D., Dang M. D., Hasbun R., Koo H. L., Jiang Z. D., DuPont H. L., Garey K. W. *Clostridium difficile* infection: update on emerging antibiotic treatment options and antibiotic re-

sistance. *Expert Review of Anti-infective Therapy*, 2010, vol. 8, iss. 5, pp. 555–564. <https://doi.org/10.1586/eri.10.28>

St-Pierre B., Wright A.-D. G. Implications from distinct sulfate-reducing bacteria populations between cattle manure and digestate in the elucidation of H₂S production during anaerobic digestion of animal slurry. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2017, vol. 101, iss. 13, pp. 5543–5556. <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8261-1>

Sui Q., Meng X., Wang R., Zhang J., Yu D., Chen M., Wang Y., Wei Y. Effects of endogenous inhibitors on the evolution of antibiotic resistance genes during high solid anaerobic digestion of swine manure. *Bioresource Technology*, 2018, vol. 270, pp. 328–336. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.043>

Van Fan Y., Lee C. T., Klemeš J. J., Chua L. S., Sarmidi M. R., Leow C. W. Evaluation of effective microorganisms on home scale organic waste composting. *Journal of Environmental Management*, 2018, vol. 216, pp. 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.019>

Ward B. K., Dufault R. J., Hassell R., Cutulle M. A. Affinity of hyperammonia-producing bacteria to produce bioammonium/ammonia utilizing five organic nitrogen substrates for potential use as an organic liquid fertilizer. *ACS Omega*, 2018, vol. 3, iss. 9, pp. 11817–11822. <https://doi.org/10.1021/acsomega.7b02083>

Whitehead T. R., Spence C., Cotta M. A. Inhibition of hydrogen sulfide, methane, and total gas production and sulfate-reducing bacteria in vitro swine manure by tannins, with focus on condensed quebracho tannins. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2013, vol. 97, iss. 18, pp. 8403–8409. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4562-6>

Zhu Y., Zheng G., Gao D., Chen T., Wu F., Niu M., Zou K. Odor composition analysis and odor indicator selection during sewage sludge composting. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2016, vol. 66, iss. 9, pp. 930–940. <https://doi.org/10.1080/10962247.2016.1188865>