

ЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 631.95

doi: 10.31774/2658-7890-2021-3-4-14-26

Снижение концентрации выделяемых загрязняющих веществ при разложении свиноводческих стоков

Максим Анатольевич Ляшков¹, Юлия Юрьевна Арискина²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации,
Новочеркасск, Российская Федерация

¹layshkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7094-8575>

²yuliya.glushenko_61@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3755-515X>

Аннотация. **Цель:** определение концентрации выделяемых загрязняющих веществ животноводческих комплексов путем исследования животноводческих стоков и определения возможности их снижения. **Материалы и методы.** Исследования выделения количества загрязняющих веществ проводились по двум веществам – метилмеркаптан и сероводород. Для определения возможности снижения концентрации выделяемых загрязняющих веществ применялись мочевины, зола древесная и активированный уголь, как наиболее доступные. Отбор проб выделяемых веществ в атмосферный воздух проводился по методике, представленной в ГОСТ Р 52716-2007. **Результаты.** При смешивании исходного раствора животноводческих стоков и раствора мочевины в 10% растворе наибольшие колебания метилмеркаптана происходили при добавлении 50 мл мочевины (содержание вещества 0,25–10 мг/дм³), а сероводорода – при добавлении 10 мл мочевины (содержание вещества 2,5–3,5 мг/дм³). **Выводы:** лабораторные исследования показали, что мочевины способны обеспечить снижение концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (это позволяет использовать ее в качестве дезодорирующего вещества), зола древесная и активированный уголь оказались малоэффективными и нецелесообразными в использовании для снижения концентрации загрязняющих веществ.

Ключевые слова: животноводческие стоки, окружающая среда, загрязняющие вещества, метилмеркаптан, сероводород, экология

Для цитирования: Ляшков М. А., Арискина Ю. Ю. Снижение концентрации выделяемых загрязняющих веществ при разложении свиноводческих стоков // Экология и водное хозяйство. 2021. Т. 3, № 4. С. 14–26. DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-4-14-26.

ECOLOGY

Original article

Reducing the concentration of emitted pollutants substances during pig breeding waste decomposition

Maxim A. Lyashkov¹, Yulia Yu. Ariskina²

^{1, 2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹layshkov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7094-8575>

²yuliya.glushenko_61@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3755-515X>

Abstract. Purpose: to determine the concentration of emitted pollutants in livestock complexes by studying livestock effluents and determining the possibility of their reduction. **Materials and Methods.** The studies of the pollutant emissions were carried out for two substances – methylmercaptan and hydrogen sulfide. To determine the possibility of reducing the concentration of emitted pollutants, urea, wood ash and activated carbon were used, as the most available. Sampling of emitted substances into the atmospheric air was carried out according to the methodology presented in GOST R 52716-2007. **Results.** When mixing the initial solution of livestock wastewater and a solution of urea in a 10% solution, the greatest fluctuations of methyl mercaptan occurred with the addition of 50 ml of urea (substance content 0.25–10 mg/dm³), and hydrogen sulfide – with the addition of 10 ml of urea (substance content 2.5–3.5 mg/dm³). **Conclusions:** laboratory studies have shown that urea is able to reduce the concentration of pollutants in the air (this allows it to be used as a deodorizing agent), wood ash and activated carbon turned out to be ineffective and inappropriate to use to reduce the concentration of pollutants.

Keywords: livestock wastewater, environment, pollutants, methyl mercaptan, hydrogen sulfide, ecology

For citation: Lyashkov M. A., Ariskina Yu. Yu. Reducing the concentration of emitted pollutants substances during pig breeding waste decomposition // Ecology and Water Management. 2021. Vol. 3, no. 4. P. 14–26. DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-4-14-26.

Введение. Аграрно-животноводческий комплекс в современных условиях продолжает быть основным загрязнителем земель и других элементов окружающей среды. Отходы и сточные воды животноводческих комплексов, ферм и птицефабрик, использование ядохимикатов и пестицидов, перерабатывающая промышленность, ослабление производственной и технологической дисциплины, трудности осуществления контроля на сельскохозяйственных объектах, разбросанных на обширных территориях, – все это приводит к тому, что состояние земли и всей окружающей среды в сельской местности, согласно государственным докладам об охране окружающей среды, остается тревожным, ряд регионов обладает признаками зон чрезвычайной экологической ситуации или экологического бедствия [1].

Увеличение поголовья животных и птицы на сельхозпредприятиях имеет ряд негативных последствий, и прежде всего это негативное влияние на экологию (загрязнение воздушного бассейна животноводческих и птицеводческих комплексов и бассейна близлежащих населенных пунктов, загрязнение водоемов и почвы отходами производства) [2, 3]. Одной из наиболее серьезных проблем с точки зрения экологической безопасности сви-

новодческих комплексов является проблема снижения количества загрязнений (пыль, микроорганизмы, аммиак, сероводород, дурнопахнущие вещества и т. п.) в воздушной среде животноводческих помещений и в удаляемом в окружающую среду вытяжном воздухе [4, 5].

Высокая концентрация загрязнений в воздушной среде помещений и воздушном бассейне свиноводческих комплексов неблагоприятно влияет как на здоровье животных, так и на здоровье работников сельхозпредприятий и жителей близлежащих населенных пунктов [2].

Свиноводческие комплексы максимально загрязняют атмосферный воздух, почву, поверхностные и грунтовые воды органическими соединениями, микро- и макроорганизмами [6]. Свойственный свиноводческим стокам неприятный запах формируется широким спектром разнообразных летучих веществ, многие из которых имеют характерный запах [7].

В число выбросов входит 10 основных загрязнителей [8]:

- меркаптаны (по метилмеркаптану);
- амины (по диметиламину);
- аммиак;
- сероводород;
- карбоновые кислоты (по капроновой кислоте);
- карбонильные соединения (по пропионовому альдегиду);
- сульфиды (по диметилсульфиду);
- фенолы (по фенолу);
- метан;
- углеводород;
- диоксид углерода.

Для поглощения вышеперечисленных загрязняющих веществ используются наиболее распространенные сорбенты (древесная зола, активированный уголь и т. д.), применяемые для очистки в различных сферах деятельности.

Цель работы – провести исследования, посвященные определению концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферном воздухе при разложении навоза и мочи и выявлению путей ее снижения.

Материалы и методы. Исследования выделения количества ЗВ в атмосферный воздух при разложении навоза и мочи было принято проводить по двум веществам – метилмеркаптану и сероводороду, как наиболее опасным для здоровья человека.

Метилмеркаптан обладает высокой токсичностью, относится к 2-му классу опасности. Максимальная разовая предельно допустимая концентрация для атмосферного воздуха населенных мест составляет $1 \cdot 10^{-4}$ мг/м³ [9].

Сероводород – сильный нервный яд, вызывающий смерть от остановки дыхания. Предельно допустимая концентрация сероводорода в воздухе рабочей зоны составляет 3,0 мг/м³, класс опасности – 3-й [10].

Для определения возможности снижения концентрации выделяемых ЗВ в атмосферном воздухе были выбраны мочевины, зола древесная и активированный уголь, как наиболее доступные, поскольку широко распространены и имеют невысокую стоимость.

Лабораторные исследования и анализы образцов проводились в аккредитованной эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ». Отбор проб выделяемых ЗВ в атмосферный воздух проводился по методике, представленной в ГОСТ Р 52716-2007 [11], с использованием насоса пробоотборника и индикаторных трубок (рисунок 1) в лабораторных условиях.

Исходный раствор животноводческих стоков готовили разбавлением твердых навозных масс дистиллированной водой. Тщательно перемешивали и отбирали 50 мл для измерения взвешенных веществ. Содержание взвешенных веществ в исходном растворе животноводческих стоков составило 1416 мг/дм³.



a – сероводород; *б* – метилмеркаптан

a – hydrogen sulfide; *b* – methyl mercaptan

**Рисунок 1 – Индикаторные трубки для отбора проб
(автор фото Ю. Ю. Арискина)**

Figure 1 – Indicator tubes for sampling (photo by Yu. Yu. Ariskina)

В мерные цилиндры отбирали 500 мл исходного раствора, закрывали каучуковыми пробками с газоотводными трубками и выдерживали при температуре 25 °С.

Схема опыта заключалась в следующем:

- 1) исходный раствор + 10 мл 10% раствора мочевины;
- 2) исходный раствор + 30 мл 10% раствора мочевины;
- 3) исходный раствор + 50 мл 10% раствора мочевины;
- 4) исходный раствор + 10 мл 20% раствора мочевины;
- 5) исходный раствор + 30 мл 20% раствора мочевины;
- 6) исходный раствор + 50 мл 20% раствора мочевины;
- 7) исходный раствор + 10 г древесной золы;
- 8) исходный раствор + 20 г древесной золы;
- 9) исходный раствор + 30 г древесной золы;
- 10) исходный раствор + 10 г активированного угля;

- 11) исходный раствор + 20 г активированного угля;
- 12) исходный раствор + 30 г активированного угля.

Результаты. Результаты проведенного отбора проб ЗВ, образующихся при смешивании исходного раствора животноводческих стоков с раствором мочевины, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты отбора проб загрязняющих веществ в животноводческих стоках с добавлением мочевины

Table 1 – Results of sampling of pollutants in livestock wastewater with the urea addition

Исследуемое вещество / Investigated Material	Раствор свиного навоза и мочевины / Pig Manure and Urea Solution								
	10 мл / 10 ml			30 мл / 30 ml			50 мл / 50 ml		
	1 ч / 1 h	6 ч / 6 h	18 ч / 18 h	1 ч / 1 h	6 ч / 6 h	18 ч / 18 h	1 ч / 1 h	6 ч / 6 h	18 ч / 18 h
10% раствор / 10% solution									
Метилмеркаптан, мг/м ³ , в V = 1500 мл / Methyl mercaptan, mg/m ³ , in V = 1500 ml	6	3	1	1	1,25	0,75	0,25	6	10
Сероводород, мг/м ³ , в V = 800 см ³ / Hydrogen sulfide, mg/m ³ , in V = 800 см ³	2,5	3	3,5	0,75	1	1	Ниже предела обнаружения / Below detection limit		
20% раствор / 20% solution									
Метилмеркаптан, мг/м ³ , в V = 1500 мл / Methyl mercaptan, mg/m ³ , in V = 1500 ml	–	0,75	1,5	2	1	0,5	0,25	0,5	0,75
Сероводород, мг/м ³ , в V = 800 см ³ / Hydrogen sulfide, mg/m ³ , in V = 800 см ³	1	1,25	1	1	1	0,75	Ниже предела обна- ружения / Below detection limit		

По результатам отбора проб, сведенных в таблицу 1, построены графики зависимости изменения концентрации выделяемых ЗВ от времени и объема поступившего вещества (рисунки 2–5).

Из данных рисунков 2–5 видно, что при добавлении 10 мл 10% раствора мочевины в первый час происходит значительный выброс метилмеркаптана до 6 мг/м³, но по истечении времени наблюдается снижение концентрации до 1 мг/м³, а концентрация сероводорода в воздухе возросла до

3,5 мг/м³. При 30 мл колебания концентрации ЗВ незначительны. Резкое увеличение количества метилмеркаптана происходит после добавления 50 мл 10% раствора мочевины (10 мг/м³), концентрация со временем только возрастала. Концентрация сероводорода упала до нуля.

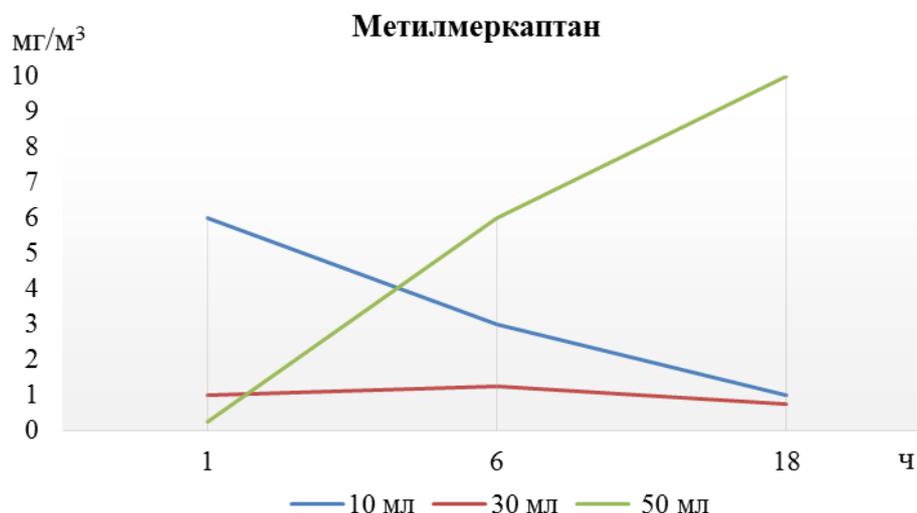


Рисунок 2 – Изменение концентрации метилмеркаптана, выделяемого из раствора навоза и 10% раствора мочевины
Figure 2 – Change in the concentration of methyl mercaptan, emitted from manure solution and 10% urea solution

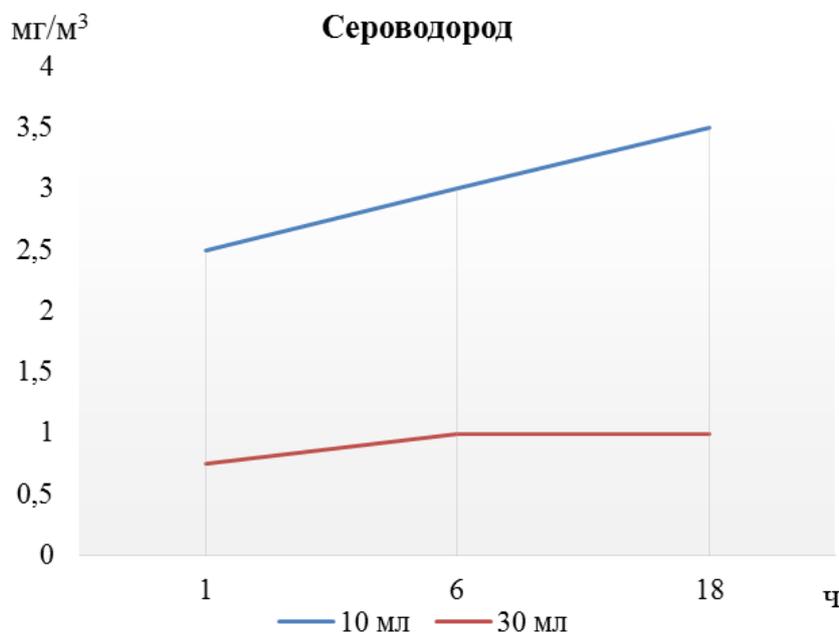


Рисунок 3 – Изменение концентрации сероводорода, выделяемого из раствора навоза и 10% раствора мочевины
Figure 3 – Change in the concentration of hydrogen sulfide, emitted from manure solution and 10% urea solution

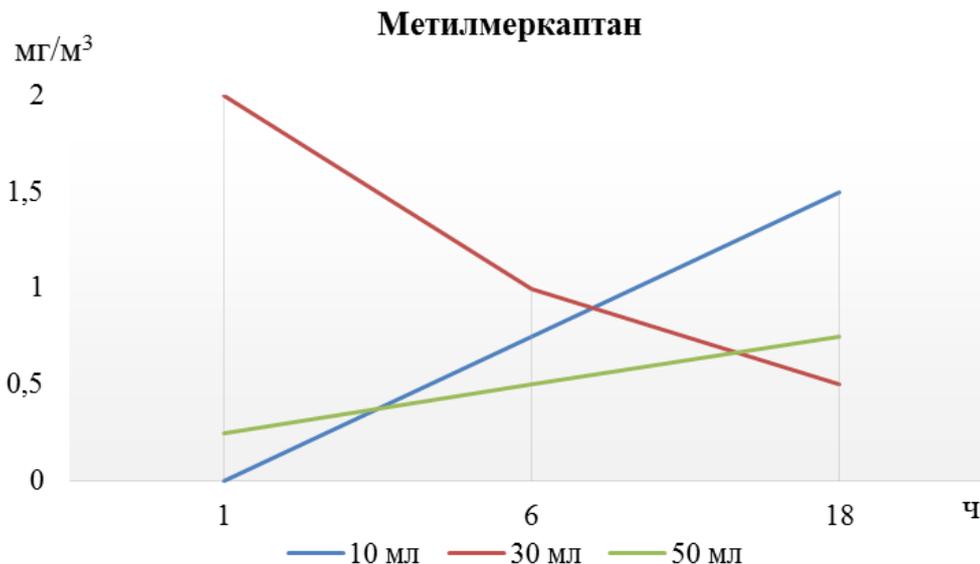


Рисунок 4 – Изменение концентрации метилмеркаптана, выделяемого из раствора навоза и 20% раствора мочевины
Figure 4 – Change in the concentration of methyl mercaptan, emitted from manure solution and 20% urea solution

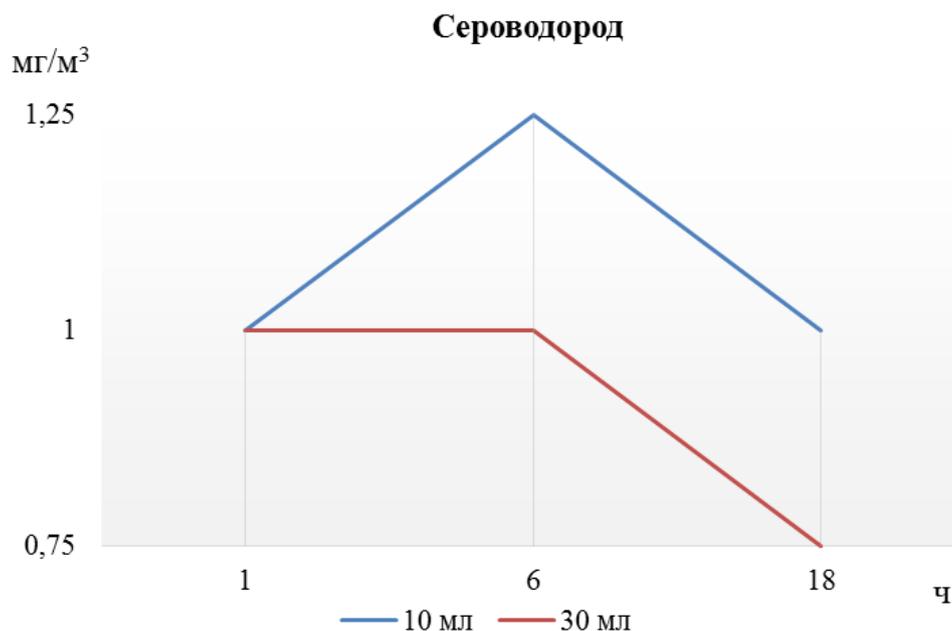


Рисунок 5 – Изменение концентрации сероводорода, выделяемого из раствора навоза и 20% раствора мочевины
Figure 5 – Change in the concentration of hydrogen sulfides, emitted from the manure solution and 20% urea solution

Смешивая свиноводческие стоки и 20% раствор мочевины, резких изменений концентрации ЗВ не наблюдали. При добавлении 10 и 50 мл

раствора происходило увеличение выбросов до 1,5 и 0,75 мг/м³ соответственно, а при 30 мл наблюдалось снижение выделения метилмеркаптана в атмосферный воздух с 2 до 0,5 мг/м³. Выделение сероводорода в аналогичных условиях также незначительно. При 10 мл после 6 ч наблюдался небольшой всплеск до 1,25 мг/м³, выделение со временем вернулось в исходное состояние, а при 30 мл и вовсе пошло на понижение и составило 0,75 мг/м³.

Результаты отбора проб после смешивания исходного раствора с древесной золой и активированным углем представлены на рисунках 6, 7.

Как видно из данных рисунка 6, древесная зола поспособствовала большому выбросу в атмосферный воздух метилмеркаптана и сероводорода до 150 и 50 мг/м³. С увеличением количества добавляемого вещества происходит и рост концентрации ЗВ.

мг/м³

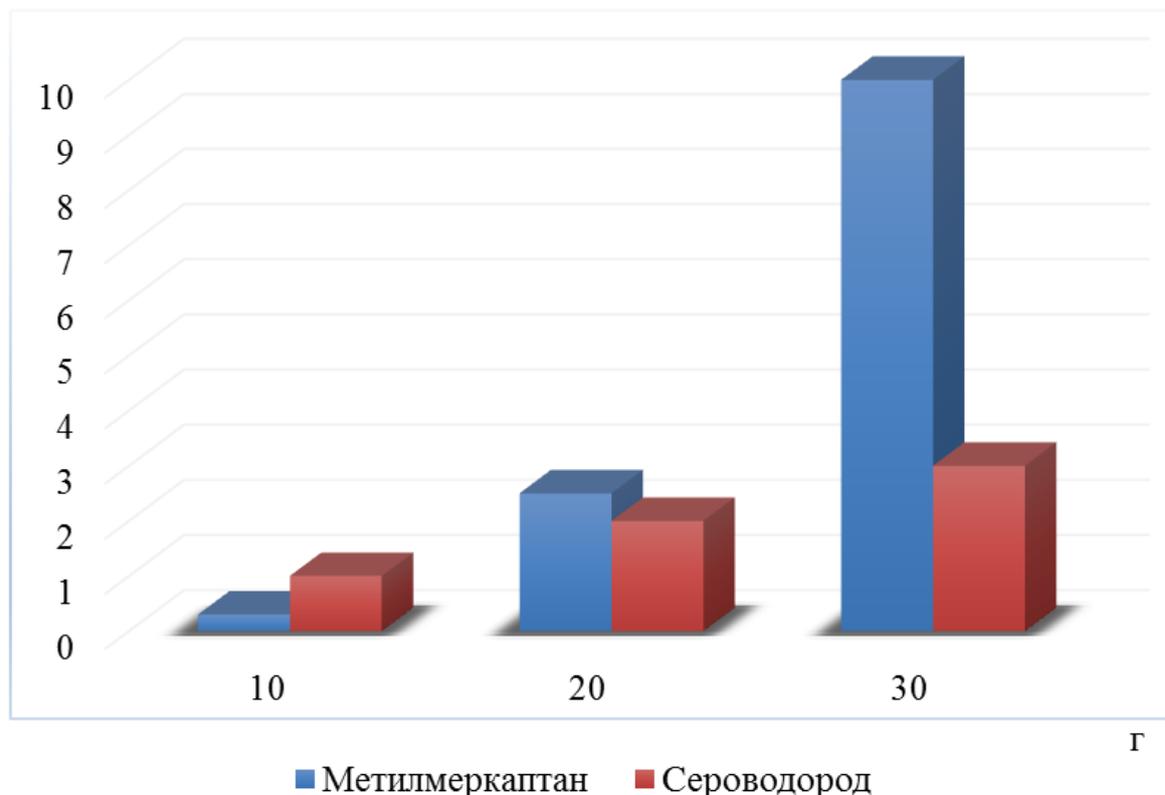


Рисунок 6 – Концентрация загрязняющих веществ, выделяющихся из животноводческих стоков с древесной золой

Figure 6 – Concentration of pollutants emitted from livestock wastewaters with wood ash

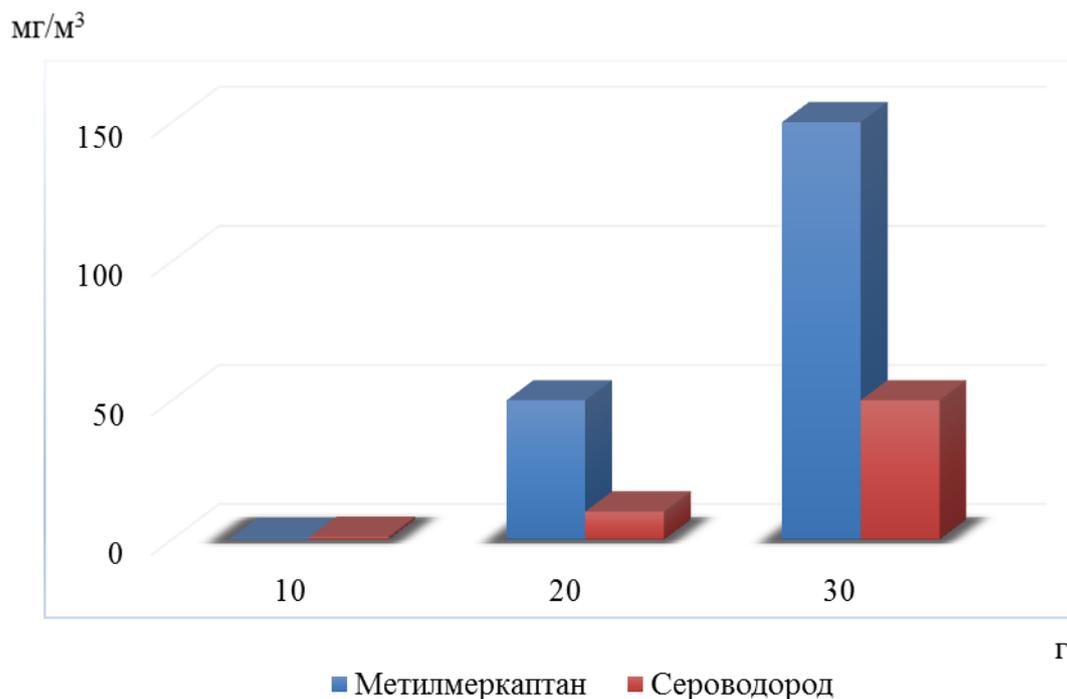


Рисунок 7 – Концентрация загрязняющих веществ, выделяющихся из животноводческих стоков с активированным углем
Figure 7 – Concentration of pollutants emitted from livestock wastewaters with activated carbon

Активированный уголь вступил в реакцию со свиноводческими стоками менее агрессивно (рисунок 7). При увеличении доли активированного угля происходило и увеличение концентрации ЗВ. Концентрация сероводорода изменялась равномерно с 1 до 3 мг/м³, а выделение метилмеркаптана происходило более интенсивно – от 0,3 до 2,5 мг/м³. При добавлении 30 г произошел резкий выброс данного вещества в атмосферный воздух (10 мг/м³).

Выводы

1 Лабораторные исследования показали, что при добавлении 10 мл 10% раствора мочевины к исходному раствору животноводческих стоков происходило снижение концентрации метилмеркаптана с 6 до 1 мг/дм³ в атмосферном воздухе, при смешивании с 50 мл 20% раствора мочевины произошло уменьшение концентрации с 2 до 0,5 мг/дм³, это позволяет использовать его в качестве дезодорирующего вещества.

2 Зола древесная и активированный уголь как предполагаемые вещества, способные снизить концентрацию ЗВ и тем самым избавиться от резкого запаха животноводческие стоки, являются малоэффективными и нецелесообразными в использовании.

Список источников

1. Анализ экологических проблем современного сельского хозяйства в Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nasadki.net/index/0-48> (дата обращения: 26.11.2021).

2. Проблемы загрязнения воздуха в животноводстве и пути их решения / А. Г. Возмилов, В. Б. Файн, Д. В. Астафьев, Л. Н. Андреев // Вестник НГИЭИ. 2021. № 9(124). С. 38–49. DOI: 10.24412/2227-9407-2021-9-38-49.

3. Сырчина Н. В., Шубин А. С., Береснева Т. П. Дезодорация свиного навоза, предназначенного для производства удобрений // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, г. Киров, 5–8 дек. 2016 г. / ФГБОУ ВО «ВятГУ». Киров, 2016. С. 394–397.

4. Thu K. M. Public health concerns for neighbors of large-scale swine production operations // Journal of Agricultural Safety and Health. 2002. № 8(2). P. 175–184. DOI: 10.13031/2013.8430.

5. Community health and socioeconomic issues surrounding concentrated animal feeding operations / K. J. Donham, S. Wing, D. Osterberg, J. L. Flora, C. Hodne, K. M. Thu, P. S. Thorne // Environmental Health Perspectives. 2007, Febr. Vol. 115, № 2. P. 317–320. DOI: 10.1289/ehp.8836.

6. Пилип Л. В. Метод очистки воздуха от запахообразующих веществ свинокомплексов // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 4(101). С. 137–146.

7. Снижение эмиссии запахообразующих веществ в условиях промышленных свиноводческих предприятий / Ю. Н. Терентьев, Н. В. Сырчина, Т. Я. Ашихмина, Л. В. Пилип // Экологизация производства. Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 2. С. 113–119. DOI: 10.25750/1995-4301-2019-2-113-120.

8. Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу от животноводческих комплексов и звероферм (по величинам удельных показателей): утв. Гос. ком. РФ по охране окружающей среды 12.11.97. СПб.: Госкомэкология России, 1997. 32 с.

9. Определение концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе: сб. метод. указаний. М.: Информ.-изд. центр Минздрава России, 1997. 454 с.

10. Измерение массовой концентрации химических веществ люминесцентными методами в объектах окружающей среды: сб. метод. указаний. М.: Информ.-изд. центр Минздрава России, 2003. 272 с.

11. ГОСТ Р 52716-2007. Воздух рабочей зоны. Определение массовой концентрации монооксида углерода. Метод с использованием индикаторных трубок с непосредственным отсчетом показаний и ускоренным отбором проб. Введ. 2007-10-01. М.: Стандартинформ, 2007. 12 с.

References

1. *Analiz ekologicheskikh problem sovremennogo sel'skogo khozyaystva v Rossiyskoy Federatsii* [Analysis of environmental problems of modern agriculture in the Russian Federation], available: <http://www.nasadki.net/index/0-48> [accessed 26.11.2021]. (In Russian).
2. Vozmilov A.G., Fine V.B., Astafiev D.V., Andreev L.N., 2021. *Problemy zagryazneniya vozdukha v zhivotnovodstve i puti ikh resheniya* [Air pollution problems in livestock and ways to solve them]. *Vestnik NGIEI* [Bulletin of NGIEI], no. 9(124), pp. 38-49. DOI: 10.24412/2227-9407-2021-9-38-49. (In Russian).
3. Syrchina N.V., Shubin A.S., Beresneva T.P., 2016. *Dezodoratsiya svinogo navoza, prednaznachennogo dlya proizvodstva udobreniy* [Odour control of pig manure intended for the production of fertilizers]. *Biodiagnostika sostoyaniya prirodnkh i prirodno-tekhnogennykh sistem: materialy XIV Vserossiiskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Biodiagnostics of the State of Natural and Natural-Technogenic Systems: Proc. of XIV All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation]. VyatSU, Kirov, pp. 394-397. (In Russian).
4. Thu K.M., 2002. Public health concerns for neighbors of large-scale swine production operations. *Journal of Agricultural Safety and Health*, no. 8(2), pp. 175-184, DOI: 10.13031/2013.8430.
5. Donham K.J., Wing S., Osterberg D., Flora J.L., Hodne C., Thu K.M., Thorne P.S., 2007. Community health and socioeconomic issues surrounding concentrated animal feeding operations. *Environmental Health Perspectives*, Febr., vol. 115, no. 2, pp. 317-320, DOI: 10.1289/ehp.8836.
6. Pilip L.V., 2019. *Metod ochistki vozdukha ot zapakhoobrazuyushchikh veshchestv svinokompleksov* [Method of air purification from odor-forming substances of pig complexes]. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva* [Technologies and Technical Means of Mechanized Production of Crop and Livestock Products], no. 4(101), pp. 137-146. (In Russian).
7. Terentyev Yu.N., Syrchina N.V., Ashikhmina T.Ya., Pilip L.V., 2019. *Snizhenie emissii zapakhoobrazuyushchikh veshchestv v usloviyakh promyshlennykh svinovodcheskikh predpriyatiy* [Reducing the emission of odorous substances in the conditions of industrial pig-breeding enterprises]. *Ekologizatsiya proizvodstva. Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* [Ecologization of Production. Theoretical and Applied Ecology], no. 2, pp. 113-119, DOI: 10.25750/1995-4301-2019-2-113-120. (In Russian).
8. *Metodika rascheta vydeleniy (vybrosov) zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfere ot zhivotnovodcheskikh kompleksov i zveroferm (po velichinam udel'nykh pokazateley)* [Methodology for calculating emissions (emissions) of pollutants into the atmosphere from livestock complexes and fur farms (based on the values of specific indicators)]. Saint Petersburg, Goskomekologiya Rossii Publ., 1997, 32 p. (In Russian).
9. *Opredelenie kontsentratsiy zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfernom vozdukh: sb. metod. ukazaniy* [Determination of Concentration of Pollutants in the Air: Collection of Methodical Instructions]. Moscow, Information-Publishing Center of the Ministry of Health of Russia, 1997, 454 p. (In Russian).
10. *Izmerenie massovoy kontsentratsii khimicheskikh veshchestv lyuminescentnymi metodami v ob'ektakh okruzhayushchey sredy: sb. metod. ukazaniy* [Measurement of Mass Concentration of Chemicals by Luminescent Methods in Environmental Objects: Collection of Methodical Instructions]. Moscow, Information-Publishing Center of the Ministry of Health of Russia, 2003, 272 p. (In Russian).
11. *GOST R 52716-2007. Vozdukh rabochey zony. Opredelenie massovoy kontsentratsii monooksida ugleroda. Metod s ispol'zovaniem indikatornykh trubok s neposredstven-*

Экология и водное хозяйство. 2021. Т. 3, № 4. С. 14–26.
Ecology and water management. 2021. Vol. 3, no. 4. P. 14–26.

nym otschetom pokazaniy i uskorennyim otborom prob [Work area air. Determination of the mass concentration of carbon monoxide. Direct sampling and rapid sampling method using indicator tubes]. Moscow, Standartinform Publ., 2007, 12 p. (In Russian).

Информация об авторах

М. А. Ляшков – научный сотрудник;
Ю. Ю. Арискина – младший научный сотрудник.

Information about the authors

M. A. Lyashkov – Researcher;
Yu. Yu. Ariskina – Junior Researcher.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 01.12.2021; одобрена после рецензирования 20.12.2021; принята к публикации 21.12.2021.
The article was submitted 01.12.2021; approved after reviewing 20.12.2021; accepted for publication 21.12.2021.