

Научная статья
УДК 631.147:502.55
DOI 10.46845/1997-3071-2023-68-46-54

Роль аммонификаторов в эмиссии аммиака из свиных навозных стоков

Лариса Валентиновна Пилип¹, Надежда Викторовна Сырчина²

¹Вятский государственный агротехнологический университет, Киров, Россия

²Вятский государственный университет, Киров, Россия

¹pilip_larisa@mail.ru*, <http://orcid.org/0000-0001-9695-7146>

²nvms1956@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8049-6760>

Аннотация. Экологическая безопасность функционирования животноводческих и птицеводческих промышленных комплексов является приоритетным направлением успешного развития сельского хозяйства. При хранении органических отходов (навоз, навозные стоки, помёт) в лагунах в течение 6–12 мес. происходит эмиссия N-содержащих соединений, в том числе аммиака. К негативным экологическим последствиям образования данных соединений относятся изменение биоразнообразия флоры и фауны водных водоемов, химическая и микробная деградация пахотных земель сельскохозяйственных угодий и загрязнение атмосферного воздуха, в том числе запаховое. Существенная роль в микробиологическом разложении органических компонентов навозных стоков принадлежит микроорганизмам-аммонификаторам родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Proteus*. Изучение их функции в эмиссии аммиака, а также влияния различных условий хранения на видовое разнообразие и численность аммонификаторов является перспективным направлением, позволяющим контролировать эмиссию N-содержащих соединений. В ходе наших исследований обнаружено, что в свежих навозных стоках доминируют аммонификаторы *Peptostreptococcus anaerobius*. Количественный и качественный состав микроорганизмов изменяется в зависимости от сроков и условий хранения (подкисление навозных стоков). При хранении наибольшей численности аммонификаторы достигают на 14-й день. На 7-й день отмечено превалирование *Clostridium spp.*, а на 14-й – *E. Coli*. Подкисление навозных стоков 10%-ным раствором серной кислоты до pH 5,3±0,2 значительно снижает численность микроорганизмов-аммонификаторов на 98,89 % на 7-й и 89,05 % – на 14-й дни, соответственно, в сравнении с исходными значениями. Активность *Proteus spp.* подавляется полностью, что приводит к абсолютному исчезновению микроорганизма из навозных стоков. Наиболее устойчивыми к подкислению оказались *Clostridium spp.* Применение технологии подкисления навозных стоков позволит уменьшить негативное воздействие свиноводческих предприятий на экосистемы благодаря значительному снижению NH₃, попадающего в окружающую среду.

Ключевые слова: микроорганизмы-аммонификаторы, свиные навозные стоки, серная кислота, эмиссия аммиака

Для цитирования: Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Роль аммонификаторов в эмиссии аммиака из свиных навозных стоков // Известия КГТУ. 2023. № 68. С. 46–54. DOI: 10.46845/1997-3071-2023-68-46-54.

Original article

The importance of microorganisms-ammonifiers of manure effluents in the emission of ammonia

Larisa V. Pilip¹, Nadezhda V. Syrchina²

¹Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia

²University Vyatka State University, Kirov, Russia

¹pilip_larisa@mail.ru*, <http://orcid.org/0000-0001-9695-7146>

²nvms1956@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8049-6760>

Abstract. Organic waste from livestock and poultry complexes (manure, manure drains, manure) should be environmentally safe for the environment. Negative environmental consequences of the emission of N-containing compounds include changes in the biodiversity of flora and fauna of water bodies, chemical and microbial degradation of arable lands of agricultural lands and atmospheric air pollution, including odorous. When storing organic waste in lagoons for 6–12 months, the emission of N-containing compounds, including ammonia, occurs. Microbiological processes in manure runoff occur with the participation of microorganisms-ammonifiers. There are *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Proteus*. In the course of our research, it has been found that *Pep-tostreptococcus anaerobius* ammonifiers dominate in fresh manure drains. The quantitative and qualitative composition of ammonifiers varies depending on the terms and conditions of storage (acidification of manure drains). During storage, the largest number of ammonifiers is reached on the 14th day. On the 7th day, the prevalence of *Clostridium spp.* was noted, and on the 14th day- *E. Coli* prevailed. Acidification of manure effluents with a 10 % solution of sulfuric acid to a pH of 5.3 ± 0.2 significantly reduces the number of microorganisms-ammonifiers by 98.89 % on the 7th and 89.05 % and 14th days, respectively, in comparison with the initial values. The activity of *Proteus spp.* is completely suppressed, which leads to the complete disappearance of the micro-organism from the manure drains. The most resistant to acidification were *Clostridium spp.* Application of the technology of acidification of manure effluents will reduce the negative impact of pig breeding enterprises on ecosystems due to a significant reduction in NH_3 entering the environment from manure effluents.

Keywords: microorganisms-ammonifiers, pig manure effluents, sulfuric acid, ammonia emission

For citation: Pilip L. V., Syrchina N. V. The importance of microorganisms-ammonifiers of manure effluents in the emission of ammonia. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2023; (68): 46–54. (In Russ). DOI: 10.46845/1997-3071-2023-68-46-54.

ВВЕДЕНИЕ

При обращении с органическими отходами (навоз, помет) животноводства на первый план выходят вопросы экологической безопасности отрасли [1, 2]. Отходы животноводства (навоз, помет) входят в число важнейших источников антропогенного загрязнения окружающей среды аммиаком (NH_3) [3, 4]. Выбросы NH_3 приводят к повышению содержания в окружающей среде органически связанного азота и нитритов, что сопряжено с интенсификацией процессов эвтрофи-

кации водоемов, подкислением почв и поверхностных вод, изменением видового состава растительности. Образование твердых кристаллов солей аммония в воздухе оказывает негативное воздействие на здоровье человека, так как способствует развитию сердечно-сосудистых, респираторных и онкологических заболеваний [5]. На международном уровне выбросы NH_3 регулируются Гетеборгским протоколом к Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (1999 г.). В декабре 2014 г. в Женеве на совещании государств-участников Конвенции был принят Рамочный кодекс по аммиаку, направленный на сокращение выбросов этого газа из сельскохозяйственных источников. Соответствующий документ стал дополнением к Протоколу о борьбе с подкислением, эвтрофикацией и приземным озоном. В РФ до настоящего времени выбросы NH_3 не нормируются [6]. Контролю и нормированию по содержанию NH_3 подлежат лишь показатели микроклимата животноводческих объектов при наличии в помещениях животных, так как аммиак обладает токсическим действием на организм, снижая продуктивность, и увеличивает себестоимость продукции [7].

Продуцирование NH_3 в органогенных отходах в основном обусловлено процессами метаболизма аминокислот, пептидов, белков такими микроорганизмами-аммонификаторами, как *Bacillus cereus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium sporogenes*, *Micrococcus*, *Arthrobacter*, *Mycobacterium*, *Proteus* и др. [8, 9]. Разложению с выделением NH_3 также подвергаются содержащиеся в навозных стоках (НС) и помете птиц мочевины, гиппуровая и мочева кислоты. Активное участие в деструкции мочевины принимают микроорганизмы – продуценты уреазы: *Micrococcus ureae*, *Sporosarcina ureae*, *Bacillus pasteurii* и др. [10]. Помимо бактерий, в процессах аммонификации (гниения) участвуют актиномицеты и плесневые грибы [11].

Процесс аммонификации может протекать в широком интервале pH как в аэробных, так и анаэробных условиях, причем потери азота за счет эмиссии NH_3 из навоза в аэробных условиях значительно выше, чем в анаэробных [12]. Наилучшие условия для развития соответствующих процессов в НС создаются при температуре 30–40 °С в интервале pH от 6 до 8.

Для снижения эмиссии NH_3 из НС используют приемы, направленные на подавление активности микроорганизмов-аммонификаторов. К таким приемам можно отнести регулирование pH, влажности и температуры субстрата, внесение в субстрат ингибиторов уреазы или бактерицидных препаратов и т. п. [13]. Следует отметить, что данных, позволяющих судить о влиянии pH на наличие и динамику численности микроорганизмов в свином навозе и НС, опубликовано крайне недостаточно, что существенно затрудняет разработку технологий эффективного управления этим отходом.

Цель настоящей работы состояла в изучении влияния pH на видовое разнообразие и численность микроорганизмов аммонификаторов свиных навозных стоков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования явились образцы свиных навозных стоков из цеха доращивания с самотечной системой удаления навоза периодического действия. Образующиеся в результате жизнедеятельности животных НС через щелевые полы стекают в подпольные навозные ванны объемом 33,54 м³. Срок нахождения

НС в ваннах – 10–14 дней с частичным или полным опорожнением по мере заполнения за счет открытия заслонок пробкового типа.

Пробы НС отбирали непосредственно из навозосборных ванн в стерильные 5-литровые емкости и доставляли в лабораторию для проведения исследований. В процессе эксперимента НС хранили в затемненном месте при температуре 21 ± 2 °С в закрытых емкостях с газоотводными трубками (условия хранения примерно соответствовали условиям, складывающимся в навозосборных ваннах).

Химические и микробиологические исследования НС проводили в 1, 7 и 14-е сутки после отбора проб, что соответствовало периодичности заполнения и слива стоков из ванн (1-е сутки – начало заполнения; 7-е и/или 14-е – слив стоков). Содержание сухого вещества в отобранных пробах НС составляет 2,1 %, рН $6,8 \pm 0,1$.

Для подкисления НС использовали 10%-ный раствор серной кислоты (H_2SO_4). рН подкисленных проб доводили до $5,3 \pm 0,2$. При более низких значениях рН начинается активная коррозия оборудования, что недопустимо в производственных условиях.

Для определения содержания NH_3 в выделяемых из навоза газах образцы НС помещали в емкости, герметично закрытые пробками с газоотводными трубками. Выделяющийся газ через газоотводную трубку поступал в хемоабсорбер, в котором NH_3 поглощался 0,01 Н раствором H_2SO_4 . Непоглощенный газ (преимущественно смесь CO_2 и CH_4), выходящий из абсорбера, собирали методом вытеснения воды и измеряли его объем. Не вступившую в реакцию с аммиаком кислоту титровали 0,01 Н раствором гидроксида натрия. Расчет содержания NH_3 проводили с учетом поправочного коэффициента (приведение к нормальным условиям). Кислотно-основное титрование осуществляли трехкратно, расчет производили по среднему значению.

Микробиологические исследования, включающие серийные десятикратные разведения, с дальнейшим посевом исследуемых проб на стандартные и специализированные питательные среды и их инкубированием при 37 °С в течение 24–48 ч проводили трехкратно. Для идентификации микроорганизмов использовали анаэротест и энтеротест (Lachema, Чехия).

Статистическую обработку результатов осуществляли стандартными методами с применением встроенного пакета программ EXCEL.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты эксперимента показали, что наиболее интенсивное выделение NH_3 из НС наблюдается в первые сутки после отбора проб. Подкисление НС до рН $5,3 \pm 0,2$ привело к существенному снижению эмиссии NH_3 , наиболее отчетливо это проявилось в конце периода наблюдений.

Динамика эмиссии аммиака из НС с разным значением рН представлена в табл. 1.

Таблица 1. Динамика эмиссии NH_3 в подкисленных и неподкисленных НС, мг/л
Table 1. Dynamics of the emissions of NH_3 in acidified and non-acidified manure effluents, mg/l

№ п/п	Период сбора выделяющегося NH_3	Средняя концентрация NH_3 в выделяющихся из НС газов, мг/л	
		подкисленные НС (рН 5,3±0,2)	неподкисленные НС (рН 6,8±0,2)
1	1-й день	1,44±0,21	1,51±0,10
2	2–7-й день	0,77±0,09	1,15±0,06**
3	8–14-й день	0,38±0,03	0,71±0,03***

Примечание. **P < 0,01; ***P < 0,001 – в сравнении с неподкисленными стоками.

Динамика численности микроорганизмов-аммонификаторов в зависимости от сроков и условий хранения приведена в табл. 2.

Таблица 2. Динамика численности микроорганизмов-аммонификаторов в подкисленных и неподкисленных НС, КОЕ/мл
Table 2. Dynamics of the number of microorganisms-ammonifiers in acidified and non-acidified manure effluents, CFU/ml

№ п/п	Микроорганизмы	Исходное число микроорганизмов в НС	Подкисленные НС рН 5,3±0,2		Неподкисленные НС рН 6,8±0,2	
		1-й день	7-й день	14-й день	7-й день	14-й день
1	<i>Escherichia coli</i>	(5±0,7)×10 ⁶	(5±0,2)×10 ⁶	(6±0,2)×10 ⁷ *	(7±0,6)×10 ⁷ *	(8±0,5)×10 ⁹ **
2	<i>Proteus spp.</i>	(6±0,5)×10 ⁵	0		(6±0,8)×10 ⁷ *	(6±0,8)×10 ⁷ **
3	<i>Clostridium spp.</i>	(7±0,9)×10 ⁵	(6±0,7)×10 ⁷ **	(7±0,5)×10 ⁸ **	(7±0,9)×10 ⁹ ***	(6±0,9)×10 ⁹ **
4	<i>Bacteroides fragilis</i>	(5±0,3)×10 ⁶	(6±0,4)×10 ⁶ *	(7±0,6)×10 ⁶ *	(7±0,3)×10 ⁷ *	(8±0,2)×10 ⁷ *
5	<i>Peptostreptococcus sp. (P. anaerobius)</i>	(7±0,6)×10 ⁹	(7±0,9)×10 ⁶	(6±0,7)×10 ⁵ ***	(8±0,3)×10 ⁷ *	(6±0,5)×10 ⁷ **

Примечание. *P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001 – в сравнении с исходной численностью микроорганизмов.

Согласно полученным результатам в свежих НС среди микроорганизмов-аммонификаторов доминируют *Peptostreptococcus anaerobius*, численность которых составляет 7×10⁹ КОЕ/мл, а остальных аммонификаторов – лишь 0,16 %. Следует отметить, что в свежем свином навозе идентифицируется постоянный обитатель желудочно-кишечного тракта животных *Lactobacillus spp.*, численность которого достигает 7×10⁸ КОЕ/мл, однако в НС эти микроорганизмы не были выявлены.

При хранении НС численность микроорганизмов-аммонификаторов возрастает на 3,83 % на 7-й день и более чем в 2 раза – на 14-й (соответствует технологическому сроку полного опорожнения навозных ванн). На 7-й день в НС преобладают *Clostridium spp.*, а на 14-й – *Clostridium spp.* и *E. Coli*. Клостридии сбраживают большое число субстратов, включая полисахариды, белки, аминокислоты и пурины. Наиболее высока их роль в дезаминировании аминокислот с образованием аммиака и летучих жирных кислот, преимущественно масляной кислоты.

Подкисление значительно снижает численность микроорганизмов-аммонификаторов на 98,89 и 89,05 % на 7 и 14-й дни соответственно в сравнении с исходными значениями. Особенно губительным смещение pH до 5,3 являлось для *Proteus spp.* По опубликованным данным [14], именно микроорганизмы рода *Proteus* способны активно расщеплять мочевины за счет уреазы, причем для синтеза фермента не требуется индукции мочевиной, а аммиак не подавляет ее синтез, в связи с чем *Proteus* могут расщеплять всю имеющуюся мочевины до NH_3 . Создание условий, не благоприятных для жизнедеятельности *Proteus spp.* в НС, позволит существенно снизить эмиссию аммиака.

Наиболее устойчивыми в кислой среде оказались факультативные и облигатные анаэробы *Clostridium spp.* В процессе хранения подкисленных НС их численность несколько увеличивается, но остается ниже, чем в не обработанных кислотой образцах. Этот факт, по всей видимости, связан с тем, что оптимальным значением pH для их жизнедеятельности является 7,2–7,4.

Численность анаэробного микроорганизма *Bacteroides fragilis* в неподкисленных образцах постепенно возрастает до 7×10^6 КОЕ/мл, а в подкисленных практически не изменяется. *Bacteroides* принимает участие в реакциях дезаминирования аминокислот с образованием летучих жирных кислот и аммиака.

Количество факультативного анаэроба *E. Coli* по мере хранения нативных НС существенно увеличивается (оптимальное значение pH 7,2–7,5), в подкисленных образцах этот процесс протекает значительно медленнее. Следует отметить, что бактерии *E. Coli* являются условно-патогенными микроорганизмами и в определенных условиях могут вызывать различные заболевания животных и человека.

Численность *Peptostreptococcus* снижается как в подкисленных, так и в неподкисленных НС, однако в подкисленных – значительно. Эти микроорганизмы принимают активное участие в дезаминировании аминокислот с выделением аммиака.

Нужно подчеркнуть, что на поверхности подкисленных НС к концу эксперимента сформировалась достаточно устойчивая и плотная биопленка, в составе которой были обнаружены плесневые грибы. На поверхности неподкисленных НС устойчивая пленка не формировалась.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования показывают, что подкисление НС до pH $5,3 \pm 0,2$ является эффективным приемом, позволяющим снизить эмиссию аммиака за счет связывания этого газа в нелетучие соединения – соли аммония, ингибирования фермента уреазы, а также подавления активности микроорганизмов-аммонификаторов.

Особенно существенно в подкисленных НС снижается численность *Proteus spp.*, принимающих активное участие в расщеплении мочевины. Наиболее устойчивыми в кислой среде оказались факультативные и облигатные анаэробы *Clostridium spp.*

Несмотря на то, что общая численность аммонификаторов в период хранения НС постепенно нарастает, эмиссия NH_3 из этого отхода снижается. Установленный факт позволяет предположить, что основной причиной, влияющей на ко-

личество выделяемого из НС аммиака, является состав субстрата, а именно баланс в субстрате азотсодержащих органических и неорганических веществ.

Перевод органически связанного азота в минеральную форму в процессе жизнедеятельности аммонификаторов создает благоприятные условия для развития плесневых грибов, способных к активному метаболизму в кислой среде. Об их влиянии на эмиссию NH_3 из биогенных отходов до настоящего времени известно очень мало. Систематическое изучение этого вопроса может создать теоретическую базу для разработки новых технологий, позволяющих снизить потери азота и опасность загрязнения окружающей среды аммиаком.

Список источников

1. Тарасов С. Скандинавский опыт снижения экологических рисков при интенсивном применении органических удобрений // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 3. С. 32–37.
2. Брюханов А. Ю., Васильев Э. В., Шалавина Е. В. Проблемы обеспечения экологической безопасности животноводства и наилучшие доступные методы их решения // Региональная экология. 2017. № 1 (47). С. 37–43.
3. Гриднев П. И., Гриднева Т. Т., Шведов А. А. Эмиссия аммиака и ее последствия для окружающей среды // Вестник ВНИИМЖ. 2018. №1 (29). С. 42–49.
4. Влияние подкисления на численность и состав продуцентов аммиака в навозных стоках свиноферм / Н. В. Сырчина, Л. В. Пилип, В. А. Козвонин, Е. П. Колеватых // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Киров, 2020. С. 54–57.
5. Какарека С. В., Мальчихина А. В. Аммиак в атмосферном воздухе: источники поступления, уровни содержания, регулирование: монография. Минск: Беларуская навука, 2016. 253 с. URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=467627 (дата обращения: 16.05.2022).
6. Reducing Ammonia Emissions from Agriculture. URL: <https://www.yara.com/globalassets/pure-nutrient-ammonia/reducing-ammonia-emissions-from-agriculture.pdf> (дата обращения: 16.05.2022).
7. РД–АПК 1.10.15.02–17. Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. URL: <http://docs.cntd.ru/document/495876346> (дата обращения: 16.05.2022).
8. Zhu J. A review of microbiology in swine manure odor control // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2000. V. 78. P. 93–106.
9. Мушина М. В., Телятникова Н. В. Микрофлора навоза // Молодежь и наука. 2016. №. 8. С. 8–18.
10. Криволапов И. П. Анализ биохимических процессов при компостировании // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2010. №1. С. 65–68.
11. Хакимова Н. Х., Исломова У. Биологическая активность старых орошаемых луговых почв хозяйства "Мирзоджамшид" Шафирканского района Бухарской области // Современные научные исследования. Актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XXII Международной научно-практической конференции. В 2 ч. Ч. 1. Пенза: МЦНС "Наука и Просвещение", 2021. С. 26–28.

12. Losses and transformation of nitrogen during composting of poultry manure with different amendments: An incubation experiment / S. Mahimairaja, N. S. Bolan, M. J. Hedley, A. N. Macgregor // *Bioresource Technology*. 1994. V. 47. N 3. P. 265–273. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(94\)90190-2](https://doi.org/10.1016/0960-8524(94)90190-2).

13. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Новые подходы к дезодорации свиного навоза // *Иппология и ветеринария*. 2018. №. 4 (30). С. 99–106.

14. Влияние подкисления навозных стоков на их микробиологические характеристики / Л. В. Пилип, В. А. Козвонин, Н. В. Сырчина, Е. П. Колеватых, Т. Я. Ашихмина // *Теоретическая и прикладная экология*. 2020. № 3. С. 161–167.

References

1. Tarasov S. Skandinavskiy opyt snizheniya ekologicheskikh riskov pri intensivnom primeneniі organicheskikh udobreniy [Scandinavian experience of reducing environmental risks with the intensive use of organic fertilizers]. *Mezhdunarodnyy selskokhozyaystvennyy zhurnal*, 2017, no. 3. pp. 32–37.

2. Bryukhanov A. Yu., Vasiliev E. V., Shalavina E. V. Problemy obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti zhivotnovodstva i nailuchshie dostupnye metody ikh resheniya [Challenges of environmental safety in livestock farming and best available methods to address them]. *Regionalnaya ekologiya*, 2017, no. 1 (47), pp. 37–43.

3. Gridnev P. I., Gridneva T. T., Shvedov A. A. Emissiya ammiaka i ee posledstviya dlya okruzhayushchey sredy [Emission of ammonia and its consequences for the environment]. *Vestnik VNIIMZH*, 2018, no. 1 (29), pp. 42–49.

4. Syrchina N. V., Pilip L. V., Kozvонin V. A., Koleyatykh E. P. Vliyanie podkislenniya na chislennost' i sostav produktentov ammiaka v navoznykh stokakh svinoferm [The effect of acidification on the number and composition of ammonia producers in pig farm manure effluents]. *Trudy XVIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Biodiagnostika sostoyaniya prirodnikh i prirodno-tekhnogennykh sistem"* [Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation "Biodiagnosics of the state of environmental and technogenic systems"]. Kirov, 2020, pp. 54–57.

5. Kakareka S. V., Malchikhina A. V. *Ammiak v atmosfernom vozdukh: istochniki postupleniya, urovni sodержaniya, regulirovaniye*: monografiya [Ammonia in atmospheric air: sources of intake, levels of content, regulation]. Minsk, Belaruskaya navuka, 2016. 253 p., available at: https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=467627 (Accessed 16 May 2022).

6. Reducing Ammonia Emissions from Agriculture. Available at: <https://www.yara.com/globalassets/pure-nutrient-ammonia/reducing-ammonia-emissions-from-agriculture.pdf> (Accessed 16 May 2022).

7. RD – APK 1.10.15.02–15. Guidelines for the technological design of systems for the removal and preparation for use of manure and poultry manure, available at: <http://docs.cntd.ru> (Accessed 16 May 2022).

8. Zhu J. A review of microbiology in swine manure odor control. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2000, vol. 78, pp. 93–106.

9. Mushina M. V., Telyatnikova N. V. Mikroflora navoza [Microflora of manure]. *Molodezh i nauka*, 2016, no. 8, pp. 8–18.

10. Krivolapov I. P. Analiz biokhimicheskikh protsessov pri kompostirovaniі [Analysis of biochemical processes during composting]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010, no. 1, pp. 65–68.

11. Khakimova N. Kh., Islomova U. Biologicheskaya aktivnost starykh oroshayemykh lugovykh pochv khozyaystva "Mirzodzhamshid" Shafirkanskogo rayona Bukharskoy oblasti [Biological activity of old irrigated meadow soils of the Mirzozhamshid farm in Shafirkan district of Bukhara region]. *Sbornik statey XXII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sovremennye nauchnye issledovaniya. Aktualnye voprosy, dostizheniya i innovatsii"* [Collection of articles of the XXII International Scientific and Practical Conference "Modern scientific research. Topical issues, achievements and innovations"]. Penza, ICNS "Science and Education", 2021, part 1, pp. 26–28.

12. Mahimairaja S., Bolan N. S., Hedley M. J., Macgregor A. N. Losses and transformation of nitrogen during composting of poultry manure with different amendments: An incubation experiment. 1994, *Bioresource Technology*. 1994, vol. 47, no. 3, pp. 265–273, [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(94\)90190-2](https://doi.org/10.1016/0960-8524(94)90190-2).

13. Pilip L. V., Syrchina N. V. Novye podkhody k dezodoratsii svinogo navoza [New approaches to deodorization of pig manure]. *Ippologiya i veterinariya*, 2018, no. 4 (30), pp. 99–106.

14. Pilip L. V., Kozvonin V. A., Syrchina N. V., Kolevatykh E. P., Ashikhmina T. Ya. Vliyanie podkisljeniya navoznykh stokov na ikh mikrobiologicheskie kharakteristiki [Effects of acidifying manure effluent on its microbiological characteristics]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2020, no. 3, pp. 161–167.

Информация об авторах

Л. В. Пилип – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры зоогигиены, физиологии и биохимии

Н. В. Сырчина – кандидат химических наук, доцент кафедры фундаментальной химии и методики обучения химии, старший научный сотрудник лаборатории биомониторинга ВятГУ и Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук

Information about the authors

L. V. Pilip – PhD in Veterinary sciences, Associate Professor of the Department of Zoological Hygiene, Physiology and Biochemistry

N. V. Syrchina – PhD in Chemistry, Associate Professor of the Department of Fundamental Chemistry and Chemistry Teaching Methods, Senior Researcher of the Laboratory of Biomonitoring of Vyatka State University and Komi of the research center of Ural division of the Russian Academy of Sciences

Статья поступила в редакцию 07.10.2022; одобрена после рецензирования 11.10.2022; принята к публикации 03.11.2022.

The article was submitted 07.10.2022; approved after reviewing 11.10.2022; accepted for publication 03.11.2022.