УДК 631.3/636.034

[1]Л.В. Пилип, [2]Н.В. Сырчина, [3]Е.П. Колеватых

[1]Вятский государственный агротехнологический университет, pilip_larisa@mail.ru
[2]Вятский государственный университет
[3]Кировский государственный медицинский университет

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ВОССТАНОВЛЕННОЙ ПОДСТИЛКИ, ПОЛУЧЕННОЙ НА ФИЛЬТРАЦИОННО-СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

Увеличение поголовья сельскохозяйственных животных в РФ влечет за собой образование большого количества навоза. При нарушении условий утилизации навоз приобретает статус отхода. Внедрение в технологический процесс переработки данных отходов альтернативных механизмов, позволяющих ускорить процесс его переработки, является новаторским и актуальным, но требует дополнительных научных исследований. Технология Bedding Recovery Unit (BRU) позволяет ускорить процесс переработки и снизить количество образующихся отходов. Объектом исследования явилась твердая фракция навоза крупного рогатого скота после фильтрационно-сушильной установки BRU FAN 720, используемая в качестве подстилочного материала для животных дойного стада молочной фермы. Исследования включали изучение физико-химических и микробиологических свойств восстановленной подстилки крупного рогатого скота. Технология рециклинга навоза коров при производстве подстилки включала разделение навоза на твердую и жидкую фракции с последующей аэробной обработкой твердой фракции во вращающихся барабанах (биореакторах) при температуре 65–75°С, что способствует значительному сокращению общего числа микроорганизмов. Однако в восстановленной подстилке в значительных количествах присутствует *Capnocytophaga ochracea*, сохраняют жизнеспособность *Staphylococcus epidermidis, Escherichia coli*, а также дрожжевые грибы рода *Candida*. Химический состав восстановленной подстилки близок к составу бесподстилочного навоза, однако восстановленная подстилка имеет более высокий уровень pH. Содержание тяжелых металлов в восстановленной подстилке, за исключением Fe и Zn, незначительно. Внедрение технологии рециклинга навоза крупного рогатого скота с производством подстилочного материала можно рассматривать в качестве перспективного направления ускоренной утилизации соответствующего вторичного продукта, однако необходимо исключить экологические риски, в том числе для здоровья животных и обслуживающего персонала, которые могут возникнуть при внедрении данной технологии в промышленное животноводство.

Ключевые слова: восстановленная подстилка, биореакторная установка, фильтрационно-сушильная установка, навоз животных, утилизация навоза животных.

DOI: https://doi.org/10.24852/2411-7374.2023.1.45.51

Введение

Уменьшение нагрузки на окружающую среду при утилизации навоза крупного рогатого скота (КРС) входит в число важнейших экологических задач современного высокопродуктивного промышленного животноводства. Нерациональная переработка навозных стоков приводит к снижению эффективности функционирования животноводческих агрокомплексов (Брюханов и др., 2021). Обозначенная проблема обусловлена необходимостью утилизации больших объемов навоза, которые имели статус отходов III-V классов опасности, и на сегодняшний день сохраняют его в том случае, если нарушена технология их утилизации. Традиционным направлением безопасного использования навоза является его внесение в почву после соответствующей переработки в качестве органического удобрения. Без переработки навоз представляет опасность для окружающей среды (Пилип и др., 2020; Тарасов и др., 2020). Согласно официальным статистическим данным, поголовье КРС в сельскохозяйственных организациях РФ на конец 2021 г. составило 7978/6 тыс. голов. Выход бесподстилочного навоза (БН) от такого количества животных приближается к 160 млн. т в год. На крупном молочном комплексе (12 тыс. голов) ежедневно образуется более 660 т БН, с учетом подстилки эта цифра значительно возрастает. Принятый в июле 2022 г. закон «О побочных продуктах животноводства и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (№248-ФЗ от 14 июля

2022 г.) подтверждает актуальность и важность проблемы безопасной переработки навоза животных и помета птиц.

Несмотря на значительную удобрительную ценность, навоз животных имеет ряд особенностей, ограничивающих перспективы его использования в агрохимии. К таким особенностям следует отнести наличие в его составе компонентов, приводящих к загрязнению окружающей среды, в том числе тяжелых металлов, антибиотиков, патогенных микроорганизмов, токсичных продуктов разложения органических веществ (Пилип, Сырчина, 2019; Пилип и др., 2020); эмиссию значительных объемов парниковых газов (Сырчина и др., 2021) и дурнопахнущих веществ (Сырчина и др., 2022); высокую влажность, снижающую рентабельность транспортирования полужидкого навоза на большие расстояния (Комякова, Антонова, 2020); законодательные ограничения его использования; значительные временные и экономические затраты на обезвреживание. В связи с этим в странах с развитым животноводством разрабатываются и активно внедряются технологии, позволяющие использовать потенциал навоза КРС более рационально, например, производить на его основе биогаз (Оболенский и др., 2015) или подстилку для животных (Font-Palma, 2019). Реализация последнего направления в условиях РФ может оказаться весьма перспективной.

Технология производства подстилки включает разделение навоза КРС на твердую и жидкую фракции с последующей аэробной обработкой твердой фракции во вращающихся барабанах (биореакторах) при температуре 65–75°С. Время обработки твердой фракции в биореакторе зависит от производительности установки и по рекомендации производителей находится в пределах от 15 до 24 часов. Соответствующая обработка способствует сокращению численности патогенной микробиоты, уничтожению жизнеспособных яиц гельминтов и семян сорных растений. Готовый продукт (восстановленная подстилка) представляет собой мягкий, гигроскопичный сыпучий материал, практически лишенный неприятного запаха. Система «замкнутого цикла» Bedding Recovery Unit (BRU) считается весьма экологичной, так как позволяет значительно снизить количество образующихся отходов и уменьшить затраты на закупку, транспортировку и хранение подстилки. К числу основных недостатков следует отнести высокую стоимость импортного оборудования и значительные энергозатраты на обработку навоза.

Согласно опубликованным данным, восстановленная подстилка (ВП), получаемая с помощью фильтрационно-сушильной (биореакторной) установки, позволяет увеличить надои молока и снизить заболевания вымени (Койнова, 2019). Вместе с тем, ряд авторов указывает на отсутствие четких нормативных требований к качеству и безопасности соответствующего продукта, что не исключает определенные риски при внедрении технологии в практику (Брюханов и др., 2020). Для формирования обоснованных нормативов необходимо проведение комплексных научных исследований с привлечением специалистов разных профилей (Брюханов и др., 2020; Bromley, Oultram, 2019; Leach et al., 2015).

Таблица 1. Основные характеристики подстилки и экскрементов КРС
Table 1. Main characteristics of regenerated litter and excrement cattle

Показатель Index	Восстановленная подстилка Regenerated litter		Бесподстилочный навоз Bedless cattle manure
	Значение Value	Метод анализа Method of analysis	
Активная кислотность, ед. pH Active acidity, units pH	8.7±0.3	Потенциометрический (ГОСТ 11623-89)	7.5–8.1 (Тарасов, 2020)
Органическое в-во, % Organic matter, %	73.4±6.8	Термогравиметрический (ГОСТ 27980-88)	70.0–71.8 (Тарасов, 2020)
Зольность, % Ash content, %	28.4±2.8	Термогравиметрический (ГОСТ 26714-85)	28.2–30.0 (Тарасов, 2020)
N (общий), % N (total), %	4.7±0.4	Метод Кьельдаля (ГОСТ 26715-85)	3.1 (Методические …, 2017)
P_2O_5 (общий), % P_2O_5 (total), %	1.5±0.2	Фотометрический (ГОСТ 26717-85)	1.8 (Методические …, 2017)
K_2O (общий), % K_2O_5 (total), %	6.2±0.5	Пламенная фотометрия (ГОСТ 26718-85)	3.2 (Методические …, 2017)

Целью исследований явилось изучение свойств и оценка химической и микробиологической безопасности подстилки, получаемой из навоза КРС на фильтрационно-сушильной установке BRU FAN 720 (Бельгия), рассчитанной на 720 коров.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования явилась твердая фракция навоза КРС после биореакторной (фильтрационно-сушильной) установки BRU FAN 720, используемая в качестве подстилки для животных дойного стада

молочной фермы. Установка способна работать автономно и в круглосуточном режиме. Переработка 100 м^3 навозных стоков (НС) позволяет получить 38 м^3 сухой фракции, которую возвращают в производственный цикл в качестве подстилки для животных и 62 м^3 жидкой фракции, направляемой по системе труб в крытые лагуны для обезвреживания.

Для проведения физико-химических и микробиологических исследований использовали три образца ВП разной заделки (время нахождения 24 часа, температура обработки 70±5°С). Исследование физико-химического состава выполняли в лаборатории Вятского агротехнологического университета и Вятского государственного университета. Методы, использованные при исследовании состава ВП, представлены в таблицах 1 и 2.

Отбор проб для микробиологических исследований проводили в стерильные емкости в асептических условиях, пробы транспортировали в специализированную лабораторию Кировского медицинского университета. Образцы биоматериала культивировали на стандартных и специальных питательных средах (Эндо, Левина, Плоскирева, АнаэроАгар, Сабуро, Рогозы, Лидс, MacConkey, висмут-сульфитный агар, желточно-солевой агар, кровяной агар) после серийных десятикратных разведений. В процессе исследований определяли концентрацию микробных клеток (КОЕ/г), идентифицировали отдельные микроорганизмы морфологическими, биохимическими, иммунологическими, молекулярно-генетическими методами. Для изучения ферментативной активности бактерий использовали биохимические тесты ЭНТЕРОтест24Н, СТАФИтест24, СТРЕПТОтест24, АНАЭРОтест23, КАНДИДАтест21 (Erbo Lachema, Чехия). Детекцию нуклеиновых кислот осуществляли путем постановки полимеразной цепной реакции в режиме реального времени (ПЦР).

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в восстановленной подстилке
Table 2. Content of heavy metal in regenerated litter

Тяжелые металлы Heavy metals	Восстановленная подстилка Regenerated litter	МДУ в грубых и сочных кормах The MPL in coarse and juicy feeds
Fe	280±70	100
Zn	56.3±18.5	50
Mn	33.6±7.7	не нормируется
Cu	10.9±2.5	30
Ni	1.9±0.8	3.0
Cd	0.05±0.02	0.3
Pb	не обн.	5.0

Все исследования выполняли в трёхкратной повторности. Статистическую обработку полученных результатов проводили стандартными методами с использованием встроенного пакета программ Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

На сегодняшний день в скотоводстве распространено стойловое содержание коров на подстилке (торф, опилки, солома, песок) или без подстилки (резиновые коврики). При этом отсутствуют жесткие нормативные, в том числе санитарно-гигиенические, требования к подстилке для сельскохозяйственных животных. Однако ряд исследователей отмечает, что по своим качествам подстилка должна быть сухая, влагоемкая, гигроскопичная, без запаха и наличия плесени (Брюханов и др. 2020; Сергиенко и др., 2015). Восстановленная подстилка в целом соответствует этим критериям. Согласно результатам исследований, ВП представляет собой рыхлый, однородный, сыпучий материал зеленовато-коричневого цвета без выраженного неприятного запаха. Влажность отобранных образцов 38.4±6.5%.

В таблице 1 приведены основные характеристики исследованных образцов ВП. Поскольку критерии качества подстилки до настоящего времени не определены, состав ВП сравнивали с составом бесподстилочного навоза КРС в пересчете на сухое вещество.

Результаты химического анализа показывают, что состав сухого вещества ВП близок к составу бесподстилочного навоза КРС. Основным отличием ВП является более высокая массовая доля общего азота и калия и сдвиг pH в щелочную область. Подщелачивание обусловлено гидролизом солей, содержащих катионы сильных оснований (например, K^+, которых в ВП больше, чем в навозе) и анионы слабых органических кислот:

$RCOOK + H_2O = RCOOH + KOH$

Повышенная щелочность может обуславливать такие риски как увеличение эмиссии аммиака из субстрата, что в свою очередь снижает качество воздуха в помещениях для животных, а также возможное неблагоприятное воздействие на нормофлору кожных покровов животных.

В таблице 2 приведены данные о валовом содержании металлов в ВП в пересчете на сухое вещество. Так как содержание металлов не нормируется ни в подстилке, ни в навозе животных, то для сравнения был взят их максимально-допустимый уровень (МДУ) в кормах для сельскохозяйственных животных.

Для ВП характерно низкое содержание большинства ТМ, кроме Fe и Zn. Повышенный уро-

Таблица 3. Состав микробиоты восстановленной подстилки
Table 3. Composition of the microbiota of regenerated litter

Микроорганизмы Microorganisms		Количество Quantity	
		КОЕ/мл CFU/ml	% от общего числа % of the total
Облигатные анаэробы Obligate anaerobes			
Bacteroides sp.	*B. ovatus*	$(3.3\pm0.8)\cdot10^4$	12.37
	B. vulgates	$(2.4\pm0.6)\cdot10^4$	
	B. fragilis	$(1.3\pm0.4)\cdot10^4$	
Actinomyces ssp.		$(6.3\pm0.6)\cdot10^3$	1.24
Clostridium ssp.		$(5.5\pm0.5)\cdot10^3$	1.03
Факультативные анаэробы Facultative anaerobes			
Capnocytophaga ochracea		$(4.3\pm0.4)\cdot10^5$	82.47
Bacillus	*mesentericus*	$(5.3\pm0.6)\cdot10^2$	2.47
	mycoides	$(5.5\pm0.5)\cdot10^3$	
	subtilis	$(4.4\pm0.4)\cdot10^2$	
	megaterium	$(6.3\pm0.6)\cdot10^3$	
	vulgatus	$(7.5\pm0.5)\cdot10^1$	
Saccharomyces cerevisiae		$(5.3\pm0.6)\cdot10^2$	0.11
Escherichia coli		$(3.4\pm0.4)\cdot10^2$	0.06
Candida	*albicans*	$(2.3\pm0.5)\cdot10^1$	0.05
	tropicalis	$(2.4\pm0.7)\cdot10^2$	
Staphylococcus epidermidis		$(2.5\pm0.6)\cdot10^2$	0.04
Proteus ssp.		$(2.6\pm0.7)\cdot10^1$	0.004
Факультативные аэробы Facultative aerobes			
Pseudomonas ssp.		$(5.3\pm0.5)\cdot10^2$	
Rhodotorula glutinis		$(3.3\pm0.6)\cdot10^2$	

вень Fe и Zn может быть обусловлен использованием соединений этих элементов в составе витаминно-минеральных комплексов для животных. Согласно физиологическим нормам, ежедневный рацион лактирующих коров должен включать 930 мг Fe и 695 мг Zn (Позывайло и др., 2016). Низкая растворимость металлов в слабощелочной среде, характерной для навоза КРС, способствует накоплению неусвоенных микроэлементов в подстилке.

В таблице 3 приведены данные о микроорганизмах, сохраняющих свою жизнеспособность после обработки навоза в установке BRU FAN 720.

Микробиологические исследования показали, что обработка твердой фракции навоза КРС в биореакторной установке приводит к значительному сокращению общей численности микроорганизмов. В ВП этот показатель был почти в 140 раз ниже, чем в нативном навозе. Вместе с тем, многие группы микроорганизмов, включая облигатных анаэробов, оказались устойчивыми к обработке субстрата в биореакторе. Из облигатных анаэробов в ВП жизнеспособность сохраняют *Bacteroides* sp., *Actinomyces* ssp. и *Clostridium* ssp. Указанные микроорганизмы являются представителями нормальной микробиоты желудочно-кишечного тракта КРС и попадают в навоз с экскрементами животных. В группе факультативных анаэробов доминирующее положение по численности занимает *Capnocytophaga ochracea* – грамотрицательная веретенообразная бактерия, ферментирующая различные моно- и дисахариды. *C. ochracea* входит в сообщество микроорганизмов, образующих зубной налет в ротовой полости человека и животных и хорошо развивается в условиях высоких концентраций диоксида углерода (Antezack et al., 2021), что характерно для богатого легкоокисляемыми органическими веществами навоза. Второе место по численности в этой группе занимают широко распространенные в окружающей среде бактерии рода *Bacillus.* Выявленные в составе ВП виды этого рода, а также *Saccharomyces cerevisiae* не представляют угрозы для здоровья животных. Определенную опасность могут представлять *Staphylococcus epidermidis* и *Escherichia coli*, присутствующие в микрофлоре секрета молочных желез больных маститом коров (Епачинцева и др., 2016), а также дрожжевые грибы рода *Candida* – возбудители инфекционных заболеваний слизистой оболочки желудочно-кишечного, урогенитального, дыхательного трактов и кожи млекопитающих (Ленченко, Сачивкина, 2020).

При попадании в благоприятные условия (помещения для содержания животных) содержащиеся в ВП патогенные и условно-патогенные микроорганизмы могут быстро увеличить свою численность, что обусловлено оптимальным для их жизнедеятельности составом субстрата. Соответствующий фактор представляет определенные риски для здоровья и продуктивности животных.

Заключение

Обработка навоза в фильтрационно-сушильной установке способствует значительному сокращению общего числа микроорганизмов, однако многие группы, включая облигатных анаэробов, сохраняют свою жизнеспособность. В значительных количествах в восстановленной подстилке присутствует *Capnocytophaga ochracea*, сохраняют жизнеспособность *Staphylococcus epidermidis, Escherichia coli*, дрожжевые грибы рода *Candida*.

Химический состав восстановленной подстилки близок к составу бесподстилочного навоза, однако для ВП характерны более высокие значения pH. Содержание тяжелых металлов в ВП (кроме Fe и Zn) не превышает максимально-допустимый уровень химических элементов в кормах для сельскохозяйственных животных. Содержание валового Fe выше МДУ в 2.8 раза, содержание Zn

находится на уровне МДУ.

Внедрение технологии рециклинга навоза КРС можно рассматривать в качестве перспективного направления рациональной утилизации соответствующего вторичного продукта. Однако, необходимо проведение комплексных научных исследований для создания нормативной базы, требований предъявляемым к характеристикам восстановленной подстилки, в том числе для обоснования эффективности и экологической безопасности метода ускоренной переработки твердой фракции навозных стоков в фильтрационно-сушильной установке.

Список литературы

1. Брюханов А.Ю., Попов В.Д., Васильев Э.В., Шалавина Е.В., Уваров Р.А. Анализ и решения экологических проблем в животноводстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т. 15, № 4. С. 48–55. doi: 10.22314/2073-7599-2021-15-4-48-55.

2. Брюханов А.Ю., Уваров Р.А., Белова Л.М. Предпосылки к формированию санитарно-гигиенических требований к подстилке для крупного рогатого скота // Техника и оборудование для села. 2020. №2. С. 30–34. doi: 10.33267/2072-9642-2020-2-30-34.

3. Епанчинцева О.С., Трухачев В.И., Никитин В.Я., Гордиенко Л.Н., Семеруненко С.О. Оценка эффективности средств фармакопрофилактики лактационного мастита у коров // Вестник АПК Ставрополья. Ветеринария. 2016. №1. С. 61–65.

4. Койнова А.Н. Отходы в доходы // Эффективное животноводство. Техника и оборудование для животноводства. 2019. №6. С. 40–43.

5. Комякова Е.М., Антонова О.И. Состав навоза крс и свиней, особенности использования и перспективы переработки // Вестник АГАУ. 2020. №6. С. 63–68.

6. Ленченко Е.М., Сачивкина Н.П. Исследование биопленок и фенотипических признаков грибов рода Candida // Ветеринария сегодня. 2020. №2. С. 132–138. doi: 10.29326/2304-196X-2020-2-33-132-138.

7. Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помёта. РД-АПК 1.10.15.02-17. М., 2017. 166 с.

8. Оболенский Н.В., Мартьянычев А.В., Вандышева М.С. Биогаз и удобрения из отходов // Экономика и предпринимательство. 2015. №3-2. С. 816–818.

9. 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. doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-161-167.

10. Пилип Л.В., Сырчина Н.В. Экологическая проблема отрасли свиноводства // Аграрная наука-сельскому хозяйству / Материалы XIV Международной научно-практической конференции. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2019. С. 193–196.

11. Позывайло О.П., Котович И.В., Копать Н.В., Зайцев С.Ю. Динамика показателей минерального обмена у коров-первотелок в течение лактационного периода // Веснік МДПУ імя І. П. Шамякіна. 2016. №1. С. 68–75.

12. Сергиенко А.Г., Псюкало С.П., Луханин В.А., Усова Е.В. Исследование свойств подстилочного материала для животных Северо-Кавказского региона // Научный журнал КубГАУ. №109. 2015. С. 597–607.

13. Сырчина Н.В., Кантор Г.Я., Пугач В.Н., Ашихмина Т.Я. Вклад углекислого газа и воды в парниковый эффект // Теоретическая и прикладная экология. 2021. №4. С. 218–223. doi: 10.25750/1995-4301-2021-4-218-223.

14. Сырчина Н.В., Пилип Л.В., Ашихмина Т.Я. Контроль запахового загрязнения атмосферного воздуха (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 2. С. 26–34. doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-026-034.

15. Тарасов С.И., Кравченко М.Е., Бужина Т.А. Влияние длительного регулярного применения бесподстилочного навоза на плодородие, экологическую безопасность дерново-подзолистой супесчаной почвы // Техника и технологии в животноводстве. 2020. №2. С. 90–99.

16. Antezack A., Boxberger M., La Scola B., Monnet-Corti V. Isolation and Characterization of Capnocytophaga bilenii sp. nov., a Novel Capnocytophaga Species Detected in a Gingivitis Subject // Pathogens. 2021. No 10(5). P. 547. doi: 10.3390/pathogens10050547.

17. Bromley B., Oultram J.W.H. Are recycled manure solids an appropriate bedding material for dairy cattle compared to traditional materials? // Cattle practice. 2019. Vol. 27 (1). P. 26–40.

18. Font-Palma C. Methods for the treatment of cattle manure (a review). 2019. Vol. 5, №2. C. 27. doi: 10.3390/c5020027.

19. Leach K.A., Archer S.C., Breen, J.E., Green M.J., Ohnstad I.C., Tuerc S., Bradleyab A.J. Recycling manure as cow bedding: Potential benefits and risks for UK dairy farms // The Veterinary journal. 2015. Vol. 206, №2. P. 123–130.

References

1. Bryukhanov A.Yu., Popov V.D., Vasilev E.V., Shalavina E.V., Uvarov R.A. Analiz i resheniya ekologicheskikh problem v zhivotnovodstve [Analysis and Solutions to Environmental Problems in Livestock Farming] // Selskokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii [Agricultural Machinery and Technologies]. 2021. Vol. 15, No 4. P. 48–55. doi: 10.22314/2073-7599-2021-15-4-48-55.

2. Bryukhanov A.Yu., Uvarov R.A., Belova L.M. Predposylki k formirovaniyu sanitarno-gigienicheskikh trebovaniy k podstilke dlya krupnogo rogatogo skota [Prerequisites for the formation of sanitary and hygienic requirements for cat-tle litter] // Tekhnika i oborudovanie dlya sela [Machinery and equipment for rural area]. 2020. No 2. P. 30–34. doi: 10.33267/2072-9642-2020-2-30-34.

3. Epanchintseva O.S., Trukhachev V.I., Nikitin V.Ya., Gordienko L.N., Semerunenko S.O. Otsenka effektivnosti sredstv farmakoprofilaktiki laktatsionnogo mastita u korov [Assessing the effectiveness of pharmacoprophylaxis lactational mastitis in cows] // Vestnik APK Stavropolya. Veterinariya [Agricultural Bulletin of the Stavropol region]. 2016. No 1. P. 61–65.

4. Koynova A.N. Otkhody v dokhody [Waste into income] // Effektivnoe zhivotnovodstvo. Tekhnika i oborudovanie dlya zhivotnovodstva [Effective animal husbandry. Technique and equipment for animal husbandry]. 2019. No 6. P. 40–43.

5. Komyakova E.M., Antonova O.I. Sostav navoza krs i sviney, osobennosti ispolzovaniya i perspektivy pererabotki [The composition of cattle and pig manure, features of use and prospects for recycling] // Vestnik AGAU [Bulletin of the Altai State Agrarian University]. 2020. No 6. P. 63–68.

6. Lenchenko E.M., Sachivkina N.P. Issledovanie bioplenok i fenotipicheskikh priznakov gribov roda Candida [Studies of biofilms and phenotypic characteristics of Candida fungi] // Veterinariya segodnya [Veterinary Science Today]. 2020. No 2. P. 132–138. doi: 10.29326/2304-196X-2020-2-33-132-138.

7. Metodicheskie rekomendatsii po tekhnologicheskomu

proektirovaniyu sistem udaleniya i podgotovki k ispolzovaniyu navoza i pometa [Guidelines for the technological design of systems for the removal and recycling for use of manure and bird droppings]. RD-APK 1.10.15.02-17. Moscow, 2017. 166 p.

8. Obolenskiy N.V., Martyanychev A.V., Vandysheva M.S. Biogaz i udobreniya iz otkhodov [Biogas and fertilizers from waste] // Ekonomika i predprinimatelstvo [Economics and Entrepreneurship]. 2015. No 3-2. P. 816–818.

9. Pilip L.V., Kozvonin V.A., Syrchina N.V., Kolevatykh E.P., Ashikhmina T.Ya. Vliyanie podkisleniya navoznykh stokov na ikh mikrobiologicheskie kharakteristiki [Effects of acidifying manure effluent on its microbiological characteristics] // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya [Theoretical and applied ecology]. 2020. No 3. P. 161–167. doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-161-167.

10. Pilip L.V. Syrchina N.V. Ekologicheskaya problema otrasli svinovodstva [The environmental problem of the pig industry] // Agrarnaya nauka–selskomu hozyajstvu: sb. nauch. tr. XIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. [Agrarian science to agriculture: collection of materials of the XIV International scientific and practical conference]. Barnaul: Altai State Agrarian University, 2019. P. 193–196.

11. Pozyvaylo O.P., Kotovich I.V., Kopat N.V., Zaytsev S.Yu. Dinamika pokazateley mineralnogo obmena u korov-pervotelok v techenie laktatsionnogo perioda [Dynamics of indicators of mineral metabolism in first-calf heifers during the lactation period] // Vesnik MDPU imya I. P. Shamyakina [Vestnik MDPU named after I. P. Shamyakina]. 2016. No 1. P. 68–75.

12. Sergienko A.G. , Psyukalo S.P., Lukhanin V.A., Usova E.V. Issledovanie svoystv podstilochnogo materiala dlya zhivotnykh Severo-Kavkazskogo regiona [Study of the properties of bedding material for animals of the North Caucasus region] // Nauchnyy zhurnal KubGAU [Scientific journal of the Kuban State Agrarian University]. 2015. No 109. P. 597–607.

13. Syrchina N.V., Kantor G.Ya., Pugach V.N., Ashikhmina T.Ya. Vklad uglekislogo gaza i vody v parnikovyy effekt [Contribution of carbon dioxide and water to the greenhouse effect] // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya [Theoretical and applied ecology]. 2021. No 4. P. 218–223. doi: 10.25750/1995-4301-2021-4-218-223.

14. Syrchina N.V., Pilip L.V., Ashikhmina T.Ya. Kontrol zapakhovogo zagryazneniya atmosfernogo vozdukha (obzor) [Control of odor pollution of atmospheric air (review)] // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya [Theoretical and applied ecology]. 2022. No 2. P. 26–34. doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-026-034.

15. Tarasov S.I., Kravchenko M.E., Buzhina T.A. Vliyanie dlitelnogo regulyarnogo primeneniya bespodstilochnogo navoza na plodorodie, ekologicheskuyu bezopasnost dernovo-podzolistoy supeschanoy pochvy [Influence of longterm regular of вeddingfree manure applications on fertility, environmental safety of sodpodzolic sandy loam soil] // Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve [Equipment and technologies in animal husbandry]. 2020. No 2. P. 90–99.

16. Antezack A., Boxberger M., La Scola V., Monnet-Corti V. Isolation and Characterization of Capnocytophaga bilenii sp. nov., a Novel Capnocytophaga Species Detected in a Gingivitis Subject // Pathogens. 2021. No 10(5). P. 547. doi: 10.3390/pathogens10050547.

17. Bromley B., Oultram J.W.H. Are recycled manure solids an appropriate bedding material for dairy cattle compared to traditional materials? // Cattle practice. 2019. V. 27 (1). P. 26–40.

18. Font-Palma C. Methods for the treatment of cattle manure (a review). 2019. Vol. 5. No 2. P. 27. doi:10.3390/c5020027.

19. Leach K.A., Archer S.C., Breen, J.E., Green M.J., Ohnstad I.C., Tuerc S., Bradleyab A.J. Recycling manure as cow bedding: Potential benefits and risks for UK dairy farms // The veterinary journal. 2015. Vol. 206. No 2. P. 123–130.

Pilip L.V., Syrchina N.V., Kolevatykh E.P. **Safety assessment of regenerated litter obtained at the filtration and drying plant**.

An increase in the number of farm animals in the Russian Federation leads to the production of a large amount of manure. The introduction of alternative mechanisms into the technological process of processing these wastes by large livestock complexes to speed up the processing process is innovative and relevant, but requires additional scientific research. The Bedding Recovery Unit (BRU) technology allows you to speed up the recycling process, reduce the amount of waste generated, and reduce the cost of purchasing, transporting and storing bedding. The object of the study was the solid fraction of cattle manure after the BRU FAN 720 bioreactor (filtration and drying) installation, used as a litter for dairy farm dairy herd animals. The research included the study of the physico-chemical and microbiological properties of the restored litter of cattle. The object of the study was the solid fraction of cattle manure after the BRU FAN 720 bioreactor (filtration and drying) installation, used as a litter for dairy farm dairy herd animals. The research included the study of the physico-chemical and microbiological properties of the restored litter of cattle. The technology of recycling cow manure in the production of reconstituted litter includes the separation of manure into solid and liquid fractions, followed by aerobic treatment of the solid fraction in rotating drums (bioreactors) at a temperature of 65-75 ° C. Manure treatment in a filtration and drying plant contributes to a significant reduction in the total number of microorganisms. *Capnocytophaga ochracea* is present in significant quantities, *Staphylococcus epidermidis*, *Escherichia coli*, yeast fungi of the genus *Candida* remain viable. The chemical composition of the reconstituted litter is close to the composition of non-litter manure, however, the reconstituted litter has a higher pH level. The content of heavy metals in the recovered bedding material, with the exception of Fe and Zn, is insignificant. The introduction of technology for recycling cattle manure with the production of bedding material can be considering as a promising direction for the rational disposal of the relevant secondary product, however, it is necessary to exclude risks, including for animal health, arising from the introduction of this technology in industrial animal husbandry.

Keywords: regenerated litter; bioreactor plant; filtration and drying plant; animal manure; disposal of animal manure.

Раскрытие информации о конфликте интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / Disclosure of conflict of interest information: The author claims no conflict of interest

Информация о статье / Information about the article
Поступила в редакцию / Entered the editorial office: 30.11.2022
Одобрено рецензентами / Approved by reviewers: 06.12.2022
Принята к публикации / Accepted for publication: 26.12.2022

Информация об авторах
Пилип Лариса Валентиновна, кандидат ветеринарных наук, доцент, Вятский государственный агротехнологический университет, Россия, 610030, г. Киров, Октябрьский проспект, 133, E-mail: pilip_larisa@mail.ru.
Сырчина Надежда Викторовна, кандидат химических наук, старший научный сотрудник, Вятский государственный университет, Россия, 610000, г. Киров, ул. Московская, 36, E-mail: nvms1956@mail.ru.
Колеватых Екатерина Петровна, кандидат медицинских наук, заведующий кафедрой, Кировский государственный медицинский университет, Россия, 610030, г. Киров, ул. К. Маркса, 112, E-mail: hibica@mail.ru.

Information about the authors
Larisa V. Pilip, Ph.D. in Veterinary, Docent, Vyatka State Agrotechnological University, 133, Oktyabrsky av., Kirov, 610030, Russia, E-mail: pilip_larisa@mail.ru.
Nadezhda V. Syrchina, Ph.D. in Chemistry, Senior Researcher, Vyatka State University, 36, Moskovskaya st., Kirov, 610000, Russia, E-mail: nvms1956@mail.ru.
Ekaterina P. Kolevatykh, Ph.D. in Medicine, Head of Department, Kirov State Medical University, 112, Karl Marx st., Kirov, 610030, Russia, E-mail: hibica@mail.ru.