АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

AGRO-ENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Научная статья
УДК 631.86
EDN JPMWDV
https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-4-51-59

Обоснование технологической схемы установки для обеззараживания жидкого навоза

Анатолий Михайлович Бондаренко[1], Сергей Григорьевич Иващенко[2]
[1, 2] Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, Ростовская область, Зерноград, Россия
[1] bondanmih@rambler.ru, [2] s_g_ivawenko@mail.ru

Аннотация. Увеличение поголовья животных в Российской Федерации приводит к образованию значительных объемов выхода навоза различной консистенции. Свежий навоз, с одной стороны, является разносчиком патогенной микрофлоры, пагубно влияющей на флору и фауну, с другой стороны – основным исходным компонентом для производства высококачественных органических удобрений, необходимых для поддержания почвенного плодородия растениеводческой отрасли АПК России. Отсутствие высокоэффективных технологий переработки жидкого навоза приводит к нарушению санитарно-эпидемиологических норм в местах его накопления и хранения. В этой связи важно решение основных задач: обеззараживание жидкого навоза и устранение неприятных запахов. Для этого предлагается установка, которая в проточном режиме производит на принципах магнитострикции полное обеззараживание жидкого навоза от патогенной микрофлоры и значительно снижает наличие неприятных запахов. Разработана функциональная схема установки, состоящая из трех базовых блоков: подготовка исходного навоза к обеззараживанию; обеззараживание; накопление готового (обеззараженного) продукта. Основным технологическим параметром выступает производительность установки. Конструктивными параметрами являются длина зоны обеззараживания, диаметр трубы, количество иголок, форма индуктора. Режимные параметры включают скорость подачи жидкого навоза, время цикла обеззараживания. Критерии функционирования установки состоят в максимальной степени обеззараживания навоза и устранения неприятных запахов, минимизации эксплуатационных затрат.

Ключевые слова: жидкий навоз, технологическая схема, метод магнитострикции, функциональная схема установки, степень обеззараживания

Для цитирования: Бондаренко А. М., Иващенко С. Г. Обоснование технологической схемы установки для обеззараживания жидкого навоза // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 4. С. 51–59. https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-4-51-59.

Original article

Substantiation of the technological scheme of the installation for disinfection of liquid manure

Anatoly M. Bondarenko[1], Sergey G. Ivashchenko[2]
[1, 2] Azov Black Sea Engineering Institute – Branch of Don State Agrarian University Rostov region, Zernograd, Russian Federation
[1] bondanmih@rambler.ru, [2] s_g_ivawenko@mail.ru

Abstract. An increase in the number of animals in the Russian Federation leads to the formation of significant volumes of manure output of various consistencies. On the one hand, fresh manure is a carrier of pathogenic microflora, which adversely affects flora and fauna. On the other hand, it is the main starting component for the production of high-quality organic fertilizers necessary to maintain soil fertility of the crop industry of the agro-industrial complex of the Russia. The lack of highly efficient technologies for processing liquid manure leads to a violation of sanitary and epidemiological standards in places of its accumulation and storage. In this regard, it is important to solve the main tasks, disinfection of liquid manure and elimination of unpleasant odors. To implement this task, an installation is proposed that, in flow mode, performs complete disinfection of liquid manure from pathogenic microflora on the principles of magnetostriction and significantly reduces the presence of unpleasant odors. A functional scheme of the installation has been developed, which consists of three basic blocks: preparation of the initial manure for disinfection, disinfection and accumulation of the finished (disinfected) product. The main technological parameter is the performance of the installation. The design parameters are the length of the disinfection zone, the diameter of the pipe, the number of needles, and the shape of the inductor. The operating parameters are the feed rate of liquid manure, the time of the disinfection cycle. The criteria for the operation of the installation are the maximum degree of disinfection of manure and the elimination of unpleasant odors, minimizing operating costs.

Keywords: liquid manure, technological scheme, magnetostriction method, functional scheme of the installation, disinfection degree

For citation: Bondarenko A. M., Ivashchenko S. G. Substantiation of the technological scheme of the installation for disinfection of liquid manure. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik.* 2024;18;4:51–59. (in Russ.). https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-4-51-59.

Введение. Сельское хозяйство России – динамично развивающаяся отрасль страны. За последние пять лет российская отрасль животноводства продемонстрировала устойчивую положительную динамику развития, как в мясном, так и в молочном направлениях. При этом увеличение поголовья в промышленном животноводстве вызывает образование огромных объемов жидкого навоза, что, в свою очередь, приводит к опасности попадания в окружающую среду большого количества вредных химических веществ, связанных с эксплуатацией животноводческих комплексов [1, 2].

Так, в животноводческих стоках содержание нерастворимых веществ может достигать 30 тыс. мг/л, общий сухой остаток до 4 тыс. мг/л, при уровне показателя $БПК_5$, равном 10 тыс. мг O_2/л. Попадание таких стоков в окружающие водоемы вызывает ухудшение санитарно-гигиенических показателей питьевой воды. Большое количество стоков попадает в грунтовые воды и почву по причине неправильного хранения или утилизации навоза.

Федеральным законом от 14.07.2022 № 248-ФЗ «О побочных продуктах животноводства» определены подходы к повышению эффективности вовлечения побочных продуктов животноводства в сельскохозяйственное производство, в том числе для обеспечения воспроизводства плодородия земель сельскохозяйственного назначения.

Существующие методы, применяемые на животноводческих фермах и комплексах России, не имеют надежных и эффективных способов обеззараживания навоза. Известно, что навоз, прошедший биотермическую обработку, содержит опасные микроорганизмы, например, сальмонеллу. После 1,5-годичной выдержки сохраняют свою жизнеспособность 30–80 % яиц гельминтов трихоцефалюсов, трихостронгилид и др., а также 1–17 % семян сорняков, которые способны резко снизить урожай культурных растений. Для биотермической обработки навоза используют хранилища жидкого и полужидкого навоза шириной 12; 18; 24 м и глубиной до 6 м.

Известны способы обеззараживания жидкого или полужидкого навоза обработкой жидким аммиаком, который вводят в объем навозохранилища при помощи иглы, опускаемой до дна. Обеззараживание проводят в течение 5 суток при расходе аммиака 30 кг/м^3 навоза. Обеззараживание проводят также формалином (расход – 7,5 л/м^3 навоза). Содержание в формалине формальдегида – 38 %. Необ-

ходимо осуществлять перемешивание на протяжении 6 часов и выдержку в течение 72 часов.

Твердый навоз, зараженный возбудителями болезней, также подвергают термической обработке в пароструйных аппаратах.

Все эти способы предполагают использование дорогостоящих и больших по размерам сооружений. При этом время обеззараживания навоза варьирует от 12 месяцев до 3-х суток. Также используются небезопасные для окружающей среды и человека химические реагенты. Наблюдается нерациональное использование энергетических ресурсов, транспортных средств, которые тратятся на неоднократное внутриплощадочное перемещение навозной массы по территории животноводческих предприятий [3].

В настоящее время экологами и производителями животноводческой продукции поднят вопрос снижения неприятных запахов в местах накопления и хранения навоза и помета любой консистенции. Следовательно, вопросы, связанные с совершенствованием технологических и технических решений переработки и обеззараживания жидкого навоза с устранением неприятных запахов, являются актуальными, представляют научный и практический интерес.

Обеззараживание навоза выступает базовой операцией при производстве на его основе высококачественных органических удобрений, нехватка которых наблюдается во всех регионах страны, что приводит к снижению почвенного плодородия, эффективности технологических операций по производству сельскохозяйственной продукции и рентабельности растениеводческой отрасли [3–5].

На основе проведенного ранее анализа технических средств для обеззараживания жидкого навоза установлено, что наиболее целесообразно в качестве базового принципа использовать метод магнитострикции [6, 8, 9].

Целью исследования *является обоснование технологической схемы установки для обеззараживания жидкого навоза методом магнитострикции.*

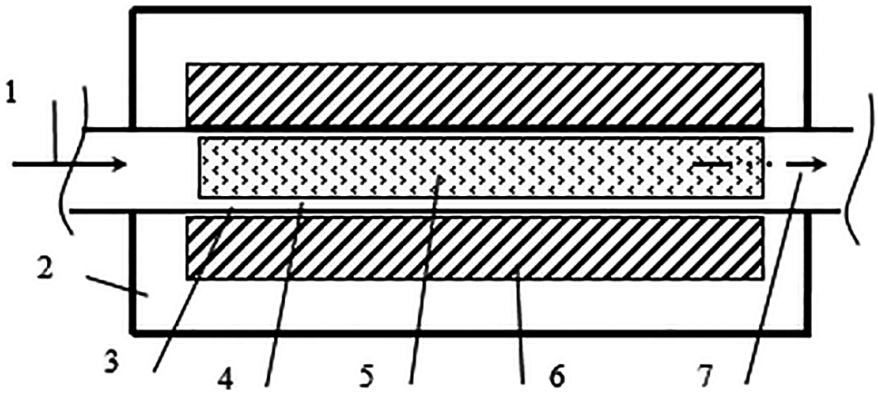
Материал и методы исследования. Предлагается аппаратная схема установки на основе физико-химического обеззараживания бесподстилочного жидкого навоза, которая позволяет в проточном режиме, за один проход решить задачу по обеззараживанию навоза нормативного качества согласно требуемых санитарно-эпидемиологических норм безопасности. При этом обеспечиваются разрушение и лишение всхожести семян сорных растений, а также обезвреживание всей патогенной микрофлоры и гельминтов, находящихся в навозе. В предлагаемом аппаратном решении впервые применяется одновременное использование нескольких способов физико-химического воздействия при обеззараживании навоза: энергия вращающегося электромагнитного поля с размещенными в нем ферромагнитными элементами; гидродинамическая кавитация; термическое воздействия на навозные стоки.

Применяемый в данной разработке физико-химический способ обеззараживания навоза обеспечивает повышение производительности разработанного многоблочного аппарата; сокращение количественного состава оборудования, применяемого при обеззараживании навоза; снижение материалоемкости при изготовлении оборудования и уменьшение его геометрических размеров.

Аппарат и его реакционная камера состоят из корпуса, заключенного в рубашку охлаждения, в котором размещены индукционные катушки, вокруг трубы из парамагнитного материала (рис. 1).

Принцип работы проточного реактора предлагаемой установки. При подаче напряжения на обмотки индукционных катушек 6 (рис. 1) внутри полости трубы 3 создается мощное электромагнитное поле, которое вращает ферромагнитные элементы 5. Иголки 5 под воздействием мощного электромагнитного поля за счет своих ферромагнитных свойств взаимодействуют с основным вращающимся полем, создавая в тоже время свои локальные поля. В результате указанного взаимодействия происходит изменение свойств обрабатываемых жидкостей, проходящих через зону обработки 3.

Одним из важных параметров физических явлений, которые имеют место при работе установки и играют важную роль в воздействии на жидкий навоз, является *эффект магнитострикции*. В магнитном



1 – входящий поток жидкости на обработку; 2 – корпус рубашки охлаждения; 3 – рабочая зона; 4 – сменная вставка; 5 – рабочие тела (ферромагнетики (иголки)); 6 – индукционные катушки; 7 – обработанный поток

1 – incoming liquid flow for processing; 2 – cooling jacket housing; 3 – working area; 4 – replaceable insert; 5 – working bodies (ferromagnetic needles); 6 – induction coils; 7 – processed flow

Рисунок 1 – Схема участка обеззараживания жидкого навоза на установке методом магнитострикции

Figure 1 – Scheme of the section for disinfection of liquid manure at the magnetostriction method installation

поле индуктора иголки могут намагничиваться до полного насыщения. В результате сами иголки становятся магнитами и взаимодействуют с вращающимся магнитным полем, которое стремится повернуть их в направлении своего вектора. При столкновениях иголок между собой, со стенками рабочей зоны или другими иголками имеет место их поворот на разные углы. При повороте иголки на угол, превышающий 90 град., произойдет изменение полярности иголки. Иголка с ярко выраженными полюсами (*S*) и (*N*) меняет свою полярность. При этом происходит перемагничивание иголки и возникает эффект магнитострикции. Данный эффект и его воздействие на компоненты жидкого навоза обеспечивают их измельчение и гомогенизацию.

Измельчение компонентов навоза обеспечивается как свободным их соударением с ферромагнитными элементами, так и в результате стесненного соударения между двумя элементами или элементом и корпусом. Степень измельчения компонентов навоза составляет 0,5 мкм (при начальном размере фракции 20 мм).

Одновременно с магнитострикцией, зависящей от наложения внешнего магнитного поля, при соударениях иголок может возникнуть механострикция. Эти два эффекта обеспечивают проведение качественных процессов гомогенизации и измельчения всех компонентов навозных стоков. Кроме того, при гомогенизации навоза и вносимых химических реагентов под воздействием магнитострикционного воздействия ферромагнитных элементов происходит также их равномерное распределение по всему объему навозных стоков, что положительно влияет на скорость и качество обеззараживания навоза. Также в рабочей зоне аппарата намагниченная иголка при движении несет свое поле, которое является пульсирующим. Следовательно, вся зона заполнена пульсирующими магнитными мини-полями, положительно воздействующими на эффективность обеззараживания.

Результаты исследования. Для полного исследования процесса обеззараживания жидкого навоза на установке методом магнитострикции необходимо выделить технологические, режимные и конструктивные параметры на основе ее функциональной схемы.

Функциональная схема установки представлена на рисунке 2. На каждый элемент системы воздействуют входные параметры – внешние и внутренние.

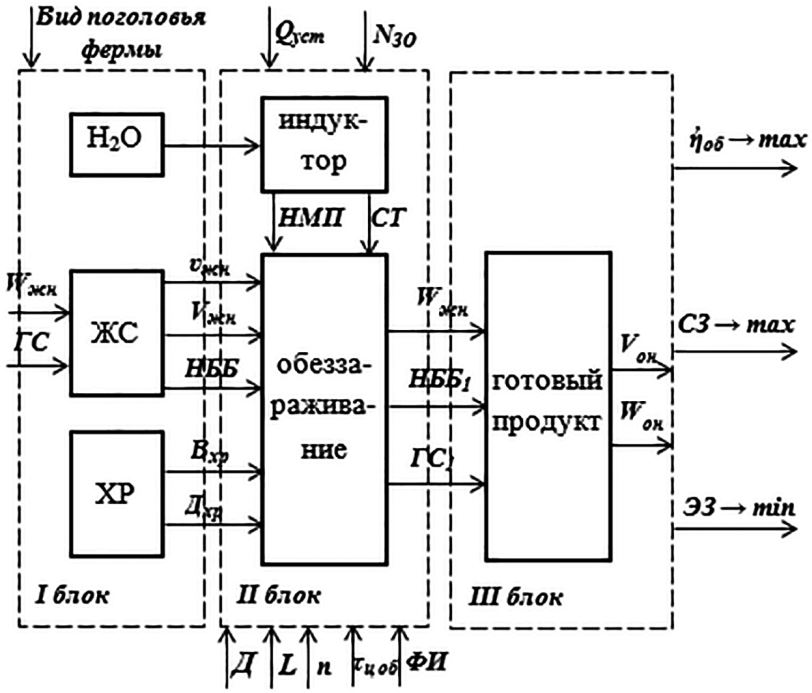


Рисунок 2 – Функциональная схема установки для обеззараживания жидкого навоза методом магнитострикции

Figure 2 – Functional scheme of the installation for disinfection of liquid manure using the magnetostriction method

Установка включает в себя три основных блока. Первый блок предусматривает наличие исходных компонентов и их подачу во второй блок. Второй блок представляет участок обеззараживания жидкого навоза с консистенцией от 92 % и более. В третьем блоке предусмотрено накопление порций обеззараженного навоза и их последующая подача в лагуны для дальнейшего накопления и временного хранения готового продукта.

Входными параметрами I блока являются влажность поступающего на переработку жидкого навоза ($W_{жн}$), его гранулометрический состав (ГС). В данном блоке находятся системы подачи воды для охлаждения индуктора и оборудование для подачи химических реагентов (ХР) в зону обеззараживания, которые представляют емкости с насосами и трубопроводами, соединенными с соответствующими системами установки.

Выходными параметрами I блока выступают скорость подачи жидкого навоза в зону обеззараживания ($v_{жн}$), объемы подачи жидкого навоза ($V_{жн}$) и наличие болезнетворных бактерий (НББ). Для устранения неприятного запаха в зону обеззараживания подается химический реагент (ХР) определенного вида ($B_{хр}$).

Во II блоке происходит процесс обеззараживания поступающего жидкого навоза методом магнитострикции в камере, представляющей установленную горизонтально трубу заданной длины (L) и диаметра (Д). Процесс обеззараживания обеспечивается за счет воздействия напряжения магнитного поля и силы тока от индуктора заданной формы (ФИ) на расположенные в зоне воздействия иглы определенного диаметра и длины, мгновенное изменение полюсов которых создает в камере вихревые потоки при их движении. Соприкасаясь с частицами поступающего навоза, происходит мгновенное разрушение этих частиц до молекулярного уровня, в том числе обеспечивается гибель болезнетворных микроорганизмов. Входными параметрами II блока являются выходные параметры I блока – $v_{жн}$, НББ, $B_{хр}$, доза химического реагента ($Д_{хр}$).

Внешними технологическими параметрами II блока выступают производительность установки ($Q_{уст}$) и количество зон обеззараживания в блоке ($N_{об}$). Внешними конструктивными параметрами яв-

ляются диаметр трубы (Д), длина зоны обеззараживания (L), количество иголок в зоне воздействия электромагнитных полей (n). Внешние режимные параметры включают $v_{жн}$ и время цикла обеззараживания ($\tau_{ц\,об}$).

Выходными параметрами II блока являются: влажность жидкого навоза ($W_{жн}$), наличие болезнетворных бактерий после обеззараживания ($НББ_1$), гранулометрический состав обеззараженного навоза ($ГС_1$).

Входные параметры III блока совпадают с выходными параметрами II блока. Зона накопления готового продукта представляет собой участок трубы для порционного накопления обеззараженного навоза и его последующего транспортирования в лагуну, а также участок для улавливания иголок, попадающих из зоны обеззараживания.

Выходными параметрами III блока выступают: объем обеззараженного навоза ($V_{он}$), влажность обеззараженного навоза ($W_{он}$), качество обеззараживания ($\dot{\eta}_{об}$), снижение неприятного запаха (СЗ) и минимизация затрат на рассматриваемый технологический процесс (ЭЗ).

Граничные условия работы функциональной схемы установки для обеззараживания жидкого навоза методом магнитострикции предполагают:

$$\dot{\eta}_{об} \rightarrow max;\ СЗ \rightarrow max;\ ЭЗ \rightarrow min$$

Важным технологическим показателем работы установки является производительность ($Q_{уст}$), которая зависит от скорости подачи навоза в зону обеззараживания и площади сечения камеры обеззараживания. В общем виде *производительность установки* определяется по формуле (1):

$$Q_{уст} = v_{жн} \cdot F_{сеч} \qquad (1)$$

где $F_{сеч}$ – площадь сечения трубы в рабочей зоне, м^2.

Скорость подачи жидкого навоза в рабочую зону ограничивается временем обеззараживания частиц ($\tau_{ц\,об}$). Тогда, данная скорость определяется формулой (2):

$$v_{жн} = \frac{M_{жн}}{\tau_{ц\,об}} \qquad (2)$$

где $M_{жн}$ – масса жидкого навоза, подаваемого в зону обеззараживания, т.

Критерием оценки условия прекращения движения ферромагнитных частиц (иголок) выступает *критический коэффициент заполнения рабочего объема камеры в зоне обеззараживания* ($K_{кр}$), устанавливаемый по формуле (3) [7]:

$$K_{кр} = j\,(x,\ l/d,\ V,\ \acute{\omega},\ \dot{\eta},\ \rho,\ H,\ I,\ \rho_и) \qquad (3)$$

где x – магнитная восприимчивость материала иголок;

l/d – параметрический критерий подобия (l – длина иголки, d – диаметр иголки);

V – объем отдельной иголки;

$\acute{\omega}$ – угловая скорость вращения магнитного поля;

$\dot{\eta}$ – вязкость среды;

ρ – плотность среды;

H – напряженность магнитного поля;

I – момент инерции иголок;

$\rho_и$ – плотность материала иголок.

Аналитически описать сложное взаимодействие параметров в выражении (3) невозможно, так как они все взаимосвязаны друг с другом.

В упрощенном виде данное выражение можно представить формулой (4):

$$K_{кр} = \frac{V_{сум}}{V_{вк}} \qquad (4)$$

где $V_{сум}$ – суммарный объем всех ферромагнитных иголок, при которых они прекращают свое движение;

$V_{вк}$ – внутренний объем камеры, находящейся в зоне действия вращающегося магнитного поля.

В зависимости от заданной производительности установки, которая должна быть не менее 5 м^3/ч, экспериментально будет определен внутренний объем камеры, находящейся в зоне действия вращающегося магнитного поля, что позволит подобрать размеры иголок и впоследствии рассчитать суммарный объем всех ферромагнитных иголок, при которых они прекращают свое движение.

Эффективным приемом устранения неприятных запахов является использование раствора гидроокиси калия (КОН).

Для этого в подающий трубопровод, через смесительную камеру (рис. 1) и специальные штуцера, подается химический реагент в виде раствора гидроокиси калия из дозирующего комплекса. Этот реагент участвует в процессах по обеззараживанию навозных стоков в реакционной камере аппарата и способствует нейтрализации неприятных запахов.

Заключение. *1. Применение аппаратов на основе методов магнитострикции проводилось ранее на жидких средах в химической, металлургической промышленности и других отраслях. Полученные данные не могут быть использованы для обеззараживания сточных вод животноводческих предприятий в связи с существенной разницей их физико-механических свойств и бактерицидной зараженности.*

2. На основе разработанной функциональной схемы установки для обеззараживания жидкого навоза методом магнитострикции будут проведены исследования по определению конструктивных, режимных и технологических параметров, обеспечивающих качественное обеззараживание навоза и одновременное устранение неприятных запахов с использованием раствора гидроокиси калия.

Список источников

1. Бондаренко А. М., Качанова Л. С., Головко А. Н., Барышников А. В. Биотехнологии подготовки органических отходов животноводства для орошения пастбищ и удобрения полей под кормовые культуры: от интенсивных, ресурсосберегающих до цифровых : монография. Зерноград : Азово-Черноморский инженерный институт, 2021. 236 с.

2. Брюханов А. Ю., Максимов Д. А., Хухта Х., Васильев Э. В., Минин В. Б., Субботин И. А. Рекомендации по организации и проведению производственного экологического контроля систем переработки и использования навоза (помета) (порядок разработки технологического регламента). СПб. : Северо-Западный научно-исследовательской институт механизации и электрификации сельского хозяйства, 2012. 56 с.

3. Качанова Л. С. Управление технологическими процессами производства и применения органических удобрений в аграрном секторе экономики : монография. Зерноград : Азово-Черноморский инженерный институт, 2016. 207 с.

4. Леонов В. В., Кушнарев А. Н., Маршанин Е. В., Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Повышение производительности экспериментального колесного агрегата на полевых работах // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Т. 17. № 2. С. 112–120. EDN EXGUPO.

5. Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур : монография. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. 272 с. EDN XONHXY.

6. Логвиненко Д. Д., Шеляков О. П. Интенсификация технологических процессов в аппаратах с вихревым слоем. Киев : Техника, 1976. 144 с.

7. Месхи Б. Ч., Лимаренко Н. В., Жарков В. П., Шаповал Б. Г. Создание математической модели для оценки энергоемкости процесса обеззараживания стоков животноводства // Вестник Донского государственного технического университета. 2017. Т. 17. № 4. С. 129–135. https://doi.org/10.23947/1992-5980-2017-17-4-129-135. EDN YNOFOY.

8. Kachanova L., Bondarenko A. Economic efficiency of innovation in the restoration of soil resources in organic agricultural production // E3S Web of Conferences : Innovative Technologies in Science and Education (ITSE-2020). Rostov-on-Don : EDP Sciences, 2020. P. 04004. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021004004. EDN GJSXKU.

9. Bondarenko A. M., Kachanova L. S., Baryshnikov A. V., Novikov S. A. Technologies for the production and application of organic fertilizers in agriculture // The challenge of sustainability in agricultural systems. Heidelberg : Springer International Publishing, 2021. P. 897–906. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72110-7_98. EDN SCEIWQ.

References

1. Bondarenko A. M., Kachanova L. S., Golovko A. N., Baryshnikov A. V. *Biotechnologies of preparation of organic wastes of animal husbandry for irrigation of pastures and fertilization of fields for forage crops: from intensive, resource-saving to digital ones: monograph,* Zernograd, Azovo-Chernomorskii inzhenernyi institut, 2021, 236 p. (in Russ.).

2. Bryukhanov A. Yu., Maksimov D. A., Khukhta Kh., Vasiliev E. V., Minin V. B., Subbotin I. A. *Recommendations on organization and implementation of industrial environmental control of manure (dung) processing and utilization systems (the procedure for the development of technological regulations),* Saint-Petersburg, Severo-Zapadnyi nauchno-issledovatel'skoi institut mekhanizatsii i ehlektrifikatsii sel'skogo khozyaistva, 2012, 56 p. (in Russ.).

3. Kachanova L. S. *Management of technological processes of production and application of organic fertilizers in the agricultural sector of the economy: monograph,* Zernograd, Azovo-Chernomorskii inzhenernyi institut, 2016, 207 p. (in Russ.).

4. Leonov V. V., Kushnarev A. N., Marshanin E. V., Kuznetsov E. E., Shchitov S. V. Improving the performance of an experimental wheeled unit in the field. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik,* 2023;17;2:112–120. EDN EXGUPO (in Russ.).

5. Kuznetsov E. E., Shchitov S. V. *Increase of efficiency of mobile energy means utilization in crop cultivation technology: monograph,* Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2017, 272 p. EDN XONHXY (in Russ.).

6. Logvinenko D. D., Shelyakov O. P. *Intensification of technological processes in vortex bed apparatuses,* Kiev, Tekhnika, 1976, 144 p. (in Russ.).

7. Meskhi B. Ch., Limarenko N. V., Zharov V. P., Shapoval B. G. Creation of mathematical model for estimating energy intensity of livestock wastes disinfection. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta,* 2017;17;4:129–135. https://doi.org/10.23947/1992-5980-2017-17-4-129-135. EDN YNOFOY (in Russ.).

8. Kachanova L., Bondarenko A. Economic efficiency of innovation in the restoration of soil resources in organic agricultural production. Proceedings from E3S Web of Conferences: Innovative Technologies in Science and Education (ITSE-2020). (PP. 04004), Rostov-on-Don, EDP Sciences, 2020. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021004004. EDN GJSXKU.

9. Bondarenko A. M., Kachanova L. S., Baryshnikov A. V., Novikov S. A. Technologies for the production and application of organic fertilizers in agriculture. In.: The challenge of sustainability in agricultural systems, Heidelberg, Springer International Publishing, 2021, P. 897–906. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72110-7_98. EDN SCEIWQ.

Статья поступила в редакцию 01.09.2024; одобрена после рецензирования 07.11.2024; принята к публикации 27.11.2024.

The article was submitted 01.09.2024; approved after reviewing 07.11.2024; accepted for publication 27.11.2024.

Информация об авторах

Бондаренко Анатолий Михайлович, *доктор технических наук, профессор, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, bondanmih@rambler.ru;*

Иващенко Сергей Григорьевич, *соискатель, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, s_g_ivawenko@mail.ru*

Information about the authors

Anatoly M. Bondarenko, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Azov Black Sea Engineering Institute – Branch of Don State Agricultural University, bondanmih@rambler.ru;*

Sergey G. Ivashchenko, *Degree Seeker, Azov Black Sea Engineering Institute – Branch of Don State Agricultural University, s_g_ivawenko@mail.ru*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.