

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.171

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-1-4-12>



Индустрия побочных продуктов животноводства и ее научно-техническое обеспечение

А.Ю. Брюханов¹, В.Д. Попов², В.Ф. Федоренко³, Э.В. Васильев⁴, Е.В. Шалавина⁵

^{1,2,4,5} Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ; г. Санкт-Петербург, Россия

³ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; г. Москва, Россия

¹ sznii@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4963-3821>

² popov_vd@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8781-0879>

³ fedorenko@rosinformagrotech.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6398-4463>

⁴ sznii6@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5910-5793>

⁵ shalavinaev@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7345-1510>

Аннотация. Побочные продукты животноводства (ППЖ), образующиеся при производстве основной сельскохозяйственной продукции, должны вовлекаться в замкнутый цикл функционирования агроэкосистем для воспроизводства плодородия земель сельскохозяйственного назначения. С целью формирования комплексного подхода к проблеме утилизации и подготовки навоза к использованию в виде ППЖ проведен анализ актуальной проблемы переработки и использования навоза и помета в качестве органических удобрений в субъектах Российской Федерации. Изучались количественные и качественные характеристики ППЖ, технико-технологическое оснащение регионов, нормативно-правовая база по оценке техногенного воздействия на окружающую среду и организацию экологического мониторинга. Установлено, что объем ежегодно образуемых в сельскохозяйственных организациях ППЖ, доступных для переработки и внесения в качестве удобрения, достигает более 250 млн т. В 2022 г., например, внесение органических удобрений составило лишь 70,3 млн т, что объясняется недостаточной технико-технологической оснащенностью сельскохозяйственных организаций и неразвитостью индустрии побочных продуктов животноводства. По нашему мнению, современная индустрия побочных продуктов животноводства должна применять наилучшие доступные технологии переработки навоза и высокотехнологичные инженерные системы, цифровой мониторинг производства ППЖ, актуальные экостандарты для экологически безопасных технологий и технических средств, интеллектуальные цифровые инструменты производственного экологического контроля, принимать адаптивные меры по экономической поддержке агроэкологических мероприятий. Предлагаемые нами меры дадут отечественному сельскохозяйственному производству не менее 350 млн т качественных органических удобрений и сокращение отрицательного баланса в питательных элементах не менее чем на 2000 тыс. т НРК.

Ключевые слова: индустрия побочных продуктов животноводства, побочные продукты животноводства, внесение органических удобрений, технологии переработки навоза, экостандарт, цифровой мониторинг

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственных заданий: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ No FGUN-2022-0010

Для цитирования: Брюханов А.Ю., Попов В.Д., Федоренко В.Ф., Васильев Э.В., Шалавина Е.В. Индустрия побочных продуктов животноводства и ее научно-техническое обеспечение // Агроинженерия. 2025. Т. 27, № 1. С. 4-12. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-1-4-12>

ORIGINAL ARTICLE

Scientific and technical support of animal by-product industry

A.Yu. Briukhanov¹, V.D. Popov², V.F. Fedorenko³, E.V. Vasilev⁴, E.V. Shalavina⁵✉^{1,2,4,5} Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) –
Branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Saint Petersburg³ Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia¹ sznii@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4963-3821>² popov_vd@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8781-0879>³ fedorenko@rosinformagrotech.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6398-4463>⁴ sznii6@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5910-5793>⁵ shalavinaev@mail.ru✉; <https://orcid.org/0000-0002-7345-1510>

Abstract. Animal by-products are additional outputs of the main farm production. They should be integrated into the closed cycle of agro-ecosystems to restore the fertility of farm land. The aim of the study was to develop a comprehensive approach to the use and pre-application treatment of manure in the form of animal by-products. The study analyzed the current challenges in the processing and application of animal/poultry manure as organic fertilizer in different regions of the Russian Federation. The authors analyzed the quantity and quality of animal by-products, technologies and equipment available in the regions, laws and regulations relating to the assessment of the man-made environmental impact, and the state of environmental monitoring. The study found that the annual volume of animal by-products formed in agricultural organizations and available for processing and fertilizing application was above 250 million tons. While the use of organic fertilizers in 2022, for example, amounted to only 70.3 million tons. This could be due to the lack of equipment and technologies in agricultural organizations, and the underdevelopment of the animal by-product industry. The authors believe that the considered industry should apply the best available manure processing technologies, high-tech engineering systems, digital monitoring of production processes, and intelligent digital tools for on-farm environmental control. This list may also include adaptive measures of economic support for agro-ecological activities and relevant eco-standards for environmentally safe technologies, machines and equipment. The above proposals will add at least 350 million tons of high-quality organic fertilizers to domestic agricultural production and reduce the negative balance of nutrients by at least 2000 thousand tons of NPK.

Keywords: animal by-product industry, animal by-products, organic fertilizer application, manure processing technologies, environmental standard, digital monitoring

Funding: The research was financially supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation under State Assignment for Federal Scientific Agroengineering Center VIM No. FGUN-2022-0010.

For citation: Briukhanov A.Yu., Popov V.D., Fedorenko V.F., Vasilev E.V., Shalavina E.V. Scientific and technical support of animal by-product industry. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2025;27(1):4-12 (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-1-4-12>

Введение

Наряду с производством основной сельскохозяйственной продукции образуются побочные продукты животноводства (ППЖ), которые целесообразно вовлекать в замкнутый цикл функционирования агроэкосистем [1, 2]. Понятие «побочные продукты животноводства» как средство воспроизводства плодородия земель сельскохозяйственного назначения определено Федеральным законом № 248-ФЗ¹, вступившем в силу 1 марта 2023 г. Предприятиям предлагается выбор из трех направлений организации

работы с навозом и пометом: первое (основное) направление – в соответствии с ФЗ № 248 о ППЖ; второе направление, с учетом ФЗ № 109 об агрохимикатах², применяется в случае изготовления из навоза и помета товарной продукции (органоминеральные и органические удобрения), реализуемой через любую торговую сеть (рис. 1). Согласно третьему направлению, регулирующему ФЗ № 89³, предприятия

¹ О побочных продуктах животноводства и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 14 июля 2022 г. № 248-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_421776/ (дата обращения: 01.02.2024).

² О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами: Федеральный закон от 19 июля 1997 г. № 109-ФЗ, с изм. на 8 августа 2024 г. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9045962> (дата обращения: 01.02.2024).

³ Об отходах производства и потребления: Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ, с изм. на 8 августа 2024 г. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901711591> (дата обращения: 01.02.2024).



Рис. 1. Основные направления правового регулирования обращения с навозом и пометом

Fig. 1. Main areas of legal regulation of animal and poultry manure handling

могут передать навоз как отход перерабатывающей лицензированной организации. Каждое направление требует применения определенных технологий и наличия инфраструктуры.

Для эффективного вовлечения ППЖ в сельскохозяйственное производство необходимо создание новой индустрии, направленной на получение новых полезных продуктов, позволяющих повышать плодородие почв, восстанавливать загрязненные земли, обеспечивать прибавку высококачественного урожая, снижать риски негативного воздействия на природу [3, 4].

Цель исследований: анализ научно-технического, организационно-экономического, правового, финансового и нормативно-технологического обеспечения сельскохозяйственного производства побочными продуктами животноводства при утилизации и переработке навоза.

Материалы и методы

Исследования проводились путем комплексного, системного изучения проблемы переработки и использования навоза и помета в качестве органических удобрений в субъектах Российской Федерации. Изучались количественные и качественные

характеристики ППЖ, технико-технологическое оснащение регионов, нормативно-правовая база по оценке техногенного воздействия на окружающую среду и организации экологического мониторинга. При определении базовых технологий использовались подходы к обоснованию наилучших доступных технологий (НДТ) при рассмотрении цифровых методов мониторинга, анализа и организации логистики, учитывался положительный опыт Ленинградской области. При оценке требуемых для создания индустрии инвестиций использовались удельные стоимостные показатели реализации современных проектов по переработке, хранению и использованию ППЖ [5, 6].

Результаты и их обсуждение

По результатам проведенных в 2023 г. исследований (на основании статистических данных за декабрь 2022 г.), во всех категориях хозяйств КРС, свиноводства и птицеводства в окружающую среду выделяется 435 млн т навоза и помета (с учетом навоза, оставленного на пастбищах). На переработку должно поступать порядка 418 млн т, в том числе из сельскохозяйственных организаций – порядка 256 млн т.

Распределение образования навоза по федеральным округам Российской Федерации без учета той части навоза, которая остается на сельскохозяйственных угодьях при использовании пастбищной системы содержания КРС, приведено в таблице 1. Количество образованного навоза получено на основе расчетных методов, учитывающих поголовье животных, половозрастные группы, системы содержания животных и технологии навозо-пометоудаления.

Ежегодно в сельскохозяйственных организациях образуется 256,7 млн т навоза КРС, свиней

и птиц (62,4% от всего количества), при этом в 2022 г. внесено только 70,3 млн т органических удобрений. Такая разница может объясняться как качеством предоставляемых отчетных данных, так и реальными обстоятельствами, связанными с недостаточной технико-технологической оснащенностью сельскохозяйственных организаций. Так, по укрупненной оценке, потребность в дополнительных технических средствах для транспортировки и внесения ППЖ составляет не менее 16000 ед. (табл. 2) [2].

Таблица 1

Образование навоза и помета по федеральным округам Российской Федерации и внесение органических удобрений, млн т в год

Table 1

Animal and poultry manure output by Federal Districts of the Russian Federation and application of organic fertilizers, million tons per year

Регион <i>Region</i>	КРС <i>Cattle</i>	КРС* <i>Cattle*</i>	Свины <i>Pigs</i>	Свины* <i>Pigs*</i>	Птица <i>Poultry</i>	Птица* <i>Poultry*</i>	Всего навоза и помета <i>Total animal/poultry manure</i>	Внесение органических удобрений <i>Application of organic fertilizers</i>
Российская Федерация / Russian Federation	289,4	138,9	103,1	96,2	26,3	21,6	418,8	70,3
Центральный федеральный округ <i>Central Federal District</i>	52,3	44,0	55,5	54,8	7,8	7,31	115,6	29,2
Северо-Западный федеральный округ <i>North-Western Federal District</i>	12,6	10,6	6,9	6,8	2,1	2,08	21,6	5,2
Южный федеральный округ <i>Southern Federal District</i>	37,1	9,4	5,5	4,7	3,2	1,69	45,8	4,9
Северо-Кавказский федеральный округ <i>North Caucasian Federal District</i>	32,0	4,6	1,4	1,0	1,6	0,97	35,0	5,6
Приволжский федеральный округ <i>Volga Federal District</i>	74,0	39,1	15,7	14,1	6,1	4,84	95,8	16,5
Уральский федеральный округ <i>Ural Federal District</i>	17,5	9,4	6,7	5,9	2,5	2,36	26,8	2,9
Сибирский федеральный округ <i>Siberian Federal District</i>	44,7	19,0	8,7	6,6	2,5	1,99	55,9	5,7
Дальневосточный федеральный округ <i>Far Eastern Federal District</i>	19,1	2,8	2,7	2,4	0,5	0,36	22,3	0,3

*В сельскохозяйственных организациях / *In agricultural organizations.*

Таблица 2

Оснащенность техникой для транспортировки и внесения побочных продуктов животноводства

Table 2

Availability of machines and equipment for animal by-product transportation and application

Вид ППЖ <i>Type of animal by-product</i>	Фактическая оснащенность, тыс. шт. <i>Actual availability, thousand pieces</i>	Требуемая оснащенность, тыс. шт. <i>Required availability, thousand pieces</i>
Твердые / Solid	7,5	14,9
Жидкие / Liquid	7,2	15,8

Недостаточная оснащенность приводит к большим потерям ценного ресурса и загрязнению окружающей среды [7]. В пересчете на питательные вещества только по азоту потери могут составлять более 1 млн т д.в. в год.

Необходимо провести дооснащение и капитальный ремонт площадок/хранилищ. Требования по наличию такой инфраструктуры существуют уже несколько десятков лет. Однако исследования, проведенные более чем в 20 субъектах РФ (Республика Карелия, Ленинградская, Псковская, Калининградская, Тверская, Новгородская, Нижегородская, Ульяновская, Новосибирская, Тюменская, Томская области, Республика Татарстан и др.), показывают, что до 50% предприятий нуждаются в модернизации инфраструктуры по переработке и использованию ППЖ.

Создание индустрии побочных продуктов животноводства требует решения ряда важных задач [2]:

- внедрения высокотехнологичных инженерных систем и наилучших доступных технологий (НДТ) подготовки и использования ППЖ;
- применения цифровых программных средств мониторинга и управления ППЖ;
- разработки адаптивных мер экономической поддержки агроэкологических мероприятий, включающих в себя внедрение экологически безопасных технологий и технических средств по переработке и применению ППЖ;
- создание экостандартов для технологий и технических средств по переработке побочных продуктов и их использованию в качестве органических удобрений;
- внедрения интеллектуальных цифровых инструментов производственного экологического контроля.

Использование средств цифровизации обеспечит автоматизированный мониторинг, анализ информации и подготовку предложений для организации логистики использования органических удобрений. Разработанная в ИАЭП – филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ – интерактивная программа мониторинга образования побочных продуктов и их использования позволяет обосновать состав и характеристики необходимой инфраструктуры и технических средств на уровне предприятия и области в целом [8-10].

Базовые наилучшие доступные технологии переработки навоза, помета свиноводства и птицеводства и использования побочных продуктов животноводства представлены в актуализированных информационно-технических справочниках НДТ (ИТС НДТ 41, ИТС НДТ 42), которые приняты Приказами Росстандарта от 14 декабря 2023 г. № 2708 и № 2709 и вступили в действие 1 января 2024 г. Для КРС

базовые технологии переработки навоза представлены в РД-АПК 1.10.15-02-17⁴.

Российские производители ООО «БИОКОМПЛЕКС», ООО «Завод специального машиностроения Искандар», АО «ПК «Ярославич», ООО «МЗПО» способны оснастить предприятия всем необходимым оборудованием по переработке ППЖ, транспортировке и внесению органических удобрений (рис. 2).

Примером внедрения технологических проектов в сельхозпредприятия является демонстрационно-исследовательский и образовательный экологический центр, созданный в 2022 г. в Ленинградской области на базе АО «ПЗ "Первомайский"» (2500 гол. КРС) для проведения обучающих семинаров и исследований по переработке побочной продукции животноводства⁵ [11]. Другой пример – проект, разработанный ООО «АИК» и нацеленный на получение высокоэффективных удобрений из куриного помета с использованием промышленных комплексов ускоренного закрытого компостирования⁶.

Внедрение высокотехнологичных инженерных систем и НДТ подготовки и использования ППЖ требует больших затрат. Исследования, проведенные в Ленинградской области, объем навоза и помета в которой составляет 1% от общероссийского, показывают, что инвестиции на модернизацию животноводческих и птицеводческих предприятий могут составить от 21 000 до 23 000 млн руб., необходимость в эксплуатационных затратах – от 2 400 до 5 250 млн руб. в год [2] (табл. 3).

Оценка затрат (табл. 3) проведена с учетом 4,8 млн т навоза и помета, которые образуются ежегодно в 134 сельскохозяйственных организациях с общим поголовьем, включающим в себя 161 тыс. гол. КРС, 185 тыс. гол. свиней, 28 млн гол. птицы.

При оценке сценария 2 учитывали, что будут внедрены технологии разделения навоза на фракции для более эффективной переработки и последующего использования; внедрены ферментационные

⁴Федоренко В.Ф. и др. Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета РД-АПК 1.10.15.02-17. М.: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2020. С. 180. EDN: YRIVYF.

⁵Зеленые проекты. Ситуационные исследования / Под ред. Д.О. Скобелева. М.: Деловой экспресс, 2021. 160 с. EDN: YTEJRX.

⁶Универсальная технология ускоренного компостирования органического сырья в закрытом помещении с искусственным микроклиматом, принудительной аэрацией и грануляцией (ТУКОС). URL: https://poultryunion.org/f/20230202_tehnologiya_aik.pdf (дата обращения: 02.12.2024).

установки закрытого типа, а также заводы по сушке помета с целью его более эффективного использования; предприятия будут обеспечены навозохранилищами по количеству и вместимости; будет увеличена доля хранилищ закрытого типа; будет достаточное количество технических средств для транспортировки и внесения всего объема органических удобрений с учетом агротехнических сроков.

Основные удельные показатели стоимости отдельных статей затрат на модернизацию приведены в таблице 4.

Учитывая столь значимые затраты на модернизацию (табл. 3), необходимо рассмотреть возможность адаптации существующих мер экономического

стимулирования для освоения наилучших доступных технологий подготовки и использования ППЖ с целью повышения плодородия почв.

Задача разработки проактивных экостандартов для проектирования и внедрения современных технологий и технических средств связана с острой необходимостью актуализации действующей нормативно-технической базы. Большая часть нормативов и стандартов не изменялась в течение более 40 лет. С тех пор используются уже другие породы животных, системы их содержания и кормления и т.д. Применение устаревших норм и стандартов при создании объектов обуславливает существенные технологические ошибки, которые достаточно сложно устранить



Рис. 2. Примеры отечественных технических средств по работе с ППЖ

Fig. 2. Examples of domestic machines and equipment for animal by-product handling

Оценка затрат на модернизацию животноводческой отрасли по переработке и использованию побочных продуктов животноводства (на примере Ленинградской области)

Таблица 3

Cost estimation for upgrading the livestock industry in terms of processing and disposal of animal by-products (as exemplified by the Leningrad Oblast)

Table 3

Показатель <i>Indicator</i>	Сценарий 1* <i>Scenario 1*</i>	Сценарий 2** <i>Scenario 2**</i>
Капитальные затраты, млн руб. / Capital costs, million rubles		
Строительная часть / <i>Construction</i>	11273,6	16339
Техническое оснащение / <i>Machines and equipment</i>	9689,4	6640
Итого / Total	20963	22979
Эксплуатационные затраты, млн руб/год / Operational costs, mil rubles/year		
Влагопоглотители / <i>Moisture absorbers</i>	2106	580
Дизельное топливо / <i>Diesel fuel</i>	515,2	422,1
Заработная плата, ТО и ТР / <i>Salary, maintenance and routine repairs</i>	2630	1412
Итого / Total	5251,2	2414,1

*Сохранение используемых технологий с доведением до соответствия установленным агротехническим и экологическим требованиям / *adaptation of the technologies in use to the acting agro-technical and environmental requirements.*

**Внедрение наилучших доступных технологий (НДТ) / *introduction of the best available technologies (BAT).*

Таблица 4

Исходные данные для оценки модернизации

Table 4

Input data for upgrading assessment

Затраты на модернизацию <i>Upgrading costs</i>	Значение* <i>Value*</i>
Средняя стоимость строительства 1 м ³ гидроизолированного хранилища, тыс. руб. <i>Average construction cost of one m³ of a waterproofed storage, thousand rubles</i>	5,0
Средняя стоимость строительства 1 м ² бетонированной площадки, тыс. руб. <i>Average construction cost of one m² of a concreted site, thousand rubles</i>	6,0
Средняя закупочная цена 1 т торфа с доставкой, тыс. руб. <i>Average purchase price of one ton of peat with delivery, thousand rubles</i>	1,5
Агротехнические сроки внесения жидких органических удобрений, дни <i>Agrotechnical time limits of liquid organic fertilizer application, days</i>	120
Средняя закупочная стоимость машины для внесения жидких органических удобрений объемом 16...18 м ³ , тыс. руб. <i>Average purchase price of a machine for liquid organic fertilizer application with the volume of 16 to 18 m³, thousand rubles</i>	10 000
Средняя закупочная стоимость трактора 5-7 тягового класса, тыс. руб. <i>Average purchase price of a tractor of traction class 5-7, thousand rubles</i>	15000
Средняя закупочная стоимость машины для внесения твердых органических удобрений грузоподъемностью 15 т, тыс. руб. <i>Average purchase price of a machine for solid organic fertilizer application with a load-carrying capacity of 15 tons, thousand rubles</i>	6000
Средняя стоимость 1 т дизельного топлива, тыс. руб. / <i>Average cost of one ton of diesel fuel, thousand rubles</i>	48
Средняя стоимость строительства 1 цеха сепарации, тыс. руб. <i>Average construction cost of one separation facility, thousand rubles</i>	25 000
Средняя закупочная стоимость барабанного биоферментатора производительностью 9 т/сут., тыс. руб. <i>Average purchase price of a drum fermenter with a capacity of nine tons per day, thousand rubles</i>	15000
Средняя закупочная стоимость линии термической сушки и грануляции помета производительностью 8 т/ч по готовому продукту, тыс. руб. <i>Average purchase price of a line for thermal drying and granulation of poultry manure with a capacity of eight tons of ready product per hour, thousand rubles</i>	75 000

*Стоимость указана в ценах 2021 г. / *the prices of 2021.*

после ввода объекта в эксплуатацию [2]. При разработке новых экостандартов необходимо обосновать новые удельные значения показателей образования навоза и помета, их физико-химические характеристики, требования к срокам хранения и использования ППЖ. Требования к размерам и объемам площадок и хранилищ для переработки и накопления ППЖ должны учитывать климатическую зону, в которой размещается сельскохозяйственное предприятие, и применяемые агротехнические приемы возделывания сельскохозяйственных культур в регионе.

Внедрение даже самых современных экологически безопасных технологий требует организации и осуществления производственного и экологического контроля [8]. Сегодня в подавляющем большинстве случаев эта задача решается путем принятия локальных стандартов (технологических регламентов и технических условий) на уровне предприятий,

однако качество их исполнения зависит от культуры управления и степени ответственности конкретных руководителей. В ИАЭП – филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ – разрабатываются интеллектуальные цифровые инструменты производственного экологического контроля, которые могут стать основой для цифровой версии технологического регламента. Особенно это актуально для предприятий, внедряющих «умную» технику и технологии, что позволяет в автоматизированном режиме осуществлять учет образования ППЖ, анализ его характеристик и определение планов внесения органических удобрений под запланированный урожай, определение сроков внесения и требований к машинно-тракторному составу с учетом агротехнических требований и экологических ограничений. По факту выполнения работ в автоматизированном режиме происходит заполнение документации производственного экологического

контроля и формирование таблиц, необходимых для регулярного представления в контролирующие надзорные органы. По мере накопления ежегодной статистики проводится оценка эффективности применения органических удобрений по показателям урожайности и качества сельскохозяйственной продукции, а также показателей плодородия почвы сельскохозяйственных земель, что непосредственно связано с оценкой долгосрочной экологической устойчивости агроэкосистем.

Выводы

1. Индустрия побочных продуктов животноводства должна основываться на наилучших доступных технологиях переработки и использования ППЖ, включать в себя высокотехнологичные инженерные

системы, цифровые программные средства мониторинга и управления ППЖ и интеллектуальные цифровые инструменты производственного экологического контроля; учитывать адаптивные меры экономической поддержки агроэкологических мероприятий и новые экостандарты по переработке ППЖ и их использованию в качестве органических удобрений.

2. Развитая индустрия побочных продуктов животноводства обеспечит отечественное сельскохозяйственное производство высококачественными органическими удобрениями, которые сократят отрицательный баланс питательных элементов не менее чем на 2000 тыс. т NPK, что положительно отразится на производственных показателях и долгосрочной экологической устойчивости агроэкосистем.

Список источников

1. Шалавина Е.В., Васильев Э.В. Повышение экологической безопасности путем разработки технологического регламента переработки и использования побочной продукции животноводства // *Агроэкоинженерия*. 2023. № 1 (114). С. 141-154. <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2023-1114-141-154>
2. Брюханов А.Ю., Васильев Э.В., Шалавина Е.В. Научно-техническое обеспечение для решения задач Федерального закона № 248 о побочных продуктах животноводства // *Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: Материалы XV Международной научно-практической конференции. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. С. 55-61. EDN: FWUCZI*
3. Лукин С.М., Золкина Е.И., Марчук Е.В. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность севооборота, содержание и качественный состав органического вещества почвы // *Плодородие*. 2021. № 3 (120). С. 93-98. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.120.18>
4. Карашаева А.С., Завалин А.А., Ивашенков Г.А., Старостина Е.Н. Влияние удобрений и средств химизации на плодородие почвы и питание растений // *Агроэкоинженерия*. 2023. № 4 (117). С. 4-14. <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2023-4117-4-14>
5. Кузьмина Т.Н., Свиначев И.Ю., Третьякова О.Л., Скляр А.В. Анализ перечня основного технологического оборудования, эксплуатируемого в случае применения наилучших доступных технологий // *Техника и оборудование для села*. 2023. № 11 (317). С. 32-35. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2023-11-32-35>
6. Салеева И.П., Кузьмина Т.Н., Малородов В.В. Актуализация информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям для интенсивного разведения сельскохозяйственной птицы // *Птицеводство*. 2022. № 10. С. 69-74. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-10-69-74>
7. Попов В.Д., Федоренко В.Ф., Брюханов А.Ю. Приоритеты экологического развития животноводства России и пути их реализации // *Техника и оборудование для села*. 2020. № 12 (282). С. 2-5. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2020-12-2-5>
8. Izmailov A.Y., Dorokhov A.S., Briukhanov A.Y., Popov V.D., Shalavina E.V., Okhtilev M.Y., Koromyslichenko V.N. Digital system for monitoring and management of livestock organic waste. In: Hu Z., Gavriushin S., Petoukhov S., He M. (eds) *Advances in Intelligent Systems, Computer Science and Digital Economics III. CSDEIS2021. Lecture Notes on Data*

References

1. Shalavina E.V., Vasilev E.V. Improving the environmental safety through the development of technological regulations for processing and application of byproducts. *AgroEkoInzheneriya*. 2023;1(114):141-152. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2023-1114-141-154>
2. Briukhanov A.Yu., Vasiliev E.V., Shalavina E.V. Scientific and technical support for solving the tasks of Federal Law No. 248 on animal by-products. In: *Scientific and Informational Support for the Innovative Development of the Agribusiness. Proc. XV Int. Sci. Prac. Conf. Moscow, Rosinformagrotekh. 2023:55-61. (In Russ.)*
3. Lukin S.M., Zolkina Ye.I., Marchuk Ye.V. Influence of long-term fertilizers application on the crop rotation productivity, content and composition of soil organic matter. *Plodorodie*. 2021;3(120):93-98. (In Russ.) <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.120.18>
4. Karashaeva A.S., Zavalin A.A., Ivashenkov G.A., Starostina E.N. Influence of fertilizers and chemical agents on soil fertility and plant nutrition. *AgroEkoInzheneriya = AgroEcoEngineering*. 2023;4(117):4-14. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2023-4117-4-14>
5. Kuzmina T.N., Svinarev I.Yu., Tretyakova O.L., Sklyar A.V. Analysis of the list of main technological equipment operated in case of application of the best available technologies. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2023;11(317):32-35. (In Russ.) <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2023-11-32-35>
6. Saleeva I.P., Kuzmina T.N., Malorodov V.V. Actualization of the informational and technical manual on the best available techniques for the intense poultry production. *Pitisevodstvo*. 2022;71(10):69-74. (In Russ.) <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-10-69-74>
7. Popov V.D., Fedorenko V.F., Briukhanov A.Yu. Priorities for the environmental development of animal husbandry in Russia and ways of their implementation. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2020;12(282):2-5. (In Russ.) <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2020-12-2-5>
8. Izmailov A.Y., Dorokhov A.S., Briukhanov A.Y., Popov V.D., Shalavina E.V., Okhtilev M.Y., Koromyslichenko V.N. Digital system for monitoring and management of livestock organic waste. In: Hu Z., Gavriushin S., Petoukhov S., He M. (eds) *Advances in Intelligent Systems, Computer Science and Digital Economics III. CSDEIS2021. Lecture Notes on Data Engineering and Communications*

Engineering and Communications Technologies. Springer, Cham. 2022;121:22-33. https://doi.org/10.1007/978-3-030-97057-4_3

9. Плаксин И.Е., Трифанов А.В. Анализ систем интеллектуального управления в сельском хозяйстве // Агроекоинженерия. 2021. № 4 (109). С. 82-94. <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2021-4109-82-94>

10. Лобачевский Я.П., Дорохов А.С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т. 15, № 4. С. 6-10. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10>

11. Брюханов А.Ю., Попов В.Д., Васильев Э.В. Методы решения экологических проблем в сельскохозяйственном производстве // Известия Международной академии аграрного образования. 2023. № 65. С. 167-171. EDN: ZERKWI

Информация об авторах

- ¹ Брюханов Александр Юрьевич, д-р техн. наук, доцент, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник; SPIN-код: 8932-5083, AuthorID: 622502; sznii@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4963-3821>
- ² Попов Владимир Дмитриевич, д-р техн. наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, SPIN-код: 3875-5019, AuthorID: 684252; popov_vd@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8781-0879>
- ³ Федоренко Вячеслав Филиппович, д-р техн. наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, SPIN-код: 5363-1873, AuthorID: 672972; fedorenko@rosinformagrotech.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6398-4463>
- ⁴ Васильев Эдуард Вадимович, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, SPIN-код: 9810-9439, AuthorID: 679939; sznii6@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5910-5793>
- ⁵ Шалавина Екатерина Викторовна, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, SPIN-код: 4075-6888, AuthorID: 678720; shalavinaev@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7345-1510>
- ^{1,2,4,5} Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ; 196634, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское ш. 3
- ³ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5

Вклад авторов

А.Ю. Брюханов – концептуализация, создание черновика рукописи;
В.Д. Попов – методология, научное руководство;
В.Ф. Федоренко – формулирование основных направлений исследований, информационные ресурсы;
Э.В. Васильев – верификация данных, визуализация;
Е.В. Шалавина – формальный анализ, создание окончательной версии (доработка) рукописи и ее редактирование.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат

Статья поступила 15.02.2024, после рецензирования и доработки 07.10.2024; принята к публикации 06.12.2024

Technologies. Springer, Cham. 2022;121:22-33. (In Eng.) https://doi.org/10.1007/978-3-030-97057-4_3

9. Plaksin I.E., Trifanov A.V. Application of intellectual management systems in agriculture. *AgroEkoInzheneriya*. 2021;4(109):82-94. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2021-4109-82-94>

10. Lobachevskiy Ya.P., Dorokhov A.S. Digital technologies and robotic devices in the agriculture. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2021;15(4):6-11. (In Russ.) <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10>

11. Bryukhanov A.Yu., Popov V.D., Vasiliev E.V. Methods of solving environmental problems in agricultural production. *Izvestiya Mezhdunarodnoy Akademii Agrarnogo Obrazovaniya*. 2023;65:167-171. (In Russ.)

Author Information

- ¹ Aleksandr Yu. Briukhanov, DSc (Eng), Assistant Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences; chief researcher; sznii@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4963-3821>
- ² Vladimir D. Popov, DSc (Eng), Professor, Full Member of Russian Academy of Sciences, chief researcher; popov_vd@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8781-0879>
- ³ Viacheslav F. Fedorenko, DSc (Eng), Professor, Full Member of the Russian Academy of Sciences; chief researcher; fedorenko@rosinformagrotech.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6398-4463>
- ⁴ Eduard V. Vasilev, CSc (Eng); Lead Research Engineer; sznii6@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5910-5793>
- ⁵ Ekaterina V. Shalavina, CSc (Eng); Senior Research Engineer; shalavinaev@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7345-1510>
- ^{1,2,4,5} IEEP – Branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM; Filtrovskoe Road, 3, Tyarlevo, Saint Petersburg, 196625, Russian Federation
- ³ Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 1st Institutsky Proezd Str., Moscow, 5109428, Russian Federation

Author Contribution

A.Yu. Briukhanov – conceptualization, writing – original draft preparation;
V.D. Popov – methodology, research supervision;
V.F. Fedorenko – conceptualization, information resources;
E.V. Vasilev – data verification, visualization;
E.V. Shalavina – formal analysis, writing – review and editing of the manuscript.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests and are responsible for plagiarism.

Received 15.02.2024; Revised 07.10.2024; Accepted 06.12.2024