

Разработка нового способа утилизации свежих побочных продуктов животноводства

Голембовский В.В., (✉) Коровин А.А.

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр

Ставропольский край, г. Михайловск, Россия

(✉) e-mail: abv20korovin@yandex.ru

Способ утилизации свежеполученных побочных продуктов животноводства заключается в том, что свежий навоз и/или помет разделяется на жидкую и твердую фракции путем предварительного разведения водой с последующим гомогенизированием и сепарированием. Жидкая фракция использовалась в качестве жидкого биоорганического удобрения. Твердая фракция использовалась в качестве субстрата для разведения дождевых червей семейства Lumbricidae, с последующим получением органического удобрения вермикомпоста и биомассы дождевых червей. Первоначально способ направлен на снижение токсичности свежеполученных побочных продуктов животноводства путем их разбавления водой в соотношении от 1:1,5 до 1:2,5 м³ и гомогенизации до однородного состояния. В результате класс опасности снижается до V (практически не наносит вреда окружающей среде). При этом происходит очищение от балластных инородных механических включений с высокой (камни, щебень, металл и т.д.) и низкой (шпатель, веревки, щепа, палки и т.д.) удельной массой, первые из которых оседают на дно емкости, вторые всплывают на поверхность, после чего удаляются механическим путем. Затем гомогенизированная субстанция подается в пресс, где происходит выдавливание и отделение жидкой фракции от твердой, которые собираются в отдельную тару. Твердая фракция использована в качестве субстрата для выработки вермикомпоста дождевыми червями семейства Lumbricidae. Агрохимический состав жидкой и твердой фракций соответствовал требованиям ГОСТ, предъявляемым к органическим и минеральным удобрениям. Токсикологическая характеристика жидкой фракции свидетельствовала о безвредности для биологических объектов окружающей среды.

Ключевые слова: побочные продукты животноводства, вермикомпостирование, агрохимический состав вермикомпоста, дождевые черви (Lumbricidae)

Development of a new disposal method of fresh animal by-products

Golembovskii V.V., (✉) Korovin A.A.

North Caucasus Federal Agrarian Research Centre

Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russia

(✉) e-mail: abv20korovin@yandex.ru

The method for disposal of freshly obtained by-products of animal husbandry consists of separating fresh manure and/or droppings into liquid and solid fractions by preliminary dilution with water, followed by homogenization and separation. The liquid fraction was used as a liquid bioorganic fertilizer. The solid fraction was used as a substrate for breeding earthworms of the family Lumbricidae with subsequent production of organic fertilizer vermicompost and earthworm biomass. Initially, the method is aimed at reducing the toxicity of freshly obtained animal by-products by diluting them with water in the ratio from 1:1.5 to 1:2.5 m³ and homogenizing them to a homogeneous state. As a result, the hazard class is reduced to V (virtually no harm to the environment). At the same time, the ballast foreign mechanical inclusions with high (stones, rubble, metal, etc.) and low (twine, ropes, wood chips, sticks, etc.) specific mass are cleared, the former of which settle to the bottom of the tank, and the latter float to the surface, after which they are removed mechanically. The homogenized substance is then fed into a press, where squeezing and separation of the liquid fraction from the solid fraction takes place, which are collected in a separate container. The solid fraction is used as a substrate for vermicompost production by earthworms of the family Lumbricidae. The agrochemical composition of liquid and solid fractions met the GOST requirements for organic and mineral fertilizers. Toxicological characteristics of the liquid fraction indicated that it was harmless to biological objects of the environment.

Keywords: animal by-products, vermicomposting, vermicompost agrochemical composition, earthworms (Lumbricidae)

Для цитирования: Голембовский В.В., Коровин А.А. Разработка нового способа утилизации свежих побочных продуктов животноводства // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2025. Т. 55. № 11. С. 87–96. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-11-9>

For citation: Golembovskii V.V., Korovin A.A. Development of a new disposal method of fresh animal by-products. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2025, vol. 55, no. 11, pp. 87–96. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-11-9>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования, проведенные учеными на территории основных аграрных регионов России и зарубежья, наглядно демонстрируют неуклонный рост основных негативных процессов, признанных главными вызовами продовольственной и экологической безопасности: токсичного воздействия на состояние окружающей среды побочных продуктов животноводства (ППЖ) и деградации земель сельскохозяйственного назначения [1–3].

Объем накопленных отходов животноводства и птицеводства составляет сотни миллионов тонн, с которыми в окружающую среду попадают десятки миллионов тонн органических веществ, соединений азота, фосфора, калия, а также широкий спектр других химических элементов, входящих в состав кормов и витаминно-минеральных комплексов [4–6].

В России животноводство является одной из ведущих отраслей сельского хозяйства и занимает особое место в обеспечении населения продуктами питания. В условиях макроэкономической нестабильности с целью сокращения себестоимости животноводческой продукции повсеместно происходит постепенное наращивание производственных мощностей [7, 8]. При этом рост поголовья сельскохозяйственных животных и птицы сопровождается ростом объемов образующихся ППЖ, что сопровождается ухудшением здоровья населения и выводом из хозяйственного оборота миллионов гектаров сельхозугодий [9].

Широкое применение агрохимикатов, прежде всего гербицидов и пестицидов, способствовало деградации естественной почвен-

ной флоры и фауны, угнетению естественных восстановительных функций почв и, как следствие, снижению плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур. Пытаясь сгладить негативный эффект, аграрии стали вносить все большее количество удобрений и агрохимикатов. Однако это только способствовало ускорению деградации почв за счет гибели почвенной биоты и дисбаланса органических компонентов, макро- и микроэлементов [10, 11].

Высокая стоимость современных удобрений делает их недоступными для средних и мелких сельхозпроизводителей, что только усугубляет ситуацию.

В то же время ППЖ могут выступать в качестве ценного сырья для производства экологически благоприятных органических удобрений, применение которых послужит восстановлению плодородия почв, увеличению урожайности сельскохозяйственных культур, повысит рентабельность и конкурентоспособность сельскохозяйственных предприятий [12, 13].

Федеральным законом от 14 июля 2022 г. № 248-ФЗ «О побочных продуктах животноводства и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»¹ закреплено повышение эффективности вовлечения ППЖ в сельскохозяйственное производство, в том числе для обеспечения воспроизводства плодородия земель сельскохозяйственного назначения. Отнесение отходов к ППЖ регламентируется статьей 5 «Отнесение веществ, образуемых при содержании сельскохозяйственных животных, к побочным продуктам животновод-

¹О 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.garant.ru/products/ipo/prime/doc/404891791>.

ства и ведение их учета», и согласно части 6 вновь могут быть признаны отходами. При этом постановлением Правительства Российской Федерации от 31.10.2022 № 1940 «Об утверждении требований к обращению побочных продуктов животноводства»² регламентируется внесение переработанных ППЖ в почву в качестве органических удобрений.

Утилизация ППЖ с получением удобрений на основе механических, физических и химических методов показала недостаточную экономическую эффективность. Главными недостатками данных способов являются высокие энергетические затраты и техническая сложность оборудования, не позволяющие их использовать для переработки свежего навоза и помета в условиях малых и средних сельхозпредприятий. В большинстве своем они также не предусмотрены для получения экологически чистых органических удобрений и субстрата для вермикомпостирования [14, 15].

Способы утилизации органосодержащих отходов, основанные на применении бактериологических и ферментативных препаратов, продемонстрировали хорошие результаты и показали свою перспективность в условиях экспериментов, но оказались достаточно дорогостоящими и до настоящего времени не нашли широкого применения в сельхозпроизводстве. Общими недостатками данных способов является сложность приготовления компостной смеси, использование дорогостоящих микробиологических препаратов, а также значительные потери органических веществ и азота при аэробном способе компостирования [16].

Устойчивый рост цен на удобрения в России на фоне стабилизации, а в некоторые годы и снижение закупочных цен на конечные продукты растениеводства, заставляет сельхозпроизводителей использовать подвергшиеся естественному и техногенному компостированию навоз и помет в качестве удобрения для восполнения почвенного гумуса.

Однако естественное компостирование имеет ряд существенных недостатков. Во-первых, на его осуществление требуется достаточно длительный промежуток времени, в течение которого содержание полезных органических и минеральных веществ существенно снижается. Во-вторых, потребность внесения компоста в почву может достигать десятков тонн на 1 га, что, с учетом логистических затрат, для многих сельхозпроизводителей является экономически нецелесообразным [17].

В отдельных исследованиях отмечалось, что ППЖ, их фракции и полученные на их основе вермикомпосты могут быть использованы в качестве органических удобрений [18]. При этом жидкую фракцию непосредственно вывозили на поля, а твердую направляли в отвалы для утилизации путем естественного компостирования длительностью до 6–8 мес в зависимости от природно-климатических условий региона [19].

Наш интерес вызвали работы по утилизации таких видов ППЖ, как свежие навоз и помет, которые, согласно Федеральному классификационному каталогу отходов, утвержденному приказом Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242³, отнесены к III–IV классам опасности.

Процесс производства продукции животноводства сопровождается попаданием в ППЖ всевозможных посторонних предметов, которые способствуют повышенному износу технологического оборудования и могут приводить к его поломке [20].

В то же время многократно доказано в условиях эксперимента, что экологически благоприятная технология вермикомпостирования ППЖ позволяет не только существенно ускорить процесс компостирования, но и позволяет получить более концентрированное и сбалансированное органическое удобрение.

В настоящее время вермикомпостирование является самым безопасным и экологически чистым способом переработки отходов

²Об утверждении требований к обращению побочных продуктов животноводства: постановление Правительства Российской Федерации от 31.10.2022 № 1940. URL: <http://government.ru/docs/all/143923/>.

³Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов: приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242. URL: https://gpn.gov.ru/upload/iblock/e54/prikaz_rosprirodnadzora_ot_22_05_2017_n_242_ob_utverzhdenii.pdf.

животноводства [21, 22]. Однако отсутствие технологически простого оборудования, позволяющего превратить ППЖ в максимально адаптированный для жизнедеятельности червя субстрат и сырье для выработки вермикомпоста, препятствует широкому внедрению технологий вермикомпостирования.

Цель исследования – разработка упрощенного способа быстрой экологически безопасной утилизации свежего навоза и помета с получением биоорганических удобрений и субстрата для разведения дождевых червей с последующей выработкой вермикомпоста и биомассы червей для использования в сельском хозяйстве.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования по обозначенной теме проходили в 2023 г. на базе физиологической станции Всероссийского НИИ овцеводства и козоводства – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». Исследования проводились в весенне-летний период непосредственно на территории животноводческой фермы. Повторность опытов трехкратная.

Схема способа переработки и утилизации свежего навоза и помета путем получения

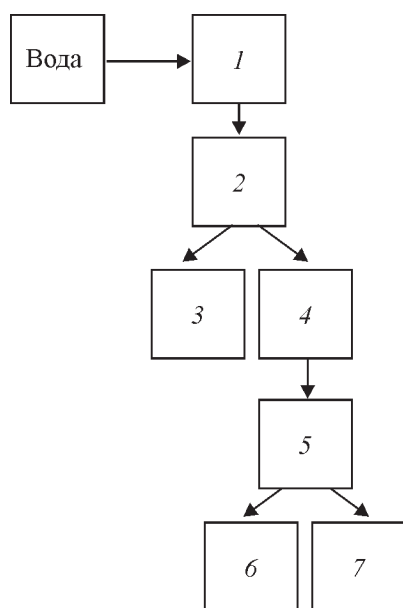


Схема способа переработки и утилизации свежего навоза и помета

Scheme of the method for processing and recycling fresh manure and litter

жидких биоорганических удобрений и вермикомпоста представлена на рисунке.

На начальном этапе эксперимента порядка 500 кг субстрата (свежего навоза или помета) помещали в емкость 1, предварительно заполненную водой в соотношении свежий навоз/вода 1:1 м³ с последующим доведением соотношения от 1:1,5 до 1:2,5 м³. Объем добавляемой жидкости зависел от температуры окружающей среды, количества и структуры подстилочного материала, технологии содержания и навозоудаления (первоначальной влажности навоза). В результате класс опасности снижается до V (практически не наносит вреда окружающей среде).

Спустя 1 ч естественного размягчения при помощи погружных винтов навоз был дополнительно гомогенизирован, вследствие чего балластные инородные механические включения с высокой удельной массой (камни, щебень, металл и т.д.) оседали на дне, а с низкой удельной массой (шпагат, веревки, щепы, палки и т.д.) – всплывали на поверхность. Затем при помощи погружных насосов гомогенизированная субстанция подавалась в пресс 2, где происходило выдавливание и отделение жидкой фракции 3 от твердой – 4.

Твердую фракцию 4 в качестве субстрата для жизнедеятельности дождевых червей семейства Lumbricidae отправляли в вермикомпостер 5 (ящичные вермиреакторы) или бурт (длина – 8,0 м, ширина – 1,5 м, глубина – 0,3 м). Заселяемость дождевыми червями составила 3 тыс. особей на 1 м² компостной массы. Процесс компостирования составил 6 нед при влажности субстрата от 70 до 75%, при этом 1–2 раза в неделю проводилась аэрация методом ворошения.

Затем механическим способом отделяли дождевых червей 6 от вермикомпоста 7, после чего последний высушивали в естественных условиях и использовали как удобрение.

Статистическую обработку данных выполняли в программах Statistica и Microsoft Excel.

Токсикологический анализ вытяжек навоза и проб жидкой фракции на острое токсическое действие осуществляли в аттестованной

химико-экологической лаборатория ООО «ЮЦПК Промышленная Безопасность» с использованием в качестве тест-объектов дафнии *Daphnia magna* Straus (методика выполнения измерений – ФР.1.39.2007.03222 «Биологические методы контроля. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний»⁴) и водоросли *Scenedesmus quadricauda* (методика выполнения измерений – ФР.1.39.2007.03223 «Биологические методы контроля. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей»⁵).

Агрохимические исследования проводили в условиях аттестованных лабораторий ФГБУ Государственный центр агрохимической службы «Ставропольский» согласно требованиям, отраженным в ГОСТ Р 56004–2014⁶, ГОСТ 27980–88⁷, ГОСТ 26717–85⁸, М-МВИ-80–2008⁹, ГОСТ 27979–88¹⁰, Методических указаниях по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства¹¹ и Методических указаниях по определению мышьяка в почвах фотометрическим методом¹².

Санитарно-бактериологические и санитарно-паразитологические исследования

проводили в Испытательном центре ФГБУ «Северо-Кавказская межрегиональная ветеринарная лаборатория», руководствуясь ГОСТ Р 54001–2010¹³, ГОСТ Р 57782–2017¹⁴, МУ 2.1.7.2657–10¹⁵, МУК 4.2.3695–21¹⁶.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Заявленное техническое решение позволяет существенно ускорить естественное компостирование навоза/помета и снизить его токсичность.

Агрохимический состав жидкой и твердой фракций соответствует требованиям ГОСТ, предъявляемым к органическим и минеральным удобрениям, что позволяет насытить почву питательными веществами, необходимыми для повышения ее плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур (см. табл. 1).

По результатам биотестирования проб вытяжек свежего навоза и жидкой фракции на тест-объекты выявлена безвредная кратность разбавления (БКР) пробы, вызывающая гибель не более 10% тест-организмов *Daphnia magna* Straus, по сравнению с контролем, за период 96 ч ($1 < \text{БКР } 10-96 < 100$) и не более 20% водорослей *Scenedesmus quadricauda*, по сравнению с контролем, за 72 ч ($1 < \text{БКР } 20-72 < 100$) (см. табл. 2).

Способ переработки и утилизации ППЖ может быть применен в условиях сель-

⁴Биологические методы контроля. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний: ФР (Федеральный реестр).1.39.2007.03222. М.: Акварос, 2007. 51 с.

⁵Биологические методы контроля. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей: ФР (Федеральный реестр).1.39.2007.03223. М.: Акварос, 2007. 47 с.

⁶ГОСТ Р 56004–2014. Удобрения органические. Вермикомпосты. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2020. 12 с.

⁷ГОСТ 27980–88. Удобрения органические. Методы определения органического вещества. М.: Изд-во стандартов, 1989.

⁸ГОСТ 26717–85. Удобрения органические. Метод определения общего фосфора. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200019314>.

⁹Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии М-МВИ-80–2008. СПб., 2008. 27 с.

¹⁰ГОСТ 27979–88. Удобрения органические. Метод определения pH. М., 1989. 7 с.

¹¹Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. изд.-е 2, перераб. и доп. М., 1992. 62 с.

¹²Методические указания по определению мышьяка в почвах фотометрическим методом. М., 1993. 73 с.

¹³ГОСТ Р 54001–2010. Удобрения органические. Методы гельминтологического анализа. М.: Стандартинформ, 2011. 12 с.

¹⁴ГОСТ Р 57782–2017. Удобрения органические. Методы паразитологического анализа. Методы определения ооцист и цист простейших. М.: Стандартинформ, 2017. 16 с.

¹⁵Методические указания МУ 2.1.7.2657–10. Энтомологические методы исследования почвы населенных мест на наличие преимагинальных стадий синантропных мух. М., 2010. 12 с.

¹⁶Методические указания МУК 4.2.3695–21. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Методы микробиологического контроля почвы. URL: <https://docs.cntd.ru/document/608086087>.

Табл. 1. Агрохимический, бактериологический и паразитологический состав навоза крупного рогатого скота (бесподстилочного), жидкой и твердой фракций**Table 1.** Agrochemical, bacteriological and parasitological composition of cattle manure (semiliquid), liquid and solid fractions

Показатель	Результат испытаний		
	навоз КРС	жидкая фракция	твердая фракция
<i>Показатели качества</i>			
Массовая доля сухого вещества, %	14	11	27
Массовая доля влаги, %	86	89	73
Массовая доля органического вещества, %	20,6	74	80,2
Массовая доля питательных веществ, %:			
азота общего	0,48	0,77	0,79
фосфора общего, в пересчете на P ₂ O ₅	0,29	0,16	0,28
калия общего, в пересчете на K ₂ O	0,57	1,06	1,12
Показатель активности водородных ионов, pH	6,5	7,2	6,9
<i>Массовая доля микроэлементов</i>			
Железо, мг/кг	199,4	224,98	240,3
Цинк, мг/кг	10,1	8,28	9,0
Марганец, мг/кг	20,3	14,47	14,5
Медь, мг/кг	12,2	2,13	54,1
Кобальт, мг/кг	7,1	0,30	6,8
Бор, %	0,005	0,002	0,01
Молибден, %	0,003	0,002	0,001
Магний, %	0,12	0,04	0,08
Кальций, %	0,44	0,86	0,92
Содержание балластных инородных механических включений от сухого вещества, %, не более:			
с высокой удельной массой (камни, щебень, металл и т.д.) размером менее 40 мм	0,9	Не обнаружено	
с низкой удельной массой (шпагат, веревки, щепа, палки и т. д.) размером менее 150 мм	0,5	»	»
<i>Показатели безопасности</i>			
Массовая концентрация примесей отдельных токсичных элементов (валовое содержание), мг/кг:			
свинец	4,55	2,24	2,18
кадмий	0,28	0,01	0,14
ртуть	< 0,005	< 0,005	< 0,005
мышьяк	0,64	1,22	0,36
Бенз(а)пирен, мг/кг	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Полихлорированные бифенилы, мг/кг	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Массовая концентрация остаточных количеств пестицидов, мг/кг:	< 0,005	< 0,005	< 0,005
ГХЦГ (сумма изомеров)			
ДДТ и его метаболиты (суммарные количества)	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг	23,1	23,1	23,1
Удельная эффективная активность техногенных радионуклидов (ACs/45 + ASr/30), отн. ед.	0,01	0,01	0,01
Наличие личинок и куколок синантропных мух, экз./кг		Не обнаружены	
Индекс БГКП, КОЕ/г:			
колиформы	8	6	2
энтеробактерии	6	4	2
Наличие патогенных и болезнетворных микроорганизмов КОЕ/г,		Не обнаружены	
Наличие жизнеспособных яиц и личинок гельминтов, экз./кг		»	»
Цисты кишечных патогенных простейших, экз. / 100 г		»	»

Примечание. Ед. изм. – единица измерения; КРС – крупный рогатый скот; ГХЦГ – гексахлорциклогексан; ДДТ – дихлордифенилтрихлорметилметан; БГКП – бактерии группы кишечной палочки.

Табл. 2. Токсикологическая оценка проб вытяжек свежего навоза и жидкой фракции методом биотестирования

Table 2. Toxicological evaluation of the samples of fresh manure extracts and liquid fraction by the method of biotesting

Тест-объект	Продолжительность наблюдения, ч	Безвредная кратность разбавления (БКР10-96/БКР20-72)	Оценка тестируемой пробы	Методика выполнения измерений
<i>Daphnia magna</i> Straus	96	1,5	Оказывает острое токсическое действие	ФР. 1.39.2007.03222
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	72	1,6	То же	ФР. 1.39.2007.03223

хозпредприятий любой мощности, с выходом в качестве конечного продукта органических удобрений в жидкой и твердой форме. При этом твердая фракция может быть использована в качестве субстрата для вермикомпостирования. Способ сокращает срок полной переработки свежеполученного навоза не менее, чем в 4–6 раз в зависимости от геоклиматических условий региона. Предлагаемая технология обеспечивает интенсификацию переработки ППЖ.

По агрохимическому составу жидкая, твердая фракции и выработанный вермикомпост соответствовали требованиям ГОСТ, предъявляемым к органическим и минеральным удобрениям, что позволяет их использовать в качестве органических удобрений сельскохозяйственных культур при почвенном внесении.

Твердая фракция оказалась пригодной для жизнедеятельности дождевых червей и выработки вермикомпоста.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Утилизация свежего навоза и помета при применении предложенного способа достигается тем, что свежеполученный навоз/помет утилизируется путем получения биоорганических удобрений и субстрата для разведения дождевых червей посредством снижения токсичности первичного сырья путем его разбавления водой с последующим отжатием и сбором жидкой и твердой фракций. При этом жидкая фракция может быть сразу использована в качестве биоорганического удобрения, а твердая может использоваться в качестве сырья для разведения дождевых червей и получения вермикомпоста.

Показатели содержания фосфора общего, цинка, марганца, кобальта, молибдена, магния, свинца, кадмия, балластных инородных механических включений в навозе КРС превышают, а азота общего, калия общего, железа, кальция оказываются ниже таковых в жидкой и твердой фракциях.

Безвредная кратность разбавления водой проб вытяжек свежего навоза и жидкой фракции составили 1,5 и 1,6 соответственно для тест-объектов *Daphnia magna* Straus и *Scenedesmus quadricauda*.

Способ получения биоорганических удобрений и субстрата для разведения дождевых червей из свежего навоза/помета прост, не требует использования специальной техники.

Предлагаемая технология позволяет интенсивно утилизировать ППЖ, не имевшие ранее полезного практического применения, и получать экологически чистые, сбалансированные по макро- и микроэлементам удобрения, способствующие повышению урожайности сельскохозяйственных культур и улучшению качества продукции.

Максимальный эффект от использования предлагаемого способа переработки ППЖ может быть получен в сельскохозяйственных предприятиях, комплексно занимающихся животноводством и растениеводством, а также при тесном межхозяйственном сотрудничестве сельхозпредприятий, специализирующихся на растениеводстве и животноводстве изолированно.

Технический результат, который может быть достигнут с помощью предлагаемого способа, сводится к быстрой и экологически безопасной утилизации или переработ-

ке ППЖ и получению жидких органических удобрений и субстрата для разведения дождевых червей, выработанных из отходов сельскохозяйственного производства животного и растительного происхождения, что позволяет существенно уменьшить негативное воздействие на состояние окружающей среды в местах расположения животноводческих комплексов, получить жидкие удобрения и субстрат для разведения дождевых червей.

Таким образом, утилизация ППЖ лежит в основе экологической безопасности сельскохозяйственных регионов и продовольственной безопасности всей Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zucca C., Fleiner R., Bonaiuti E., Kang U. Land degradation drivers of anthropogenic sand and dust storms // *Catena*. 2022. Vol. 219. P. 106575. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106575.
2. Черкасова О.В., Строков А.С., Цветнов Е.В., Карпова Д.В., Беляева М.В., Чекин М.Р., Марахова Н.А. Вопросы оценки продовольственной безопасности в Российской Федерации // *Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение*. 2023. № 2. С. 117–128. DOI: 10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-2-117-127.
3. Коровин А.А., Безгина Ю.А., Зеленская Т.Г., Степаненко Е.Е., Лысенко И.О. Адаптация приемов биологизации земледелия для решения проблем аграрного производства // *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2023. № 3 (51). С. 41–46. DOI: 10.31279/2222-9345-2023-14-51-41-46.
4. Агапкин А.М., Махотина И.А. Переработка сельскохозяйственных отходов: рынок органических удобрений и производство органических пищевых продуктов // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2021. № 3. С. 212–225.
5. Брюханов А.Ю., Васильев Э.В., Шалавина Е.В., Охтилев М.Ю., Коромысличенко В.Н. Инструмент для мониторинга экологического состояния и устойчивого развития сельскохозяйственного производства // *Техника и технологии в животноводстве*. 2023. № 1 (49). С. 78–84. DOI: 10.22314/27132064-2023-1-78.
6. Сырчина Н.В., Пилип Л.В., Колеватых Е.П., Ашихмина Т.Я. Биологическое загрязнение почв побочными продуктами животноводства // *Теоретическая и прикладная экология*. 2024. № 2. С. 201–210. DOI: 10.25750/1995-4301-2024-2-201-210.
7. Васильев Э.В., Шалавина Е.В. Принципиальные подходы к формированию индустриальных центров переработки отходов животноводства // *Техника и технологии в животноводстве*. 2022. № 1 (45). С. 79–84. DOI: 10.51794/27132064-2021-4-79.
8. Al-Sulaimi I.N., Nayak J.K., Alhimali H., Sana A., Al-Mamun A. Effect of volatile fatty acids accumulation on biogas production by sludge-feeding thermophilic anaerobic digester and predicting process parameters // *Fermentation*. 2022. Vol. 8. P. 184. DOI: 10.3390/fermentation8040184.
9. Сырчина Н.В., Пилип Л.В., Ашихмина Т.Я. Химическая деградация земель под воздействием отходов животноводства // *Теоретическая и прикладная экология*. 2022. № 3. С. 219–225. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-3-219-225.
10. Сырчина Н.В., Пилип Л.В., Ашихмина Т.Я. Влияние органических удобрений на содержание микроэлементов в зеленой массе кукурузы // *Химия растительного сырья*. 2024. № 1. С. 372–380. DOI: 10.14258/jcprm.20240112298.
11. Meng X., Sørensen P., Møller H.B., Petersen S.O. Greenhouse gas balances and yield-scaled emissions for storage and field application of organic fertilizers derived from cattle manure // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2023. Vol. 345. P. 108327. DOI: 10.1016/j.agee.2022.108327.
12. Олива Т.В., Колесниченко Е.Ю., Панин С.И., Андреева Н.В. Экологические аспекты производства и применения вермикомпоста // *Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии*. 2022. № 4 (26). С. 41–46.
13. Singh S., Singh J., Kandoria A., Quadar J., Bhat S.A., Chowdhary A.B., Vig A.P. Bioconversion of different organic waste into fortified vermicompost with the help of earthworm: A comprehensive review // *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 2020. Vol. 9. P. 423–439.
14. Шилин В.А., Герасимова О.А., Радкевич Е.В., Герасимова А.А. Анализ технологий и средств механизации удаления навоза на малых животноводческих фермах // *Техника и технологии в животноводстве*. 2022. № 1 (45). С. 85–91. DOI: 10.51794/27132064-2022-1-85.
15. Романов А.С., Васильев Э.В. Анализ интенсивных технологий переработки побочных продуктов животноводства с внедрением альтернативных источников энергии // *Техника и*

- технологии в животноводстве. 2022. № 4 (48). С. 90–97. DOI: 10.51794/27132064-2022-4-90.
16. Шалавина Е.В., Васильев Э.В., Уваров Р.А. Методы экологически безопасного использования навоза и помета фермерскими хозяйствами в Ленинградской области // *АгроЭкоИнженерия*. 2021. № 3 (108). С. 128–140. DOI: 10.24412/2713-2641-2021-3108-128-140.
17. Zhou Y., Li X., Liu Y. Cultivated land protection and rational use in China // *Land Use Policy*. 2021. Vol. 106. P. 105454.
18. Yasmina N., Jamudaa M., Panda A.K., Samala K., Nayak J.K. Emission of greenhouse gases (GHGs) during composting and vermicomposting: Measurement, mitigation, and perspectives // *Energy Nexus*. 2022. Vol. 7. P. 100092. DOI: 10.1016/j.nexus.2022.100092.
19. Шалавина Е.В., Васильев Э.В., Папушин Э.А. Анализ технологий переработки отходов животноводства в различных природно-климатических условиях России // *АгроЭкоИнженерия*. 2023. № 3 (116). С. 110–124. DOI: 10.24412/2713-2641-2023-3116-110-123.
20. Wang Y., Li D., Nie C., Gong P., Yang J., Hu Z., Li B., Ma M. Research progress on the wear resistance of key components in agricultural machinery // *Materials (Basel)*. 2023. Vol. 16 (24). P. 7646. DOI: 10.3390/ma16247646.
21. Yuvaraj A., Thangaraj R., Ravindran B., Chang S.W., Karmegam N. Centrality of cattle solid wastes in vermicomposting technology – A cleaner resource recovery and biowaste recycling option for agricultural and environmental sustainability // *Environmental Pollution*. 2021. Vol. 268 (Pt. A). P. 115688. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.115688.
22. Hajam Y.A., Kumar R., Kumar A. Environmental waste management strategies and vermi transformation for sustainable development // *Environmental challenges*. 2023. Vol. 13. P. 100747. DOI: 10.1016/j.envc.2023.100747.
1. Zucca C., Fleiner R., Bonaiuti E., Kang U. Land degradation drivers of anthropogenic sand and dust storms. *Catena*, 2022, vol. 219, p. 106575. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106575.
2. Cherkasova O.V., Stokov A.S., Tsvetnov E.V., Karpova D.V., Belyaeva M.V., Chekin M.R., Marakhova N.A. Food security assessment issues in the Russian Federation. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie = Lomonosov Soil Science Journal*, 2023, no. 2, pp. 117–128. (In Russian). DOI: 10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-2-117-127.
3. Korovin A.A., Bezgina Yu.A., Zelenskaya T.G., Stepanenko E.E., Lysenko I.O. The future of soil fertility lies in the biologization of the farming system. *Agrarnyi vestnik Severnogo Kavkaza = Agrarian Bulletin of the North Caucasus*, 2023, no. 3 (51), pp. 41–46. (In Russian). DOI: 10.31279/2222-9345-2023-14-51-41-46.
4. Agapkin A.M., Makhotina I.A. Agricultural waste processing: organic fertilizer market and organic food production. *Khranenie i pererabotka sel'hozsyrya = Storage and Processing of Farm Products*, 2021, no. 3, pp. 212–225. (In Russian).
5. Bryukhanov A.Yu., Vasil'ev E.V., Shalavina E.V., Okhtilev M.Yu., Koromyslichenko V.N. An instrument for environmental state and agricultural production's sustainable development monitoring. *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve = Machinery and technologies in livestock*, 2023, no. 1 (49), pp. 78–84. (In Russian). DOI: 10.22314/27132064-2023-1-78.
6. Syrchina N.V., Pilip L.V., Kolevatych E.P., Ashikhmina T.Ya. Biological contamination of soils by livestock by-products // *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya = Theoretical and applied ecology*, 2024, no. 2, pp. 201–210. (In Russian). DOI: 10.25750/1995-4301-2024-2-201-210.
7. Vasiliev E.V., Shalavina E.V. Fundamental approaches to livestock waste processing's industrial centers formation. *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve = Machinery and technologies in livestock*, 2022, no. 1 (45), pp. 79–84. (In Russian). DOI: 10.51794/27132064-2021-4-79.
8. Al-Sulaimi I.N., Nayak J.K., Alhimali H., Sana A., Al-Mamun A. Effect of volatile fatty acids accumulation on biogas production by sludge-feeding thermophilic anaerobic digester and predicting process parameters. *Fermentation*, 2022, vol. 8, p. 184. DOI: 10.3390/fermentation8040184.
9. Syrchina N.V., Pilip L.V., Ashikhmina T.Ya. Chemical land degradation under the influence of animal husbandry waste. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya = Theoretical and applied ecology*, 2022, no. 3, pp. 219–225. (In Russian). DOI: 10.25750/1995-4301-2022-3-219-225.
10. Syrchina N.V., Pilip L.V., Ashikhmina T.Ya. The effect of organic fertilizers on the content of trace elements in the green mass of corn. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya = Chemistry of plant raw material*, 2024, no. 1, pp. 372–380. (In Russian). DOI: 10.14258/jcprm.20240112298.

11. Meng X., Sørensen P., Møller H.B., Petersen S.O. Greenhouse gas balances and yield-scaled emissions for storage and field application of organic fertilizers derived from cattle manure. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2023, vol. 345, p. 108327. DOI: 10.1016/j.agee.2022.108327.
12. Oliva T.V., Kolesnichenko E.Yu., Panin S.I., Andreeva N.V. Environmental aspects of production and application of vermicompost. *Aktual'nye voprosy sel'skokhozyaistvennoi biologii = Actual issues in agricultural biology*, 2022, no. 4 (26), pp. 41–46. (In Russian).
13. Singh S., Singh J., Kandoria A., Quadar J., Bhat S.A., Chowdhary A.B., Vig A.P. Bioconversion of different organic waste into fortified vermicompost with the help of earthworm: A comprehensive review. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2020, vol. 9, pp. 423–439.
14. Shilin V.A., Gerasimova O.A., Radkevich E.V., Gerasimova A.A. Analysis of technologies and means of mechanization of manure removal on small livestock farms. *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve = Machinery and technologies in livestock*, 2022, no. 1 (45), pp. 85–91. (In Russian). DOI: 10.51794/27132064-2022-1-85.
15. Romanov A.S., Vasil'ev E.V. Analysis of livestock's by-products processing intensive technologies at the alternative energy sources introducing. *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve = Machinery and technologies in livestock*, 2022, no. 4 (48), pp. 90–97. (In Russian). DOI: 10.51794/27132064-2022-4-90.
16. Shalavina E.V., Vasil'ev E.V., Uvarov R.A. Methods for environmentally safe use of animal/poultry manure on private farms in the Leningrad region. *AgroEkoInzheneriya = AgroEcoEngineering*, 2021, no. 3 (108), pp. 128–140. (In Russian). DOI: 10.24412/2713-2641-2021-3108-128-140.
17. Zhou Y., Li X., Liu Y. Cultivated land protection and rational use in China. *Land Use Policy*, 2021, vol. 106, p. 105454.
18. Yasmina N., Jamudaa M., Panda A.K., Samala K., Nayak J.K. Emission of greenhouse gases (GHGs) during composting and vermicomposting: Measurement, mitigation, and perspectives. *Energy Nexus*, 2022, vol. 7, p. 100092. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100092>.
19. Shalavina E.V., Vasil'ev E.V., Papushin E.A. Analysis of technologies for processing animal waste in different natural and climatic conditions of Russia. *AgroEkoInzheneriya = AgroEcoEngineering*, 2023, no. 3 (116), pp. 110–124. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2023-3116-110-123>.
20. Wang Y., Li D., Nie C., Gong P., Yang J., Hu Z., Li B., Ma M. Research progress on the wear resistance of key components in agricultural machinery. *Materials (Basel)*. 2023, vol. 16 (24), p. 7646. DOI: 10.3390/ma16247646.
21. Yuvaraj A., Thangaraj R., Ravindran B., Chang S.W., Karmegam N. Centrality of cattle solid wastes in vermicomposting technology – A cleaner resource recovery and biowaste recycling option for agricultural and environmental sustainability. *Environmental Pollution*, 2021, vol. 268 (pt. A), p. 115688. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.115688.
22. Hajam Y.A., Kumar R., Kumar A. Environmental waste management strategies and vermi transformation for sustainable development. *Environmental challenges*, 2023, vol. 13, p. 100747. DOI: 10.1016/j.envc.2023.100747.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Голембовский Владимир Владимирович, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук; SPIN-код 6464-9443

✉ **Коровин Андрей Анатольевич**, ведущий научный сотрудник, доктор медицинских наук; SPIN-код 8999-2899; **адрес для переписки:** Россия, 356241, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: abv20korovin@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

Vladimir V. Golembovskii, Lead Researcher, Candidate of Science in Agriculture; SPIN-code 6464-9443

✉ **Andrey A. Korovin**, Lead Researcher, Doctor of Science in Medicine; SPIN-code 8999-2899; **address:** 49, Nikonova St., Stavropol Territory, Mikhailovsk, 356241, Russia; e-mail: abv20korovin@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 09.07.2025
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 29.08.2025
Дата публикации / Published 08.12.2025