

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

## ECOLOGICAL EFFICIENCY OF THE USE OF ORGANIC FERTILIZERS OBTAINED FROM ANIMAL

**V. Tyurin  
L. Volchkova  
N. Rodionova  
K. Biryukov**

*Summary.* The article examines the ecological effectiveness of the use of organic fertilizers produced from animal by-products in organic farming systems. The relevance of the study is due to the need to reduce anthropogenic pressure on agroecosystems and the transition to a closed-loop resource use model in the agricultural sector. Modern technologies for processing manure and manure into organic fertilizers, their effect on the agrochemical properties of the soil, crop productivity and greenhouse gas emissions are analyzed. It has been shown that the use of organic fertilizers of animal origin can reduce the leaching of nutrients, reduce greenhouse gas emissions compared with mineral analogues and increase the content of organic carbon in the soil. It has been revealed that maximum environmental efficiency is achieved with the combined use of organic fertilizers with biologics and biochar, which provides a synergistic effect in improving soil fertility. The main problems of implementing these technologies have been identified, including the instability of fertilizer composition, logistical constraints, and the need to adapt to specific soil and climatic conditions. Ways to solve the problems and prospects of using organic fertilizers of animal origin in organic farming are considered, including the introduction of digital platforms for calibration of nutritional properties, integrated use with microbiological preparations and biochar, the development of technologies for anaerobic digestion and pyrolysis.

*Keywords:* organic fertilizers, by-products of animal husbandry, organic farming, closed-loop economy, environmental efficiency.

**Тюрин Владимир Григорьевич**

*Доктор ветеринарных наук, профессор, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина  
potyemkina@mail.ru*

**Волчкова Лалита Анзоровна**

*Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина  
lolita\_volchkova@mail.ru*

**Родионова Наталья Владимировна**

*Кандидат биологических наук, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина  
rodionovanatasha@bk.ru*

**Бирюков Кирилл Николаевич**

*Кандидат ветеринарных наук, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина  
19kirill85@mail.ru*

*Аннотация.* В статье рассматривается экологическая эффективность применения органических удобрений, произведённых из побочных продуктов животноводства, в системах органического земледелия. Актуальность исследования обусловлена необходимостью снижения антропогенной нагрузки на агроэкосистемы и переходом к модели использования ресурсов в виде замкнутого цикла в аграрном секторе. Проанализированы современные технологии переработки навоза и помёта в органоминеральные удобрения, их влияние на агрохимические свойства почвы, продуктивность сельскохозяйственных культур и эмиссию парниковых газов. Показано, что использование органических удобрений животного происхождения позволяет снизить выщелачивание питательных веществ, сократить выбросы парниковых газов по сравнению с минеральными аналогами и повысить содержание органического углерода в почве. Выявлено, что максимальная экологическая эффективность достигается при комплексном применении органических удобрений с биопрепаратами и биоуглём, что обеспечивает синергетический эффект в улучшении почвенного плодородия. Определены основные проблемы внедрения данных технологий, включая нестабильность состава удобрений, логистические ограничения и необходимость адаптации к конкретным почвенно-климатическим условиям. Рассмотрены пути решения проблем и перспективы использования органических удобрений животного происхождения в органическом земледелии, в том числе внедрение цифровых платформ для калибровки питательных свойств, комплексное применение с микробиологическими препаратами и биоуглём, развитие технологий анаэробного сбраживания и пиролиза.

*Ключевые слова:* органические удобрения, побочные продукты животноводства, органическое земледелие, экономика замкнутого цикла, экологическая эффективность.

## Введение

Современное сельское хозяйство стоит перед беспрецедентными вызовами, связанными с необходимостью обеспечения продовольственной безопасности растущего населения планеты при одновременном снижении негативного воздействия на окружающую среду. Традиционные минеральные удобрения, обеспечивающие до 40–60 % прироста урожайности сельскохозяйственных культур, являются источником значительных экологических проблем, включая эвтрофикацию водоёмов, загрязнение грунтовых вод нитратами и эмиссию парниковых газов [8]. В этом контексте органическое земледелие, основанное на использовании возобновляемых ресурсов и минимизации применения синтетических веществ, рассматривается как перспективная альтернатива, способствующая достижению Целей устойчивого развития ООН [11]. Особое место в системе органического земледелия занимают побочные продукты животноводства — навоз крупного рогатого скота, свиной навоз, птичий помёт. Ежегодно в мире образуются миллиарды тонн этих отходов, которые при нерациональном использовании становятся источником загрязнения окружающей среды, однако при правильной переработке представляют собой ценный ресурс для восполнения почвенного плодородия. Концепция экономики замкнутого цикла в агропродовольственном секторе предполагает максимально полное возвращение питательных элементов из органических отходов в агроэкосистемы, что позволяет сократить зависимость от импортных минеральных удобрений и снизить углеродный след сельскохозяйственного производства [11].

Целью статьи является анализ экологической эффективности использования органических удобрений, полученных из побочных продуктов животноводства, в системах органического земледелия, а также выявление основных проблем и перспектив их применения. Новизна исследования заключается в комплексном рассмотрении не только агрономических аспектов применения органических удобрений животного происхождения, но и их влияния на углеродный баланс агроэкосистем, биоразнообразие почвенной микробиоты и эмиссию парниковых газов, а также в анализе современных технологий обработки навоза и помёта, повышающих экологическую эффективность их использования.

## Материалы и методы исследования

Исследование базируется на анализе и обобщении данных отечественных и зарубежных научных публикаций, посвящённых изучению эффективности органических удобрений животного происхождения. Используются материалы полевых опытов, вегетационных экспериментов и лабораторных исследований, опубликованные в научных изданиях. Рассмотрены техноло-

гии переработки побочных продуктов животноводства, включая компостирование, анаэробное сбраживание, вермикомпостирование и производство органоминеральных удобрений с добавлением биоугля и микробиологических препаратов.

## Результаты и обсуждения

Многочисленные исследования подтверждают, что применение органических удобрений на основе навоза и помёта способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур, сопоставимому с использованием минеральных удобрений. Например, в условиях лесостепи Заволжья комплексное применение многокомпонентных органических удобрений на основе диатомита и цеолита совместно с биопрепаратами обеспечило прибавку урожайности твёрдой яровой пшеницы на 54,4 % по сравнению с контролем и на 20,2 % по сравнению с применением пестицидов [4]. Исследования, проведённые в Кабардино-Балкарской Республике, показали, что сочетание навоза, сидератов и соломы с биоактивацией почвы способствует повышению урожая озимой пшеницы на 0,24 т/га относительно варианта с внесением минеральных удобрений [3].

Важно отметить, что органические удобрения не только обеспечивают растения элементами питания, но и улучшают физико-химические свойства почвы. Их применение способствует увеличению содержания органического вещества, улучшению структуры почвы, повышению влагоудерживающей способности и активации почвенной микробиоты [8]. Исследования австралийских учёных показали, что добавление 5 % компоста в песчаный субстрат модулировало рост и фенологию растений, увеличивая кущение и продукцию метёлок у зерновых культур, что подтверждает наличие в органических удобрениях веществ, стимулирующих рост растений, помимо основных элементов питания [11].

Одним из главных преимуществ использования органических удобрений животного происхождения является их способность увеличивать пул органического углерода в почве, что способствует смягчению последствий изменения климата. По оценкам зарубежных исследователей, глобальное внедрение «прецизионной компостной стратегии» позволило бы увеличить содержание органического углерода в пахотных почвах на 19,5 Пг, что составляет около 26,5 % от текущего уровня [11]. Органоминеральные удобрения, обогащённые биоуглём, способствуют снижению выщелачивания питательных веществ до 40 %, увеличивают микробное разнообразие на 25 % и стабилизируют почвенный углерод [1, 8].

Применение органических удобрений позволяет существенно сократить эмиссию парниковых газов по сравнению с использованием минеральных анало-

гов. Подкисление свиного навоза серной кислотой и его последующее компостирование снижает эмиссию аммиака на 60 %, а выбросы углекислого газа — на 30–40 %. В исследовании, проведённом в рамках европейского проекта Esonutri, показано, что использование органоминеральных удобрений на основе переработанных органических отходов позволяет сократить выбросы парниковых газов до 30 % по сравнению с традиционными минеральными удобрениями [12]. Исследования других учёных демонстрируют, что применение комплекса органических удобрений с биоактивацией почвы обеспечивает климатический эффект в размере 23,5 т CO<sub>2</sub>-экв на гектар [3].

Органические удобрения животного происхождения способствуют улучшению фитосанитарной обстановки в агроценозах за счёт активизации антагонистической микробиоты и повышения иммунитета растений. Российские исследователи установили, что совместное применение дражирования семян и биопрепаратов по вегетации сокращает распространённость корневых гнилей в среднем на 44,6 % по озимой ржи, 49,4 % по твёрдой яровой пшенице и 50,5 % по ячменю по сравнению с контролем. Снижение распространённости бурой листовой ржавчины достигало 46,4 % по озимой ржи и 57,8 % по твёрдой яровой пшенице [4]. Это позволяет существенно сократить или полностью отказаться от применения химических фунгицидов, что является ключевым принципом органического земледелия.

Современные технологии позволяют значительно повысить экологическую и агрономическую эффективность использования побочных продуктов животноводства. Компостирование остаётся наиболее доступным и широко распространённым методом переработки, однако оно требует значительного времени (от 6 до 12 месяцев) и сопровождается потерями азота в процессе аммонификации. Более перспективными представляются технологии анаэробного сбраживания с получением биогаза и органоминеральных удобрений, а также производство биоугля путём пиролиза органических отходов [1].

Особого внимания заслуживает подход, основанный на калибровке питательных свойств органических удобрений под конкретные культуры и почвенные условия. Международные исследования показывают, что использование компоста в качестве единственного источника азота часто приводит к снижению урожайности по сравнению с минеральными удобрениями, однако оптимальные смеси органических рециклатов с добавлением минерального азота позволяют достичь сопоставимых результатов [11]. Это указывает на необходимость разработки органоминеральных удобрений с заданными свойствами, адаптированных к потребностям конкретных сельскохозяйственных культур.

Перспективным направлением является обогащение органических удобрений микробиологическими препаратами, содержащими азотфиксирующие и фосфатмобилизующие микроорганизмы. Российские учёные из Пермского национального исследовательского политехнического университета разработали биоудобрение на основе гуминовых кислот торфа, ионов кобальта и бактерий *Bacillus subtilis*, которое при испытаниях на редисе увеличило массу корнеплодов на 22,64 % по сравнению с контролем [5]. Такие комплексные препараты сочетают питательную и защитную функции, что особенно ценно в системах органического земледелия.

Несмотря на очевидные экологические и агрономические преимущества, широкомасштабное внедрение органических удобрений животного происхождения в практику органического земледелия сопряжено с рядом существенных проблем, требующих комплексного подхода к их решению.

Одной из наиболее острых проблем является потенциальная опасность загрязнения почв и растениеводческой продукции тяжёлыми металлами, патогенными микроорганизмами, антибиотиками и гормональными препаратами, которые могут присутствовать в не переработанном должным образом навозе и помёте. Исследования показывают, что бессистемное длительное применение высоких доз птичьего помёта способно приводить к накоплению в почве цинка, меди и кадмия, концентрации которых в ряде случаев превышают предельно допустимые значения [8]. Решением данной проблемы выступает внедрение систем обязательного контроля качества органических удобрений на всех этапах их производства и применения, а также разработка национальных стандартов, гармонизированных с международными требованиями к органической продукции. Технологии анаэробного сбраживания и пиролиза позволяют существенно снизить содержание патогенов и семян сорных растений, а также частично иммобилизовать тяжёлые металлы в недоступной для растений форме [6].

Низкая концентрация питательных элементов в органических удобрениях по сравнению с минеральными аналогами обуславливает высокие транспортные издержки и делает экономически нецелесообразным их перевозку на расстояния, превышающие 50–100 км от мест производства. Это ограничивает возможности использования побочных продуктов животноводства в регионах с высокой распаханностью земель и недостаточным поголовьем скота. Перспективным направлением преодоления данного барьера является развитие децентрализованных систем переработки органических отходов непосредственно в местах их образования с получением концентрированных органоминеральных удобрений, пригодных для транспортировки и внесения

современной сельскохозяйственной техникой. Технологии гранулирования, сушки и обогащения органических удобрений минеральными добавками позволяют повысить содержание питательных элементов до 15–20 %, что делает их логистически сопоставимыми с традиционными удобрениями [4,7].

Вариабельность химического состава органических удобрений, обусловленная видом животных, рационами кормления, технологиями содержания и способами переработки, затрудняет точное прогнозирование их удобрительной ценности и доз внесения [6, 9]. В результате аграрии либо недополучают урожай из-за недостаточного питания растений, либо сталкиваются с экологическими рисками, связанными с избыточным поступлением азота и фосфора в окружающую среду. Решением данной проблемы выступает внедрение методов оперативной диагностики состава органических удобрений непосредственно перед их внесением, а также разработка цифровых платформ и калькуляторов, позволяющих на основе известных характеристик сырья и технологий его переработки прогнозировать удобрительную ценность конечного продукта.

Переход на органические удобрения требует от сельхозтоваропроизводителей значительных инвестиций в приобретение специализированной техники для внесения, строительство хранилищ и приобретение технологических линий для переработки навоза. В краткосрочной перспективе такие вложения могут снижать рентабельность производства, особенно в условиях отсутствия государственной поддержки [2]. В этой связи необходима разработка и реализация программ субсидирования приобретения оборудования для переработки органических отходов, а также создание системы «зелёного» кредитования для производителей органической продукции.

Дальнейшее развитие использования органических удобрений животного происхождения в органическом земледелии будет определяться несколькими тенденциями. Прежде всего, ожидается совершенствование технологий переработки, направленное на получение продуктов с заданными, стабильными свойствами, адаптированными к потребностям конкретных культур и почвенно-климатических условий. Особое внимание будет уделяться разработке органоминеральных удобрений пролонгированного действия, сочетающих быстрый и медленный пулы азота, что позволит синхронизировать питание растений с их потребностями в течение вегетации.

Перспективным направлением является интеграция органических удобрений в системы точного земледелия. Использование спутниковой навигации, дистанционного зондирования и датчиков состояния почвы позволяет вносить органику дифференцированно, с учётом пространственной неоднородности почвенного плодородия, что повышает коэффициент использования питательных веществ и минимизирует экологические риски. Исследования показывают, что дифференцированное применение органических и минеральных удобрений повышает продуктивность севооборота на 5–8 % по сравнению с равномерным внесением и снижает пространственную вариабельность агрохимических свойств почвы с 46 % до 23 % [10].

Наконец, важнейшей перспективой является признание роли органических удобрений в смягчении последствий изменения климата. Включение почвенного углерода, секвестрированного при применении органики, в национальные системы торговли углеродными единицами создаст дополнительный источник дохода для сельхозтоваропроизводителей и будет стимулировать переход к экономике замкнутого цикла в агропромышленном комплексе.

## Выводы

Экологическая эффективность использования органических удобрений, полученных из побочных продуктов животноводства, в органическом земледелии подтверждается комплексом научных данных. Применение данных удобрений позволяет одновременно решать несколько задач: утилизировать отходы животноводства, восполнять почвенное плодородие, повышать продуктивность сельскохозяйственных культур и снижать негативное воздействие на окружающую среду. Ключевыми экологическими преимуществами являются сокращение выщелачивания питательных веществ, снижение эмиссии парниковых газов по сравнению с минеральными удобрениями и увеличение пула органического углерода в почве, что способствует секвестрации углерода и смягчению последствий изменения климата. Дополнительным положительным эффектом выступает улучшение фитосанитарного состояния посевов, позволяющее сократить применение пестицидов. Важным условием успешного использования органических удобрений животного происхождения является их калибровка под конкретные почвенно-климатические условия и биологические особенности возделываемых культур.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гребёнкина О.А., Александрова Л.Р., Старостин А.Г. Исследование способа грануляции минеральных удобрений с биоуглем с различными связующими // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Химия. Экология. Урбанистика», Пермь, 26–28 марта 2025 года. — Пермь: ПНИПУ, 2025. — С. 105–109.
2. Дибирова Х.А. Оценивание потенциала органического сельскохозяйственного производства региона с использованием экспертных знаний / Х.А. Дибирова, В.А. Спесивцев, А.В. Спесивцев // Аграрный научный журнал. — 2025. — № 6. — С. 98–107. — DOI 10.28983/asj.y2025i6pp98-107.
3. Занилов А.Х., Лешкенов А.М., Конова С.Р. Экономическое и климатическое обоснование приема биоактивации почвы для развития органического земледелия в Кабардино-Балкарской Республике // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. — 2025. — № 6. — С. 25–38. — DOI: <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2025-6-25-38>.
4. Оленин О.А., Зудилин С.Н., Сафин Х.М. Комплексное применение органических удобрений и биопрепаратов в зернопаровом севообороте в условиях органического земледелия // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. — 2025. — Т. 55. — № 12. — С. 5–14. — DOI: 10.26898/0370-8799-2025-12-1.
5. Урожайность выросла на 22% без химии. В России создали органическое удобрение // Поиск — новости науки и техники. — 2025. — 23 сентября. — URL: <https://poisknews.ru/selskoe-hozyajstvo> (дата обращения: 05.03.2026)
6. Федорова Е.Д., Железова А.Д., Тхакахова А.К. Влияние разных органических удобрений на таксономическое и физиологическое разнообразие микробиома дерново-подзолистой почвы и чернозема по результатам лабораторного эксперимента // Сборник тезисов докладов «Почвоведение. Горизонты будущего — 2025», Москва, 22–26 сентября 2025 года. — Москва: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2025. — С. 101–103.
7. Черников Е.А., Ярошенко О.В., Ушакова Я.В. Влияние применения органо-минеральных удобрений на физические, агрохимические и микробиологические характеристики структурно-метаморфического агрозема в условиях монокультуры сада // Субтропическое и декоративное садоводство. — 2025. — № 92. — С. 195–207. DOI: 10.31360/2225-3068-2025-92-195-207.
8. Chojnacka K., Baltrusaitis J. Organo-mineral fertilizers for sustainable agriculture // Sustainability Science and Technology. — 2025. — Vol. 2. — № 2. — P. 022001. — DOI: 10.1088/2977-3504/adc0a8.
9. Hidalgo D., Martín-Marroquín J.M., Corona F., Verdugo F. Waste-Derived Fertilizers: Conversion Technologies, Circular Bioeconomy Perspectives and Agronomic Value // Agronomy. — 2025. — №15. — pp. 2167.
10. Ivanov A.I., Ivanova Zh.A., Konashenkov A.A. Precision fertilizer system as a factor in optimizing the agrochemical properties of soddy-podzolic soil // AGRIS. — 2021. — №1. — pp. 28–32.
11. Schmidt S., Krishnan V., Gamage H. et al. Enabling the circular nitrogen economy with organic and organo-mineral fertilisers // Nutrient Cycling in Agroecosystems. — 2025. — Vol. 130. — pp. 33–48. — DOI: 10.1007/s10705-024-10380-7.
12. Technologies for nutrient calibration of materials derived from biowaste processing. ECONUTRI Project // European Union Research Framework Programme. — 2025. — URL: <https://econutri-project.eu> (date of application: 05.03.2026).

© Тюрин Владимир Григорьевич (potyemkina@mail.ru); Волчкова Лалита Анзorieвна (lolita\_volchkova@mail.ru); Родионова Наталья Владимировна (rodionovanatasha@bk.ru); Бирюков Кирилл Николаевич (19kirill85@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»