

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО/GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.108> EDN: RDQMON

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ БЕСПОДСТИЛОЧНОГО ПОМЕТА С ГУМИНОВЫМИ КИСЛОТАМИ И ЕЕ АГРОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Научная статья

Зазыкина Л.А.^{1,*}, Анисимова Т.Ю.²¹ORCID : 0000-0003-2215-9031;²ORCID : 0000-0003-1654-7783;¹Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства РАН, Сергиев Посад, Российская Федерация²Верхневолжский федеральный аграрный научный центр, Владимир, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (l.zazykina[at]ya.ru)

Предложена: 22.03.2026; Принята: 25.08.2026; Опубликовано: 17.09.2026

Аннотация

Одной из важнейших задач птицеводства является утилизация бесподстилочного помета с максимальным сохранением питательных веществ и минимизацией воздействия на окружающую среду. Цель работы — разработка комплексной технологии переработки бесподстилочного помета в органическое удобрение с использованием гуминовых кислот и оценка ее влияния на свойства компоста и рост растений. Исследования проведены в ФНЦ «ВНИТИП» на базе СГЦ «ЭПХ Загорское». В первом опыте бесподстилочный помет компостировали в контейнерах объемом 1 м³ с использованием метода пассивной аэрации. Схема опыта включала: контроль (без добавок), варианты с добавлением препарата гуминовых кислот (ГК) «Экор-СП» в дозах 1,0 и 1,5 л/т. Проведены наблюдения за температурой, газообменом, определены микробиологические и физико-химические показатели. Установлено, что применение ГК в дозе 1,5 л/т снижает эмиссию аммиака, стабилизирует температурный режим и повышает содержание общего азота в компосте до 4,76%, что на 13,6% выше контроля. Содержание общего фосфора в опытных вариантах увеличилось на 20%. Продукт из варианта 1,5 л/т соответствует ГОСТ Р 33830-2016 по микробиологическим показателям и имеет оптимальную влажность 58,6%. Во втором опыте проведена агропробация полученных компостов при выращивании пекинской капусты в условиях фитотрона. При агропробации компост с гуминовыми кислотами обеспечил прирост содержания общего азота в почве на 80%, общего фосфора на 18%, общего калия на 23–25% относительно контроля. Растения капусты на этом компосте показали положительную динамику роста и высокий индекс зелени, сопоставимый с традиционным компостом. Технология компостирования бесподстилочного помета методом пассивной аэрации с гуминовыми кислотами в дозе 1,5 л/т позволяет получить стандартизированное органическое удобрение с повышенной питательной ценностью.

Ключевые слова: бесподстилочный помет, гуминовые кислоты, органические удобрения, качество компоста, компостирование, агропробация.

A TECHNOLOGY FOR PROCESSING SLURRY USING HUMIC ACIDS AND ITS AGRONOMIC EFFECTIVENESS

Research article

Zazykina L.A.^{1,*}, Anisimova T.Y.²¹ORCID : 0000-0003-2215-9031;²ORCID : 0000-0003-1654-7783;¹All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Poultry Farming RAS, Sergiev Posad, Russian Federation²Upper Volga Federal Agrarian Research Centre, Vladimir, Russian Federation

* Corresponding author (l.zazykina[at]ya.ru)

Suggested: 22.03.2026; Accepted: 25.08.2026; Published: 17.09.2026

Abstract

One of the most important tasks in poultry farming is the processing of slurry with maximum preservation of nutrients and minimal environmental impact. The aim of the study is to develop a complex technology for processing slurry into organic fertiliser using humic acids, and to assess its effect on the properties of the compost and plant growth. The research was carried out at the All-Russian Scientific Research and Technology Institute of Poultry Farming FRC at the "Zagorskoye Experimental Breeding Farm". In the first experiment, litter-free manure was composted in 1 m³ containers using the passive aeration method. The experimental design included: a control (without supplements) and treatments with the addition of the humic acid (HA) preparation "Ekor-SP" at doses of 1,0 and 1,5 l/t. Observations were made of temperature and gas exchange, and microbiological and physico-chemical parameters were determined. It was found that the application of HA at a dose of 1,5 l/t reduces ammonia emissions, stabilises the temperature regime and increases the total nitrogen content in the compost to 4,76%, which is 13,6% higher than the control. The total phosphorus content in the experimental treatments increased by 20%. The product from the 1,5 l/t treatment complies with GOST R 33830-2016 in terms of microbiological parameters and has an optimal moisture content of 58,6%. In the second experiment, field trials were conducted using the composts obtained to grow

Chinese cabbage under phytotron conditions. In field trials, compost containing humic acids resulted in an 80% increase in total nitrogen content, an 18% increase in total phosphorus, and a 23–25% increase in total potassium in the soil compared with the control. Cabbage plants grown on this compost showed positive growth dynamics and a high greenness index, comparable to that of plants grown on traditional compost. The technology for composting slurry using passive aeration with humic acids at a dose of 1,5 l/t makes it possible to produce a standardised organic fertiliser with enhanced nutritional value.

Keywords: slurry, humic acids, organic fertilisers, compost quality, composting, agricultural testing.

Введение

Птицеводство является одним из интенсивных секторов агропромышленного комплекса, сопровождающихся накоплением значительных объемов помета. По данным статистики в Китае ежегодно образуется около 3,05 миллиарда тонн навоза от скота и птицы [1], [8]. В России проблема утилизации отходов птицеводства также стоит крайне остро, особенно для регионов с высокой концентрацией поголовья. Накопление помета без надлежащей переработки приводит к загрязнению почв, водоемов и атмосферы, а также к потерям ценных питательных элементов [2].

Компостирование признано экологически безопасным и экономически эффективным методом (невысокие капитальные вложения) переработки органических отходов. Данный биотермический процесс позволяет не только снизить объем отходов и уничтожить патогенную микрофлору, но и получить ценный продукт — органическое удобрение, пригодное для использования в сельском хозяйстве [3]. В мировой практике применяются различные технологии компостирования птичьего помета, которые можно классифицировать по способу аэрации и организации процесса. Основными методами являются компостирование в буртах с периодическим ворошением, статическое компостирование с пассивной или принудительной аэрацией, а также компостирование в закрытых реакторах. Анаэробное сбраживание и термохимическая конверсия (пиролиз, газификация) представляют собой альтернативные пути переработки, однако компостирование остается наиболее экономически доступным вариантом.

Однако традиционные способы компостирования характеризуются длительными сроками и значительными потерями азота, что снижает питательную ценность конечного продукта [2]. Основной причиной потерь является эмиссия аммиака в термофильной фазе компостирования. В последние годы все большее внимание исследователей привлекает вермикомпостирование — метод переработки органических отходов с использованием дождевых червей (в основном *Eisenia fetida*) и микроорганизмов. Этот биотехнологический подход позволяет получить биогумус (вермикомпост), обладающий высокой агрономической ценностью. Однако при переработке свежего бесподстильного помета с высокой влажностью и высокой концентрацией аммиака требуется предварительная подготовка, что увеличивает трудоемкость и продолжительность процесса. Кроме того, вермикомпостирование чувствительно к условиям температуры и влажности, и его эффективность в условиях крупных птицефабрик требует дополнительной оптимизации [11], [12].

Наряду с биологическими методами, активно исследуется применение различных добавок для интенсификации компостирования. Особый интерес представляют гуминовые вещества. Как показано в обзоре Yongxu Jin и соавторов [5], экзогенные гуминовые вещества способны улучшать азотный цикл в системе почва-растение, фиксировать азот, а также снижать эмиссию газов. Гуминовые кислоты способствуют связыванию аммонийного азота, снижая его потери в атмосферу, и стимулируют микробиологическую активность [4], [6].

Особый интерес представляет использование гуминовых кислот при переработке бесподстильного помета, характеризующегося высокой влажностью и повышенным содержанием азота в аммиачной форме. Согласно анализу современных методов гумификации отходов животноводства, применение различных добавок позволяет повысить агрономическую ценность компоста [1], [6]. Однако вопросы оптимизации доз внесения гуминовых препаратов в условиях пассивной аэрации изучены недостаточно.

Цель исследования — разработка комплексной технологии переработки бесподстильного помета в органическое удобрение с использованием гуминовых кислот и оценка ее влияния на свойства компоста и развитие растений.

Методы и принципы исследования

Исследования проведены на базе ФНЦ «ВНИТИП» (СГЦ «ЭПХ Загорское»). В первом опыте использовали метод пассивной аэрации, который заключался в периодическом (1 раз в 5 дней) принудительном продувании компостной массы воздухом с помощью переносного вентилятора. Объем продуваемого воздуха составлял 50 м³/ч на 1 м³ субстрата, продолжительность каждой продувки — 15 минут. Химический состав исходного бесподстильного помета: азот общий — 4,2%, фосфор общий — 2,3%, калий общий — 1,9%, влажность — 68%.

Схема первого опыта включала три варианта:

- 1 — контроль (компостирование бесподстильного помета без добавок);
- 2 — компостирование с добавлением препарата ГК «ЭКОР-СП» в дозе 1 л/т;
- 3 — компостирование с добавлением препарата ГК в дозе 1,5 л/т.

Компостирование проводили в контейнерах объемом 1 м³ в летний период. Ежедневно измеряли температуру по 5 точкам на глубине 30 см и концентрацию газов (аммиак, углекислый газ, сероводород, метан) в воздухе над контейнерами. В начале и конце опыта определяли микробиологические (КМАФАнМ, бактерии группы кишечной палочки (БГКП), энтерококки) и физико-химические показатели: азот общий, фосфор общий (Р₂O₅), калий общий (K₂O), влажность.

Для агропробации (второй опыт) отобраны образцы компоста из варианта 1 (контроль) и варианта 3 (оптимальный). Исследования проводили в условиях фитотрона. Характеристика исходной почвы (дерново-подзолистая супесчаная): азот общий — 300 мг/кг, фосфор общий (Р₂O₅) — 750 мг/кг, калий общий (K₂O) — 450 мг/кг, рН — 6,5. Подготовка почвы выполнена по ГОСТ Р 70229-2022. Схема агропробации:

- 0к — обедненная почва без удобрений (абсолютный контроль);
- 1к — почва + компост, полученный в варианте 1 (21 г/2 кг почвы);
- 3о — почва + компост, полученный в варианте 3 (20,5 г/2 кг почвы).

Дозы удобрений рассчитывали, исходя из содержания общего азота в компостах для выравнивания доз по этому элементу. Повторность опыта 4-кратная. Отбор проб почвы проводили по ГОСТ Р 5855-2019. Оценивали химический состав почвы (азот общий, фосфор общий, калий общий, pH), всхожесть, динамику роста растений и цвет надземной части (индекс зелени по RGB-шкале: 1 балл — пожелтение, 5 баллов — насыщенный зеленый цвет).

Основные результаты

В процессе компостирования выявлено влияние гуминовых кислот на газообмен. В вариантах опыта отмечена тенденция к снижению пиковых концентраций аммиака. В варианте 3 (1,5 л/т) к концу периода компостирования концентрация аммиака составила 2 мг/м³ (в контроле — 3 мг/м³), что свидетельствует о лучшей иммобилизации азота и снижении его потерь. Концентрации метана во всех вариантах не превышали ПДК, что указывает на преобладание аэробных процессов благодаря применяемой системе продувки. Температурная динамика в вариантах с ГК характеризовалась более плавным снижением, стабилизируясь к концу эксперимента на уровне температуры окружающей среды (13–14 °С). Полученные данные согласуются с результатами исследований [6], [7], показавших, что применение гуминовых добавок способствует оптимизации температурного режима и снижению потерь азота при компостировании.

Микробиологический анализ показал, что компостирование обеспечило деконтаминацию: БГКП в конце опыта не обнаружены ни в одном из вариантов. Однако в образце 2-го варианта (1 л/т) после компостирования выделялись энтерококки, что делает этот компост непригодным к применению в соответствии с ГОСТ Р 33830-2016 [4], [9]. Образцы компостов 3-го варианта (1,5 л/т) и контрольного варианта по микробиологическим показателям соответствовали нормативу.

Физико-химические свойства полученных компостов представлены в таблице 1. Применение ГК в дозе 1,5 л/т позволило увеличить содержание общего азота на 13,6% относительно контроля (4,76% против 4,19%) и обеспечить оптимальную влажность (58,6%), что делает продукт транспортабельным и технологичным. Высокое содержание общего фосфора в опытных вариантах (на ~20% выше контроля) свидетельствует об активизации минерализации органических фосфатов. Компост, полученный в варианте 3, соответствовал требованиям ГОСТ Р 33830-2016 [4].

Таблица 1 - Микробиологические и физико-химические свойства компостов на основе бесподстилочного помета

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.108.1>

Тип показателей	Показатель	1 вариант (контроль)	2 вариант (1 л/т ГК)	3 вариант (1,5 л/т ГК)
Микробиологическое	КМАФАнМ, КОЕ/г (начало/конец)	5,8×10 ⁵ / 2,2×10 ⁵	5,6×10 ⁶ / 8,1×10 ⁵	4,5×10 ⁵ / 1,7×10 ⁵
	БГКП (начало/конец)	обн. / н/о	обн. / н/о	обн. / н/о
	Энтерококки (начало/конец)	обн. / н/о	обн. / обн.	обн. / н/о
Физико-химические (в пересчете на абсолютно сухое вещество)	Азот общий, %	4,19	4,59	4,76
	Фосфор общий (P ₂ O ₅), %	2,20	2,64	2,62
	Калий общий (K ₂ O), %	1,92	1,74	1,72
	Влажность, %	60,5	66,5	58,6

Примечание: н/о — не обнаружено; обн. — обнаружено

Обсуждение

Результаты агропробации (табл. 2) подтвердили эффективность полученных удобрений. Внесение обоих видов компоста существенно улучшило химический состав почвы: содержание общего азота возросло на 80% (с 300 до 539–544 мг/кг), общего фосфора — на 18% (с 750 до 887 мг/кг), общего калия — на 23–25% (с 450 до 558–565 мг/кг) по сравнению с неудобренным абсолютным контролем (0к). pH почвы оставался в нейтральном диапазоне.

Растения в варианте 3о (компост с ГК), несмотря на более низкую стартовую всхожесть, показали устойчивую положительную динамику роста (0,278 см/день во вторую неделю) и отличное состояние (индекс зелени 4,8–4,7), сопоставимое с контролем 1к. Гибель растений в абсолютном контроле (0к) к 14 дню подтвердила необходимость применения органических удобрений на истощенных почвах. Высокая скорость роста растений в варианте с компостом, обогащенным гуминовыми кислотами, может быть связана с положительным влиянием гуминовых веществ на развитие корневой системы и доступность элементов питания [5], [6], [7], [10].

Таблица 2 - Агрономическая эффективность компостов при выращивании пекинской капусты

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.108.2>

Показатель	0к (без удобр.)	1к (контр. компост)	3о (компост с ГК)
Всхожесть на 7 день, %	12,5	25,0	12,5
Скорость роста (7–14 дн), см/день	-0,025 (гибель)	+0,07	+0,278
Индекс зелени, балл (RGB)	3,2 (желто-сер.)	4,8 (ярк. зеленый)	4,7 (зеленый)

Заключение

Разработана технология переработки бесподстилочного помета методом пассивной аэрации с применением гуминовых кислот в дозе 1,5 л/т в летний период. Данный прием обеспечивает получение стандартизированного органического удобрения (соответствие ГОСТ Р 33830-2016 [4]) с повышенным содержанием общего азота и фосфора, оптимальной влажностью, сниженной эмиссией аммиака и отсутствием патогенной микрофлоры. Результаты агропробации на пекинской капусте подтвердили, что компост, полученный при переработке методом пассивной аэрации в сочетании с гуминовыми кислотами, оказывает положительное влияние на плодородие почвы и развитие растений, обеспечивая стабильное питание и высокое качество биомассы. Технология может быть рекомендована для внедрения в птицеводческих хозяйствах с целью получения ликвидного органического удобрения.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» (№ 124031400013-7).

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The work was carried out as part of the state assignment of the Federal Scientific Center "All-Russian Research and Technological Poultry Institute" (№ 124031400013-7).

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Ramanne J. China's bioeconomy turns poultry waste into green opportunity / J. Ramanne // avinews.com. — 2025. — URL: <https://avinews.com/en/chinas-bioeconomy-turns-poultry-waste-into-green-opportunity/> (accessed: 10.02.2026).
2. Ли Янь. Влияние отходов крупных птицефабрик на состояние окружающей среды: обзор литературы / Янь Ли, В.О. Лемешевский, С.Л. Максимова // Медицина труда и экология человека. — 2024. — № 4. — С. 39–53. — DOI: 10.24412/2411-3794-2024-10403.
3. Пискаева А.И. Анализ способов переработки сельскохозяйственных органических отходов на примере куриного помета / А.И. Пискаева // Аэкономика: экономика и сельское хозяйство. — 2016. — № 4 (12). — URL: <https://aeconomy.ru/news/agro/analiz-sposobov-pererabotki-selskokh.html> (дата обращения: 24.02.2026).
4. ГОСТ 33830-2016. Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия. — Введ. 2018-01-01. — Москва : Стандартинформ, 2020. — 18 с. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139181> (дата обращения: 24.02.2026).
5. Jin Yongxu. Effect of humic substances on nitrogen cycling in soil-plant ecosystems: Advances, issues, and future perspectives / Yongxu Jin, Yue Yuan, Zhuqing Liu [et al.] // Journal of Environmental Management. — 2025. — Vol. 351. — 119738 p. — DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.119738.
6. Efremenko E. Artificial Humic Substances as Biomimetics of Natural Analogues: Production, Characteristics and Preferences Regarding Their Use / E. Efremenko, N. Stepanov, O. Senko [et al.] // Biomimetics. — 2023. — Vol. 8. — № 8. — 613 p. — DOI: 10.3390/biomimetics8080613.
7. Панников В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. — Москва : Агропромиздат, 1987. — 517 с.
8. Data Site of Our World. — URL: <https://ourworldindata.org> (accessed: 15.02.2026).
9. Nowak A. Cytotoxicity of odorous compounds from poultry manure / A. Nowak, K. Matusiak, S. Borowski [et al.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. — 2016. — Vol. 13. — № 11. — 1046 p.
10. Hoover N.L. Long-term impact of poultry manure on crop yield, soil and water quality, and crop revenue / N.L. Hoover, J.Y. Law, L.A.M. Long [et al.] // Journal of Environmental Management. — 2019. — Vol. 252. — DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.109582.
11. Коровин А.А. Использование технологий вермикомпостирования для утилизации органических отходов / А.А. Коровин // Вестник Томского государственного университета. Биология. — 2024. — № 68. — С. 27–48.

12. FAO. Приготовление и применение компоста. Биогумус и метод «Шербет Суу» / FAO // Практическое руководство для фермеров опубликовано Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций и Общественным фондом «Центр обучения, консультации и инновации». — 2018. — URL: <http://old.belal.by/elib/fao/1084.pdf> (дата обращения: 11.02.2026).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ramanne J. China's bioeconomy turns poultry waste into green opportunity / J. Ramanne // *avinews.com*. — 2025. — URL: <https://avinews.com/en/chinas-bioeconomy-turns-poultry-waste-into-green-opportunity/> (accessed: 10.02.2026).
2. Li Yan. Vliyanie otkhodov krupnykh pitsefabrik na sostoyanie okruzhayushchej sredy: obzor literatury [Impact of waste from large poultry farms on the environment (review of foreign literature)] / Yan Li, V.O. Lemeshevsky, S.L. Maksimova // *Meditsina truda i ekologiya cheloveka* [Occupational Health and Human Ecology]. — 2024. — № 4. — P. 39–53. — DOI: 10.24412/2411-3794-2024-10403. [in Russian]
3. Piskaeva A.I. Analiz sposobov pererabotki sel'skokhozyajstvennykh organicheskikh otkhodov na primere kurinogo pometa [Analysis of the methods of processing of agricultural organic wastes on the example of chicken manure] / A.I. Piskaeva // *Aekonomika: ekonomika i sel'skoe khozyajstvo* [Aeconomics: Economics and Agriculture]. — 2016. — № 4 (12). — URL: <https://aeconomy.ru/news/agro/analiz-sposobov-pererabotki-selskokh.html> (accessed: 24.02.2026). [in Russian]
4. GOST 33830-2016. Udobreniya organicheskie na osnove otkhodov zhivotnovodstva. Tekhnicheskie usloviya [Organic fertilizers on basis of waste of stock-raising. Specifications]. — Introd. 2018-01-01. — Moscow : Standartinform, 2020. — 18 p. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139181>. (accessed: 24.02.2026). [in Russian]
5. Jin Yongxu. Effect of humic substances on nitrogen cycling in soil-plant ecosystems: Advances, issues, and future perspectives / Yongxu Jin, Yue Yuan, Zhuqing Liu [et al.] // *Journal of Environmental Management*. — 2025. — Vol. 351. — 119738 p. — DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.119738.
6. Efremenko E. Artificial Humic Substances as Biomimetics of Natural Analogues: Production, Characteristics and Preferences Regarding Their Use / E. Efremenko, N. Stepanov, O. Senko [et al.] // *Biomimetics*. — 2023. — Vol. 8. — № 8. — 613 p. — DOI: 10.3390/biomimetics8080613.
7. Pannikov V.D. Pochva, klimat, udobrenie i urozhaj [Soil, climate, fertilizer and crop yield] / V.D. Pannikov, V.G. Mineev. — Moscow : Agropromizdat, 1987. — 517 p. [in Russian]
8. Data Site of Our World. — URL: <https://ourworldindata.org> (accessed: 15.02.2026).
9. Nowak A. Cytotoxicity of odorous compounds from poultry manure / A. Nowak, K. Matusiak, S. Borowski [et al.] // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. — 2016. — Vol. 13. — № 11. — 1046 p.
10. Hoover N.L. Long-term impact of poultry manure on crop yield, soil and water quality, and crop revenue / N.L. Hoover, J.Y. Law, L.A.M. Long [et al.] // *Journal of Environmental Management*. — 2019. — Vol. 252. — DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.109582.
11. Korovin A.A. Ispol'zovanie tekhnologij vermikompostirovaniya dlya utilizatsii organicheskikh otkhodov [The use of vermicomposting technologies for organic waste disposal] / A.A. Korovin // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* [Tomsk State University Bulletin. Biology]. — 2024. — № 68. — P. 27–48. [in Russian]
12. FAO. Prigotovlenie i primenenie komposta. Biogumus i metod "Sherbet Suu" [Preparation and use of compost. Vermicompost and the "Sherbet Suu" method] / FAO // Preparation and use of compost. Vermicompost and the "Sherbet Suu" method. — 2018. — URL: <http://old.belal.by/elib/fao/1084.pdf> (accessed: 11.02.2026). [in Russian]