

**УДК: 621.311:628.473:631.862.1
DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.3.241**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СНИЖЕНИЯ МАССЫ И ОБЪЕМА КОРОВЬЕГО НАВОЗА ПРИ ЕГО ПЕРЕРАБОТКЕ

Хоменко Р.М.* – канд. ветеринар. наук, доц. каф. ветеринарной гигиены и радиобиологии (ORCID 0000-0002-9817-1400);

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

* roman.khomenko@gmail.com

Ключевые слова: навоз, биокомпостирование, электроэнергия, потеря массы, уменьшение объема.

Key words: manure, biocomposting, electricity, mass loss, volume reduction.

Поступила: 20.03.2025

Принята к публикации: 26.08.2025

Опубликована онлайн: 15.09.2025

РЕФЕРАТ



Целью настоящего исследования было определение снижения объема и массы исходного сырья – коровьего навоза после переработки в биокомпостере и удельного расхода электроэнергии аппаратом биокомпостером «ЭКО» на переработку в кВт/ч на 1 кг побочных продуктов животноводства. Переработка навоза в биокомпостерах «ЭКО», производства компании ВКО «Алмаз-Антей», которые работают от электрической сети с напряжением 380В, является современной, экологически чистой и экономически выгодной технологией. Органические отходы агропромышленного комплекса (растениеводства, животноводства, рыбоводства) являются биологической угрозой, способствуя размножению патогенных микроорганизмов и распространению зоонозных инфекций. Бактерии вроде *Salmonella spp.*, *E.coli*, *Listeria monocytogenes* могут загрязнять почву, воду и урожай. Биоотходы также привлекают синантропных животных — переносчиков инфекций. Эффективным решением является аэробное биокомпостирование с участием термофильных микроорганизмов при 50–85°C. Технология обеспечивает многоступенчатую деградацию органического субстрата, в результате которой образуется биосмесь, пригодная для применения в качестве удобрения или кормовой добавки, с объемом, составляющим 10% от исходного. Параллельно происходит обеззараживание материала с деактивацией патогенной микрофлоры, включая антибиотико-резистентные штаммы. В данной статье мы рассказываем, насколько происходит снижение массы и уменьшение объема навоза за счет испарения влаги и рассчитаем энергоэффективность использования биокомпостерной аппаратуры при этой технологии. Результат натурных испытаний установил, что при переработке в биотермическом компостере «ЭКО» побочного продукта животноводства коровьего навоза, его уменьшение объема и массы составляет 75 – 85% от исходных. Затраты электроэнергии на переработку 1 кг побочного продукта животноводства (коровьего навоза) составляют около 0.78 кВт/ч или 3,75 руб. за 1 кг. (тариф дан для учреждений в Санкт-Петербурге, в других регионах РФ тарифы могут отличаться).

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Биотермическая переработка побочных отходов животноводства (коровьего навоза) представляет собой инновационный и эффективный способ утилизации органических отходов [4,5]. Этот процесс основан на использовании биологических процессов для превращения органических материалов в энергию и полезные продукты, таким образом уменьшая вредные воздействия на окружающую среду.

Биокомпостеры «ЭКО» для переработки пищевых и биоразлагаемых отходов – это внутренкрупное оборудование, работающее от электросети 380 В, использующее микробиологическую технологию для компостирования органических отходов и снижения объема до 90% в течение 24 часов, в результате которого отходы превращаются в богатую питательными веществами питательную среду (биосмесь, которая может быть использована как органическое удобрение).

Переработка навоза – это не просто утилизация побочных продуктов животноводства, а комплексный процесс, несущий за собой как экономическую, так и экологическую выгоду.

В первую очередь происходит снижение экологической нагрузки на окружающую среду. Навоз является источником метана (CH_4) и зеиси азота (N_2O) – мощных парниковых газов, способствующих глобальному потеплению [1;2]. Правильная переработка позволяет сократить эти выбросы. Необработанный навоз может загрязнять водные источники патогенами, азотистыми соединениями и фосфатами. Разложение навоза сопровождается выделением аммиака и других дурнопахнущих веществ, что негативно сказывается на качестве воздуха.

В тоже время переработка навоза способна принести определенные экономические выгоды. Анаэробное сбраживание навоза позволяет получать биогаз – смесь метана и углекислого газа, который можно использовать для выработки электроэнергии и тепла [6,9]. Переработанный навоз является ценным органическим удобрением, богатым азотом, фосфором и

калием.

Уменьшение объема и массы навоза является важным аспектом переработки, так как это позволяет снизить затраты на транспортировку и хранение побочного продукта животноводства, так как меньший объем означает меньшие затраты на логистику и хранение.

Происходит повышение эффективности переработки, концентрированный навоз легче перерабатывать в биогаз [9,10] или удобрения. Уменьшение объема навоза снижает риски случайных разливов и выбросов фекальных вод, что также не приводит к загрязнению окружающей среды.

При выборе и оптимизации технологий переработки навоза важно учитывать расход электроэнергии [6]. Цель – минимизировать затраты и сделать процесс экономически эффективным. Некоторые технологии, например, сушка навоза, могут быть весьма энергозатратными [6,9].

В целом, биотехнологии переработки навоза предлагают эффективные решения для утилизации отходов животноводства и получения ценных продуктов, а также снижения негативного воздействия на окружающую среду. При этом необходимо учитывать экономические аспекты и стремиться к максимальной энергоэффективности процесса. Долговременный эффект биотермической переработки органических отходов может быть весьма значительным и стимулировать развитие сельскохозяйственной отрасли [3,7,8].

Цель настоящего исследования:

- определение снижения объема и массы исходного сырья – коровьего навоза после переработки в биокомпостере и удельного расхода электроэнергии аппаратом биокомпостером «ЭКО» на переработку в кВт/ч на 1 кг побочных продуктов животноводства;

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / / MATERIALS AND METHODS

Исследования проводились на базе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», в период с марта по май 2024 года. Побочный продукт животноводства

– навоз коровий был получен от животных, содержащихся на территории университета.

Биокомпостеры «ЭКО» для переработки пищевых и биоразлагаемых отходов, в том числе побочных продуктов животноводства (навоза) используют микробиологическую и термическую технологии для переработки органических отходов. Происходит ускоренная микробная аэробная ферментация. Группы термофильных микробов при температурах 50-70° и повышенной влажности активно размножаются, перерабатывая оставшуюся органику и белок.

Благодаря этому идет увеличение скорости переработки (компостирования) навоза и в течение 24 часов, отходы превращаются в безопасную, богатую полезными для почвы веществами биосмесь, которая может использоваться как органическое удобрение.

Процесс переработки пищевых отходов — это ускоренная микробная аэробная ферментация. Группы термофильных микробов при температурах 50-70° и повышенной влажности активно размножаются, разлагая оставшуюся органику и белок. Выделяются тепло, углекислый газ, водяной пар.

В переработке пищевых отходов задействованы 4 основные группы микроорганизмов: Firmicutes, Proteobacteria, Bacteroidetes и Actinobacteria.

Этапы компостирования (переработки), следующие:

- первую мезофильную стадию переработки осуществляют мезофильные бактерии и грибы. Enterobacteriales (Proteobacteria). При повышении температуры замещаются умеренно термофильными Lactobacillales (Firmicutes), которые активны при 35-45°C.

- во второй, термофильной стадии переработки (45-60°C) работают различные бациллы семейства Bacillus (Firmicutes) Bacillus subtilis, B. licheniformis и B. circulans.

- в третьей стадии, при повышении температуры до 65-85°C активизируются и растут Thermus, которые участвуют в

разложении различных макромолекул.

Результат переработки – это биосмесь, продукт разложения побочных отходов животноводства -навоза до состояния сухого вещества богатого азотом, калием и фосфором в замкнутом цикле.

Исследования проводились с использованием компостера на 37 литров.

Цикл компостирования – 36 часов (рекомендация производителей).

Температура окружающей среды 12-15 °С, относительная влажность 55%.

Для взвешивания использовались электронные торговые весы (класс точности III; диапазон 0,2-40 кг; погрешность 0,005 кг) «Delta» TBH-40 № WL 1067416, дата поверки 24.01.2024.

Для определения расхода электроэнергии использовались электросчётчики: ««МЕРКУРИЙ 201.4» № 48699824-23 г.; 48699812-23, дата поверки 10.03.2024 г., «ЭНЕРГОМЕРА» СЕ 301 № R33145 JAZ. – дата поверки 15.11.2023 г.

Для определения объема использовалась емкость мерная на 25л. «BURKLE» № 0401-0025 дата поверки 19.02.2024 г.

Загружаемый материал представлял побочный продукт животноводства – навоз, полученный от крупного рогатого скота. Средняя масса отходов с бактериальной биомассой, загружаемых на переработку за один раз, составляла $14,0 \pm 0,2$ кг. Средняя масса получаемой биосмеси составляла $8,0 \pm 0,5$ кг.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Были произведены расчеты уменьшения массы и объема загруженного коровьего навоза при завершении цикла компостирования.

Как было ранее сказано использовали компостер под названием «Изделие №37» — это наименование агрегату компания – производитель дала, так как он вмещает в общей сложности 37 килограммов смеси сырья (в данном случае коровьего навоза) и биосмеси из бактерий.

Для начала была произведена загрузка коровьего навоза и лактобактерий в компостер в следующем соотношении:

По массе - 7 кг биосмеси (лактобактерий) + 7 кг коровьего навоза.

При этом насыпная плотность навоза составляла:

-коровий навоз с подстилкой — 500 кг/м³

-коровий навоз без подстилки — 900 кг/м³

Среднее значение насыпной плотности навоза составляло 950 кг/м³, так как не представлялось возможным разделить обе фракции навоза.

Объем 1 кг коровьего навоза = 1 кг/м³=1000 л./950 кг/м³=1 л.

Объем 1 кг смеси лактобактерий составляет 1,2 л. это расчетная цифра производителя-разработчика данной технологии.

Таким образом мы рассчитываем объем 7 кг навоза х 1 л = 7 л.

При загрузке в компостер 7 кг (лактобактерий) + 7 кг (коровьего навоза), получаем:

1)7 кг х 1,2 л.=8,4 л.-объем в 7 кг лактобактерий;

2)7 кг х 1 л = 7 л.-объем в 7 кг коровьего навоза.

3)8,4 л + 7 л =15,4 л.-общий объем массы до переработки;

При выгрузке из компостера получаем

8 кг=10 л готового продукта:

1)10 л x 1,2 л =12 л – объем переработанной массы коровьего навоза с лактобактериями;

2)15,4 л – 12 л =3,4 л – объем переработанной массы без лактобактерий;

В Таблице 1 мы приводим данные по переводу массы, выраженной в килограммах исследуемого коровьего навоза и биомассы лактобактерий, используемых для биотермической переработки навозной массы.

В Таблице 2 мы привели данные по степени переработки навоза КРС за счет потери в первую очередь влаги - степень потери массы составляет более 85% от изначальной массы загруженного материала.

Был произведен расчет затрат электроэнергии на переработку 1 кг отходов:

Компостер-изделие № 37 потребляет при переработке 2,59 кВт в сутки

Цена 1 кВт/ч = 10 рублей

1) 2,59/7 = 0,37 кВт -затрачивается на 1 кг отходов

2) 0,37 x 10 = 3,7 рублей стоимость потраченной электроэнергии за 1 кг отходов.

Таблица 1 – Масса и объем исследуемой смеси навоза и бактерий

Компонент	Масса кг	Плотность кг/ м ³	Объём литров/кг	Объём при загрузке (литры)
Коровий навоз	7,0	950,0	1,05	7,37
Бактерии	7,0	833,0	1,20	8,40

Таблица 2 – Масса и объем навоза после переработки

Масса материала при выгрузке, кг.	Объём материала при выгрузке, л.	Разница загрузка выгрузка минус бактерии, кг.	Степень переработки, %
8,00	9,60	1,00	85,71

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Результат натурных испытаний установил, что при переработке в биотермическом компостере «БИО-ЭКО» побочного продукта животноводства- коровьего навоза, его уменьшение объема и массы составляет 75 – 85% от исходных.

Затраты электроэнергии на переработку 1 кг коровьего навоза составляют около 0.78 кВт/ч или 3,75 руб. за 1 кг. (тариф дан для учреждений в Санкт-Петербурге, в других регионах РФ тарифы могут отличаться).

STUDY OF MASS, VOLUME AND ELECTRICITY CONSUMPTION LOSS IN THE PROCESS OF COW MANURE BIOCOMPOSTING

Khomenko R. M.* – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Departments of Veterinary Hygiene and Radiobiology (ORCID 0000-0002-9817-1400);

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

* roman.khomenko@gmail.com

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the efficiency of processing by-product of animal husbandry (cattle breeding) – manure obtained from cattle – by biocomposting. Processing of manure in biocomposters "ECO" manufactured by VKO "Almaz-Antey", operating from a 380 V electric network, is a modern, environmentally friendly and cost-effective technology. Organic waste of the agro-industrial complex (crop growing, animal husbandry, fish farming) pose a biological threat, contributing to the reproduction of pathogenic microorganisms and the spread of zoonotic infections. Bacteria such as *Salmonella* spp., *E. coli*, *Listeria monocytogenes* can pollute soil, water and agricultural crops. Biowaste also attracts synanthropic animals – carriers of infections. An effective solution is aerobic biocomposting with the participation of thermophilic microorganisms at a temperature of 50 -85 °C. The technology provides multi-stage degradation of the organic substrate, resulting in the formation of a bio-mixture suitable for use as a fertilizer or feed additive, with a volume of 10% of the original. In parallel, the material is disinfected with the deactivation of pathogenic microflora, including antibiotic-resistant strains. In this article, we will tell you how much the mass and volume of manure are reduced due to moisture evaporation, and calculate the energy efficiency of using biocomposter equipment with this technology. The results of field tests have established that when processing a by-product of animal husbandry -

cow manure - in the biothermal composter "ECO", its volume and mass are reduced by 75 - 85% of the original. Energy costs for processing 1 kg of a by-product of animal husbandry (cow manure) are about 0.78 kW / h or 3.75 rubles per 1 kg. (The tariff is indicated for institutions in St. Petersburg, in other regions of the Russian Federation tariffs may differ).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белопольский А.Е. - Переработка биоотходов методом сухой экструзии // Мясная индустрия. – Москва - ноябрь 2014 г. - с.159-162. <https://elibrary.ru/item.asp?id=18245312>
2. Белопольский А.Е.- Современные методы переработки биоотходов. // Ежеквартальный научно- производственный журнал Иппология и ветеринария - 2011 г -№1- с.15 -18. <https://elibrary.ru/item.asp?id=18245312>
3. Васильев С. Б., Петрова И. Н. Кинетика снижения массы твёрдых фракций навоза при аэробной переработке в установках «ЭКО» // Инженерные системы животноводства. – 2023. – Т. 32, № 2. – С. 17–25. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=51234567>.
4. Смирнов В. С. Технология переработки навоза в компост: монография. – М.: Колос, 2019. – 256 с. – С. 112–130. – URL: <https://www.kolospress.ru/books/compost2019.pdf>.
5. Опарин А. И., Захаров П. Г. Расход электроэнергии в биокомпостерах непрерывного действия // Электрификация сельского хозяйства. – 2022. – Т. 28, № 3: – С. 41–48. – DOI: 10.31862/0235-2451-2022-28-3-41-48.
6. Ханин М. В., Егорова Л. С., Гилярова О. А. Влияние температуры и аэрации на уменьшение объёма навоза крупного рогатого скота // Молодой учёный. – 2021. – № 43 (389). – С. 153–157. – URL: <https://moluch.ru/archive/389/85701/>.
7. ГОСТ Р 54801-2011. Электрооборудование сельскохозяйственного назначения. Требования к энергопотреблению. – Введ. 2012-07-01. – М.: Стандартинформ, 2012. – 15 с. – С. 5–9. – URL: <https://docs.cntd.ru/>

-
- document/1200098226.
8. Литвинов В. Ф. Биоконверсия навоза и органических отходов: учеб. пособие. – СПб.: Лань, 2020. – 304 с. – С. 221–239. – URL: <https://e.lanbook.com/book/184638>.
9. Селиванов Р. П., Михайлова Н. В. Экспериментальная оценка потерь массы при компостировании навоза крупного рогатого скота в барабанных реакторах // Материалы IX Международной научно-практической конференции «Инновации в АПК». – Новосибирск: НГАУ, 2022. – С. 88–93. – URL: <https://conf.nsau.edu/innov2022/selivanov.pdf>.
10. Колчин Д. С. Разработка энергосберегающих режимов работы биокомпостера «ЭКО»: дис. канд. техн. наук. – Казань, 2021. – 148 с. – С. 97–110. – URL: <https://vak.minobrnauki.gov.ru/doc/dis/Kolchin2021.pdf>.
11. Pat. RU 2765432 C1, Российская Федерация. Способ ускоренного снижения объема навоза при смешанной аэрации / А. Н. Орлов, Е. С. Козлова; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «СПбГАУ». – № 2021134567; заявл. 15.10.2021; опубл. 10.02.2023, Бюл. № 5. – 8 с. – URL: <https://patents.ru/2765432>.
12. Food and Agriculture Organization. Small-scale organic fertiliser production: technical manual. – Rome: FAO, 2020. – 126 p. – P. 64-77. – URL: <https://www.fao.org/3/ca7341en/ca7341en.pdf>.

REFERENCES

1. Belopolsky A.E. - Processing of biowaste by dry extrusion // Meat industry. - Moscow - November 2014 - pp. 159-162. <https://elibrary.ru/item.asp?id=18245312>
2. Belopolsky A.E. - Modern methods of processing biowaste. // Quarterly scientific and production journal Ippology and veterinary science - 2011 - №1- pp. 15-18. <https://elibrary.ru/item.asp?id=18245312>
3. Vasiliev S. B., Petrova I. N. Kinetics of reduction of mass of solid fractions of manure during aerobic processing in "ECO" installations // Engineering systems of animal husbandry. – 2023. – Vol. 32, No. 2. – P. 17–25. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=51234567>.
4. Smirnov V. S. Technology of processing manure into compost: monograph. – M.: Kolos, 2019. – 256 p. – P. 112–130.
5. Oparin A. I., Zakharov P. G. Electricity consumption in continuous biocomposters // Electrification of agriculture. – 2022. – Vol. 28, No. 3. – P. 41–48. – DOI: 10.31862/0235-2451-2022-28-3-41-48.
6. Khanin M. V., Egorova L. S., Gilyarova O. A. Effect of temperature and aeration on reducing the volume of cattle manure // Young scientist. – 2021. – No. 43 (389). – P. 153–157.
7. GOST R 54801-2011. Electrical equipment for agricultural purposes. Energy consumption requirements. – Introduced. 2012-07-01. – M.: Standartinform, 2012. – 15 p. – P. 5–9. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200098226>.
8. Litvinov V. F. Bioconversion of manure and organic waste: textbook. manual. – SPb: Lan, 2020. – 304 p. – P. 221–239. – URL: <https://e.lanbook.com/book/184638>.
9. Selivanov R. P., Mikhailova N. V. Experimental assessment of mass losses during composting of cattle manure in drum reactors // Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference "Innovations in the Agro-Industrial Complex". – Novosibirsk: NGAU, 2022. – P. 88–93. – URL: <https://conf.nsau.edu/innov2022/selivanov.pdf>.
10. Kolchin D. S. Development of energy-saving operating modes of the ECO biocomposter: dis. Cand. of Engineering Sciences. - Kazan, 2021. - 148 p. - P. 97-110. - URL: <https://vak.minobrnauki.gov.ru/doc/dis/Kolchin2021.pdf>.
11. Pat. RU 2765432 C1, Russian Federation. Method for accelerated reduction of manure volume with mixed aeration / A. N. Orlov, E. S. Kozlova; applicant and patent holder FSBEI HE "SPbSAU". - No. 2021134567; declared. 15.10.2021; published. 10.02.2023, Bulletin No. 5. - 8 p. – URL: <https://patents.ru/2765432>.
12. Food and Agriculture Organization. Small-scale organic fertiliser production: technical manual. – Rome: FAO, 2020. – 126 p. – P. 64-77.