

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.147:620.92

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2026-1-97-104>

Применение на птицефабрике биоэнергетической установки в качестве нетрадиционного источника энергии

В.Т. Водяников

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; г. Москва, Россия
vvt-5210@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7111-9437>

Аннотация. Биоэнергетическая установка (БЭУ) на сельскохозяйственном предприятии позволит из биомассы получать тепловую и электрическую энергию на производственные нужды. Для птицефабрики ООО «Агрофирма "Липецк"» предложен инвестиционный проект, предусматривающий внедрение БЭУ, позволяющей перерабатывать биологические отходы птицеводства, получать энергию и биоудобрение. Цель исследований – представить перспективную технологию по переработке отходов птицеводства; рассчитать проектные технико-экономические показатели БЭУ. Рассмотрены принцип работы, возможность и экономическая целесообразность применения БЭУ, способной ежегодно переработать 15987 т куриного помета и 3590 т падежа птицы. Установлено, что применение биоэнергетической установки компании «RIELA» объемом биореактора 4000 м³ и накопителя 550 м³ позволит утилизировать биологические отходы птицеводства, получать ежегодно товарную тепловую (887 Гкал) и электрическую (12116 МВт·ч) энергию для производственных нужд, а также твердое биоудобрение (9964,5 т). В соответствии с проектом требуемый объем инвестиций составит 317,9 млн руб. Прогнозный производственный эффект, включающий в себя стоимостную оценку получаемой электрической, тепловой энергии и биоудобрения, составит 166,7 млн руб. Годовые издержки, связанные с эксплуатацией БЭУ, составят 40,1 млн руб. За расчетный период (10 лет) чистый дисконтированный доход составит около 550 млн руб., индекс доходности инвестиций – 2,85 при сроке их окупаемости 4,1 года. Применение на птицефабрике биоэнергетической установки позволит улучшить экологическую ситуацию за счет безотходной переработки отходов производства.

Ключевые слова: применение на птицефабрике биоэнергетической установки; биоэнергетическая установка; БЭУ; технико-экономические показатели БЭУ; биологические отходы птицеводства; биоудобрение; инвестиционный проект

Для цитирования: Водяников В.Т. Применение на птицефабрике биоэнергетической установки в качестве нетрадиционного источника энергии // Агроинженерия. 2026. Т. 28, № 1. С. 97-104. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2026-1-97-104>

ORIGINAL ARTICLE

Application of a bioenergy plant as an alternative energy source at a poultry farm

V.T. Vodyannikov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Moscow, Russia
vvt-5210@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7111-9437>

Abstract. A bioenergy plant (BEP) at an agricultural enterprise generates thermal and electrical energy from biomass for production needs. The author proposes an investment project for the poultry farm *Agrofirma Lipetsk OOO*, involving the implementation of a BEP capable of processing biological poultry waste into energy and biofertilizer. The research aims to present a promising technology for poultry waste processing and calculate the projected technical and economic indicators of the BEP. The study considers the operating principle, feasibility, and economic expediency of using a BEP capable of annually processing 15,987 tons of chicken manure and 3,590 tons of poultry carcasses. It was established that the use of a *RIELA* bioenergy plant with a bioreactor volume of 4,000 m³ and a storage capacity of 550 m³ will enable the disposal of biological poultry waste and the annual generation of commercial thermal energy (887 Gcal) and electrical energy (12,116 MWh) for production needs, as well as solid biofertilizer (9,964.5 tons). According to the project, the required investment is 317.9 million roubles. The projected production effect, which includes the valuation of the generated electricity, heat, and biofertilizer, is 166.7 million roubles. Annual operating costs for the BEP will amount to 40.1 million roubles. Over the 10-year calculation period, the Net Present Value (NPV) will be approximately 550 million roubles, with a Profitability Index (PI) of 2.85 and

a payback period of 4.1 years. Implementing a bioenergy plant at the poultry farm will improve the environmental situation through the zero-waste processing of production waste.

Keywords: bioenergy plant application at a poultry farm; bioenergy plant; BEP; technical and economic indicators of a BEP; biological poultry waste; biofertilizer; investment project

For citation: Vodyannikov V.T. Application of a bioenergy plant as an alternative energy source at a poultry farm. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2026;28(1):97-104 (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2026-1-97-104>

Введение

Альтернативные источники энергии представляют собой важную составляющую в сфере электроэнергетики, а производство электрической энергии с помощью возобновляемых источников энергии (ВИЭ) уступает по результативности лишь газу и углю. Одним из источников ВИЭ является биомасса. В биоэнергетической установке, представляющей собой инженерно-техническую систему, различные отходы сельскохозяйственного производства перерабатываются в биогаз. Подобные установки, позволяющие утилизировать отходы органического происхождения и одновременно удовлетворять локальные энергетические потребности, эксплуатируются в Китае, США, Бразилии, Германии, Индии и т.д. В странах с ограниченным объемом природных топливно-энергетических ресурсов производство биогаза расширяется¹ [1, 2]. Так, 1 м³ биогаза эквивалентен по энергии 0,7...0,8 кг условного топлива, 2 кВт·ч электрической энергии, 1,5 кг каменного угля, 12 кг навозных брикетов, а 1 т (по сухому веществу) биомассы в процессе сбраживания способна дать 350...600 м³ биогаза [3, 4].

Во всех федеральных округах нашей страны есть потенциал использования возобновляемых источников энергии (солнца, ветра, малых ГЭС, биомассы и др.). Годовой потенциал производства биотоплива из биомассы в ближайшие 10 лет может достичь 1,5 млрд т условного топлива, что сопоставимо с годовым объемом потребления природных топливно-энергетических ресурсов – таких, как нефть, уголь и природный газ [1].

Побочные продукты и отходы растениеводства и животноводства составляют значимую часть биомассы^{2,3}. Заслуживают внимания утилизация и переработка отходов животноводства и птицеводства, особенно в условиях повышенной концентрации производства на животноводческих комплексах и птицефабриках. Здесь для производства

биогаза допускается использовать разлагаемые органические субстанции – навоз включая жидкий птичий помет.

Биогазовые технологии актуальны и перспективны для безотходного производства во многих отраслях АПК. В каждом сельскохозяйственном предприятии в том или ином объеме образуются органические отходы, которые можно экологично утилизировать с помощью БЭУ, при этом сократить затраты на энергию и повысить доходность предприятия за счет дополнительной прибыли. Биоэнергетическая установка, помимо тепловой и электрической энергии, позволяет также получить биоудобрения, которые с экономической и экологической точки зрения более выгодны по сравнению с минеральными [2].

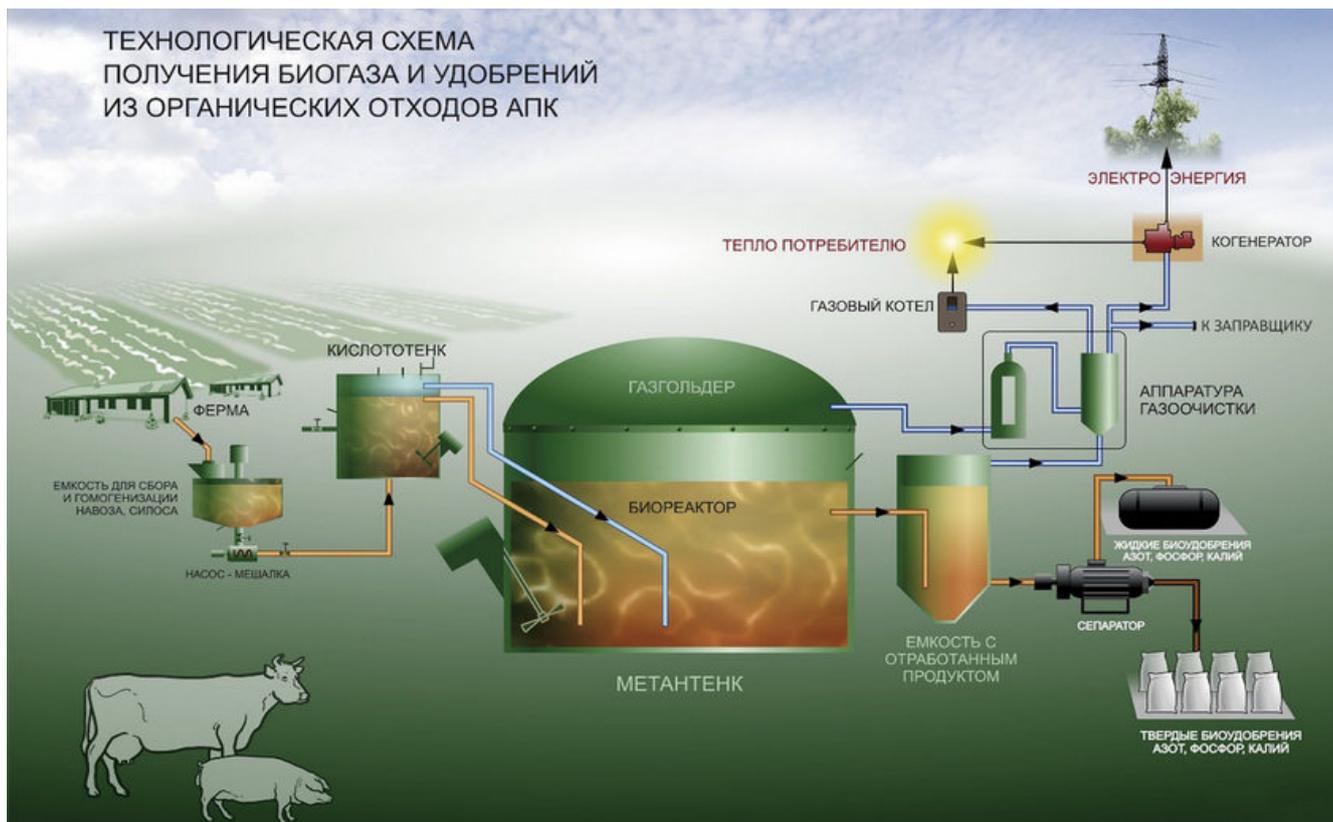
Стандартная БЭУ включает в себя систему подготовки (смешивания) воды и отходов, емкость гомогенизации, загрузчик жидкого сырья в реактор с мешалкой, газгольдер с газовой системой, систему насосов, систему контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации процессов с визуализацией. (рис. 1). Субстрат, подогретый до 35...50°C и периодически перемешиваемый, с определенной цикличностью подается через насосную станцию в биореактор – подогреваемый и утепленный резервуар, снабженный миксерами. В результате жизнедеятельности полезных бактерий, питающихся биомассой, в биореакторе образуется биогаз, который скапливается в хранилище (газгольдере). После очистки биогаз направляется к потребителям или в когенерационную установку в качестве топлива для производства электрической и тепловой энергии [5, 6].

Биогазовые технологии реализуются на практике [7, 8], однако выбор рациональной биоэнергетической установки по переработке побочных продуктов животноводства и птицеводства представляет научный и практический интерес.

¹ Биогазовые технологии – новый тренд экономики замкнутого цикла. URL: <https://journal.ecostandard.ru/eco/kontekst/biogazovye-tehnologii-novyy-trend-ekonomiki-zamknutogo-tsikla/> (дата обращения: 01.06.2025).

² Там же

³ Возобновляемая энергетика: официальная статистика от IRENA. [Электронный ресурс]. URL: <http://renen.ru/renewableenergy-official-statistics-from-irena/> (дата обращения: 01.06.2025).



Источник: <https://biogas.su/what-is-biogas/>

Рис. 1. Принципиальная технологическая схема производственного процесса получения биогаза и биоудобрения
Fig. 1. Schematic flow diagram of the production process for biogas and biofertilizer

Цель исследований: представить перспективную технологию по переработке биологических отходов птицеводства; рассчитать проектные технико-экономические показатели БЭУ.

Материалы и методы

На современных птицефабриках объемы биологических отходов производства значительно превышают объемы основной продукции – яиц и мяса птицы. Наибольшую долю отходов составляет птичий помет. Например, за год от курицы-несушки получают порядка 250...300 шт. яиц общей яйцемассой 15...18 кг, за этот же период курица выделяет 55...73 кг помета, а при производстве мяса птицы от бройлеров на каждый килограмм мяса приходится 3 кг помета. Поэтому на птицефабриках объем птичьего помета достигает сотен тысяч тонн, а его утилизация проблематична для многих птицефабрик, поскольку требуются значительные материально-технические, земельные и финансовые ресурсы. Следует отметить, что помет – источник неприятных запахов и выделения ядовитых газов, поэтому при несвоевременной переработке упомянутые отходы являются активным загрязнением атмосферы, почвы, наземных и подземных источников воды. Без соответствующей переработки свежий помет противопоказано применять в качестве удобрения.

Агрофирма «Липецк» (специализация – бройлерное направление), расположенная в селе Кузьминские Отвержки Липецкой области, выращивает зерновые и зернобобовые культуры, производит и реализует мясо птицы и пищевые субпродукты. С целью утилизации биологических отходов птицефабрики ООО агрофирмы «Липецк» инвестиционным проектом предусматривается БЭУ компании «RIELA», функционирующая на основе анаэробной биохимической реакции. Получаемый биогаз преобразуется в тепловую и электрическую энергию в когенерационных блоках мини-ТЭЦ, состоящей из газопоршневых двигателей. При комплектовании мини-ТЭЦ они более предпочтительны, так как отличаются экономичностью, надежностью, простотой в эксплуатации и широким диапазоном электрических мощностей: от 1 кВт до 40 МВт [9].

Биоэнергетическая установка предусматривает комплектацию следующих устройств:

- сектор подготовки субстратов, включающий в себя накопитель помета емкостью 550 м³, набор фекальных насосов, систему переработки падшей птицы, блок приема, перемешивания и гигиенизации субстрата;

- сектор анаэробной биохимической реакции, состоящий из основного биореактора емкостью 4000 м³

с мешалкой, стального ферментера емкостью 1000 м³ с мешалками, двухслойного накопителя биогаза и оборудования очистки биогаза;

– сектор производства тепловой и электрической энергии, предусматривающий мини-ТЭЦ с двумя газопоршневыми установками и блоком управления мощностью 1400 кВт, теплообменник для охлаждения и утилизации тепла от газопоршневой установки;

– сектор разделения отработанного субстрата, включающий в себя накопитель перебродивших остатков, сепаратор сухих веществ, емкость сухих биоудобрений, накопитель жидких биоудобрений.

Предложенный вариант утилизации отходов птицефабрики позволяет получить дополнительную прибыль от переработки всех отходов птицефабрики (птичьего помета и падежа птицы) посредством БЭУ с получением электрической и тепловой энергии, биоудобрений, а также улучшения экологической ситуации на птицефабрике.

Результаты и их обсуждение

В проекте для запуска БЭУ предусматривается подготовка исходного материала, включающего в себя куриный помет в объеме 15987 т в год (49,9%), падеж птицы – 3590 т в год (11,2%), рециркулят – 28470 т в год (38,9%). Проектная технология переработки отходов производства птицефабрики ООО «Агрофирма "Липецк"» по определенной программе включает в себя несколько стадий (рис. 2).

На первой стадии (подготовительной) подразумеваются сбор и перекачивание в блок для приема и смешивания птичьего помета, куда после соответствующей подготовки поступают фрагменты павшей птицы. В результате перемешивания и добавления воды или повторного использования перебродившего субстрата смесь доводится до определенной консистенции (с содержанием сухого вещества не более 20%).

На второй стадии (анаэробного сбраживания) подготовленная смесь должна прокачиваться через внешний пластинчатый теплообменник и в соответствии с заданной программой подвергаться гигиенизации в специальном устройстве, далее, поступая в основной биореактор, равномерно перемешиваться центральной мешалкой. В результате процесса биохимической реакции получается биогаз. Общая продолжительность процесса составляет 20-30 суток. По мере увеличения объема субстрат из биореактора самотеком попадает в ферментер, а выделяемый биогаз по соответствующей программе охлаждается, накапливается и хранится в газгольдере.

Третья стадия (процесс выработки электрической и тепловой энергии) предполагает очистку от влаги,

сернистых и других вредных примесей, подачу его в газопоршневую установку для выработки электроэнергии посредством электрогенератора и получения тепловой энергии путем утилизации тепла от отработанных выхлопных газов. Таким образом, происходит преобразование биогаза в тепловую и электрическую энергию. Настоящую установку можно принять как малую теплоэлектроцентраль (мини-ТЭЦ), включающую в себя внешний теплообменник и электрогенератор.

Четвертая стадия (получение биоудобрения) предполагает перекачивание переработанного в результате биохимической реакции субстрата из ферментера в сепаратор, выделение сухого биоудобрения для разделения субстрата на твердую и жидкую фракции. Твердые биоудобрения подлежат упаковке и складированию, а жидкая фракция перекачивается в емкость для сбора перебродивших остатков, откуда, минуя сепаратор, может повторно направляться в качестве рециркулята в биореактор для поддержания необходимой микрофлоры и температурного баланса биохимического процесса. Работа БЭУ автоматизирована с привлечением цифровых технологий. Контроль за технологическим процессом, узлами и агрегатами БЭУ осуществляют два оператора.

Перебродившая биомасса на выходе из установки представляет собой комплекс биоорганических удобрений, содержащих питательные вещества, микро- и макроэлементы в наиболее доступной для растений форме [10]. Электрическую и тепловую энергию, получаемую на БЭУ, планируется в полном объеме использовать как на собственные нужды самой установки, так и на нужды агрофирмы, что обеспечит снижение расходов потребления электрической и тепловой энергии от региональной энергосистемы и снижение затрат на энергоресурсы.

Ключевые проектные технико-экономические показатели по БЭУ приведены в таблице 1.

В соответствии с проектом требуемый объем инвестиций составит 317,9 млн руб. При этом необходимо учитывать расходы на приобретение технических средств и некоторые виды работ:

- для сектора подготовки субстратов – 48,2 млн руб.;
- для сектора анаэробной биохимической реакции – 71,3 млн руб.;
- для сектора производства тепловой и электрической энергии – 72,3 млн руб.;
- для сектора разделения отработанного субстрата – 42,4 млн руб.;
- изыскательские и проектные работы – 9,7 млн руб.;
- строительно-монтажные работы – 74,0 млн руб.

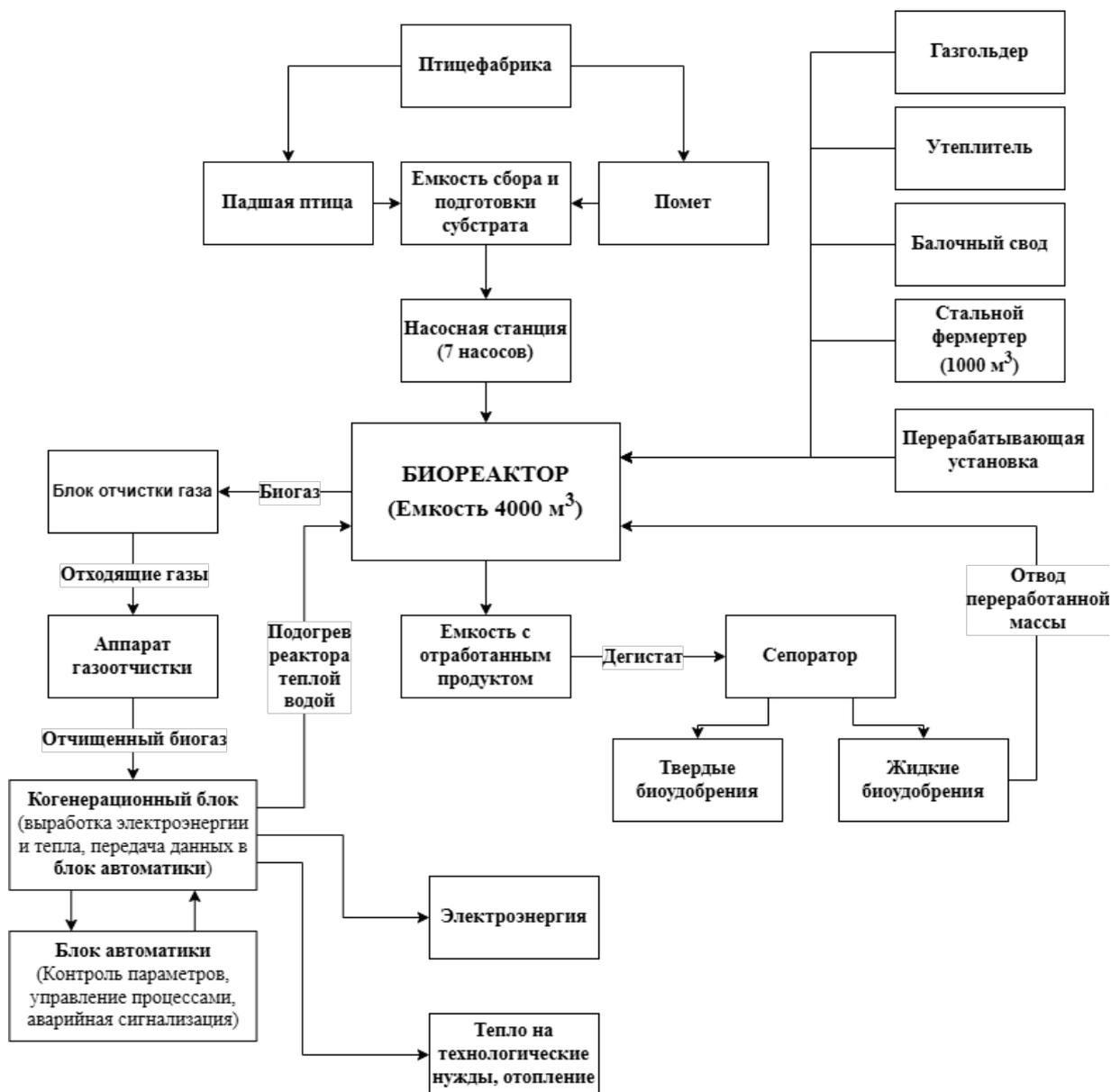


Рис. 2. Проектная технологическая схема переработки отходов производства на птицефабрике ООО «Агрофирма “Липецк”»

Fig. 2. Projected process flow chart for waste processing at the Agrofirma Lipetsk OOO poultry farm

Проектные технико-экономические показатели БЭУ

Таблица 1

Projected technical and economic indicators of the BEP

Table 1

Показатель	В среднем за сутки	В среднем за 1 ч работы
Производительность по приемке субстратов – куриного помета, т	43,8	1,8
Производительность по приемке всех субстратов птицефабрики, т	87,8	3,7
Показатели на выходе		
Выход биогаза, м ³	15337,9	639,1
Выработка тепловой электроэнергии в мини-ТЭЦ, МВт · ч	33,2	1,4
Выход товарной тепловой энергии, Гкал	2,4	0,1
Выход жидких органических удобрений, т	112,7	4,7
Выход сухих органических удобрений, т	27,3	1,1

Годовые издержки, связанные с эксплуатацией БЭУ, составят 40,1 млн руб.

В результате реализации инвестиционного проекта на птицефабрике планируется получить 15337,9 м³ биогаза, из которого посредством мини-ТЭЦ будет получено за год 12116 МВт·ч товарной электрической и 887 Гкал тепловой энергии, что составляет 70% от выработанного объема энергии, а также произведено биоудобрений в объеме 9964,5 т. Вся энергия, выработанная на мини-ТЭЦ, будет использована в производственных целях при производстве мяса птицы, а биоудобрения – при выращивании продукции растениеводства. Получаемое биоудобрение по своим свойствам универсально и может быть использовано при выращивании любых культур и на разных почвах. Рациональная доза внесения биоудобрений в зависимости от плодородия и выращиваемой культуры составляет от 300 кг до 1 т на 1 га посевной площади.

Следует отметить, что метановое сбраживание позволяет сохранить весь азот в аммонийной или органической формах, фосфор в биоудобрении содержится в виде фосфатов, а калий – в виде растворимых солей, что способствует их усвояемости растениями. Кроме того, биоудобрение содержит необходимый для растений набор микроэлементов, в достаточном количестве присутствуют гуминовые и фуллевые кислоты и их соли. Большое количество кальция в удобрении способствует раскислению почв. Благодаря сепарации перебродившего остатка и выделению сухой фракции более успешно решается проблема транспортировки биоудобрения и хранения до непосредственного внесения.

Кроме этого, на птицефабрике и ее окрестностях ожидается существенное улучшение экологической ситуации⁴.

Расчетную величину производственного эффекта можно определить по формуле:

$$Эп = Ттэ + Тээ + Бу,$$

где Ттэ – стоимостная оценка товарной тепловой энергии, тыс. руб.; Тээ – стоимостная оценка товарной электроэнергии, тыс. руб.; Бу – стоимостная оценка товарного биоудобрения, тыс. руб.

Проектная величина производственного эффекта от сооружения и эксплуатации БЭУ на птицефабрике ООО «Агрофирма «Липецк»» рассчитана на основе исходных показателей, представленных в таблице 2.

Прогнозный производственный эффект, включающий в себя стоимостную оценку получаемой электрической, тепловой энергии и биоудобрения, составит 166,7 млн руб. При этом структура эффекта будет выглядеть следующим образом: электроэнергия – 73,5 млн руб., или 44,0%; тепловая энергия – 28,3 млн руб., или 17,0%; сухие биоудобрения – 64,9 млн руб., или 39,0%.

В связи с тем, что сооружение БЭУ рассматривается как инвестиционный проект, дисконтированные финансовые потоки капитальных вложений, текущих затрат, сопряженных с работой установки, а также ожидаемый чистый доход рассчитывались за период 10 лет. При этом величина дисконта при расчете коэффициента дисконтирования учитывалась в соответствии с прогнозом изменения ключевой ставки Центробанка РФ. Расчеты подтверждают, что чистый дисконтированный доход (ЧДД) от применения БЭУ

Исходные показатели для расчета производственного эффекта

Таблица 2

Initial data for calculating the production effect

Table 2

Показатели	Проектная величина
Среднесуточный объем производства:	
– тепловой энергии (товарной), Гкал·/сут.	2,4
– электрической энергии (товарной), МВт·ч/сут.	33,2
– сухих органических удобрений, т/сут.	27,3
Тариф на тепловую энергию, руб/Гкал	2670,0
Тариф на электроэнергию, руб/кВт·ч	6,45
Цена на биоудобрение (в сухом виде), руб/т	6450,0

⁴Биогазовые технологии – новый тренд экономики замкнутого цикла. URL: <https://journal.ecostandard.ru/eco/konktextst/biogazovye-tehnologii-novyuy-trend-ekonomiki-zamknutogo-tsikla/> (дата обращения: 01.06.2025).

на птицефабрике «Агрофирма ”Липецк”» за расчетный период 10 лет достигнет 548,6 млн руб., внутренняя норма доходности (ВНД) составит

0,564, индекс доходности (ИД) будет равен 2,85. При этом срок окупаемости инвестиций составит 4,1 года^{5,6}(табл. 3).

Таблица 3

Прогнозные показатели экономической эффективности применения БЭУ на птицефабрике «Агрофирма ”Липецк”» за расчетный период 10 лет

Table 3

Projected economic efficiency indicators for the application of the BEP at the Agrofirma Lipetsk OOO poultry farm over a 10-year calculation period

Показатели	Проектная величина
Дисконтированный объем капитальных вложений, тыс. руб.	314900,0
Ожидаемый чистый доход с учетом коэффициента дисконтирования, тыс. руб.	845812,9
Чистый дисконтированный доход (ЧДД), тыс. руб.	530912,0
Индекс доходности (ИД)	2,85
Дисконтированный срок окупаемости инвестиций, год	4,1

Выводы

1. В результате переработки с помощью БЭУ в течение года куриного помета 15987 т, фрагментов падежа птицы 3590 т и рециркулята (перебродивший субстрат) 12470 т планируется получать ежегодно для

производственных нужд 887 Гкал товарной тепловой и 12116 МВт·ч электрической энергии, а также 9964,5 т биоудобрений.

2. Расчеты подтверждают, что чистый дисконтированный доход от применения БЭУ на птицефабрике «Агрофирма ”Липецк”» за расчетный период 10 лет составит 548,6 млн руб., индекс доходности – 2,85. При этом значение дисконтированного срока окупаемости инвестиций достигнет 4,1 года.

3. Реализация БЭУ на птицефабрике с применением биогазовой технологии позволит получить положительный экологический эффект за счет безотходной переработки биологических отходов птицеводства.

⁵ Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования (2-я ред., испр. и доп.), утв. Минэкономки РФ Минфином РФ и Госстроем РФ от 21 июня 1999 г. Т DR477. <https://base.garant.ru/2320803/> (дата обращения: 01.06.2025).

⁶ Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики Банка России. Электронный ресурс. URL: https://cbr.ru/about_br/publ/ondkp/on_2025_2027 (дата обращения: 01.06.2025)

Список источников

1. Амерханов Р.А., Харченко Д.П., Квитко А.В., Таразанов В.И. Востребованность возобновляемых источников энергии // Сельский механизатор. 2023. № 11. С. 19-21. EDN: CWFHND
2. Попов В.Д., Федоренко В.Ф., Брюханов А.Ю. Приоритеты экологического развития животноводства России и пути их реализации // Техника и оборудование для села. 2020. № 12. С. 2-5. EDN: CDJIGE
3. Апажев А.К., Фиашев Б.А., Фиашев А.Г. и др. Переработка помета и навоза в биогазовых установках // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2023. Т. 70, № 2 (51). С. 100-105. EDN: KILKAI
4. Черноиванов В.И., Толоконников Г.К., Федотов А.В. Биомашсистемы энергосберегающих технологий переработки отходов АПК // Техника и оборудование для села. 2020. № 2 (272). С. 2-7. EDN: EVFZBL
5. Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Дзуганов В.Б. и др. Оптимизация параметров и режимов работы биогазовой установки // Техника и оборудование для села. 2022. № 12 (306). С. 35-39. EDN: VVFQBN
6. Лачуга Ю.Ф., Шогенов Ю.Х., Зиганшин Б.Г. и др. Мобильная биогазовая установка для переработки отходов

References

1. Amerkhanov R.A., Kharchenko D.P., Kvitko A.V., Tarazanov V.I. Demand for renewable energy sources. *Selskiy mekhanizator*. 2023;11:19-21. (In Russ.)
2. Popov V.D., Fedorenko V.F., Bryukhanov A.Yu. Priorities for the environmental development of animal husbandry in Russia and ways of their implementation. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2020;12:2-5. (In Russ.)
3. Apazhev A.K., Fiapshev B.A., Fiapshev A.G. et al. Processing of manure in biogas plants. *Electrical Engineering and Electrical Equipment in Agriculture*. 2023;70(2):100-105. (In Russ.)
4. Chernoiivanov V.I., Tolokonnikov G.K., Fedotov A.V. Biomachine systems of energy-saving technologies for processing agricultural waste. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2020;2:2-7. (In Russ.)
5. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Dzuganov V.B. et al. Optimization of parameters and operating modes of a biogas plant. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2022;12:35-39. (In Russ.)
6. Lachuga Yu.F., Shogenov Yu.Kh., Ziganshin B.G. et al. Mobile biogas plant for processing animal waste. *Bulletin of Agrarian Science*. 2023;3:18-26. (In Russ.)

животноводства // Вестник аграрной науки. 2023. № 3 (102). С. 18-26. EDN: NHGLDA

7. Оськин С.В., Григораш О.В., Коломейцев А.Э. Обоснование применения солнечных электростанций на предприятиях АПК // Техника и оборудование для села. 2024. № 2 (320). С. 37-42. EDN: UNVEFR

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

9. Водяников В.Т., Игудин А.А. Экономические предпосылки формирования собственной энергетической базы крупных сельских товаропроизводителей // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2018. № 1. С. 24-29. EDN: YNПТС

10. Водяников В.Т. Экономическая оценка реализации биоэнергетических ресурсов отходов сельскохозяйственного производства // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2020. № 7. С. 26-31. EDN: MPFJGA

Информация об авторе

Водяников Владимир Тимофеевич, д-р экон. наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; vtvodyannikov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7111-9437>; SPIN-код: 3882-0347

Статья поступила 06.06.2025, после рецензирования и доработки – 16.01.2026; принята к публикации 20.01.2026

7. Oskin S.V., Grigorash O.V., Kolomeitsev A.E. Rationale for the use of solar power plants at agricultural enterprises. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2024;2:37-42. (In Russ.)

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

9. Vodyannikov V.T., Igudin A.A. Economic preconditions for the creation own energy base by large agricultural producers. *Economy of Agricultural and Processing Enterprises*. 2018;1:24-29. (In Russ.)

10. Vodyannikov V.T. Economic assessment of the realization of bioenergy resource of agricultural waste. *Economy of Agricultural and Processing Enterprises*. 2020;7:26-31. (In Russ.)

Author Information

Vladimir T. Vodyannikov, DSc (Econ), Professor; Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; vtvodyannikov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7111-9437>

Received 06.06.2025; Revised 16.01.2026; Accepted 20.01.2026