

УДК 675.85

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ МЯСНОГО ПРОИЗВОДСТВА В БИОГАЗ

Андрей Юрьевич Астапов

кандидат технических наук, доцент

astapow_a@mail.ru

Михаил Владиславович Дубровский

студент

mihail.dubrovskiy@gmail.com

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В данной статье рассматривается технология анаэробного сбраживания органических отходов мясной промышленности. Особое внимание уделяется техническим аспектам процесса, интеграции биогаза в энергетическую систему предприятий и экономической эффективности. Описываются этапы подготовки сырья, параметры работы биореакторов, а также использование биогаза для производства электроэнергии и тепла.

Ключевые слова: отходы мясного производства, биогаз, анаэробное сбраживание, метан, возобновляемая энергия.

Мясная промышленность, являясь важным звеном агропромышленного комплекса, сталкивается с проблемой утилизации значительных объёмов органических отходов — крови, жиров, субпродуктов и технических жидкостей. Традиционные методы их переработки, такие как захоронение или сжигание, не только экологически опасны, но и экономически невыгодны. Альтернативой выступает анаэробное сбраживание (АС) — биотехнология, преобразующая органику в биогаз и биоудобрения. Этот процесс не только решает экологические задачи, но и интегрируется в энергетическую систему предприятий, создавая замкнутый цикл использования ресурсов [1-3].

Технология начинается с подготовки сырья. Отходы мясной промышленности, характеризующиеся высоким содержанием белков (40–60%) и липидов (10–30%), требуют предварительной обработки для оптимизации процесса. Сырьё измельчается и гомогенизируется, что ускоряет его разложение. Для балансировки соотношения углерода и азота (C/N), которое в мясных отходах часто ниже оптимального (20–30:1), добавляют растительные ко-субстраты, такие как солома, силос или отходы зерновых. Это предотвращает накопление аммиака, токсичного для метаногенных микроорганизмов. Дополнительно может применяться пастеризация сырья для уничтожения патогенов, что особенно важно при использовании дигестата в сельском хозяйстве.

Основной этап — анаэробное сбраживание — осуществляется в биореакторах, которые работают в мезофильном (30–40°C) или термофильном (50–60°C) режимах. Мезофильный режим менее энергозатратен, но требует больше времени (20–30 дней), тогда как термофильный ускоряет процесс (10–15 дней) за счёт повышенной активности бактерий. Контроль pH (6.5–7.5) и перемешивание субстрата обеспечивают стабильность метаногенеза. Для предотвращения ингибирования процесса жирами, склонными к образованию плёнок и закупорке реактора, используются двухстадийные системы: на первом этапе

гидролиз и кислотогенез протекают в отдельной ёмкости, а на втором — метаногенез в основном реакторе. Современные установки оснащаются системами автоматического мониторинга параметров (температура, pH, нагрузка), что минимизирует риски сбоев.

Полученный биогаз, содержащий 55–70% метана, проходит очистку от примесей (сероводород, влага, CO_2) с использованием скрубберов, мембранных фильтров или адсорбционных колонн. Очищенный газ направляется в когенерационные установки (ТЭЦ), где преобразуется в электроэнергию и тепло. Например, 1 м³ биогаза с содержанием метана 60% генерирует около 6 кВт·ч электроэнергии и 12 кВт·ч тепловой энергии. Это позволяет предприятиям частично или полностью покрывать собственные энергопотребности, снижая зависимость от внешних сетей. Избытки электроэнергии могут поставляться в общую сеть по «зелёным» тарифам, а тепло — использоваться для обогрева цехов, сушки продукции или поддержания температуры в биореакторах. В случае очистки биогаза до биометана (95–97% CH_4), его можно закачивать в газовые сети или использовать как топливо для транспорта.

Внедрение анаэробного сбраживания (АС) органических отходов в мясной промышленности России показывает растущий потенциал. Однако экономическая эффективность этого процесса во многом зависит от особенностей региона, государственной поддержки и интеграции в локальные цепочки создания добавленной стоимости [4,5].

Несмотря на ограниченное количество крупных проектов, отдельные случаи подтверждают рентабельность технологии.

Одним из таких примеров является проект компании «Агро-Белогорье» в Белгородской области. Здесь биогазовая установка перерабатывает отходы свиноводческих комплексов и мясоперерабатывающих предприятий. Мощность установки составляет 2,4 МВт, и она способна ежегодно перерабатывать около 200 тысяч тонн отходов, производя до 19 миллионов киловатт-часов электроэнергии. Это позволяет сэкономить до 40% затрат на

энергоснабжение производства, а избыток электроэнергии продаётся в сеть по тарифам, установленным для возобновляемых источников энергии. При капитальных затратах в 400 миллионов рублей срок окупаемости проекта оценивается в 7–8 лет, что сравнимо с европейскими аналогами.

Ещё один пример — биогазовая станция в Ленинградской области на базе птицефабрики «Роскар». Она перерабатывает помёт и отходы убоя. Мощность установки составляет 1,5 МВт, и она способна генерировать 12 миллионов киловатт-часов электроэнергии в год, покрывая 70% потребностей предприятия. Дигестат используется для удобрения полей, что позволяет сократить затраты на закупку минеральных удобрений на 10–15%. Инвестиции в проект составили около 250 миллионов рублей, а окупаемость была достигнута за счёт комбинации факторов: снижения платы за утилизацию отходов (экономия до 5 миллионов рублей в год), замещения дорогостоящего импортного оборудования (котельные на газе) и продажи «зелёной» энергии по повышенным тарифам.

Ключевым фактором, стимулирующим экономику таких проектов в России, является сокращение затрат на утилизацию. Например, для мясокомбината среднего размера, который ежегодно производит 10 тысяч тонн отходов, расходы на захоронение могут достигать 15–20 миллионов рублей (с учётом транспортировки и экологических платежей). Переработка этих отходов в биогазовой установке мощностью 500 кВт потребует инвестиций около 150 миллионов рублей, но позволит ежегодно экономить до 8 миллионов рублей на утилизации и генерировать 4 миллиона киловатт-часов электроэнергии (при стоимости 5 рублей за киловатт-час — 20 миллионов рублей дохода).

Кроме того, импортозамещение в энергетике стимулирует спрос на биогазовые установки: локализация производства реакторов (например, на заводах «Роснано») может сократить капитальные затраты на 20–30%.

Анаэробное сбраживание демонстрирует экономическую эффективность, особенно для крупных агрохолдингов с замкнутым циклом

производства. Ключевыми факторами успеха остаются масштабирование проектов, государственная поддержка возобновляемых источников энергии и интеграция технологии в региональные системы переработки отходов.

Таким образом, анаэробное сбраживание органических отходов мясной промышленности — это не просто метод утилизации, а комплексная система, сочетающая экологическую безопасность с энергетической автономией и экономической рентабельностью. Технология трансформирует отходы в ресурсы, сокращая углеродный след, укрепляя энергоэффективность предприятий и создавая новые рыночные возможности в эпоху перехода к устойчивому развитию.

Список литературы:

1. Тихонравов В. С. Ресурсосберегающие биотехнологии производства альтернативных видов топлива в животноводстве: науч. аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2011. 52 с. ISBN 978-5-7367-0883-3
2. Веденев А.Г. Биогазовые технологии. Б.: ОФ «Флюид». 2017. 95 с.
3. Патент на полезную модель № 88989. Устройство для перемешивания субстрата для анаэробных биореакторных комплексов / Д. В. Костромин, Ю. Н. Сидыганов, А. В. Канарский, Д. Н. Шамшуров.
4. Сидыганов Ю. Н., Шамшуров Д. Н., Костромин Д. В. Анаэробная переработка отходов для получения биогаза // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008. № 6. С. 42-43. (0,34 п.л./0,2 п.л.).
5. Лысенко В.П. Переработка отходов птицеводства. Сергиев Посад. 1998. 152 с.

UDC 675.85

PROCESSING OF MEAT PRODUCTION WASTE INTO BIOGAS

Andrey Yu. Astapov

candidate of technical sciences, associate professor

astapow_a@mail.ru

Mihail V. Dubrovsky

student

mihail.dubrovskiy@gmail.com

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. This article discusses the technology of anaerobic digestion of organic waste from the meat industry. Special attention is paid to the technical aspects of the process, the integration of biogas into the energy system of enterprises and the economic efficiency of production. The stages of raw material preparation, bioreactor operation parameters, and the use of biogas for electricity and heat generation are described.

Keywords: meat production waste, biogas, anaerobic digestion, methane, renewable energy.

Статья поступила в редакцию 10.05.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 10.05.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.