

УДК 662.767

*Степанов И.Ю.,*

*Студент гр. 104М ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Российская Федерация, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244*

*Едуков В.А.,*

*Доцент, к.т.н. ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Российская Федерация, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244*

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УТИЛИЗАЦИИ КУРИНОГО ПОМЁТА С ПОЛУЧЕНИЕМ БИОГАЗА НА ПТИЦЕФАБРИКЕ**

***Аннотация:** В статье рассмотрены экологические аспекты переработки куриного помёта методом анаэробной ферментации с получением биогаза на примере бройлерного комплекса мощностью 900 тыс. голов. Выполнен расчёт потенциального выхода биогаза, оценены предотвращённые выбросы загрязняющих веществ (аммиак, сероводород, метан) и парниковых газов, а также снижение платежей за негативное воздействие на окружающую среду. Установлено, что утилизация помёта позволяет сократить выбросы парниковых газов на 4 315 т CO<sub>2</sub>-экв/год и полностью исключить платежи за размещение отходов. Показано, что биогазовая переработка является эффективным природоохранным решением для птицеводческих предприятий.*

***Ключевые слова:** куриный помёт, биогаз, анаэробная ферментация, парниковые газы, экологический эффект, платежи за НВОС, птицефабрика.*

***Annotation:** The article considers environmental aspects of chicken manure processing by anaerobic fermentation to produce biogas on the example of a broiler complex with 900 thousand heads. The potential biogas yield was calculated,*

*prevented emissions of pollutants (ammonia, hydrogen sulfide, methane) and greenhouse gases were estimated, as well as the reduction of payments for negative environmental impact. It was found that manure utilization reduces greenhouse gas emissions by 4,315 t CO<sub>2</sub>-eq/year and completely eliminates waste disposal payments. It is shown that biogas processing is an effective environmental solution for poultry enterprises.*

**Key words:** *chicken manure, biogas, anaerobic fermentation, greenhouse gases, environmental effect, payments for negative impact, poultry farm.*

## **Введение**

Промышленное птицеводство является одним из крупнейших источников органических отходов в агропромышленном комплексе. В Российской Федерации годовое производство куриного помёта превышает 20 млн тонн [1]. Традиционные способы обращения с помётом — хранение в навозохранилищах и вывоз на поля — сопровождаются неконтролируемыми выбросами аммиака (NH<sub>3</sub>), сероводорода (H<sub>2</sub>S), метана (CH<sub>4</sub>) и других газов, которые оказывают негативное воздействие на атмосферный воздух, почву и водные объекты [2]. Кроме того, при хранении помёта выделяются парниковые газы, что вносит вклад в изменение климата.

Альтернативным подходом является анаэробная ферментация помёта с получением биогаза. Биогаз содержит 50–70 % метана и может использоваться для замещения природного газа в системе теплоснабжения предприятия, что одновременно решает экологическую проблему и даёт экономический эффект [2, 3].

Цель настоящей работы — количественная оценка экологического эффекта от переработки куриного помёта на примере реального бройлерного комплекса (ООО «Птицефабрика Акашевская», Республика Марий Эл). В работе рассчитаны предотвращённые выбросы загрязняющих веществ и

парниковых газов, а также снижение платежей за негативное воздействие на окружающую среду.

### **Объект и методика исследования**

Объектом исследования выбран бройлерный комплекс ООО «Птицефабрика Акашевская» с единовременным поголовьем 900 тыс. голов (36 птичников по 25 тыс. голов). Суточный выход подстилочного помёта влажностью 60–65 % составляет 120 т [4]. При содержании органического сухого вещества (ОСВ) около 28 % суточная масса ОСВ равна:

$$M_{\text{ОСВ}} = 120 \times 0,28 = 33,6 \text{ т/сут.}$$

Удельный выход биогаза для куриного помёта в мезофильном режиме (38 °С, гидравлическое время удержания 22 сут) принят равным 0,70 м<sup>3</sup>/кг ОСВ на основании литературных данных и модели Чена–Хашимото [2, 3]. Суточный выход биогаза:

$$V_{\text{бг сут}} = 33\,600 \times 0,70 = 23\,520 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Годовой выход при 315 днях работы с птицей (с учётом санитарных перерывов):

$$V_{\text{бг год}} = 23\,520 \times 315 = 7\,408\,800 \approx 7\,409\,000 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Содержание метана в биогазе принято 64 % [2], что даёт годовой выход метана:

$$V_{\text{CH}_4 \text{ год}} = 7\,409\,000 \times 0,64 = 4\,742\,000 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для оценки экологического эффекта использованы методики расчёта выбросов загрязняющих веществ при хранении органических отходов [4] и ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду согласно Постановлению Правительства РФ № 913 [5]. Расчёт предотвращённых выбросов выполнен для сценария, при котором весь помёт вместо открытого хранения направляется на анаэробную ферментацию в герметичные метантенки.

### **Результаты расчётов**

#### **Предотвращённые выбросы загрязняющих веществ**

При открытом хранении 37 800 т помёта в год ( $120 \text{ т/сут} \times 315 \text{ сут}$ ) эмиссия загрязняющих веществ составляет:

- аммиак ( $\text{NH}_3$ ) — 3,5 кг/т помёта → 132,3 т/год;
- сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ) — 0,19 кг/т помёта → 7,18 т/год;
- метан ( $\text{CH}_4$ ) — 2,7 кг/т помёта → 102,1 т/год (образуется при анаэробном разложении в хранилище).

Переработка в герметичных метантенках с последующим сжиганием биогаза практически полностью исключает эти выбросы (метан сжигается до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , аммиак и сероводород остаются в эффлюенте или утилизируются). Таким образом, предотвращённые выбросы составляют: 132,3 т  $\text{NH}_3$ /год, 7,18 т  $\text{H}_2\text{S}$ /год, 102,1 т  $\text{CH}_4$ /год.

### **Сокращение выбросов парниковых газов**

Эквивалентная масса  $\text{CO}_2$  для предотвращённых выбросов рассчитана с использованием потенциалов глобального потепления (GWP): для  $\text{CH}_4$  — 28, для  $\text{CO}_2$  — 1.

- Утилизация метана от разложения помёта:  $102,1 \text{ т } \text{CH}_4 \times 28 = 2\,859 \text{ т } \text{CO}_2\text{-экв/год}$ .
- Замещение природного газа биогазом: годовой объём биогаза в эквиваленте по теплу:  $V_{\text{экв}} = 7\,409\,000 \times (21,5 / 35,8) \approx 4\,450\,000 \text{ м}^3/\text{год}$ . При сжигании этого объёма природного газа выбросы  $\text{CO}_2$  составили бы около 1 762 т/год (из расчёта 0,396 т  $\text{CO}_2$  на 1000  $\text{м}^3$  природного газа). Замещение биогазом предотвращает эти выбросы [6].

Суммарное сокращение выбросов парниковых газов:

$$\Delta \text{CO}_2\text{-экв} = 2\,859 + 1\,762 = 4\,621 \text{ т } \text{CO}_2\text{-экв/год}.$$

Снижение платежей за негативное воздействие на окружающую среду

Плата за выбросы загрязняющих веществ ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ) в пределах установленных нормативов рассчитана по ставкам [5] с применением коэффициентов для Волго-Вятского экономического района и индексации. Экономия составила ~60 тыс. руб./год.

Плата за размещение отходов (помёт IV класса опасности) при нормативе 663,2 руб./т, с коэффициентами (1,5 — почва, 0,3 — размещение на собственном объекте, 1,08 — инфляция) равна 322,3 руб./т. При полной переработке 37 800 т/год экономия платежей:

$$37\,800 \times 322,3 \approx 12\,183 \text{ тыс. руб./год.}$$

Однако в диссертации принята консервативная оценка с учётом переработки 70 % помёта, что даёт 8 529 тыс. руб./год. Для данной статьи принимаем последнее значение.

Итого снижение экологических платежей: ~8 590 тыс. руб./год.

### **Обсуждение результатов**

Полученные расчёты показывают, что перевод птицефабрики на переработку помёта в биогазовой установке даёт тройной экологический эффект:

1. Сокращение токсичных выбросов — полное предотвращение эмиссии аммиака и сероводорода, что улучшает качество воздуха на прилегающих территориях и снижает нагрузку на экосистемы.
2. Снижение парникового эффекта — предотвращение выбросов метана (в 28 раз более сильного парникового газа, чем CO<sub>2</sub>) и замещение ископаемого природного газа.
3. Исключение платежей за размещение отходов — экономия более 8,5 млн руб./год, что делает проект привлекательным даже при умеренной стоимости природного газа.

Кроме того, продукт ферментации — обеззараженный эффлюент — может использоваться как органическое удобрение, что полностью замыкает цикл утилизации и исключает загрязнение почв и водоёмов.

Ограничением метода является необходимость контроля параметров процесса (температура, pH, загрузка) для стабильной работы метантенков, однако современные системы автоматики позволяют решать эту задачу.

### **Выводы**

1. Для бройлерного комплекса мощностью 900 тыс. голов суточный выход куриного помёта составляет 120 т, а потенциальный суточный выход биогаза — 23 520 м<sup>3</sup> (годовой — 7 409 000 м<sup>3</sup>) при содержании метана 64 %.
2. Переработка помёта в метантенках предотвращает ежегодные выбросы: 132,3 т аммиака, 7,18 т сероводорода и 102,1 т метана, которые неизбежно возникают при открытом хранении.
3. Сокращение выбросов парниковых газов (с учётом утилизации метана и замещения природного газа) составляет около 4 600 т СО<sub>2</sub>-экв/год.
4. Полная ликвидация размещения отходов снижает экологические платежи предприятия на 8,6 млн руб./год, что сопоставимо с экономией от замещения природного газа.
5. Анаэробная ферментация куриного помёта является экологически эффективным решением, позволяющим сочетать утилизацию отходов с получением энергии и восстановлением плодородия почв.

#### **Список литературы:**

1. Актуальные проблемы утилизации помёта в России // Сельскохозяйственные вести. – 2023. – № 1. – С. 55–59.
2. Суслов Д.Ю. Разработка научно-технических основ совершенствования систем снабжения биогазом: дисс. ... докт. техн. наук. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. – 347 с.
3. Suslov D.Y. Experimental studies of obtaining biogas from waste of meat processing enterprises // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 945, 012029.
4. РД-АПК 1.10.15.02-17. Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помёта. – М.: Росинформагротех, 2020. – 180 с.

5. Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 № 913 (ред. от 24.09.2024) «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах».

6. Приказ Минприроды России от 27.05.2022 № 371 «Об утверждении методики исчисления выбросов парниковых газов».