

УДК 662.659

**В.П.Клюс**, канд.техн.наук (Институт возобновляемой энергетики НАН Украины, Киев)

### **Автотермическая технология карбонизации птичьего помёта**

*Разработана автотермическая технология карбонизации птичьего помета в шахтных реакторах плотного слоя. Представлены результаты переработки куриного и перепелиного помета. Коксовый остаток карбонизации помета рекомендуется использовать в качестве удобрения.*

**Ключевые слова:** куриный помет, карбонизация, удобрение.

*Розроблено автотермічну технологію карбонізації птишиного посліду в шахтних реакторах щільного шару. Представлені результати переробки курячого та перепелиного посліду. Коксовий залишок карбонізації посліду рекомендується використовувати як добриво.*

**Ключові слова:** курячий послід, карбонізація, добриво.

Все отходы органического происхождения можно рассматривать как вид топлива с присущей ему теплотворной способностью. К настоящему времени имеются опытные данные для оценки горючести различных органических отходов. Нижний предел теплоты сгорания, при котором можно сжигать их без дополнительного топлива, составляет 3,35-4,19 МДж/кг [1].

Согласно литературным данным, подстилочный куриный помёт имеет теплоту сгорания примерно 10,7 МДж/кг при средней влажности 55%. Основываясь на приведенных данных, можно сделать вывод о возможности термической переработки подстилочного помёта без применения дополнительного топлива. В известных технологиях переработки птичьего помёта дополнительное топливо, как правило, применяется. Поэтому, ввиду высокой стоимости природного газа и оборудования, утилизация помёта на птицефабриках применяется редко. В резуль-

тате накопления больших объемов отходов экологическая ситуация на близлежащих к птицефабрикам территориях крайне сложная.

Альтернативой известным технологиям утилизации куриного помета может служить автотермическая технология карбонизации твердого топлива в шахтных реакторах плотного слоя [2-4].

Технология переработки птичьего помета путем его карбонизации представлена на рис. 1.

Вначале из подстилочного помета на шнековом экструдере изготавливаются влажные гранулы диаметром 6-10 мм. Для возможности грануляции липкого и влажного бесподстилочного помета в него добавляется и смешивается с ним мелкодисперсная биомасса (опилки, торф, сечка соломы). Смесь помета и биомассы направляется на грануляцию. Полученные гранулы сушатся 5-7 суток естественным путем или в сушильной установке до влажности не более 40%.



**Рис. 1. Технологическая схема переработки птичьего помета.**

Затем осуществляется карбонизация гранул в шахтном реакторе (рис. 2) в следующей последовательности. Гранулы загружаются в реактор, зажигание происходит сверху, а регулируемый воздух подается снизу. В результате первоначального нагрева гранул выделяются летучие вещества, которые, частично сгорая, образуют фронт горения по всему сечению реактора. Фронт горения летучих движется сверху вниз, а за фронтом остается карбонизированный помёт. Из реактора выводится горячий газ, который может сжигаться в котлоагрегатах или на свече. После достижения фронтом горения колосниковой решетки процесс карбонизации завершается. Реактор остывает, затем из него выгружается карбонизированный остаток.

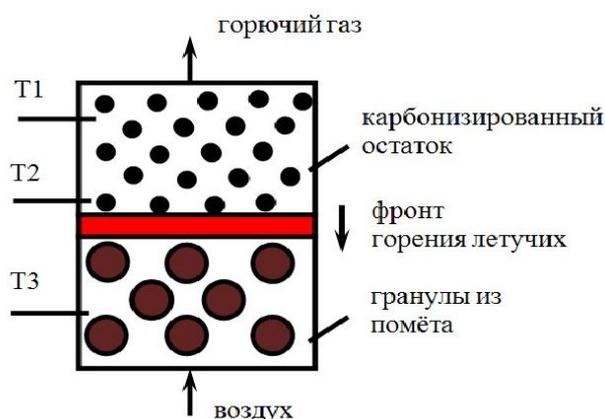


Рис. 2. Схема карбонизации помёта: T1, T2, T3 – термометры.

При термической переработке птичьего помёта потери азота не превышают 5%, а концентрация питательных элементов возрастает почти втрое по сравнению с исходным уровнем. Полученный карбонизированный остаток можно гранулировать с добавлением минеральных удобрений или использовать самостоятельно.

Экспериментальная проверка автотермической технологии карбонизации птичьего помёта была проведена на специальной установке с реактором из титана диаметром 123 мм и высотой 340 мм. По высоте реактора были установлены три термометры типа ХА, подключенные к потенциометру (рис. 2). Производилось начальное зажигание слоя топлива. Получаемый газ охлаждался до

температуры 20-30°C и сжигался на свече. В процессе экспериментов контролировались следующие параметры: масса загруженного влажного помёта; масса карбонизированного остатка; влажность и зольность помёта; удельный расход воздуха дутья; показания термопар.

Рассмотрим основные результаты экспериментов.

1. Топливо – гранулы из куриного помёта и опилок влажностью  $W=5,9\%$  и зольностью  $A=45,7\%$ . Режим переработки гранул – карбонизация. На рис. 3 в качестве типового примера приведены данные относительно изменения температуры в реакторе.

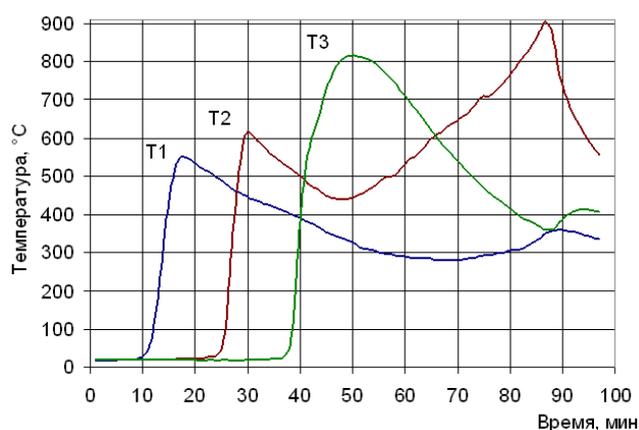


Рис. 3. Динамика изменения температуры в реакторе.

Аналогичные по характеру, но разные по величине температурные поля наблюдались и для другой влажности помёта. Как видно из графиков, температурные условия в реакторе соответствуют режиму полукоксования, т.е. полученный твердый продукт – карбонизат куриного помёта. Выход карбонизата составил более 50% по массе от исходного сырья. Существенный выход карбонизата объясняется высоким содержанием минеральных веществ в курином помёте, что связано с рационом кормления птицы.

2. Топливо – помёт перепелов влажностью  $W=11,4\%$  и зольностью  $A=24,4\%$ . В отличие от вязкого куриного, помёт перепелов представляет собой сферические тела диаметром 5-8 мм, хорошо сохраняющие форму и не нуждающиеся в грануляции. Поэтому помёт загружался в реактор без предварительной обработки.

Результаты карбонизации помета приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты карбонизации помета

№	Показатели	Гранулы из куриного помёта	Помёт перепелов
1.	Фракции топлива, мм	6-10	5-8
2.	Влажность $W$ , %	5,9	11,4
3.	Зольность $A$ , %	45,7	24,4
4.	Удельный расход воздуха дутья, $\text{м}^3/\text{м}^2\text{ч}$	42,3	42,3
5.	Температура в реакторе, °С	550-910	560-860
6.	Скорость движения фронта горения летучих, см/ч	30-34	16-48
7.	Выход карбонизированного остатка, %	53-57	32-38

Полученные экспериментальные данные убедительно подтверждают автотермичность процесса, то есть, после разжигания реактора не требуется дополнительных энергетических затрат. Основным продуктом процесса является карбонизированный остаток, а горючий газ целесообразно использовать для сушки гранул. Карбонизированный остаток не содержит ни патогенной микрофлоры, ни влаги, а только углерод и золу вместе с микроэлементами.

При коксовании связанный углерод помета превращается в свободный активированный карбон, который является химически инертным элементом. Он может находиться в почве сотни лет, при этом улучшает ее структуру, выполняет роль сорбента и повышает урожайность.

При необходимости можно провести процесс газификации карбонизата до полного превращения углерода в окись углерода и получения лишь золы. При полной газификации карбонизата до золы температура в реакторе увеличивается до 1000-1100°С. На рис. 4 представлены фотографии исходных образцов птичьего помёта и конечных продуктов его карбонизации.

**Выводы.** Впервые разработана автотермическая технология карбонизации птичьего помёта, которая имеет следующие преимущества:

1. Энергоэффективность (процесс автотермический, с генерацией энергии при сжигании горючего газа).
2. Экономичность (производство ценного удобрения из отходов).
3. Экологическая безопасность и безотходность.
4. Простота и надежность оборудования

(процесс переработки полностью осуществляется в одном аппарате – реакторе; движущиеся части отсутствуют).



Рис. 4. Продукты карбонизации птичьего помёта.

По результатам проведенных экспериментальных исследований сформулированы технические требования к проектированию и изготовлению опытных образцов установок производительностью 10-15 т/сутки по перерабатываемому помету. Ввиду простоты конструкции опытные образцы установок доступны для изготовления в условиях ремонтно-механических участков птицефабрик и не требуют больших капиталовложений.

1. Язев А.С. Конвертирование биоила городских стоков в электрическую и тепловую энергии // Энергосбережение. – 2005. – №1. – С. 24–28.
2. Исламов С.Р. Энергоэффективное использование бурых углей на основе концепции "Термококк": дис. докт. техн. наук. – Красноярск, 2010. – 366 с.

3. Губинский М.В. Исследование процесса термоокислительного пиролиза биомассы в плотном слое / М.В. Губинский, Ю.В. Шишко, Е.В. Кремнева, Г.Л. Шевченко, А.Ю. Усенко// Металургійна теплотехніка: Збірник наукових праць Національної металургійної академії України.

– Дніпропетровськ: "ПП Грек О.С.", 2007. – С.130–136.

4. Гроо А.А. Интенсификация процессов теплообмена при слоевой газификации угля с использованием обратного дутья: дис. канд. техн. наук. – Новосибирск, 2007. – 208 с.

УДК 620.92

**Н.Б.Голуб**, канд.хім.наук, **І.Г.Лелеко** (Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Київ), **О.А.Козловець** (Державне підприємство "Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства", Київ)

### Вплив коферментації сировини на вихід біогазу

*Розглянуто вплив косубстрату пташиного посліду на отримання біогазу з коноплі. Показано, що додавання посліду до целюлозних волокон підвищує вихід біогазу у два рази та вміст метану в ньому до 70%. Попередня кислотна обробка сировини призводить до зниження виходу біогазу внаслідок зниження рН середовища. Додавання  $Fe^{2+}$  у кількості 100 мг/дм<sup>3</sup> до середовища позитивно впливає на утворення біогазу з сировини після кислотної обробки і негативно за використання сировини після обробки паром. Продукт переробки коноплі (папір) також можна використовувати як сировину для отримання біогазу із вмістом метану 51%.*

**Ключові слова:** конопля, пташиний послід, біогаз, метан, коферментація.

*Рассмотрено влияние птичьего помета на получение биогаза из конопли. Показано, что добавление помета к целлюлозным волокнам повышает выход биогаза в два раза и содержание метана в нем до 70%. Предварительная кислотная обработка сырья приводит к снижению выхода биогаза вследствие понижения значения рН среды. Добавление  $Fe^{2+}$  в количестве 100 мг/дм<sup>3</sup> в среду положительно влияет на образование биогаза из сырья после обработки кислотой и отрицательно при использовании сырья после обработки паром. Продукт переработки конопли (бумага) также можно использовать в качестве сырья для получения биогаза с содержанием метана 51%.*

**Ключевые слова:** конопля, птичий помет, биогаз, метан, коферментація.

Україна не має достатньої кількості власних викопних енергоносіїв для забезпечення сталого розвитку, що призводить до енергетичної та економічної залежності від країн-експортерів енергетичної сировини. Одним із видів альтернативної енергетики є біогаз, який отримують з відходів різного походження.

Перехід європейських країн на альтернативні полімери, що біорозкладаються, і заміна синтетичних пакувальних матеріалів на паперові спонукає спільноту до пошуку альтернативних природних джерел целюлозної сировини. Одним із джерел відновлюваної біомаси є технічна конопля, посіви якої збільшуються в Україні, оскільки вона є заміником деревини для виробництва паперу та інших корисних речовин і утворює біомаси до 11 т/га [1]. Відповідно, біомаса коноплі та продукти її пере-

робки можуть слугувати джерелом для отримання енергетичних носіїв. Конопля містить значно меншу кількість лігніну (до 6%) по відношенню до кукурудзи (18%), що сприяє швидкості її гідролізу. Але сировина, спеціально вирощена для енергетичних потреб, призводить до нових соціальних проблем, що пов'язані з конкуренцією із харчовими культурами за землю сільськогосподарського призначення. Тому вивчення процесу отримання біогазу з коноплі та відходів із продуктів її переробки є актуальною проблемою.

У літературі існують суперечливі дані щодо виходу біогазу (метану) з коноплі. Так, при ферментації в мезофільних умовах [2] вміст метану складає 58,8% при виході біогазу 0,36 м<sup>3</sup>/кг сухої речовини (метану – 0,21 м<sup>3</sup>/кг). Л.А.Пойша зі співавторами за тих же умов отримали вихід