

А.В. Виноградова// Альтернативная энергетика и экология. – 2016. – № 09-10. – С. 19–23.

3. Ахназарова, С. Л. Использование функции желательности Харрингтона при решении оптимизационных задач химической технологии. Учебно-методическое пособие/ С.Л. Ахназарова, Л.С. Гордеев. – Москва: РТХУ, 2003. – 76 с.

**Синица С.И., ст. преподаватель,
Клинцова В.Ф., ст. преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», Минск, Республика Беларусь
ЗЕЛЕННЫЕ РАСТЕНИЯ – СЫРЬЕ ДЛЯ БИОГАЗОВЫХ
УСТАНОВОК**

подавляющее большинство зеленых растений обеспечивает исключительно высокий выход биогаза. Множество европейских биогазовых установок функционируют на кукурузном силосе, так как кукурузный силос, полученный с 1 га, позволяет выработать 7800–9100 м³ биогаза, что соответствует: 5850–6825 м³ природного газа, 4758–5551 кг бензина, 5616–6552 кг мазута, 11544–13468 кг дров.

Около 290–490 м³ биогаза дает тонна различных трав, при этом особенно высоким выходом отличается клевер – 430–490 м³, тонна картофельной ботвы способна обеспечить до 490 м³, тонна свекольной ботвы – от 75 до 200 м³, тонна отходов, полученных в процессе уборки ржи – 165 м³, тонна льна – 360 м³, тонна овсяной соломы – 310 м³.

Растительные остатки в зависимости от того, остаются ли они после сбора урожая на поверхности почвы или собираются и удаляются с поля вместе с урожаем, делятся на две основные группы. К первой группе относится солома, ко второй – половая шелуха и фруктовая кожура. Во вторую группу входит большая часть отходов, поступающих с перерабатывающих предприятий.

Сезонность образования растительных остатков их наличие определяется временем созревания урожая и зависит от вида сельскохозяйственной культуры, места ее выращивания и климата.

К наиболее используемым растительным субстратам, употребляемым для производства биогаза, относится кукуруза, поскольку

обладает высокой урожайностью и хорошей способностью к биохимическому окислению.

Также она нетребовательна в уходе и может расти в любых климатических условиях и почвах. Кукурузная силосная масса должна содержать не менее 28 % и не более 36 % по сухому веществу [1]. При большой влажности в ней содержится большое количество связанной воды, а при меньшей возрастает количество плохо разлагаемого лигнина и он не может быть утрамбован в необходимой степени, что отрицательно сказывается на его хранении.

Этап «силосования», при котором измельченные части кукурузных отходов трамбуются и изолируются от доступа воздуха, составляет примерно двенадцать недель. После этой процедуры он может быть использован для получения биогаза. В качестве сырья для силоса могут быть использованы как целые стебли, так и кукурузные початки.

В качестве растительного сырья может быть использован силос из цельных зерновых культур, к которым относятся рожь или тритикале (гибрид пшеницы и ржи), используемый в основном как кормовая культура.

Для силосования используют культуру с молочной или молочно-восковой спелостью, иногда может быть применена и переработка зеленой ржи.

Использование зерновых сопряжено с определенными трудностями, связанными с незначительным содержанием сухого вещества и большого количества связанной воды.

По выходу биогаза на тонну сырья силос из кукурузы, травы и зерновых культур находятся примерно на одном уровне, его количество находится на уровне 200 м³ на тонну использованного сырья [1], а по содержанию в нем метана лидируют кукурузный силос и силос из цельных зерновых культур. Выход биогаза при использовании силоса из кормовой и сахарной свеклы примерно в два раза меньше. Поэтому, для добавления к навозу и птичьему помету целесообразнее всего добавлять кукурузное углеводосодержащее сырье. В качестве углеводосодержащего сырья в производстве биогаза может быть использована и силосная масса из травы. Она может быть получена с лугов и пастбищ, а также в ходе однолетнего или же многолетнего севооборота сельскохозяйственных площадей. Но ее недостатком является большое содержание лигнина и превыше-

ние содержания сухого вещества более, чем оптимальные 36 % [1], которые должны быть в силосной массе, используемой в биогазовых установках, а также длиноволокнистая структура, которая может быть причиной образования плавающего слоя в реакторе анаэробного сбраживания и забивания лопастей перемещающих устройств.

В качестве силосной массы может быть использована сахарная свекла, но необходимость очищения от земли, засоряющей емкость реактора биогаза, а также высокая влажность, затрудняющая хранение силосной массы, представляют трудности для ее использования. Чаще всего она применяется в комплексе с кукурузными стеблями и початками [1].

При изготовлении крахмала образуется картофельная мезга, состоящая из картофельной кожуры, клеточных перегородок и клеток крахмала, оставшихся не вскрытыми. На тонну переработанного при изготовлении крахмала картофеля приходится примерно 240 кг картофельной мезги и 760 л клеточного сока. Они могут быть использованы в качестве корма для животных, но более целесообразным является их применение в качестве сырья для биогазовых установок. Это связано с тем, что избыточное использование картофельного сока в виде удобрения может привести к осолонению грунтовых вод, а для подкормки животных может быть применима только незначительная доля образующейся картофельной мезги. Эти материалы являются хорошо сбраживаемыми субстратами, особенно при использовании мезофильных режимов их анаэробной переработки.

При изготовлении сахара из сахарной свеклы образуется меласса и сырой жом, которые могут быть использованы в качестве субстрата для биогазовых установок, благодаря высокому содержанию сахара. Жом, как правило, применяется в смеси с кукурузной силосной массой, а меласса хранится в жидком виде в цистернах и так же используется в смеси с другим органическим сырьем.

Для использования в биогазовых установках подходят отходы, образующиеся при обработке фруктов в соки и винограда в вино. В этом процессе образуется барда и жом из кожуры и клеточного содержимого, которые употребляются для выделения биогаза после его предварительного силосования.

По выходу биогаза лидирует меласса, где он может достигать до 340 м^3 на тонну сырья, а доля метана в нем – до 247 м^3 . За мелассой

идут виноградные выжимки, с 270 м³ биогаза и 182 м³ метана. Далее следуют яблочные выжимки, где на 150 м³ биогаза приходится 101 м³ метана, пивная барда со 130 м³ биогаза и 112 м³ метана. [1]

Остальные отходы пищевых производств производят от 50 до 100 м³ биогаза на тонну сырья, где доля метана колеблется в пределах от 28 до 50 м³.

Срезанные и скошенные части растений, обработанные силосованием, также могут быть использованы в качестве субстрата, при этом выход биогаза для них составляет 175 м³, с содержанием 10 м³ метана на тонну используемого сырья [1]. Это сырье обязательно должно быть очищено от веток и камней и применяться в основном в качестве дополнительного источника биогазового сырья.

При выборе сырья необходимо учитывать, что только из органической части сухой массы можно произвести метан. Поэтому отношение сухой органической массы к общей массе является главным критерием для выбора составляющих смеси различных видов сырья. Органическое вещество состоит из протеинов, жиров, а также легко и тяжело разлагаемых углеводов, процентным содержанием которых в сырье определяется выход газа и процент метана в нем. Максимальное его количество в биогазе получается из протеинов – 71 %; жиры дают – 68 %, а углеводы – лишь 50 %. Поэтому, исходя из выхода газа, необходимо смешивать сырье с высоким содержанием жиров и протеинов. [1]

Список использованных источников

1. Режим доступа: fluid-biogas.com/?page_id=129. – Дата доступа: 31.10.2021.

Стрикунов А.В., к.т.н., доцент, Войку И.П.
ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет»,
Псков, Россия
ПЕРСПЕКТИВЫ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ
В ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО
КОМПЛЕКСА ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

По прогнозам Международного энергетического агентства за период 2021–2030 гг. глобальный объем гидрогенерирующих мощностей увеличится на 17 %, или на 229,6 ГВт. 56 % прироста придется