

*В. В. Свиридов**

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ СВЕКЛОСАХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В последние несколько лет в России стремительно развивается свеклосахарное производство (далее ССП). За период 2011 – 2021 гг. выпуск свекловичного сахара вырос на 25% [1].

Отходами ССП являются: фильтрационный осадок, меласса и свекловичный жом. Выход последнего составляет до 85% от массы переработанной свеклы [1].

В последние годы наблюдается избыток отходов ССП, которые необходимо перерабатывать с применением экологических, энерго- и ресурсосберегающих технологий в силу современных мировых тенденций [2].

При поиске технологического решения переработки свекловичного жома на ССП рассматриваются два варианта – биогазовые станции и сушка жома. В отличие от сушки, переработка свекловичного жома в биогаз предполагает не потребление энергии, а ее производство.

Предлагается технология переработки свекловичного жома с применением биогазовой станции и блока газоочистки.

В качестве сырья предлагается использовать свекловичный жом, из которого предварительно извлечены пектиновые вещества посредством гидролиз-экстрагирования. Выделение пектина целесообразно ввиду экономической выгоды.

В качестве биологического агента для переработки предлагается использовать ассоциацию, представленную 3 видами микроорганизмов: гидролизные, кислотообразующие и метаногенные бактерии.

Установлено, что наиболее перспективно использование бактерий, представленных в табл. 3 [3].

В результате конверсии органических веществ свекловичного жома консорциумом бактерий выделяется горючая смесь газов, состав которой представлен в табл. 4 [4].

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора, заведующего кафедрой «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ» Д. С. Дворецкого.

1. Характеристика гидролизных бактерий

Бактерия	Признаки		
	Питание	Температура, °С	pH
<i>Clostridium</i>	Полисахариды	28...37	7,2...7,6
<i>Ruminococcus</i>	Целлюлоза	35...40	7,0...7,5
<i>Butyrivibrio</i>	Гемичеселлюлоза, белки	28...37	7,2...7,6
<i>Escherichia coli</i>	Может жить на различных субстратах	37...38	7,2...7,8

2. Характеристика кислотообразующих бактерий

Бактерия	Признаки		
	Питание	Температура, °С	pH
<i>Syntrophomonas</i>	Жирные кислоты	30...37	6,5...7,0
<i>Syntrophobacter</i>	Органические кислоты	30...37	6,0...6,5
<i>Desulphovibrio</i>	Углеводороды	25...40	6,0...6,5

3. Характеристика метаногенных бактерий

Бактерия	Признаки		
	Питание	Температура, °С	pH
<i>Methanosarcina</i>	CO ₂ и H ₂ , ацетат, метанол	25...35	6,5...7,5
<i>Methanobacterium</i>	CO ₂ и H ₂ , формиат	25...30	6,1...7,8
<i>Methanococcus</i>	CO ₂ и H ₂ , ацетат	34...37	6,0...7,0
<i>Methanosarcina</i>	CO ₂ и H ₂ , ацетат, метанол	25...35	6,5...7,5

4. Средний состав биогаза

Компонент	Концентрация, об. %
Метан (CH ₄)	55...65
Углекислый газ (CO ₂)	35...45
Вода (H ₂ O)	2...7 (20...40°C)
Сероводород (H ₂ S)	< 3

При содержании метана 60% 1 м³ биогаза имеет теплоту сгорания около 20 300 кДж, что в 1,5 раза меньше, чем у природного газа. Данной концентрации метана недостаточно для использования такого газа на ТЭЦ, следовательно, концентрацию необходимо повысить.

Предлагается использовать адсорбционный блок, состоящий из адсорбера-осушителя и установки КЦА для повышения концентрации метана в биогазе.

Адсорбент выбирался исходя из его адсорбционной способности, для того, чтобы вместе с балластными газами не удалялся метан или его потери были минимальны. Были рассмотрены цеолиты типов NaA (4A) и CaA (5A) [4].

Цеолит NaA не способен сорбировать метан в силу стерических ограничений (диаметр молекулы метана 4,44 Å). Адсорбционная способность цеолита CaA по метану в несколько раз ниже, чем у сероводорода и углекислого газа (рис. 1).

Применение технологии целесообразно на ССП. Внедрение технологии на предприятии мощностью 4000 т/сут и использование 20% свекловичного жома в качестве сырья на биогазовой станции позволяет получить 71 550 м³ метана чистой 99% и 1500 т высококачественных биоудобрений в сутки.

В результате разработки технологии подобрана ассоциация бактерий, рассчитан выход целевого и побочного продуктов, выполнен технико-экономический расчет, подтверждающий целесообразность создания проекта при сроке окупаемости 3,23 года. Постановлено, что разработанная технология позволяет решить комплекс экономических, экологических и агрохимических проблем.

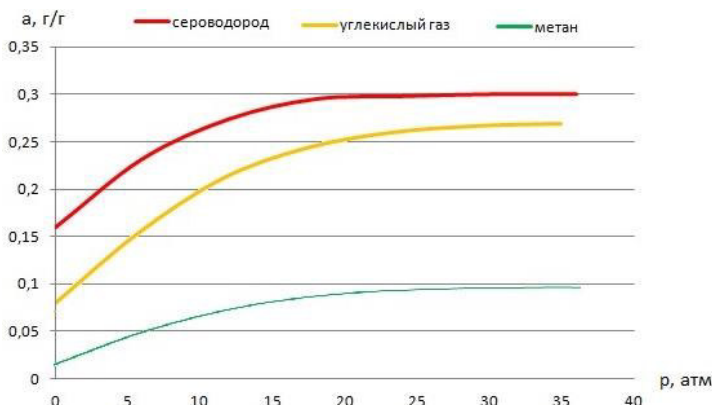


Рис. 1. Способность цеолита CaA адсорбировать компоненты биогазовой смеси при 298 К

5. Технико-экономическое обоснование проекта

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение показателя
1. Капиталовложения в проект, К	руб.	564 000 000
2. Экономия от общего объема газа	%	22
3. Доход от продажи удобрения, год	руб.	306 000 000
4. Срок окупаемости проекта	год	3,23
5. Доход от проекта в год	руб.	217 000 000

Список литературы

1. Цифровизация агропромышленного комплекса [Электронный ресурс] : сб. науч. ст. III Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х т. Тамбов, 25 – 27 октября 2022 г. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022.

2. Свиридов, В. В. Анализ методов разделения компонентов биогаза / В. В. Свиридов // Переработка углеводородного сырья: проблемы и инновации-2022 : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Астрахань, 10 ноября 2022 года. – Астрахань : Астраханский государственный технический университет, 2022. – С. 178 – 180.

3. Биологическая роль бактерий. – URL : <http://mikrobio.balakliets.kharkov.ua/contents-3-2.html>

4. Турчанович, И. Е. Синтетические цеолиты. Очистка биогаза от балластных примесей / И. Е. Турчанович, Н. Н. Турчанович // Международный научно-исследовательский журнал – 2016. – № 1-2(43). – С. 71 – 77.

Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ»