

ёмкостными данными: они показывают, что основное падение потенциала происходит на контакте кремний/плёнка. Основная область фоточувствительности электрода лежит в видимой части спектра, что даёт возможность использовать его для преобразования энергии солнечного света. Испытание стабильности электрода показало, что некоторый спад фототока, примерно в 2 раза, происходит лишь после 500 часов работы.

Отсюда следует, что плёнка ОРТ эффективно защищает кремний от фотокоррозии. Величина фототока определяется строением границы кремний/ОРТ, которая в свою очередь определяется технологией приготовления электрода. Совершенство её, вероятно, можно значительно поднять квантовый выход фототока при умеренных анодных потенциалах.

## **ОТХОДЫ РАСТЕНИЕВОДСТВА – ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ**

Кожурин В.Н., Фалюшин П.Л., Ловкис В.Б., Бохан Н.И., Галинская Н.Е.,  
Гаель И.А., (БГАТУ) г. Минск.

В работе содержится характеристика отходов растениеводства, как потенциального сырья для получения газообразных энергоносителей, и результаты термогравиметрического анализа процессов пиролиза образцов ржаной соломы и льнокостры, при помощи которого были выявлены общие закономерности их термического разложения. Приведены экспериментальные данные по пиролизу ржаной соломы и льнокостры на лабораторных установках с определением состава и теплоты сгорания газа.

Возможность использования сельскохозяйственных отходов в качестве энергоносителей определяется видом сельскохозяйственной культуры и количеством растительных отходов. Отходы включают остатки на поле после сбора урожая, сортировки, очистки и подготовки сельскохозяйственных культур к переработке.

Наиболее перспективным видом сельскохозяйственных отходов для использования в энергетике являются солома и льнокостра. В Республике Беларусь энергетический потенциал соломы злаковых культур, льнокостры, составляет в зависимости от урожайности ориентировочно 1,4 млн. т. у. т. в год, реально для использования в малой энергетике, по-видимому, следует принять около 1,1 млн. т. у. т. в год [1,4].

Степень полезного использования различных видов растительной биомассы и стоимость получаемой из нее энергии в значительной мере определяются

технологией ее переработки. Различные способы термохимической переработки биомассы позволяют получать твердые, жидкие и газообразные продукты, более пригодные для использования в энергетике. Одним из путей вовлечения в энергобаланс энергии биомассы, кроме прямого сжигания, является термохимическая переработка отходов растениеводства, позволяющая преобразовать их в горючий генераторный или пиролизный газ. Ранее была показана возможность получения генераторного газа из отходов растениеводства методом обращенного процесса газификации [2].

С целью изучения закономерностей термохимических превращений при газификации и пиролизе растительных отходов проведено моделирование этих процессов методом термического анализа (ТА) в различных режимах на дериватографе с образцами ржаной соломы и льнокостры.

Этот метод позволяет получать информацию о термохимических превращениях и термоустойчивости вещества при его нагревании в различных условиях. При этом одновременно фиксируются фазовые переходы, потеря массы, скорость потери массы и тепловые эффекты, что дает возможность прогнозировать технологические режимы процессов пиролиза и горения.

Как следует из данных ТА наиболее интенсивно процесс термического разложения органического вещества соломы протекает с экзотермическим эффектом в области 200-400°C. При этом потери массы составляют около 50 %. При достижении температуры 370°C процесс термораспада замедляется и протекает с меньшей скоростью до температуры 840°C; потери массы достигают около 90 %.

Общие закономерности термолиза льнокостры по данным термогравиметрического анализа аналогичны процессу разложения соломы, однако в области температур 200-500°C термоустойчивость органического вещества льнокостры выше. Потеря массы составляет для нее 65,1 %, а для соломы – 73,3%, что свидетельствует о различиях в их химическом составе.

Таким образом, при пиролизе соломы и льнокостры при температуре >800°C возможно превратить их органическое вещество в горючий газ и другие летучие соединения с теплотой сгорания не менее 3000 ккал/м<sup>3</sup>, что имеет важное значение при получении газа для двигателей внутреннего сгорания.

Проведены экспериментальные исследования по пиролизу ржаной соломы и льнокостры в кварцевой реторте с электрообогревом в неподвижном слое при 800°C и скорости нагрева 5-8 °C/мин с определением выхода твердых (кокс), жидких (смола + вода) и газообразных продуктов. Выход продуктов по пиролизу

ржаной соломы составил: влажность –  $W=8,5\%$ ; кокс –  $25,5\%$ , жидкие продукты –  $56,1\%$ , газ –  $18,4\%$ ; льнокостры: влажность –  $W=9\%$ ; кокс –  $30,9\%$ , жидкие продукты –  $51,2\%$ , газ –  $17,9\%$ .

Влияние вида исходного сырья не оказало существенного влияния на состав газа, отмечено только повышенное содержание метана в пиролизном газе льнокостры, обусловленное её химическим составом, более высоким содержанием в органическом веществе метоксильных групп –  $\text{OCH}_3$  [5]. В подвижном же слое замечено увеличение содержания водорода и оксида углерода.

Выход горючего газа составляет около  $18\%$  от сырья, зависит от условий процесса, температуры и скорости нагревания; при высокоскоростном пиролизе выход газа возрастает в 2-3 раза.

Теплота сгорания газа ржаной соломы ( $3335 \text{ ккал/нм}^3$ ) оказалась на  $8\%$  ниже теплоты сгорания газа льнокостры ( $3610 \text{ ккал/нм}^3$ ), что также связано сего составом – более высоким содержанием негорючего компонента  $\text{CO}_2$  и понижением содержания метана в газе пиролиза соломы.

Результаты исследования механизма газообразования в зависимости от температуры пиролиза показали, что максимальная концентрация оксида углерода в газе возрастает при  $300\text{-}350^\circ\text{C}$ , что обусловлено термораспадом кислородосодержащих соединений органического вещества соломы, и далее с повышением температуры падает; содержание водорода резко возрастает только после  $450^\circ\text{C}$ , а метана растет  $500\text{-}700^\circ\text{C}$ , а затем начинает снижаться.

Теплота сгорания газа, зависящая от его состава, соотношения компонентов, обладающих разной теплотой сгорания, также растет до указанной температуры, а затем начинает падать после  $700^\circ\text{C}$ , когда в составе газа преобладают  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$  и снижается содержание  $\text{CH}_4$ . Следовательно, оптимальной температурой является  $550\text{-}600^\circ\text{C}$  для получения пиролизного газа.

Таким образом, пиролизный газ, полученный из отходов растениеводства, обладает относительно высокой теплотой сгорания по сравнению с генераторным газом и его следует рекомендовать для использования в двигателях внутреннего сгорания.

### Литература

1. Крутов А. В. Использование региональных возобновляемых и вторичных энергоресурсов в сельскохозяйственном производстве // Аграрная энергетика в XXI веке: Материалы межд. научн.- техн. конф. Мн., 2001. С.191-193.

2. Колеров Л. К. Газомоторные установки. М., 1951. С.43.

3. Пат. 5032 РБ, МКИ С 10 J 3/20, F 23G 7/10, 5/027. Газогенератор для отходов растениеводства / Н. И Бохан., П. Л Фалюшин., В. А Буслов., И. С. Куликов., А. В Буслов., В. Б. Ловкие. Регистрационный номер заявки а 19990474, заявлено 05.11.1999г. Опубликовано в официальном бюллетене, №1.2002.

4. Фалюшин П. Л., Жуков В. К., Куликов И. С, Бохан Н. И. Жидкие и газообразные энергоносители на основе растительной биомассы //Аграрная энергетика в XXI веке: Материалы межд. научн.-техн. конф. Мн., 2001. С.197-199.

5. Карпунин И.И., Казакевич П.П., Перевозников В.Н. О химическом составе льняной соломы и использовании отходов переработки льна. Мн.: НАН Беларуси; 2003.

### **НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Л. Линдов (BioSystem), Т. Андерссон, О. Бабушкин, С. Карасик (SVEDAB), Швеция.

Биогазовые технологии активно развиваются в Швеции наряду с технологиями производства других альтернативных источников энергии. Наибольшее распространение имеют технологии по получению биогаза из органических отходов свиноферм, птицефабрик и коровников. На сегодня в Швеции уже действуют биогазовые установки на 15 фермах различного профиля, имеется до 12 биогазовых станций, использующих газ от городских свалок, 15 биогазовых станций по переработке городских отходов канализаций и более чем 60 биогазовых станций, работающих на смешанных органических отходах (отходах скотобоев, молочных заводов, производства сиропов и т.д.).

Строительство биогазовых станций неуклонно растёт и в общем энергетическом балансе страны уже составляет около 4%. Швеция имеет мощный энергетический ресурс за счет развитой сети гидроэлектростанций и атомных станций, которые в целом обеспечивают до 85% энергоресурсов страны. Несмотря на эти доминирующие источники энергии, биогазовая энергетика также имеет свою нишу. Практика показала, что наличие биогазовых станций на фермерских хозяйствах является рентабельным и позволяет удерживать продукцию на конкурентоспособном уровне за счет снижения энергетической составляющей и при этом дополнительно получать высокоэффективное органическое удобрение.