

УДК 661.77, 66.092-977

ПИРОЛИЗ КАК СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

А.В. Тихонов¹, М.Г. Сульман¹, Ю.Ю. Косивцов¹, Ю.В. Луговой²

Тверской государственный технический университет

¹Кафедра стандартизация, сертификация и управление качеством

²Кафедра биотехнология и химия

На сегодняшний день, немаловажной является проблема с исчерпаемостью природных ресурсов. Кроме этого, остро стоит вопрос и с утилизацией отходов различного происхождения. Пиролиз является методом, способным решить эти проблемы одновременно. Утилизируя углеродосодержащие отходы таким способом, на выходе можно получить альтернативные источники энергии.

Ключевые слова: пиролиз, биомасса, утилизация, альтернативные источники энергии.

В настоящее время экологические и экономические проблемы, связанные с использованием твёрдых ископаемых топлив, начинают приобретать все большие масштабы и заставляют искать новые пути развития в области производства энергии. Актуальность исследований по освоению нетрадиционных источников энергии связана в первую очередь с решением одной из центральных проблем современной экономики, науки и техники – поиском возможности переработки и использования доступных природных органических материалов и их отходов для получения энергии. Вследствие ограниченности природных ископаемых топлив технологии получения энергии из различных видов биомассы являются перспективными и бурно развиваются, прежде всего благодаря тому, что они способствуют устранению зависимости потребителей энергии от поставок энергоносителей.

Биомасса – это материалы растительного происхождения, которые в основном содержат углерод и водород, а также кислород, азот и серу. К биомассе относятся растительное сырьё, торф, отходы древесины, отходы бумаги, отходы производства и использования натуральных и искусственных волокон и тканей, опилки, солома, отходы пищевых производств, отходы животноводства, водоросли и отходы их переработки и т.д.

Первичным источником биомассы являются деревья, сельскохозяйственные культуры, водные растения, а также растения, произрастающие на сильно обводненных территориях – болотах [1]. Использование биомассы для выработки энергии и получения продуктов хозяйственного и промышленного назначения дает

несомненные преимущества: широкая распространенность биомассы и ее возобновляемость; нулевой «угольный след»; относительно низкая зольность биомассы; низкое содержание серы в элементном составе биомассы.

Проблема переработки биомассы с целью получения энергии с каждым годом становится все более актуальной вследствие конкурентной борьбы за традиционные энергоносители. Следует отметить, что сложность состава и переменный состав даже в пределах одного вида биомассы не позволяют в полной мере решить проблемы поиска комплексного и эффективного метода ее переработки.

Отходы перерабатывающих производств (древесные опилки, щепа, костра льна, бумажная упаковка и др.) можно эффективно использовать в качестве альтернативных источников энергии [2]. И в этой связи данное направление представляет большой интерес для экономики, поскольку при незначительном изменении параметров технологического процесса можно получить универсальный метод утилизации промышленных, с/х и бытовых органических отходов.

Среди существующих методов переработки биомассы все большее внимание привлекают термические методы, проводимые в инертной среде с целью получения тепловой, электрической энергии, жидких топлив, а также твердых углеродсодержащих сорбентов. Наиболее популярным технологическим решением, позволяющим получать максимальный выход полезных продуктов, является пиролиз. Его важнейшими преимуществами перед другими методами являются высокая эффективность, высокие выходы образования газообразных и жидких продуктов, хорошая управляемость, масштабируемость процесса, а также замкнутый цикл процесса переработки.

Пиролиз – тепловое разложение биомассы, происходящее в отсутствие кислорода. Слово произошло от греческого «pyro» – огонь, в значении «пиротехнического средства» и слова «lysis» в значении разложения или разрушение на составные части. Это термохимический распад органического вещества, протекающий при температуре от 400°C и выше в отсутствие кислорода. Процесс термической деструкции приводит к образованию летучих компонентов, а нелетучие компоненты образуют углеродсодержащий остаток [3].

Основные процессы, протекающие при пиролизе, следующие:

- расщепление углеродного скелета молекул;
- полное или частичное отщепление функциональных групп с образованием простейших неорганических соединений – воды, аммиака, сероводорода, окиси и двуокиси углерода;
- полимеризация или конденсация исходных молекул, образующихся из них фрагментов и продуктов превращения;

– изомеризация, предшествующая или сопровождающая процесс деструкции;

– отщепление водорода вплоть до выделения свободного углерода.

Лигниносодержащая биомасса, т.е. включающая в себя одревесневшие стенки растительных клеток, является сложным по своему составу материалом, причем ее состав более чем на 50 % сухого веса составляет целлюлоза, примерно по 25% приходится на гемицеллюлозу и лигнин, что обеспечивает структурную прочность материала в сочетании с его гибкостью. Также биомасса содержит влагу и незначительные количества экстрактивных веществ и неорганических соединений.

Последние образуют зольные остатки при горении биомассы. Общая структура лигниносодержащей биомассы представлена на рисунке [7].

В зависимости от вида растительного сырья и специфики его переработки лигниносодержащая биомасса может содержать от 30 до 50% целлюлозы (состоящей из D-глюкозы), 15-30% гемицеллюлозы и небольших количеств экстрактивных веществ и неорганической части, причем влажность различных видов биомассы в зависимости от типа и условий хранения может превышать более 50% масс [8].



Структура и состав лигнинсодержащей биомассы

Экстрактивные вещества биомассы представлены следующими классами органических соединений: терпены, растительные жиры, воска, протеины, фенольные соединения, углеводороды и сахара.

Неорганические экстрактивные вещества в основном представлены солями натрия и калия.

С энергетической позиции главными продуктами являются газ и жидкость, в связи с этим пиролиз является одним из наиболее эффективных процессов переработки биомассы в энергию. Жидкие продукты пиролиза биомассы являются наиболее ценными продуктами благодаря удобству хранения, транспортировки и универсальности в их применении в двигателях внутреннего сгорания, котлах, турбинах и т.д.

Кроме того, с точки зрения экологии твердая биомасса и ее отходы являются трудно разрушаемыми и практически не подвергаются биоразложению, что также способствует развитию пиролитических методов переработки биомассы.

Движущей силой развития технологий пиролиза в наши дни является возможность получения высоких выходов жидких продуктов пиролиза (бионефти) с высоким отношением получаемого топлива к исходному сырью.

Конечной целью этой методики является получение бионефти с высокой коммерческой стоимостью, конкурентно способной, что в будущем может привести к полной или частичной замене традиционных видов энергии.

Технологии пиролиза биомассы различаются технологическими подходами, целевыми продуктами, временем нахождения сырья в высокотемпературной зоне, скоростью нагрева. Все эти факторы оказывают влияние на выход газообразных, жидких и твердых продуктов, в том числе на их состав, физико-химические свойства и теплотворную способность [4]. Методы пиролиза могут быть разделены на две большие категории: медленный и быстрый пиролиз (таблица).

Карбонизация проводится с целью получения древесного угля с попутным образованием таких продуктов, как горючие газы и жидкие продукты. Жидкие продукты в основном представлены карбоновыми кислотами и древесными смолами [2].

Торрефикация проводится в достаточно «мягких» условиях, недостаточных для протекания глубоких стадий термодеструкции, в связи с чем основной целью данного способа переработки биомассы является получение твердых лигниносодержащих продуктов, обладающих более высокой удельной калорийностью, обрабатываемостью и более низкой влажностью по сравнению с исходной биомассой [2].

Методы быстрого и среднего пиролиза биомассы направлены на получение жидких продуктов, которые могут быть использованы в качестве топлива или сырья для химической промышленности [2; 3].

Основные технологии пиролиза биомассы

Метод	Условия проведения	Газ (%)	Жидкий остаток (%)	Твердый остаток (%)
Быстрый пиролиз	Реакционная температура 500 °С, высокие скорости нагрева > 1000 °С/с, незначительное время нахождения в реакторе ~ 1 с	13	75	12
Средний пиролиз	Реакционная температура 400-500 °С, высокие скорости нагрева > 1000 °С/с, незначительное время нахождения в реакторе ~ 1 с	25	50	25
Медленная торрефикация	Реакционные температуры ~290 °С, скорости нагрева ~ 1 °С/с, время нахождения в реакторе твердого остатка ~ 30 мин.	23	0-5	77
Медленная карбонизация	Реакционные температуры 400-500 °С, скорости нагрева ~ 1 °С/с, время нахождения в реакторе твердого остатка ~ от нескольких часов до нескольких суток.	35	30	35

В настоящее время быстрый пиролиз утвердился в качестве подхода к термохимической конверсии органических материалов со значительным потенциалом, особенно для высокого выхода жидкого топлива и химических продуктов [2]. Этот тип пиролиза используется для получения максимального количества либо газа, либо жидкости в соответствии с установленной температурой процесса. Низкотемпературный быстрый пиролиз позволяет максимизировать долю жидкого продукта. Быстрый пиролиз является основным термохимическим способом прямого получения жидкости из биомассы.

Для пиролиза биомассы известны следующие виды реакторов: реактор с фиксированным слоем, реактор с псевдоожиженным слоем, PyRos-реактор и микроволновый реактор.

Выбор типа реактора зависит исключительно от исходного продукта и предпочтений в получении того или иного конечного результата на выходе. Так, для получения жидкого топлива методом быстрого пиролиза наилучшим образом подходит реактор с псевдооживленным слоем. В этом случае биомассу подвергают нагреву до 450–550°C с помощью циркулирующего газа или горячего песка [3; 5; 6].

При использовании метода быстрого пиролиза уменьшается протекание вторичных реакций. Это происходит за счет того, что время пребывания биомассы в зоне реакции уменьшается и, как следствие, увеличивается качество конечных продуктов (жидкость, газ) [3].

Из вышеизложенного следует выделить ряд преимуществ быстрого пиролиза над медленным пиролизом:

- 1) возможность построения непрерывного производственного технологического процесса;
- 2) снижение энергоемкости технологического процесса;
- 3) высокая управляемость температурными режимами пиролиза;
- 4) высокая энергетическая ценность продуктов пиролиза;
- 5) низкая себестоимость выходных продуктов пиролиза;
- 6) увеличенный срок службы оборудования;
- 7) более высокое качество выходных продуктов пиролиза.

Однако данные технологии все еще остаются на ранней стадии практической реализации и недостаточно развиты, чтобы конкурировать с использованием в энергетике традиционных ископаемых топлив, поскольку испытывают сложности как технического, так и экономического планов [7; 8].

Развитие передовых технологий – следующая научная проблема для исследователей пиролиза. Жидкие виды топлива, полученные путем пиролиза биомасс, в будущем, могут быть применены не только в энергетике (например, топливо для котельного оборудования), но и для прямого использования в транспортных средствах, поездах, судах и самолетах, что может привести к замене бензиновых и дизельных топлив.

Список литературы

1. Цыганов А.Р. Биоэнергетика: энергетические возможности биомассы. – Минск: Беларус. Наука, 2012. 143 с.
2. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. М.: Наука и техника, 2014. 320 с.
3. Мухина Т.Н. Пиролиз углеводородного сырья. М.: Книга по требованию, 2012. 237 с.

4. Лотош В.Е. Технологии основных производств в природопользовании. – Изд. 4-е, доп. Екатеринбург: Полиграфист, 2011. 561 с.
5. Filippis P.D., Borgianni C., Paolucci M., Pochetti F. // Biomass Bioenergy 2004. V. 27. P. 247–252.
6. Roy C., Blanchette D., Korving L., Yang J., DeCaumia B. Development of a Novel Vacuum Pyrolysis Reactor with Improved Heat Transfer Potential. In Developments in Thermochemical.
7. Dickerson Th., Soria J., // Energies 2013, V. 6, P. 514–538.
8. De Wild PJ, Reith H, Heeres HJ. // Biofuels. 2011, V. 2 (2), P. 185 – 208.

PYROLYSIS AS A CONTEMPORARY METHOD FOR ALTERNATIVE ENERGY SOURCES

A.V. Tikhonov, M.G. Sulman, Yu.Yu. Kosivtsov, Yu.V. Lugovoj

Tver State Technical University

In recent years much attention is being paid to the issue of limited fossil fuels resources such as oil and gas. Furthermore there are economical and environmental problems related to recycling and utilization of wastes. Pyrolysis is considered to be the prominent method to solves these problems. Disposing of carbonaceous wastes has been receiving more attention as an efficient method of alternative sources of energy.

Keywords: pyrolysis, biomass, recycling, alternative energy sources.

Об авторах:

ТИХОНОВ Алексей Владимирович – ассистент кафедры стандартизация, сертификация и управление качеством, Тверской государственный технический университет, e-mail: 79520643490@ya.ru

СУЛЬМАН Михаил Геннадьевич – доктор химических наук, профессор кафедры стандартизация, сертификация и управление качеством, Тверской государственный технический университет.

КОСИВЦОВ Юрий Юрьевич – доктор технических наук, профессор кафедры стандартизация, сертификация и управление качеством, Тверской государственный технический университет.

ЛУГОВОЙ Юрий Владимирович – кандидат химических наук, доцент кафедры биотехнология и химия, Тверской государственный технический университет.