

Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары – 17: «Қазіргі аграрлық ғылым: цифрлық трансформация» атты халықаралық ғылыми – тәжірибелік конференцияға материалдар = Материалы международной научно – теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 17: «Современная аграрная наука: цифровая трансформация», посвященной 30 – летию Независимости Республики Казахстан.- 2021.- Т.1, Ч.2 - С.335-339

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ПРОБЛЕМЫ ПО РАЗРАБОТКЕ СПОСОБА И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ В ТОПЛИВО

*Демисенов И.М., докторант КАТУ им. С.Сейфуллина
Баубеков К.Т. д.т.н., КАТУ им. С.Сейфуллина*

С каждым годом все актуальнее встают вопросы утилизации отходов производства и необходимости поиска доступных альтернативных источников энергии.

Многочисленные исследования показали, что в процессе пиролиза биомассы при достижении определенной температуры начинают активно развиваться экзотермические реакции, за счет тепла которых можно существенно повысить энергоэффективность процесса пиролиза. При более высоких температурах, характерных для процесса получения биоугля этот эффект проявляется еще сильнее – энергия экзотермической реакции может превышать 1 МДж/кг.

В [1] представлены экспериментальные исследования, показывающие возможность получать биоуголь из различного вида биомассы (отходы деревообрабатывающего производства, сельскохозяйственные и бытовые отходы) с максимальной энергоэффективностью с использованием, например, тепла отходящих выхлопных газов от мини электростанции. Причем, за счет использования внутреннего тепла экзотермической реакции и небольшой концентрации кислорода в греющем теплоносителе удается значительно повысить температурный уровень и энергоэффективность процесса.

Отсутствие в настоящее время промышленного производства биотоплива объясняется прежде всего низкой энергоэффективностью его производства. Затраченная энергия на термообработку биомассы не окупается теплотехническими свойствами биотоплива. В этой связи широкие исследования ведутся по поиску научно-технических решений этой задачи [2].

В этой связи в [3] рассмотрены особенности строения и свойства растительной биомассы, а также процессы ее термического превращения в биоуголь путем пиролиза, торрефакции и гидротермальной карбонизации.

Биомасса это все материалы биологического происхождения. Первичной растительной биомассой являются деревья, кустарники, сельскохозяйственные культуры, водные растения. Около 90% биомассы биосферы составляют наземные растения [3]. Вторичная растительная

биомасса – различные виды отходов, образующихся в результате активности человека: отходы сельского хозяйства, деревообработки, иловые осадки полей аэрации и т.д. Общие запасы биогенного сырья на Земле составляют почти 2 трлн. *t*; их общее энергосодержание 27 500 млрд. *ГДж*, что эквивалентно 640 млрд *t* нефти. Биомасса растительного происхождения представляет собой “возобновляемый” биоресурс, то есть ресурс, который возобновляется с такой скоростью, что будет доступен для ближайших поколений.

Использование биомассы осложняется большим разнообразием неисследованных растительных форм, их состава. Обычно для улучшения и унификации свойств в большинстве случаев биомассу подвергают термической обработке с целью получения твердого углеродного материала (“биоугля”). Биоуголь по сравнению с ископаемым углем имеет повышенную теплотворную способность, пониженное содержание минеральных веществ и др.

Биоуголь можно получать из биомассы пиролизом, торрефикацией или гидротермальной карбонизацией (ГТК) [3]. Их отличием является используемая среда, т.е. присутствии воды. Пиролиз–распространенный метод получения биоугля, но он требует предварительной сушки сырья. Причем, гидротермальные процессы, хорошо подходят для влажного сырья. Чтобы сохранить воду в жидком состоянии при заданной температуре реакции, давление должно быть на уровне или выше давления насыщенных паров, что создает нам определенные трудности при практической реализации непрерывного процесса. ГТК или “холодное обугливание” – процесс получения биоугля при температуре 180–220 °С и давлении до 25 *атм* в присутствии воды без доступа воздуха и с добавлением катализатора [4]. Во время проведения процесса (около 16-20 ч) биомасса обезвоживается и карбонизируется. По завершении процесса в реакторе образуется густая суспензия, состоящая из угля в порошкообразном состоянии и воды.

Торрефикация древесного топлива – процесс мягкого пиролиза, протекающий при 250–350 °С, целью которого является повышение теплотворной способности путем удаления влаги и разложения высокорекреационных компонентов органической массы. Торрефикат - представляет собой гидрофобный, устойчивый против гниения и самовозгорания, высокорекреационный продукт с влажностью 0,1–5%, зольностью ~1%, содержанием углерода 35–40%, теплотой сгорания до 21 *МДж/кг* [5]. Главным преимуществом торрефицированного продукта является более высокая калорийность. Например, для сравнения (*МДж/кг*): теплотворная способность древесины составляет 18–19, древесного угля – 30–33, а торрефиката – 22–23. Кроме того, выход древесного угля при пиролизе составляет всего 28– 35% от абсолютно сухой древесины, а торрефиката – 60–70%. Эти отличия очень важны в рамках данного анализа. В таблице 1 приведены условия осуществления термических процессов переработки биомассы и продукты, получаемые этими методами.

Для наших исследований важнейшую роль играют сельскохозяйственные отходы – возобновляемый источник энергии. Это понятие относится ко всем материалам растительного происхождения, которые могут быть использованы для получения энергии, включая: древесину, травы, растительные и древесные отходы, навоз крупного рогатого скота и свиней, и многое другое.

Таблица 1- Условия осуществления термических превращений биомассы и получаемые продукты [6]

Процесс	Условия		Продукты, мас. %		
	$T, ^\circ\text{C}$	время	твердые	жидкие	газы
Пиролиз:					
медленный	~400	10–20 ч	35	30	35
средний	~500	10–20 с	20	50	30
быстрый	~500	1–3 с	12	75	13
Торрефакция	~300	1–2 ч	60	20	20

Состав сельскохозяйственных отходов, а, следовательно, и их физико-технические характеристики зависят от происхождения. Существенное влияние на процесс переработки оказывают такие характеристики биомассы как влажность и зольность. В нашем исследовании за основу сельскохозяйственных отходов будут приняты в основном лузга подсолнечника, гречневой и рисовой крупы и грецких орехов. Средняя низшая теплота сгорания таких отходов варьируется в районе от 14 до 18 МДж/кг, влажность находится в районе от 6,5 до 9,85% и зольность от 2,7 до 7,95%.

В таблице 2 приведены результаты технического анализа ряда аналитических проб сельскохозяйственных отходов [7]. В реальных условиях сельскохозяйственных производств влажность может быть несколько выше (на 2 – 4 %), а теплота сгорания, соответственно, ниже. Различие в зольности определяется наличием посторонних неорганических включений.

Таблица 2 – Физико – технические характеристики сельскохозяйственных отходов [7].

Показатель	Вид отходов		
	Лузга подсолнечника	Шелуха овса	Шелуха гречки
Влажность, $W, \%$	8,4	9,87	6,5
Зольность, $A, \%$	2,7	4,78	7,95
Теплота сгорания, $Q, \text{МДж/кг}$	16,89	14,4	15,82

Также в таблице 3 приведен элементарный состав этих же отходов [7].
Результаты анализа пересчитаны на влажную беззольную массу.

Отходы имеют близкий элементный состав с содержанием углерода около 50% и кислорода - 42%. Низкое содержание серы и умеренное содержание азота свидетельствуют о том, что выбросы оксидов серы и азота при любой технологии сжигания вряд ли превысят 600 мг/м³. Также следует отметить, что указанные сельскохозяйственные отходы представляют собой высоко-реакционное топливо с большим (порядка 80%) выходом летучих веществ.

Таблица 3 – Элементарный состав сельскохозяйственных отходов [7].

Показатель	Вид отходов		
	Шелуха гречки	Лузга подсолнечника	Шелуха овса
Углерод, %	48,3	50,1	42,7
Сера, %	0,21	0,14	0,23
Водород, %	6,57	6,3	5,8
Азот, %	0,7	1,7	50,34
Кислород, %	42,65	41,4	52,7

В отличие от органической части состав минеральной части колеблется в весьма широких пределах. Особенно это относится к оксидам кремния (40 - 87%), железа (0,2 - 7,7%), кальция (0,6 - 30,6%) и калия (6,2 - 20%).

Все элементы (кроме щелочных) и температура размягчения золы составляет (1200-1400 °С) и, следовательно, не может приводить к залипанию этих частиц, образованию отложений на поверхностях нагрева реактора и ухудшению теплообмена.

Хотя существует несколько вариантов переработки биомассы мы посвящаем исследования способу переработки биомассы методом пиролиза. Пиролиз – это технология термической конверсии биомассы без участия кислорода, но с получением твердых, жидких и газообразных продуктов. Пиролиз имеет ряд преимуществ, также, перед такими способами переработки отходов, как прямое сжигание и газификация. Во-первых, реализация пиролиза начинается при более низких температур (280-300 °С). Причем подвод теплоты необходим только в начальной стадии процесса. Далее процесс сопровождается экзотермическими реакциями. Во-вторых, теплота сгорания получающегося в результате переработки пиролизного газа составляет до 13,3 МДж/кг, что вдвое превышает аналогичный показатель для генераторного газа [8].

При реализации процесса температура воздуха должна находиться в пределах 200 - 450°С, соответственно температуре изменяются и относительные массовые расходы воздуха и биомассы. Такие параметры обусловлены температурной границей автотермичности процесса пиролиза с одной стороны и воспламенением отходов с другой.

Необходимо отметить, что термическое обезвреживание сельскохозяйственных отходов на современном уровне развития науки и техники гарантирует практически полное разрушение находящихся в отходах органических вредных веществ [9]. Но для этого необходимо обеспечить высокие температуры. Согласно Директиве Европейского Парламента и Совета 2000/76/ЕС «О сжигании отходов» экологическим требованиям удовлетворяют установки, в которых продукты горения находятся не менее 2 с при температуре не менее 850°C. Однако, для предотвращения спеков золы [10, 11] (при температуре выше 1100 °С) оптимальная температура горения ТБО должна лежать в интервале 850-1100°C.

С другой стороны образование диоксинов невозможно при температуре более 900 °С и количестве кислорода не ниже 7,5 % в течение 2,5 секунд [12]. Также в [12] предлагается использовать золу, содержащую фосфор, в качестве минерального удобрения.

В последнее время в развитых странах мира наблюдается устойчивая тенденция к сокращению потребления исчерпаемых источников энергии и использованию альтернативных видов топлива. В большинстве стран приняты и работают государственные программы и законы, направленные на развитие малой энергетики и использование экологически чистых возобновляемых источников энергии [13].

В странах Евросоюза (ЕС) принята Единая экологическая стратегия до 2020 года «Стратегия 20-20-20». Согласно этой стратегии к 2020 году уровень выбросов углекислого газа в атмосферу должен сократиться на 20% (по сравнению с уровнем 1999 года), доля энергии из возобновляемых источников в общей структуре энергопотребления – вырасти до 20%, а общие энергозатраты – сократиться на 20% [13]. Одним из важных секторов возобновляемой энергетики в мире является производство и энергетическое использование биогаза. Доля биогаза в общем балансе потребления энергии в странах Европы составляет 13%. Однако, на сегодняшний день эти стратегические задачи не выполнены в связи с чем мы выполняем взвешенный и обоснованный подход в использовании биогаза, полученного путем пиролиза.

Источники

1. Получение биоугля с использованием экзотермической реакции. А.Л. Шевченко, В.М. Зайченко, Г.А. Сычев. «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ, ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ – 2019». Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. - 2019. - Севастополь. – С. 1779-1783.

2. Богач В.Н., Василевич С.В., Малько М.В. Расчетно-теоретические и экспериментальные исследования пиролиза биомассы для получения жидких продуктов/Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук. - 2013. - № 3. - С. 73-78.

3. Крылова А.Ю., Зайченко В.М. Гидротермальная карбонизация биомассы. Химия твердого топлива. – 2018. - № 2. – С. 36-50.

4. Метод получения угля из биоотходов. Эл. ресурс: <http://www.ecotoc.ru/traditional/ugol/d742/>. (Дата обращения: 03.12.2020).
5. Пальченко Г.И., Хутская Н.Г., Лейченко Н.С. Равновесный состав продуктов термохимической конверсии растительной биомассы и углеродсодержащих отходов. Эл.ресурс: <http://pandia.ru/text/79/565/55070.php>
8. Метод получения угля из биоотходов. Эл. ресурс: <http://www.ecotoc.ru/traditional/ugol/d742/>. (Дата обращения: 03.12.2020).
6. Биоуголь. Эл. ресурс: <http://www.biouhli.com/ru/tehnologija/process-nts/> (Дата обращения: 03.12.2020).
7. А. А. Осмак, А. А. Серёгин. Растительная биомасса как органическое топливо. Эл. ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/rastitelnaya-biomassa-kak-organicheskoe-toplivo>
8. Усенко А.Ю., Губинский М.В., Федоров С.С. Методика исследования процесса пиролиза биомассы в потоке горячего воздуха. Эл. ресурс: http://library.kpi.kharkov.ua/files/JUR/ite_2004_2_Usenko_Metodika_issledovaniya.pdf
9. Корнилова Н.В., Трубаев П.А. Определение вредных выбросов водогрейного котла при сжигании твердых отходов различного вида // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 10-2 (52). - С. 62-66.
10. Левин Б.И. Использование твердых бытовых отходов в системах энергоснабжения. М.: Энергоиздат, 1982. - 224 с.
11. Ильиных Г.В., Слюсарь Н.Н., Коротаев В.Н. Морфологический состав отходов: основные тенденции изменения // Твердые бытовые отходы. 2011. - № 8. - С. 38–41.
12. Технологические комплексы для утилизации органических отходов. [Электронный ресурс] URL: http://nexus2f.com/?page_id=3133. Дата обращения 20 марта 2021, 22:00.
13. Развитие рынка биотоплива в мире и в Российской Федерации [Электронный ресурс] // Российское энергетическое агентство. 2012. URL: <http://www.biogas-rcb.ru/files/helpful/Biofuels-Market-Development-in-Russiaand-Worldwide.pdf>. Дата обращения 16 марта 2021, 21:30.