

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по научной работе
НИЦ «Курчатовский институт»
П.А. ФОРШ



Форш

10.08.2020 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Сычева Георгия Александровича «Экспериментальные исследования особенностей процесса торрефикации биомассы растительного происхождения», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы»

Диссертация Сычева Георгия Александровича посвящена экспериментальному исследованию процесса торрефикации различных видов биомассы растительного происхождения и практическому обоснованию эффективной реализации технологии торрефикации.

Актуальность работы

Вовлечение местных топливно-энергетических ресурсов в сектор энергетики в настоящее время является актуальным направлением на пути к решению вопроса децентрализованного энергоснабжения Российской Федерации. Как известно, ежегодно образующиеся на территории России отходы различных отраслей промышленности (лесопромышленный комплекс, сельское хозяйство) представляют собой сырьё, потенциально пригодное к энергетической утилизации «на местах». Основной проблемой прямого использования таких отходов является отсутствие унифицированного форм-фактора, высокие гидрофильные свойства, а также низкая удельная теплота сгорания. В настоящее время в качестве широко внедрённой технологии, позволяющей повысить энергетическую плотность биосырья, является гранулирование. Такой процесс позволяет производить

топливные гранулы (пеллеты) стандартизованного размера, энергетическое использование которых возможно в существующих горелках и котлах.

Серьезной проблемой на пути к более широкому, чем в бытовых и полупромышленных целях, масштабу использования топливных гранул препятствуют низкие (в сравнении с современными энергетическими углями) потребительские характеристики биомассы, а также ярко выраженные гидрофильные свойства, накладывающие строгие ограничения на условия хранения и складирования такого топлива. Также топливные гранулы из биомассы не могут быть применены в существующих пылеугольных горелках ввиду высоких энергозатрат на размол топлива. Повысить потребительские свойства позволяет применение технологии торрефикации – низкотемпературного пиролиза. Торрефицированное сырье приобретает гидрофобные свойства, повышенную удельную теплоту сгорания при относительно низких энергозатратах на размол и в целом может быть рекомендовано как альтернатива углям.

Представленные в диссертации данные могут интенсифицировать процесс интеграции технологий кондиционирования местных топливно-энергетических ресурсов в сектор энергетики нашей страны.

Диссертация включает введение, пять глав, заключение и список литературы (111 наименований). Работа изложена на 125 страницах текста, содержит 50 рисунков и 9 таблиц.

Содержание работы

Во **введении** приведено обоснование актуальности темы диссертации, а также сформулированы цели и задачи работы, ее научная новизна и практическая значимость, изложены положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** приведен обзор литературных источников по теме исследования и сформулированы основные задачи настоящей диссертационной работы. Представлены литературные данные по свойствам как исходного и торрефицированного сырья, так и по способам переработки растительной биомассы. Автором приведено обоснование актуальности

подтверждены данные термогравиметрического анализа и сделан вывод об определяющем вкладе вторичных последовательно-параллельных реакций, сопровождающих процесс термической деструкции гемицеллюлозы, в явление экзотермического перегрева.

В **четвертой главе** предложена и экспериментально апробирована концепция использования тепла экзотермических реакций для интенсификации процесса торрефикации гранулированной биомассы на установке, входящей в состав когенерационного энерготехнологического комплекса. Приведены результаты двух режимов: режима с подавлением самопроизвольного перегрева сырья и традиционного режима торрефикации (нагрев и выдержка) с такой организацией выгрузки обрабатываемого сырья из реактора, при котором возможно использовать тепло экзотермических реакций в контролируемом диапазоне температур. Проведена оценка энергетической эффективности процесса торрефикации в обоих режимах и подтверждено увеличение производительности, а также значительное снижение энергопотребления.

В **пятой главе** представлены результаты, позволяющие оценить технологию торрефикации не с точки зрения производства кондиционного твердого гранулированного топлива, а как промежуточную стадию производства сырья для последующей его конверсии методом двухстадийной пиролизической переработки в синтез-газ заданного состава. Показано, что возможным является производство такого синтез-газа, соотношение водорода и монооксида углерода в котором является оптимальным для последующей конверсии в жидкие моторные топлива. Помимо энергетического применения введение стадии термического крекинга летучих продуктов позволяет решить экологическую проблему вредных выбросов в атмосферу пиролизных газов.

В **заключении** представлены основные результаты диссертационной работы. Список цитируемой литературы содержит большую библиографию по вопросам, рассмотренным в работе.

Научная новизна работы

Предложена и апробирована энергоэффективная технология торрефикации с использованием тепла экзотермических реакций. Экспериментально доказано троекратное увеличение производительности по сравнению с режимом, включающим в себя стадию нейтрализации саморазогрева.

На основе предложенного универсального критерия (величина массовых потерь) систематизированы результаты комплексных исследований основных потребительских характеристик гранулированной биомассы различных видов.

Предложен рациональный с энергетической и экологической точек зрения подход к утилизации летучих продуктов торрефикации и способ получения синтез-газа с заданным составом путем предварительной торрефикации сырья.

Практическая значимость полученных результатов состоит в том, что автором продемонстрирована возможность значительного снижения затрачиваемой на процесс торрефикации энергии за счет концепции использования экзотермического эффекта. Также автором получено значительное количество новых данных о теплотехнических свойствах торрефицированного биотоплива.

Реализованный в настоящей диссертационной работе непрерывный и интенсифицированный процесс торрефикации может быть в дальнейшем интегрирован в сектор малой энергетики и внедрён в промышленное производство соответствующих профильных предприятий, например, ОАО «Продмаш» (г. Ростов-на-Дону) и ООО «Энергонезависимость» (г. Нижний Новгород).

Основные результаты, представленные в диссертации, опубликованы в 17 периодических научных журналах, входящих в перечень ВАК и индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science, а также прошли апробацию на отечественных и международных научных конференциях.

По содержанию работы можно сделать следующие замечания:

1) Из текста диссертации неясно, были ли использованы данные по экзотермическому эффекту, полученные методом термического анализа, при создании пилотной установки.

2) В диссертационной работе приведены данные по экзотермическому эффекту, полученные для древесины. Поскольку в работе исследовались три вида биомассы, желательно было бы привести результаты аналогичных исследований для других видов биомассы, если они проводились.

3) Автор отмечает, что универсальный параметр отражает влияния двух режимных параметров процесса торрефикации (температуры и времени выдержки), однако еще одним параметром может являться скорость нагрева.

4) На рисунке 2.9 (стр. 58) представлены фотографии поверхности образцов, которые представляют определенный интерес. Следовало указать с использованием какого оборудования были получены эти снимки.

5) В тексте диссертации имеется ряд неточностей, среди которых следует отметить: стр. 24, рис. 1.4 – приведенная на рисунке химическая структура галактоглокоманнана – основного типа гемицеллюлоз тканей мягкой древесины, не соответствует общей химической формуле гемицеллюлоз, представленной ниже по тексту; стр. 24 – дополнить литературным источником с указанием, откуда взята приведенная общая химическая формула лигнина; стр. 25, рис.1.5 – уточнить происхождение данного лигнина или же добавить ссылку на источник, откуда взято приведенное химическое строение молекулы; стр.35, рис.1.11 – рисунок не соответствует подписи. Приведенное изображение представляет собой фрагмент клеточной стенки, но не клетку в целом; стр. 109, рис. 5.3 – на рисунке представлены и литературные данные, в легенде к рисунку указан Peng, 2013, желательно заменить на указание ссылки [96].

Сделанные замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы Сычева Г.А. и не снижают ее научную и

практическую значимость. Работа выполнена на актуальную тему, диссертантом получены результаты, способствующие развитию и совершенствованию эффективных методов термической переработки биомассы растительного происхождения.

Диссертация соответствует заявленной научной специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы в части формулы специальности – «разрабатываются новые методы исследования и оценки качества энергетических систем и комплексов с целью повышения их экономичности, надежности, безопасности и снижения вредного воздействия на окружающую среду» и в части области исследований (п. 4) – «разработка научных подходов, методов, алгоритмов, программ и технологий по снижению вредного воздействия энергетических систем и комплексов на окружающую среду». Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Заключение по работе

Диссертация Сычева Георгия Александровича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой получены и изложены научно-обоснованные результаты, имеющие существенное значение для решения задач развития и промышленного внедрения энергоэффективной и экологичной технологии торрефикации гранулированной биомассы растительного происхождения. Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» с изменениями, внесенными Постановлением Правительства Российской Федерации от 26 мая 2020 г. № 751 «О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней», а ее автор, Сычев Георгий Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы.

Диссертация рассмотрена, а отзыв обсуждён и одобрен на научном семинаре Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий НИЦ «Курчатовский институт» 17 ноября 2020 г., протокол № 6 от 17 ноября 2020 г. (в обсуждении приняло участие 18 специалистов по теме защищаемой диссертации, в том числе, 8 кандидатов наук, 3 доктора наук).

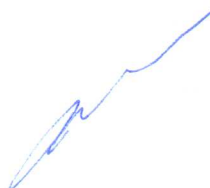
Отзыв составил

Заместитель начальника отдела
биотехнологий и биоэнергетики
Курчатовского комплекса
НБИКС-природоподобных технологий
НИЦ «Курчатовский институт», к.т.н.



Готовцев
Павел Михайлович

Заместитель руководителя
Курчатовского комплекса
НБИКС-природоподобных технологий
по научной работе
НИЦ «Курчатовский институт»,
д.б.н., профессор



Василов
Раиф Гаянович

Заместитель директора –
главный ученый секретарь
НИЦ «Курчатовский институт»



Николаенко
Андрей Владимирович

Адрес НИЦ «Курчатовский институт»:
123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1
e-mail: nrcki@nrcki.ru
<http://www.nrcki.ru>