

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе и
инновациям

Национального исследовательского
Томского
политехнического университета,

М.С. Юсубов

« 35 » 02 2020 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет»

Диссертация «Конверсия отходов углеобогащения, бурых углей и торфа в синтез-газ под действием сфокусированного светового излучения» выполнена в Исследовательской школе физики высокоэнергетических процессов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В период подготовки диссертации соискатель Зайцев Александр Сергеевич работал в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» в Научно-образовательном центре И.Н. Бутакова в должности ассистента; с 01.09.2015 г. и по 31.08.2019 г. обучался в очной аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В 2015 г. окончил с отличием магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Диплом об окончании аспирантуры выдан 01.07.2019 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Научный руководитель:

Егоров Роман Игоревич, кандидат физико-математических наук, основное место работы: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Исследовательская школа физики высокоэнергетических процессов, научный сотрудник.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Общая характеристика работы

Диссертация Зайцева Александра Сергеевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены результаты экспериментальных исследований, совокупность которых можно квалифицировать как новые научные достижения в области конверсии промышленных отходов в синтез-газ под действием сфокусированного потока видимого света. Приведены результаты измерений состава синтез-газа, полученного при газификации водо-угольной суспензии на основе фильтр-кека каменного угля, торфа и бурого угля в зависимости от интенсивности светового потока от внешнего источника, а также влажности исходной суспензии. Определены характерные температуры топлива в области освещения сфокусированным световым потоком, показаны пороговые значения его интенсивности, обеспечивающие эффективную газификацию использованных топлив. Определены соотношения концентраций основных компонентов синтез-газа для различных режимов световой накачки, а также различных влажностей исходной топливной смеси. Сравнительный анализ относительных показателей эффективности конверсии топлив под действием непрерывного светового пучка, а также наносекундных лазерных импульсов показал, что непрерывное излучение позволяет добиться более эффективного использования массы топлива без выброса частиц и капель.

Полученные экспериментальные результаты и сформулированные выводы обладают единством изложения результатов выполненных исследований. Оформление и стиль написания диссертации отвечают требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Актуальность темы исследования.

Актуальность проведенных исследований подтверждается необходимостью внедрения новых видов промышленных топлив в активную эксплуатацию, равно как и необходимостью утилизации огромного количества накопленных и постоянно производящихся отходов углеобогащения с целью снижения их негативного влияния на окружающую среду. В настоящее время темпы производства и открытое складирование отходов углеобогащения являются экологической проблемой для большей части населения Земли. Существующие способы утилизации (преимущественно, сжигание в составе смесевых топлив) имеют ряд недостатков, первым из которых является необходимость существенных модификаций топочных агрегатов для использования низкокалорийных и высокосольных топлив. Применение существующих технологий глубокой переработки углей (различные методы автотермической газификации) демонстрирует низкую эффективность в силу низкой калорийности рассматриваемых отходов и их высокой зольности. Низкое содержание горючей части в составе продуктов углеобогащения приводит к быстрому зашлаковыванию газификационных колонн вместе с большим расходом топлива на поддержание процесса конверсии. С другой стороны, получение синтез-газа с малым содержанием диоксида углерода обычно требует создания высоких (до 60 атм) давлений в колонне реактора. Использование мощных световых потоков потенциально позволяет достигнуть условий, когда

ветка химических реакций, производящих диоксид углерода, будет иметь заметно меньшую производительность, по сравнению с каналом производства СО.

Требуется проведение экспериментов по определению необходимых и достаточных условий для эффективной аллотермической газификации топливных смесей под действием сфокусированного потока света, а также оптимальных параметров процесса для получения максимального выхода горючих компонентов синтез-газа с учетом экологических, экономических и энергетических показателей. Внедрение методик свето-индуцированной газификации отходов с использованием энергии солнечного света позволяет открыть новый дешевый и эффективный путь к утилизации миллионов тонн отходов углеобогащения, а также к более широкому использованию торфа и бурых углей.

Связь работы с научными программами и грантами. Диссертационные исследования выполнены в рамках грантов и проектов, в которых А.С. Зайцев был исполнителем:

- проект ВИУ–ИШФВП–299/2018 «Разработка оптимизированных методик конверсии горючих промышленных отходов для создания альтернативных топлив», руководитель – к.ф.-м.н., Р.И. Егоров (2018 г.).
- проект ВИУ–ИШФВП–197/2019 «Разработка экологически выгодных аллотермических методик утилизации горючих отходов углеобогащения с попутной выработкой тепловой энергии», руководитель – к.ф.-м.н., Р.И. Егоров (2019 г.).

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации

Личный вклад автора состоит в формулировке диссертационных задач, планировании экспериментальных исследований, разработке методик исследований, проведении опытов, обработке их результатов, оценке систематических и случайных погрешностей, апробации результатов, анализе и обобщении экспериментальных результатов исследований, разработке рекомендаций использования полученных результатов, формулировке защищаемых положений и выводов.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность результатов диссертационных исследований подтверждается выполненными оценками систематических и случайных погрешностей результатов измерений, удовлетворительной повторяемостью опытов при идентичных начальных условиях, использованием современных высокоточных методов и программно-аппаратных комплексов, удовлетворительной корреляцией полученных данных с известными результатами исследований других авторов и результатами решения тестовых задач.

Новизна результатов проведенных исследований

Научная новизна полученных автором результатов заключается в следующем: предложен способ конверсии отходов углеобогащения, а также низкосортных ископаемых топлив (бурых углей и торфа) в синтез-газ под действием сфокусированного потока видимого света. Установлены условия

эффективной газификации перечисленных топлив в составе водо-угольных смесей. Установлены пороговые значения интенсивности светового потока, при превышении которых производство СО резко усиливается. Измерены зависимости состава синтез-газа от влажности исходных смесей. Проанализированы затраты энергии на конверсию различных топлив в синтез-газ. Показано, что под действием наносекундных лазерных импульсов наряду с газификацией происходит тонкодисперсное распыление топливной смеси, исследованы основные свойства полученного аэрозоля. Проанализирована зависимость выхода ряда вредных продуктов газификации (SO_2 , NO_x) от интенсивности светового потока накачки, позволяющая оптимизировать экологические показатели предложенной методики.

Практическая значимость диссертации и использование полученных результатов

С использованием полученных в настоящей работе экспериментальных данных о характеристиках газификации (максимальные температуры прогрева топлив световым пучком, а также концентрации компонентов синтез-газа в зависимости от параметров светового потока, выход массы синтез-газа со временем для различных интенсивностей светового потока, оптимальные влажности топливной смеси) отходов и низкосортных ископаемых топлив можно прогнозировать условия их эффективной утилизации с получением вторичного топлива (синтез-газа). Показано, что применение солнечного света для поддержания процесса газификации позволяет организовать конверсию отходов без дополнительных затрат невозполнимых ресурсов. Конверсия отходов углеобогащения с помощью предложенного метода позволяет при атмосферном давлении получать синтез-газ не содержащий CO_2 , что означает как отсутствие дополнительных потерь минерального топлива, так и дополнительных выбросов в атмосферу.

Апробация результатов исследования

Основные результаты и выводы диссертационной работы были представлены на следующих научных конференциях, форумах и симпозиумах:

- V Международный молодёжный форум "Интеллектуальные энергосистемы», ТПУ, г. Томск, 9–13 октября 2017 г.;
- XXII Международный научный симпозиум студентов и молодых учёных имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», ТПУ, г. Томск, 2–7 апреля 2018 г.;
- III Всероссийская научная конференция "Теплофизика и физическая гидродинамика» с элементами школы молодых учёных, г. Ялта, 10–16 сентября 2018 г.;
- XIV Международная научно-техническая конференция «Совершенствование энергетических систем и теплоэнергетических комплексов» СГТУ имени Ю.А. Гагарина, г. Саратов, с 30 октября по 1 ноября 2018 г.;
- X Всероссийская конференция с международным участием «Горение топлива: теория, эксперимент, приложения» ИТ СО РАН, г. Новосибирск, 6–9 ноября 2018 г.;

• Международная научная конференция «Энерго-ресурсоэффективность в интересах устойчивого развития», ТПУ, г. Томск, 12–16 ноября 2018 г.;

• IV Всероссийская научная конференция "Теплофизика и физическая гидродинамика» с элементами школы молодых учёных, г. Ялта, 15–22 сентября 2019 г.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.

Всего по теме диссертации Зайцевым А.С., опубликовано 5 статей, в том числе 2 – в рецензируемых журналах из списка, рекомендованного ВАК РФ, 3 – в высокорейтинговых международных рецензируемых журналах, индексируемых базами данных «Scopus» и «Web of Science».

Статьи в журналах из перечня рецензируемых научных изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискания ученой степени кандидата наук, на соискания ученой степени доктора наук:

Статьи в журналах, рекомендуемых ВАК:

1. Зайцев А.С., Ткаченко П.П., Белоногов М.В., Егоров Р.И. Свето-индуцированная газификация топливных композиций, приготовленных из отходов углепереработки // Кокс и Химия. 2018 №7 с. 43-51.

2. Зайцев А.С., Егоров Р.И., Ткаченко П.П., Белоногов М.В., Газификация водо-угольных композиций лазерными импульсами различной интенсивности // ХТТ 2019 №1.

Статьи в журналах, входящих в базы данных Web of Science и Scopus:

3. Zaitsev A.S., Egorov R.I., Strizhak P.A. Light-induced gasification of the coal-processing waste: Possible products and regimes // Fuel. – 2017. – V. 212. – P. 347-352.

4. Egorov R.I., Zaitsev A.S., Salgansky E.A. Activation of the Fuels with Low Reactivity Using the High-Power Laser Pulses // Energies. – 2018. – V. 11. – P. 3167-3175.

5. Zaitsev A.S., Egorov R.I., Li H., Gao X., Strizhak P.A. Intensity dependent features of the light-induced gasification of the waste-derived coal-water compositions // Renewable Energy. – 2020. – V. 146. – P. 1667-1675.

Перечисленные публикации полностью отражают основное содержание диссертационной работы. Доля авторского участия соискателя в работах 1–5 составляет 40–60 %.

Соответствие содержания диссертации избранной специальности

Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой и соответствует специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества, пунктам из паспорта специальности:

7. Закономерности и механизмы распространения, структура, параметры и устойчивость волн горения, детонации, взрывных и ударных волн; связь

химической и физической природы веществ и систем с их термохимическими параметрами, характеристиками термического разложения, горения, взрывчатого превращения; термодинамика, термохимия и макрокинетика процессов горения и взрывчатого превращения;

8. Процессы аналоги горения, детонации и взрыва; взаимодействие волн горения и взрывчатого превращения со средой, объектами и веществами; явления, порождаемые горением и взрывчатым превращением; процессы горения и взрывчатого превращения в устройствах и аппаратах для производства энергии, работы, получения веществ и продуктов; управление процессами горения и взрывчатого превращения.

Диссертация «Конверсия отходов углеобогащения, бурых углей и торфа в синтез-газ под действием сфокусированного светового излучения» Зайцева Александра Сергеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Заключение принято на заседании научного семинара Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

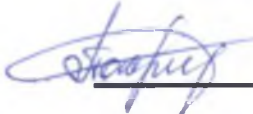
Присутствовало на заседании – 14 чел.

Результаты голосования: «за» – 14 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 4 от «20» февраля 2020 г.

Председатель научного семинара,
д.ф.-м.н., директор ИШФВП ТПУ

 Л.Г. Сухих

Секретарь научного семинара,
начальник ОО ИШФВП ТПУ

 Е.А. Покровская