

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.428.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25 сентября 2024 г. №17

О присуждении Крапивницкой Татьяне Олеговне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Энергоэффективный экологически безопасный процесс переработки торфа микроволновым излучением» по специальности 2.6.13. – «Процессы и аппараты химических технологий» принята к защите 15 июля 2024 г., протокол № 13 диссертационным советом 24.2.428.02, созданным на базе ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» Министерства науки и высшего образования РФ (450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, д.1, № 105/нк от 11 апреля 2012 г.).

Соискатель Крапивницкая Татьяна Олеговна 1994 года рождения.

В 2015 году окончила с отличием специалитет федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» по специальности 280102 «Безопасность технологических процессов и производств».

В 2020 году окончила очную аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки».

В 2023 году была прикреплена к кафедрам «Нефтехимия и химическая технология» (НХТ) и «Информатика, математика и физика» (ИМФ) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по специальности 2.6.13. -«Процессы и аппараты химических технологий» (технические науки).

Работает в федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН) в должности ведущего инженера в лаборатории «Микроволновых технологий» отдела «Электронных приборов» отделения «Физики плазмы и электроники больших мощностей».

Диссертация выполнена на кафедрах «Нефтехимия и химическая технология» и «Информатика, математика и физика» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор РАН Песков Николай Юрьевич работает заведующим лабораторией «Пространственно-развитых генераторов и усилителей» отдела «Высокочастотной релятивистской электроники» отделения «Физики плазмы и электроники больших мощностей» в Федеральном исследовательском центре Институт прикладной физики имени А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Голованчиков Александр Борисович – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», профессор кафедры «Процессы и аппараты химических и пищевых производств»;

Титов Евгений Юрьевич – кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», доцент кафедры «Технология электрохимических производств и химия органических веществ»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (КНИТУ), г. Казань, в своем положительном заключении, подписанном доцентом кафедры «Процессов и аппаратов химической технологии», кандидатом технических наук, доцентом Анашкиным Иваном Петровичем, указала, что автор диссертационной работы Крапивницкая Татьяна Олеговна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13. – «Процессы и аппараты химических технологий».

Соискатель имеет 39 опубликованных работ, из них 33 работы по теме диссертации, в том числе 9 статей в рецензируемых научных журналах по специальности, определенных Высшей аттестационной комиссией и индексируемых базами данных Web of Science / Scopus, все в соавторстве, общим объемом 97 стр. (доля автора 40 стр.), 2 патента на изобретение общим объемом 18 стр. (доля автора 15 стр.), 4 статьи в прочих изданиях (индексируемых базой данных РИНЦ) общим объемом 16 стр. (доля автора 13 стр.) и 18 работ, опубликованных в материалах различных научных конференций общим объемом 49 стр. (доля автора 36 стр.).

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Богдашов, А.А. Экспериментальное исследование СВЧ пиролиза торфа/ А.А. Богдашов, Т.О. Крапивницкая, А.Н. Денисенко, Н.Ю. Песков, М.Ю. Глявин, Л.Л. Семенычева, Д.Л. Ворожцов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2019. - Т.9. - В.4. - С.750-758.

2. Крапивницкая, Т.О. Анализ продуктов низкотемпературного СВЧ пиролиза торфа/Т.О. Крапивницкая, С.А. Буланова, А.А. Сорокин,

А.Н. Денисенко, Д.Л. Ворожцов, Л.Л. Семенычева// Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. -2020. - Т.10. - В.2. -С.339-348.

3. Паршин, В.В. Резонаторный метод исследования диэлектрических характеристик каустобиолитов/В.В. Паршин, Е.А. Серов, Д.И. Соболев, Т.О. Крапивницкая, А.В. Вахин, С.А. Буланова, Н.Ю. Песков, М.Ю. Глявин// Журнал Сибирского федерального университета. Химия.-2021.- №14(3). - С.315-324.

4. Алыева, А.Б. Получение низкомолекулярных органических компонентов методом микроволнового пиролиза торфа/ А.Б. Алыева, С.А. Ананичева, М.Ю. Глявин, А.Н. Денисенко, С.В. Зеленцов, Т.О. Крапивницкая, Н.Ю. Песков, А.А. Сачкова//Химия высоких энергий. -2023.-№57(4). -С.341-346.

5. Krapivnitckaia, T. Experimental Complex for Peat Fragmentation by Low-Temperature Microwave Pyrolysis/ T. Krapivnitckaia, S. Ananicheva, A. Alyeva, A. Denisenko, M. Glyavin, N. Peskov, D. Sobolev, S. Zelentsov// Processes.- 2023. -N.11.- P.1924.

6. Krapivnitckaia, T. Theoretical and experimental demonstration of advantages of microwave peat processing in comparison with thermal exposure during pyrolysis/ T. Krapivnitckaia, S. Ananicheva, A. Alyeva, A. Denisenko, M. Glyavin, N. Peskov, A. Vikharev, A. Sachkova, S. Zelentsov, N. Shulaev// Processes.-2024.-N.12. - P.92.

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы из следующих организаций:

1. ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», подписан директором Института физики д.ф.-м.н., ведущим научным сотрудником НИЛ методов увеличения нефтеотдачи научного центра мирового уровня «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты» Института геологии и нефтегазовых технологий Гафуровым М.Р. (1. Говоря о преимуществе СВЧ перед термическими методами, было бы доказательным провести исследования влияния

магнитного поля (без электрической составляющей) на физико-химические характеристики образцов торфа. Проводились ли они? 2. Очевидно, что эффективность СВЧ-воздействия зависит от образца, помещенного в СВЧ-реактор и его пробоподготовки. Однако в автореферате диссертации данным вопросам не уделено должного внимания. Замечания носят частный характер, не умаляя достоинств работы и не влияют на общую высокую оценку диссертации.);

2. Филиал ФГБУ «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» - Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова, подписан старшим научным сотрудником лаборатории «Кремнийорганических соединений и материалов» к.х.н. Тюрниной Н.Г. (1. На странице 15 говорится, что «На основании полученных данных в результате хромато-масс-спектрометрического анализа были предложены вероятностные схемы температурной деструкции высокомолекулярных компонентов торфа», однако сами схемы не приводятся. Также хотелось бы видеть, как автор представляет схему физико-химических превращений торфа в условиях термического и СВЧ-нагрева. 2. Как может быть использована газовая и жидкая фаза, получаемая в результате пиролиза торфа, или они требуют дальнейшей переработки? 3. Не совсем понятно, как проводилось определение нефтепоглощающей способности и каковы значения для исходного верхового торфа. 4. Автор, анализируя СЭМ - изображение углеродистого остатка торфа (рис. 7), говорит о том, что можно наблюдать поры размером от 8.2 до 17.7 мкм, тогда как по данным ртутной порометрии в том же образце «максимально присутствуют поры с характерным размером около 50 мкм», как это может быть объяснено?);

3. ФГБУН Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук (ИХН СО РАН), подписан д.х.н., заместителем директора по научной работе Кудряшовым С.В. (Хотелось бы видеть рекомендации по использованию результатов исследований для разработки

«универсальных» комплексов, ориентированных на переработку широкого класса органических материалов.);

4. ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», подписан к.т.н., руководителем научно-исследовательской лаборатории «Внутрипластовое горение», ведущим научным сотрудником НИЛ методов увеличения нефтеотдачи научного центра мирового уровня «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты» Института геологии и нефтегазовых технологий Вахиным А.В. (1. При сопоставлении результатов пиролиза в условиях термического и СВЧ-воздействия показано, что СВЧ излучение обеспечивает гораздо больший выход жидкой фазы. Не указано, какая доля в этой фазе углеводородов. 2. В целях развития этой темы можно рекомендовать детальное изучение состава жидких углеводородов, отражающих механизм пиролиза торфа в условиях СВЧ воздействия.);

5. ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН), подписан д.ф.-м.н., главным научным сотрудником отдела Физики плазмы Скворцовой Н.Н. (Без замечаний.);

6. ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН), подписан к.т.н., научным сотрудником ИОФ РАН Соколовым А.С. (Без замечаний.);

7. ФГБУН Институт высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых Российской академии наук, подписан к.х.н., заместителем директора Адамчиком С.А. (Без замечаний.);

8. ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ), подписан к.т.н., доцентом кафедры «Производственная безопасность, экология и химия» Образовательно-научный институт физико-химических технологий и материаловедения Смирновой В.М. (Без замечаний.).

9. ФГБУН Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии РАН, подписан д.ф.-м.н., г.н.с. Грязновым В.К. (Первое положение, выносимое на защиту, содержит: теоретическое и экспериментальное определение оптимальных значений температуры, давления, удельной мощности излучения, скорости нагрева для переработки торфа в процессе СВЧ-пиролиза. При этом роль давления в реакторе никак не отражена. Возможно, его величина не является решающим фактором, но, на мой взгляд, это было бы желательно отметить.).

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются компетентными в данной отрасли науки учеными, имеющими публикации в данной сфере исследований соискателя, ведущая организация широко известна своими достижениями в области процессов и аппаратов химических технологий.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана математическая модель и проведены расчеты температурных полей и скорости химических превращений с учетом пространственно-временного распределения энергии электромагнитного поля в реакторе;

предложены оригинальные конструкции лабораторных реакторов для СВЧ-пиролиза ископаемых каустобиолитов (в частности, торфа) с различным объемом загрузки топлива, позволяющие, в том числе, осуществить их масштабирование до промышленных объемов переработки. **Проведена оптимизация** конструкции этих реакторов для эффективной конверсии торфа в продукты переработки. **Проведена оценка** конструктивных параметров для создания промышленного прототипа;

доказана перспективность предлагаемого метода СВЧ-переработки торфа для получения нефтепоглощающего сорбента с точки зрения энергоэффективности и экологической чистоты;

выполнен анализ физико-химических процессов и **определены** химические (термические, массообменные) и физические (электродинамические, термодинамические) условия, необходимые для эффективной переработки торфа в процессе микроволнового пиролиза с учетом его специфических свойств;

установлены особенности деструкции торфа под воздействием СВЧ - излучения, а именно, состав компонентов жидкой и газообразной фракций, твердого остатка, пригодного для изготовления эффективного нефтепоглощающего сорбента.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)

разработана оригинальная пространственно-временная модель расчета температурных полей и скорости химических превращений в реакторе на основе системы уравнений Максвелла, уравнения теплопроводности и уравнения Аррениуса;

изучена в рамках численного моделирования на основе разработанной модели динамика процесса пиролиза каустобиолитов под воздействием СВЧ - излучения;

раскрыты особенности протекания реакции пиролиза торфа под воздействием СВЧ-излучения. **Сформулированы** оптимальные физико-химические условия для эффективного протекания данной реакции. **Обоснована и доказана** возможность высокоэффективной переработки торфа микроволновым излучением;

продемонстрированы преимущества микроволновой технологии перед «традиционными» термическими аналогами, основанными на использовании тепловых электронагревателей (ТЭНов) и газовых горелок, по качеству переработки материала и скорости проведения процесса;

разработаны методические основы аппаратурного оформления микроволновых установок для переработки органических материалов различных типов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны, созданы и протестированы в ходе проведенных экспериментов оригинальные конструкции лабораторных СВЧ - реакторов для эффективной переработки торфа в процессе пиролиза. Получен патент на изобретение № 2020121462 (РФ) МПК H05B6/64 «Комплекс для микроволнового пиролиза органических материалов»;

предложена методика масштабирования разработанных микроволновых комплексов до промышленного объема переработки при пропорциональном увеличении мощности и/или числа источников СВЧ - излучения, необходимом для протекания реакций пиролиза, а также сохранении однородности распределения энергии электромагнитного поля в реакторе;

представлен прототип промышленного микроволнового комплекса для переработки торфа в нефтепоглощающий сорбент с объемом производства ~ 500 кг/сутки. Получен патент на изобретение № 2023126269 (РФ) от 02.04.2024 г. «Универсальный микроволновый комплекс для переработки каустобиолитов»;

проанализирована структура и морфология твердофазного продукта микроволнового пиролиза торфа. **Определены** различия в составе газообразной и жидкой фракций, полученных в процессе термического и микроволнового пиролиза. **Установлено**, что при СВЧ - обработке углеродистый остаток обладает на 20% более развитой поверхностью, сорбционной ёмкостью и высокой пористостью в сравнении с термическим аналогом;

продемонстрированы перспективы исследованного метода СВЧ - пиролиза торфа для создания новой высокоэффективной экологически чистой технологии получения нефтепоглощающих углеродных сорбентов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

результаты экспериментальных исследований получены с использованием сертифицированных приборов и удовлетворяют необходимым критериям воспроизводимости;

расчетные исследования выполнены с использованием сертифицированных программ, адекватность результатов расчетных исследований доказана сходимостью с экспериментальными данными, а также со справочными данными, приведенными в литературе;

теория построена на достоверных, воспроизводимых данных и согласуется с общей теорией электродинамических и теплообменных процессов;

идея базируется на обобщении передового опыта по изучению процессов температурной обработки каустобиолитов, особенностей деструкции органических веществ в условиях экстремальных воздействий;

использованы современные литературные источники;

установлено качественное соответствие полученных автором результатов с данными из независимых литературных источников по термическому воздействию на природные каустобиолиты;

использованы современные методы анализа (хромато-масс спектрометрия, элементный CHN(O)S анализ, электронная микроскопия) продуктов реакции пиролиза торфа и трехмерный программный расчетный продукт CST microwave studio для расчета полей в реакторах.

Личный вклад соискателя состоит в:

все основные результаты, изложенные в диссертации, получены им лично или при его непосредственном участии, включая планирование, организацию и проведение теоретических и экспериментальных исследований, интерпретацию полученных данных и их обобщение. Все

данные систематизированы и проанализированы, оформлены и подготовлены в виде публикаций и научных докладов лично автором.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана, охватывающего все аспекты исследований, которые связаны с разработкой и исследованием новых конструкций микроволновых установок для пиролиза торфа.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация «Энергоэффективный экологически безопасный процесс переработки торфа микроволновым излучением» представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям п. 9 - п. 14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (в ред. Постановления Правительства РФ от 21.04.2016 №335).

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. В диссертации не используется заимствованный материал без ссылки на автора и источник заимствования.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания.

Профессор Самойлов Наум Александрович.

«Прежде всего, хотел бы выразить свое мнение по сути работы. Научная новизна содержит три пункта, формулировка которых меня не удовлетворяет. Из доклада соискателя не ясно, каким образом решены эти задачи, потому что в автореферате ничего не написано о том, как решаются эти задачи, какова их специфика. Понятно, как использовать уравнения Максвелла при расчете полей, однако не ясно, как влияет распределение поля на кинетику реакции. Такой параметр как «уплотнение торфа» не корректен. Я не сомневаюсь, что существует связь между уравнениями Максвелла и

теплопроводности, они известны. Любая математическая модель требует проверки на адекватность. Это означает, что ее можно использовать на одном продукте, другом и третьем, видоизменив только параметры исходного сырья. Конечная плотность продукта, полученная в расчетах, должна быть сравнена с результатами эксперимента. Здесь данное сравнение не приведено. Любая математическая модель требует расчета процесса и аппарата по этой модели и сопоставления результатов расчета с экспериментом. Требуются доказательства адекватности модели. Ни слова об этом ни в автореферате, ни в ответах на вопросы я здесь не получил. По второй задаче не совсем понятно, что конкретно разработано. Результатом работы является микроволновая установка, способная переработать 160 тонн торфа в год в углеродистый сорбент. Это не промышленная установка, это пилотная установка. На мой взгляд, научная новизна сформулирована некорректно. На основании изложенного я буду голосовать «против».

Профессор Кантор Евгений Абрамович.

«По моему мнению, из названия работы можно было убрать 2 слова: энергоэффективный и экологически безопасный, и просто написать название работы как «Процесс переработки торфа микроволновым излучением», было бы намного проще и диссертанту, и тем, кто слушает эту работу. Формулировка «корректное сравнение» затрудняет понимание процесса сравнения применяемых СВЧ и термической технологии. Тем не менее, это действительно новая технология переработки, потому что не так много существует реализованных подобным способом химических технологий. В целом мне кажется, что если бы работа была построена таким образом, что сделана попытка показать принципиальную возможность этого метода для решения конкретной задачи, то тогда бы многие вопросы не задавались. Мне кажется, что цель в работе есть, результаты тоже. Учитывая это, я проголосую «за».

Профессор Сафарова Валентина Исаевна.

«Были заданы конкретные вопросы, на которые я, к сожалению, не получила для себя удовлетворительных ответов. Я поддержу Евгения Абрамовича в том, что если мы пишем в заголовке работы «экологический», то, значит, в работе должно быть объяснение, в чем экологическая безопасность. Этого разъяснения нет ни в научной новизне, ни в практической значимости. Если авторы это видят, то нужно было это как-то обозначить в работе для обеспечения сопоставимости названия диссертации с тем, что внутри и в выводах. Но хотелось бы отметить, что работа проделана большая, из нее можно извлечь много полезного, если отбросить все лишнее. Нужно было поставить немного другие акценты, и тогда бы работа смотрелась более выигрышно. Я буду голосовать «за», так как диссертантом проделана большая исследовательская работа».

В заключительном слове соискатель поблагодарил членов диссертационного совета за ценные указания и замечания по работе и заверил, что учтет высказанные замечания в своей дальнейшей научной работе.

На заседании 25 сентября 2024 г. диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технологические разработки, которые имеют существенное значение для снижения энергозатрат на производствах, связанных с переработкой органических материалов, а именно, разработку эффективного энергосберегающего процесса микроволнового пиролиза торфа, позволяющего снизить техногенное загрязнение окружающей среды, присудить Крапивницкой Т.О. ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.6.13. – «Процессы и аппараты химических технологий».

При проведении тайного голосования членов совета с использованием информационно-коммуникационных технологий диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек,

входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – 1, один член совета не смог принять участие в голосовании из-за технических неполадок.

Председатель

диссертационного совета

Ибрагимов Ильдус Гамирович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Бадикова Альбина Дарисовна

25 сентября 2024 г.

