

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА  
РХТУ.2.6.02. РХТУ им. Д.И. Менделеева

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  
аттестационное дело №7/24  
решение диссертационного совета  
от 23 мая 2024 г. протокол № 4

О присуждении ученой степени кандидата технических наук Макаревич Евгении Анатольевне, представившей диссертационную работу на тему «Разработка научных основ процессов переработки твердого углеродсодержащего остатка пиролиза резинотехнических изделий» по научной специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Принята к защите 21 марта 2024 года (протокол №1) диссертационным советом РХТУ.2.6.02 РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 12 человек приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева № 535А от 30 декабря 2021 года.

Соискатель Макаревич Евгения Анатольевна, 1974 года рождения, в 1997 году окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет» (г. Кемерово) по специальности "Химия" (специалитет), диплом БВС 0033179.

В 2023 году окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева» по направлению подготовки: «04.06.01 Химические науки» (программа аспирантуры «02.00.01 Неорганическая химия»), диплом 104218 1108874. В настоящее время работает старшим преподавателем кафедры химической технологии твердого топлива федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева».

Диссертационная работа выполнена на кафедре химической технологии твердого топлива федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева».

Научный руководитель – Черкасова Татьяна Григорьевна, научный руководитель Института химических и нефтегазовых технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева», доктор химических наук, профессор.

Официальные оппоненты:

Патраков Юрий Федорович, заведующий лабораторией научных основ технологий обогащения угля федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» (г. Кемерово); доктор химических наук, профессор;

Николаев Александр Игоревич, профессор кафедры технологии нефтехимического синтеза и искусственного жидкого топлива имени А.Н. Башкирова Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», доктор технических наук, доцент дали *положительные* отзывы.

Ведущая организация: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» дала *положительный* отзыв.

Результаты исследований отражены в 24 публикациях: в 11 статьях в научных журналах, входящих в перечень Web of Science, Scopus и ВАК, 8 докладах и тезисах докладов научно-практических конференций, получены 5 патентов РФ. Опубликованные работы полностью отражают результаты, полученные в диссертации. Результаты апробированы на всероссийских и международных конференциях. Личный вклад соискателя в работах, выполненных в соавторстве, составляет 60-75 % и заключается в непосредственном участии в планировании работ, проведении экспериментов, обработке и обсуждении результатов, а также в подготовке статей и ответа рецензентам.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

*Статьи в переводной версии журнала, , индексируемого базой Web of Science:*

1. Characteristics of Supercapacitors Based on Carbon Derived from Auto Tires and Coke Dust / A. V. Papin, A. Y. Ignatova, **E. A. Makarevich** [et al.] // Coke and Chemistry. – 2019. – Vol. 62, № 2. – P. 74-76. – DOI 10.3103/S1068364X19020078.

2. Processing of Solid Carbon Residue from the Pyrolysis of Rubber Products / **E. A. Makarevich**, A. V. Papin, T. G. Cherkasova, S. P. Subbotin // Coke and Chemistry. – 2023. – Vol. 66, № 8. – P. 438-442. – DOI: 10.3103/S1068364X2370103X.

3. **Makarevich, E.** Study of the Composition of the Mining Industry Rubber Waste Pyrolyzates / E. Makarevich, A. Papin, A. Chernik // E3S Web of Conferences : 5th International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 19–21 октября 2020 года. – Kemerovo: EDP Sciences, 2020. – P. 02030. – DOI 10.1051/e3sconf/202017402030.

*Публикации в сборниках материалов конференций, представленных в изданиях, входящих в базу Web of Science и / или Scopus:*

4. **Makarevich, E.** Coal Producer's Rubber Waste Processing Development / E. Makarevich, A. Papin, A. Nevedrov [et al.] // E3S Web of Conferences : The Second International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 20–22 ноября 2017 года. Vol. 21. – Kemerovo: EDP Sciences, 2017.

5. **Makarevich, Ye.** Use of Solid Carbon Residue of Tire Pyrolysis as an Adsorbent for Organic Substances Removal from Water / Ye. Makarevich, A. Papin, E. Domru // E3S Web of Conferences : IVth International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 14–16 октября 2019 года. – EDP Sciences, 2019. – P. 02027. – DOI 10.1051/e3sconf/201910502027.

6. **Makarevich, E. A.** Study of composition and properties of carbon-containing industrial rubber waste pyrolyzates / E. A. Makarevich, A. V. Papin, T. G. Cherkasova // E3S Web of Conferences : VIth International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 19–21 октября 2021 года. Vol. 315. – Kemerovo: EDP Sciences, 2021. – P. 02002. – DOI 10.1051/e3sconf /202131502002.

*Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК*

7. Папин, А. В. Пути утилизации отработанных автошин и анализ возможности использования технического углерода пиролиза отработанных автошин / А. В. Папин, А. Ю. Игнатова, **Е. А. Макаревич** // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – № 2(108). – С. 96-101.

8. Папин, А. В. Получение композиционного топлива на основе технического углерода пиролиза автошин / А. В. Папин, А. Ю. Игнатова, **Е. А. Макаревич**, А. В. Неvedров // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – № 3(109). – С. 107-114.

9. **Макаревич, Е. А.** Разработка процессов подготовки и облагораживания твердого углеродсодержащего остатка пиролиза автошин / **Е. А. Макаревич**, А. В. Папин, Т. Г. Черкасова [и др.] // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. – № 2(120). – С. 153-161.

10. **Макаревич, Е. А.** Применение твердого углеродного остатка пиролиза автошин в качестве адсорбента для очистки вод от органических веществ / **Е. А. Макаревич**, А. В. Папин, Е. В. Черкасова, А. Ю. Игнатова // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2019. – № 2(132). – С. 96-101. – DOI 10.26730/1999-4125-2019-2-96-100.

11. **Макаревич, Е. А.** Исследование состава продуктов пиролиза резинотехнических отходов методом ИК-спектроскопии / Е. А. Макаревич, А. В. Папин, Е. В. Черкасова // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2020. – № 6(142). – С. 66-73. – DOI 10.26730/1999-4125-2020-6-66-73.

*Патенты:*

12. Патент № 2557652 С1 Российская Федерация, МПК С10L 5/04. Способ переработки твердого остатка пиролиза автошин : № 2014128048/04 : заявл. 08.07.2014 : опубл. 27.07.2015 / А. В. Папин, А. Ю. Игнатова, **Е. А. Макаревич**, А. В. Неведров – 7 с.

13. Патент № 2603006 С1 Российская Федерация, МПК С10L 1/32, С10L 1/00, С10G 1/10. Водоуглеродное топливо на основе твердого остатка пиролиза автошин : № 2015132133/04 : заявл. 31.07.2015 : опубл. 20.11.2016 / А. В. Папин, А. Ю. Игнатова, **Е. А. Макаревич**, А. В. Неведров – 8с.

14. Патент № 2608733 С Российская Федерация, МПК С10L 5/04, С10L 5/00, С10L 5/12. Топливный брикет на основе углеродного остатка пиролиза автошин : № 2015148416 : заявл. 10.11.2015 : опубл. 23.01.2017 / А. В. Папин, А. Ю. Игнатова, А. В. Неведров, **Е. А. Макаревич** – 7 с.

15. Патент № 2664330 С1 Российская Федерация, МПК С10L 5/04, С10L 5/00, С10L 5/02. Композиционное топливо : № 2018112355 : заявл. 05.04.2018 : опубл. 16.08.2018 / А. В. Папин, А. Ю. Игнатова, В. С. Попов , А.С. Кононова, **Е. А. Макаревич** – 8 с.

16. Патент № 2679263 С1 Российская Федерация, МПК С08J 11/00, С08J 11/12, С09С 1/44. Способ облагораживания твердого остатка пиролиза автошин : № 2018119574 : заявл. 28.05.2018 : опубл. 06.02.2019 / А. В. Папин, А. Ю. Игнатова, Т. Г. Черкасова, **Е. А. Макаревич** – 6 с.

*Публикации в других научных изданиях:*

17. **Макаревич, Е. А.** Применение твердого углеродного остатка пиролиза автошин в качестве адсорбента для очистки вод от фенола / Е. А. Макаревич, А. В. Папин, Т. Г. Черкасова // Наука и профессиональное образование: национальные приоритеты и региональные драйверы развития, Кемерово, 11 февраля 2019 года. – Кемерово: Кузбасский региональный институт развития профессионального образования, 2019. – С. 65-66.

18. **Макаревич, Е. А.** Исследование применения твердого углеродного остатка пиролиза автошин в качестве адсорбента / Е. А. Макаревич, А. В. Папин, Т. Г. Черкасова // Химическая технология и техника: материалы 83-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 04–14 февраля 2019 года. – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2019. – С. 138-139.

19. **Макаревич, Е. А.** Исследование адсорбционных свойств углеродного остатка пиролиза автошин / Е. А. Макаревич, А. В. Папин, Т. Г. Черкасова // Энергоэффективность автотранспортных средств: нанотехнологии, информационно-коммуникационные системы, альтернативные источники энергии : Материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Воронеж, 04–07 июня 2019 года / Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет, 2019. – С. 59-63

20. **Макаревич, Е. А.** Изучение состава фракций, выделенных из жидкого продукта пиролиза автошин / **Е. А. Макаревич**, А. В. Папин, Е. В. Черкасова, Т. Г. Черкасова // Хими-

ческая технология и техника: Материалы 84-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 03–14 февраля 2020 года / Отв. за издание И.В. Войтов. – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2020. – С. 343-345.

21. Сечин А. И. Исследование сорбционных характеристик углеродного остатка пиролиза автошин / А. И. Сечин, **Е. А. Макаревич**, А. В. Папин, Т. Г. Черкасова // Современные проблемы машиностроения: Сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции, Томск, 26–30 октября 2020 года. – Томск: Томский политехнический университет, 2020. – С. 243-244.

22. **Макаревич, Е. А.** Исследование процесса сорбции углеродного остатка пиролиза автошин / Е. А. Макаревич, А. В. Папин, Т. Г. Черкасова, А. И. Сечин // Химия и химическая технология: достижения и перспективы : Сборник материалов V Всероссийской конференции, Кемерово, 26–27 ноября 2020 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2020. – С. 84.1-84.3.

23. **Макаревич, Е. А.** Новый технологический подход для пиролиза резинотехнических отходов / Е. А. Макаревич, А. В. Папин, Т. Г. Черкасова // Фундаментальные и прикладные науки сегодня: Материалы XXVIII международной научно-практической конференции, Bengaluru, 18–19 апреля 2022 года. – Bengaluru: Pothi.com, 2022. – С. 200-203.

24. **Макаревич, Е. А.** Исследование технического углеродного остатка пиролиза резинотехнических отходов / Е. А. Макаревич, А. В. Папин // Химия и химическая технология: достижения и перспективы : Материалы VI Всероссийской конференции, Кемерово, 29–30 ноября 2022 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. – С. 506.1-506.3.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы. В отзывах указывается, что диссертационная работа Макаревич Евгении Анатольевны на тему «Разработка научных основ процессов переработки твердого углеродсодержащего остатка пиролиза резинотехнических изделий» по своей актуальности, научной новизне, практической значимости, достоверности результатов и обоснованности выводов полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора в редакции от 14.09.2023 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Макаревич Евгения Анатольевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности по специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Отзыв официального оппонента, доктора технических наук, доцента Николаева Александра Игоревича, профессора кафедры технологии нефтехимического синтеза и искусственного жидкого топлива имени А.Н. Башкирова, Института тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет».

В отзыве оппонент указывает на актуальность решения проблемы утилизации отработанных шин, которая назрела давно. В процессе решения будет стимулироваться развитие ресурсосберегающих технологий, позволяющих сократить площади свалок, улучшаться экологическая обстановка. Также вторичная переработка резины приведет к сохранению природных источников получения каучуков, входящих в состав шин.

Также оппонентом отмечено, что в настоящее время наиболее применяемыми способами переработки отработанных шин являются механический способ и термический. Термический способ (пиролиз), основан на высокотемпературной переработке, а образующиеся

при этом газообразные и жидкие продукты представляют интерес для энергетики. Оппонентом отмечено, что автор данной диссертационной работы, в качестве объекта исследования выбрал твердый углеродсодержащий остаток пиролиза шин, который относится к наиболее проблемным, если рассматривать его с точки зрения дальнейшего применения. Решение задачи применения углеродсодержащего остатка пиролиза шин позволит повысить привлекательность и экономичность метода.

В своём отзыве А. И. Николаев подробно описывает научную новизну работы, её теоретическую и практическую значимость, рассматривает структуру и содержание диссертации и утверждает, что достоверность полученных результатов обеспечивается использованием современных методов исследования, аттестованного оборудования и измерительной аппаратуры, применением современных методов обработки и анализа экспериментальных данных.

По результатам рассмотрения диссертации высказаны замечания:

1. Автор при рассмотрении материалов, представленных в литературе, ограничился перечислением достигнутых иными исследователями результатов. Из проведенного анализа не понятно преимущество термического способа переработки шин, продуктом которого автор воспользовался как объектом исследования, по сравнению с другими и выбор способов облагораживания углеродсодержащего остатка их разложения.

2. В главе 2, автор отмечает, что в качестве объекта исследования им используется углеродсодержащий остаток пиролиза, полученный в производственных условиях (указаны условия) и приводит его характеристики. Хотелось бы узнать, можно ли данный образец рассматривать в качестве представительного и в каком диапазоне могут изменяться его характеристики.

3. Использование термического способа облагораживания приводит к более выраженным результатам изменения характеристик углеродного остатка. Насколько целесообразно в этом случае использовать иные способы облагораживания.

4. На основании проведенных исследований какова будет принципиальная технологическая схема получения целевых продуктов на основе углерода.

Отзыв официального оппонента, доктора химических наук, профессора Патракова Юрия Федоровича, заведующего лабораторией научных основ технологий обогащения угля федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН» (ФИЦ УУХ СО РАН) (г. Кемерово).

В отзыве оппонент отметил актуальность темы диссертационной работы, указав, что важнейшей проблемой глобальной автомобилизации современного мира является необходимость утилизации огромного количества изношенных шин и других резинотехнических изделий (РТИ), причем желательнее эту утилизацию проводить без вторичного экологического ущерба и с определенным экономическим эффектом.

В этом плане одним из технологически перспективных и экологически приемлемых методов утилизации РТИ с получением ценных видов химического сырья считается пиролиз. Однако помимо целевого продукта в виде жидких углеводородных фракций в процессе пиролиза РТИ образуется значительное количество зауглероженного остатка, квалифицированное использование которого пока под большим вопросом. Оппонент отразил научную новизну и практическую значимость результатов, их достоверность, представил краткую характеристику содержания работы, обоснованность заключений и выводов.

Оппонент сделал следующие замечания и рекомендации по диссертации:

1. В качестве «Задач» автор ставит получение и испытание «товарных продуктов». Более логичной, на мой взгляд, была бы формулировка «лабораторных образцов

продуктов», поскольку «товарными» они будут только в случае технологической реализации предложенных автором решений.

2. Второе положение, выносимое на защиту (стр. 11), следовало бы сформулировать в более обобщенном виде, не акцентируя внимание на конкретных деталях выполнения эксперимента.

3. Гостирированные методики теханализа образцов (гл. 2, стр.49) можно было не описывать столь подробно, достаточно ссылки на ГОСТы. Также не следовало перегружать текст диссертации (Приложение) полным текстом договора на выполнение НИР, можно было ограничиться актом испытаний.

4. Характеристики исходного углеродного остатка пиролиза РТИ (табл. 3.2) имеют очень большой разброс. Понятно, что диссертационная работа выполнялась достаточно длительное время и качество сырья могло меняться в реальных условиях производства. Поэтому следовало бы в каждом разделе диссертации конкретно указывать с каким сырьем работали. Это позволило бы избежать многих последующих замечаний по работе.

5. В разделе 3.2.3 (табл. 3.4) не указывается количество масла, сорбированное на концентрате углеродистого остатка пиролиза РТИ после масляной агломерации, без этого сложно оценить эффективность процесса обогащения.

6. Чем объяснить уменьшение содержания  $\text{SiO}_2$  (табл. 3.6) в золе термически облагороженного продукта. Удаление части летучих органических компонентов из углеродного остатка логически предполагает увеличение зольности продукта. Кстати, по другим компонентам противоречий практически не наблюдается.

7. Чем вызван такой большой разброс содержания серы в образцах (табл. 3.8).

8. Приведенные на рис. 3.3-3.5 ИК спектры малоинформативны. Следовало бы провести соответствующую обработку по известным методиками до более наглядного уровня как, например, приведено на рис. 3.6-3.9.

9. Результаты сканирующей растровой эл. микроскопии (табл. 3.9) вызывают определенные вопросы. Нет объяснения высокого содержания цинка в исходной пробе и столь сильного его исчезновения после высокотемпературной обработки.

10. Хотелось бы услышать от автора объяснения причины столь сильного изменения содержания различных фаз (табл. 3.10), в частности  $\text{ZnS}$ , как это сделано, например, при расшифровке дифрактограмм образцов.

11. При определении порядка реакции рис. 3.20 и 3.23 следовало бы привести к более понятному виду.

12. Пункт 3.4.2.2 (стр. 103) изложен слишком сжато, не совсем понятен алгоритм графической интерпретации расчета энергии активации процесса.

13. В разделе 4.1.2 при определении сорбционной активности по йоду (табл.4.2) практически нет разницы для исходного и облагороженного образца. В тоже время автор на основании анализа рис. 4.1 делает вывод о более высокой активности последнего. Вывод не столь однозначен и убедителен как, например, результаты по метиленовому голубому (табл.4.3 и рис. 4.2)

14. В разд. 4.1.5 при исследовании сорбционной очистки воды от фенола следовало бы указать скорость фильтрации раствора, без этого сложно оценить эффективность сорбентов.

15. Констатацию вывода (стр. 116) об улучшении экологической обстановки за счет сжигания углеродистого остатка в виде ВУТ следовало бы подтвердить результатами испытаний по экологичности сжигания такого топлива. Это же относится и к сжиганию брикетов (разд. 4.3).

16. Табл. 4.4, 4.6, 4.8, 4.10 дублируют друг друга – это результаты масляной агломерации, но почему-то показатели качества концентратов отличаются по теплоте сгорания.

17. При обосновании применимости облагороженного остатка пиролиза РТИ для приготовления ионисторов следовало бы привести сравнение с другими видами сырья.

18. В разд. «Заключение»:

- в выводе 2, видимо, пропущено слово «масляной агломерацией», иначе не понятно каким образом только высокотемпературной обработкой снижается зольность облагороженного продукта.

- формулировку вывода 5 (аналогично замечанию 1) следовало бы изменить – автором получены не «товарные продукты», а лабораторные образцы, которые могут стать товарными продуктами только в случае реализации технологии, научные основы которой автор и предлагает в данной работе.

Отзыв ведущей организации федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», подписанный директором Горного института НИТУ МИСИС, д. э. н., профессором Мясковым А. В., старшим научным сотрудником НУИЛ «Физико-химии углей» Горного института НИТУ МИСИС, д.т.н., Коссович Е. Л., и утвержденный проректором по науке и инновациям федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный технологический университет МИСИС» М.Р. Филоновым.

В отзыве отмечается, что «Требования к сбору, накоплению, транспортированию, обработке и утилизации отходов шин, покрышек, камер», наиболее приемлемые способы утилизации отработанных шин должны ориентироваться на максимально возможное сохранение полезных свойств, которые были привнесены в исходные материалы при их первоначальном производстве. При утилизации отходов шин с применением пиролиза, доля полезного продукта (энергия, вторичное сырье, целевая продукция) должна составлять не менее 95% от общей массы переработанных отходов. Высокое содержание в углеродистом остатке серы, минеральных включений, а также высокая зольность не позволяет напрямую эффективно использовать его в различных отраслях промышленности, в связи с этим, тема диссертационной работы Макаревич Е. А., целью которой является разработка и обоснование научных и технологических основ процесса переработки отходов резинотехнических изделий в Кузбассе с получением твердого углеродсодержащего остатка с высокими потребительскими характеристиками, является несомненно актуальной.

В отзыве дается краткая характеристика содержания работы, отражается научная новизна, теоретическая и практическая значимость, достоверность полученных результатов и указываются рекомендации по использованию результатов диссертации и выводов диссертационной работы.

Ведущая организация сделала следующие замечания и рекомендации по диссертационной работе:

1. Отсутствуют ссылки на источники информации к данным, приведенным на стр. 23: «Высокая зольность твердого углеродного остатка обусловлена составом резины автошин, содержащим около 9 % масс. компонентов неорганического характера.». Жестко ли фиксирован состав резины автошин по неорганическим компонентам? Такой же вопрос возникает при изучении данных, приведенных в таблице 1.1.

2. Перечисленные в Главе 2 стандартные методы технического анализа, определения общей и аналитической влаги, зольности, выхода летучих веществ и т.д. не распространяются на объекты исследований настоящей работы. В связи с этим, автору следовало

бы указать в описании методов (глава 2) или представленных результатах (глава 3) метрологические характеристики результатов определения показателей качества твердых остатков пиролиза РТИ. Это бы позволило автору более оценить изменение диапазонов измеряемых показателей зольности, содержания влаги и т.д. в твердых остатках пиролиза РТИ до и после обработки.

3. Раздел 3.2.3. В описании результатов обогащения методом масляной агломерации отсутствуют данные о выходе концентрата для всех использованных реагентов и «омасленности» продуктов обогащения. Это затрудняет анализ сделанных автором выводов.

4. Раздел 3.2.4. Из текста подраздела не ясно, были ли проведены параллельные испытания на образцах в рамках описанного метода термического анализа.

5. Раздел 3.3.3-3.3.4. Автору следовало бы более подробно описать результаты определения функциональных кислородсодержащих групп в необлагороженном и облагороженном остатке пиролиза, например, дать их количественное содержание в таблицах. Это позволило бы более убедительно обосновать сделанные выводы.

6. В тексте диссертации отмечено некоторое количество опечаток и неточностей. Также следует указать, что применяемое автором словосочетание «содержание компонента» применительно к показателям «зольность» и «выход летучих веществ» не корректно, так как зольность и выход летучих веществ не содержатся в углеродистом продукте, а образуются в стандартных условиях испытаний.

На автореферат получено 7 отзывов, все положительные.

В отзыве на автореферат кандидата технических наук, доцента, члена-корреспондента Российской экологической академии, руководителя Кемеровского регионального отделения Российской экологической академии, Беляевского Романа Владимировича отмечена актуальность выбранного направления, а также отмечено, что в работе доказано, что метод масляной агломерации является эффективным для получения низкозольных концентратов. Данный эффект достигается за счет механизма избирательной смачиваемости, что является научно и практически значимым фактом. Разработанный способ термической переработки углеродсодержащего остатка пиролиза резинотехнических изделий позволяет получить продукт с более низкими показателями выхода летучих веществ и влажности по сравнению с исходным твердым остатком пиролиза и продуктами, полученными при тяжелосреднем обогащении, магнитной сепарации и вибросепарации.

В работе исследована возможность использования углеродсодержащего остатка пиролиза отработанных РТИ для получения таких продуктов, как адсорбенты, водоуглеродное топливо, формованное топливо и ионисторы. По тексту диссертации возникли следующие вопросы:

1. к какому классу опасности отходов относят отработанные резинотехнические изделия? Наличие данной информации усилило бы экологическую значимость работы;
2. куда направлять или как возможно утилизировать отходы, образующиеся после процесса масляной агломерации?

В отзыве на автореферат профессора, доктора технических наук Борило Людмилы Павловны, заведующего кафедрой неорганической химии, главного ученого секретаря научного управления Томского государственного университета отмечается актуальность темы, практическая значимость работы, высокое качество и научная оригинальность, благодаря созданным автором эффективным методам обработки твердого углеродсодержащего остатка, полученного пиролизом автошин. Отмечено, что автор продемонстрировал возможность использования концентратов для создания адсорбентов, водоуглеродного и формованного топлива, ионисторов, а надежность научных результатов, выводов и рекомендаций исследова-

ния подтверждается выбором параметров, обширным набором экспериментальных данных и их адекватной оценкой.

У рецензента по автореферату имеются замечания:

1. Из материалов автореферата не в полной мере понятно применение отходов обогащения масляной агломерации.

В отзыве на автореферат кандидата технических наук, доцента Ушакова Андрея Геннадьевича, генерального директора ООО «ЭКО-ТЕХ» отмечено, что переработка отходов резинотехнических изделий (РТИ) является актуальной задачей, целью и решением которой является научно-техническое использование вторичных ресурсов с максимальным снижением негативного воздействия на окружающую среду и получением востребованных на российском рынке продуктов., а достоверность научных результатов, выводов и рекомендаций диссертации подтверждается значимым объемом экспериментальных данных и корректной их оценкой, применением современных методик и оборудования..

В качестве рекомендации, хотелось более подробно увидеть изложение результатов внедрения исследований в научной печати.

В отзыве на автореферат доктора химических наук, профессора, Ларичева Тимофея Альбертовича, профессора кафедры химии твердого тела и химического материаловедения Института фундаментальных наук федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный университет», рецензент отмечает, что диссертационная работа является актуальной, так как пиролиз является наиболее экологически чистым способом переработки резинотехнических изделий, так как технология пиролиза не предусматривает контакта сырья с атмосферой в ходе технологического процесса, что практически исключает вредные выбросы в ходе производства.

Исследования в области переработки шин помогают в борьбе с приростом отходов резинотехнических изделий, а также помогают внедрять инновационные методы переработки на отечественных предприятиях. Также отмечено, что работа обладает научной новизной и является практически значимой, а выводы по результатам исследований представляются обоснованными.

По автореферату отмечено следующее замечание:

1. В автореферате не представлена информация по другим продуктам пиролиза автошин, каковы возможные пути их использования.

В отзыве доктора химических наук, профессора, Мурко Василия Ивановича, генерального директора ООО НПЦ «Сибэкотехника», отмечается, что работа является актуальной, поскольку переработка твердого углеродсодержащего остатка пиролиза резинотехнических изделий, где одним из основных продуктов является углеродный остаток, характеризуется образованием относительно большого количества этого продукта, который не пригоден к прямому использованию в производстве и энергетике. В отзыве рассмотрены основные результаты работы, которые характеризуют практическую и теоретическую значимость работы.

Также к автореферату имеются следующие замечания:

1. К сожалению, по данным, представленным в автореферате невозможно оценить эффективность обогащения углеродного остатка пиролиза шин методом масляной грануляции без указания основных характеристик процесса (выхода и зольности концентрата и отходов) в связи с аналогичными характеристиками исходного материала.

2. Не совсем ясен смысл абзаца на стр. 6 автореферата (после таблицы 1). Что произойдет, если не нарушать технологический режим (что очевидно требуется всегда)? Устранится ли необходимость облагораживания углеродсодержащего остатка?

3. В работе методически неверно применяется понятие «фракция». Данное понятие в обогащении угля связано с плотностью вещества, а не с размером частиц.

4. Считаю, что использование понятия «тяжелой среды», в качестве которой выступает вода, методически неверно (последний абзац на стр. 6 автореферата).

5. По содержанию автореферата не понятно, как обеспечивалась необходимая для качественного брикетирования влажность исходной смеси?

6. Требуются пояснения по абзацу перед таблицей 8 (стр. 13) по утверждению «получены брикеты с низкой себестоимостью» - по сравнению с чем?

В отзыве доктора химических наук, профессора Остаповой Елены Владимировны, ведущего научного сотрудника федерального исследовательского центра угля и углекислоты СО РАН отмечается актуальность, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы, которая заключается в разработке способов обработки углеродсодержащего остатка пиролиза автошин, полученного в производственных условиях на предприятии ООО «Кузнецкэкология+» г. Калтан Кемеровской области и испытании опытно-промышленной партии продуктов, полученных из углеродного остатка пиролиза отработанных РТИ, на установках ООО «Экосистема-Технологии» (ООО «Эко-Тех»), г. Кемерово.

В качестве замечаний указывается следующие:

1. Почему содержание углерода в одних и тех же образцах (исходном и термопереработанном твердом углеродсодержащем остатке пиролиза шин), определенное разными методами отличается на 10% (Таблица 5 и таблица 6)?

2. С чем связано необычное представление экспериментальных данных на графиках (рисунки 5 и 6): цена делений на осях абсцисс изменяется по непонятному закону.

3. В автореферате не указано по каким критериям делается заключение о «сильном межмолекулярном взаимодействии в веществе сорбата» при адсорбции метиленовой сини, каким методом (динамическим или статическим) получена изотерма адсорбции метиленовой сини. Последнее затрудняет оценку погрешности полученных данных.

В отзыве доктора технических наук, доцента Салищевой Олеси Владимировны, заведующего кафедрой общей и неорганической химии Технологического института пищевой промышленности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный университет» отмечена актуальность, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы. Автор отмечает, что изложенное в автореферате содержание работы дает достаточно полное представление о значительном объеме выполненных исследований, подтверждает обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций и достоверность полученных результатов.

1. В качестве рекомендации, хотелось бы увидеть изложение результатов разработки математических моделей с полученными в данной работе численными значениями кинетических параметров и соответствие их экспериментальным данным термического анализа в научной печати.

Выбор официальных оппонентов обусловлен областью их научных интересов, наличием большого числа публикаций в ведущих рецензируемых журналах в области химии и технологии высокоэнергетических веществ, что позволило им определить научную и практическую значимость представленной диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований **впервые показано**, что использование метода масляной агломерации позволяет снизить зольность углеродсодержащего остатка пиролиза РТИ в два–три раза за счет избирательной смачиваемости частиц твердого остатка пиролиза РТИ.

**Впервые показано**, что использование метода термической переработки позволяет улучшить качественные характеристики твердого углеродсодержащего остатка, при увели-

чении температуры процесса пиролиза до 800–850 °С снижаются показатели выхода летучих веществ, влажности, сернистости.

В результате математической обработки экспериментальных данных термического анализа *установлено*, что последовательные процессы деструкции РТИ и термической переработки твердого углеродсодержащего остатка описываются системой уравнений первого порядка по твердой фазе, для которых определены энергии активации.

*Впервые показана* возможность утилизации промышленных отходов РТИ с получением адсорбентов, водоуглеродного топлива, формованных топлив и ионисторов.

Теоретическая значимость исследования заключается в расширении знаний о процессах термических превращений вещественного состава отходов РТИ при их пиролизе. Полученные научные данные позволяют объяснить и предсказать поведение отходов и промежуточных продуктов пиролиза при термообработке в изученных автором условиях.

Значение полученных соискателем результатов исследования *для практики* подтверждается тем, что опыт обогащения углеродного остатка пиролиза РТИ методом масляной агломерации (Патент РФ № 2557652) может быть использован на предприятиях реального сектора экономики для получения концентрата с низкой зольностью, а разработанный способ облагораживания твердого углеродсодержащего остатка пиролиза (Патент РФ № 2679263) позволяет получить углеродсодержащий остаток, который может использоваться в качестве адсорбента, сырья для производства водоуглеродного топлива, формованных топлив и ионисторов.

Проведенные промышленные испытания продуктов, полученных на основе облагороженного углеродсодержащего остатка пиролиза отработанных РТИ, показали, что предложенные подходы к их производству могут служить основой для практического использования на топливно-энергетических комплексах, что будет способствовать решению проблемы утилизации отработанных РТИ.

Достоверность полученных результатов, представленных в диссертационной работе, обеспечивается применением стандартных методов испытаний, апробированных методик исследования, а также современных методов анализа и обработки полученных результатов.

Личный вклад автора состоит в поиске и анализе литературных данных по теме диссертации, участии в постановке цели и задач исследования, в разработке экспериментальных установок и проведении на них экспериментов, в обработке экспериментальных данных, в обобщении результатов, формулировании положений и выводов диссертационной работы. Результаты исследований являются оригинальными и получены лично автором или при его непосредственном участии.

По своему содержанию диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ в части п. 10. Неметаллические углеродные материалы. Физико-химические принципы технологии углеродных материалов, смешивания и гомогенизации компонентов, формования заготовок или изделий, их упрочнения, высокотемпературных процессов, обработки материалов и изделий для придания им требуемых свойств, формы и размеров. Технологии производства углеродных материалов различного назначения, технический углерод. Сырьевые углеродсодержащие материалы и п. 13 Экологические аспекты переработки топлив. Разработка технических и технологических средств и способов защиты окружающей среды от вредных выбросов производств по переработке топлив, товарных нефтепродуктов и высокоэнергетических веществ.

На заседании «23» мая 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Макаревич Евгении Анатольевне ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Присутствовало на заседании 12 членов диссертационного совета,  
в том числе в режиме видеоконференции – 1,  
в том числе докторов наук по специальности и отрасли наук рассматриваемой диссертации – 6.

При проведении голосования члены диссертационного совета по вопросу присуждения ученой степени проголосовали:

результаты тайного голосования:

«за» – 9,

«против» – нет;

недействительных бюллетеней – 2.

Проголосовал 1 член диссертационного совета, присутствовавший в режиме видеоконференции:

«за» – 1,

Итоги голосования:

«за» – 10,

«против» – нет;

недействительных бюллетеней – 2.

Председатель диссертационного совета

д.х.н., профессор Т.В. Бухаркина

Ученый секретарь диссертационного совета

д.х.н., профессор Р.А. Козловский

