

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и инновациям Пермского

государственного национального исследовательского
доктор географических наук

«28» сентября

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям Пермского национального

исследовательского политехнического университета,
доктор технических наук

«30» сентября

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования

«Пермский государственный национальный исследовательский университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертационная работа Красновских М.П. «Разработка термических способов утилизации кремнийсодержащих полимерных отходов с получением новых продуктов» выполнена на кафедре «Охрана окружающей среды» в ФГБОУ ВО «Пермском национальном исследовательском политехническом университете» и на кафедре неорганической химии, химической технологии и техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

В период подготовки диссертации и по настоящее время соискатель Красновских Марина Павловна работает в Пермском государственном национальном исследовательском университете, на кафедре неорганической химии, химической технологии и техносферной безопасности в должности ассистента и по совместительству в должности заведующего лаборатории термических методов анализа, а также по совместительству в ООО «НПП «Синтез» в должности инженера-исследователя.

В 2012 году окончила ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» с присвоением степени магистра химии по направлению «Химия». С марта 2019 по настоящее время является соискателем в ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по направлению 19.06.01 «Промышленная экология и биотехнологии».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Кетов

Александр Анатольевич, работает профессором кафедры «Охрана окружающей среды» в ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

в постановке цели и задач исследования и подготовке обзора литературы; в проведении лабораторных исследований, а также в обработке и анализе результатов; в определении закономерностей пиролиза и окисления кремнийсодержащих полимерных материалов; в разработке способа получения вспененных ячеистых силикатных материалов с использованием зольного остатка от сжигания полимеров, содержащих соединения кремния, в разработке способа переработки кремнийсодержащих полимерных материалов, в частности отработанных автомобильных шин с получением битумоподобного материалов, написании тезисов докладов и статей по теме диссертации.

2. Степень достоверности результатов проведенных исследований обеспечивается применением современного оборудования и апробированных методов исследования, а также воспроизводимостью экспериментальных результатов.

3. Научная новизна работы.

1) Определены закономерности протекания процессов пиролиза и сжигания кремнийсодержащих отходов природных и синтетических полимеров – рисовой шелухи и силиконовой резины - в инертной и окислительной атмосферах. Показано, что пиролиз силиконовой резины и рисовой шелухи происходит при температурах 350-700°C, в результате образуется 45-60% коксового остатка; в окислительной атмосфере горение полимеров происходит при температурах 270-600°C, образуется 20-55% зольного остатка.

2) Методами термического анализа с совмещенным масс-спектроскопическим исследованием выделяющихся газов установлено, что утилизация кремнийсодержащих полимерных отходов традиционными термическими методами сжигания и пиролиза несет экологическую нагрузку в виде загрязнения газообразными продуктами неполного окисления II и III классов опасности (альдегиды, кетоны, фураны и др.) и продуктами II и III классов опасности, содержащими гетероатомы (меркаптаны, оксиды азота, диоксид серы, следовые количества циана водорода и дициана).

3) Разработан способ получения ячеистого строительного материала на основе золы от сжигания полимерных отходов, содержащих соединения кремния, определен состав шихты и температурные параметры процессов сушки и обжига. Установлено, что энергетический потенциал от сжигания органической составляющей данных полимерных отходов может быть использован при получении ячеистого силикатного материала.

4) Установлены закономерности переработки кремнийсодержащих полимерных материалов, включающих в своем составе гетероатомы, в частности отработанных автомобильных шин, методом экструзионного неокислительного крекинга. Показано, что разработанный способ позволяет в полной мере использовать ресурсный потенциал отходов для изготовления битумоподобного продукта, определены условия проведения процесса (температура 320-420°C и давление 2,5-3,5 МПа).

4. Теоретическая и практическая значимость заключается в установленных закономерностях термической утилизации кремнийсодержащих полимерных отходов с получением новых продуктов и в разработке технологий, направленных на предотвращение негативного техногенного воздействия на окружающую среду:

- доказано образование токсичных газообразных продуктов при пиролизе и сжигании кремнийсодержащих полимерных и композиционных материалов, в том числе и содержащих иные гетероатомы;
- разработаны новые технические решения, позволяющие минимизировать количество образующихся токсичных газообразных соединений;
- предложено комплексное использование ресурсов полимерного материала, содержащего соединения кремния, для получения ячеистого силикатного строительного материала;
- разработаны технические решения по утилизации полимерных материалов, содержащих диоксид кремния в качестве заполнителя, в частности отработанных автомобильных шин, для получения битумоподобных продуктов методом экструзионного крекинга.

Предложенные методы позволяют в полной мере использовать ресурсный потенциал отходов кремнийсодержащих полимерных материалов, также позволяют снизить или полностью исключить образование газообразных вредных продуктов и твердых отходов в процессе утилизации, что приведет к снижению негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения.

5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем. Содержание диссертационной работы достаточно полно отражено в 5 работах, из которых 3 работы опубликованы в журналах, индексируемых в международных реферативных базах: Web of Science, Scopus и GeoRef (общий объем публикаций 5,64 печатных листа, из них авторских 3,14 печатных листа).

Основные результаты диссертационной работы отражены в следующих публикациях:

1. Glushankova I. Rice Hulls as a Renewable Complex Material Resource / I. Glushankova, A. Ketov, **M. Krasnovskikh**, L. Rudakova and I. Vaisman // Resources. - 2018. – Vol. 7(2), №. 31 (**Web of Science, Scopus**). (1,27 п. л., авт. 0,25 п. л.).

В данной работе соискателем описаны результаты экспериментального исследования термического поведения природного кремнийсодержащего полимера –

рисовой шелухи в условиях, моделирующих процессы пиролиза и сжигания, а также анализ возможности использования зольного остатка после сжигания. Установлено, что содержание зольного остатка в рисовой шелухе колеблется в диапазоне 15 до 20% массы. Определено, что зольный остаток в основном состоит из аморфного кремнезема (>90%). С добавлением данного аморфного кремнезема получены образцы вспененного силикатного ячеистого материала. Полученный материал может быть использован в строительстве в качестве заполнителя для создания облегченных и теплоизоляционных конструкций.

2. Glushankova I. End of Life Tires as a Possible Source of Toxic Substances Emission in the Process of Combustion / I. Glushankova, A. Ketov, **M. Krasnovskikh**, L. Rudakova, I. Vaisman // Resources. – 2019. – Vol. 8, №. 113 (**Web of Science, Scopus**) (1,16 п. л., авт. 0,23 п. л.).

В работе представлены полученные соискателем результаты исследований процессов пиролиза и сжигания отработанных автомобильных покрышек. Установлены температурные и энергетические характеристики процессов. Показано, что пиролиз и огневое окисление продуктов пиролиза могут происходить в пространственно разделенных участках с образованием различных газообразных продуктов парциального окисления. Определено, что в синтетическом пиролитическом топливе используется менее половины ресурсно-энергетического потенциала покрышек и значительная доля (более половины) энергетического потенциала остается в пироуглероде. На основании результатов совмещенной масс-спектропии установлено, что сжигание пиролитического топлива сопровождается образованием токсичных продуктов.

3. Босник В.Б. Перспективные направления получения битумоподобных материалов на основе отходов синтетических полимеров / В.Б. Босник, Я.И. Вайсман, А.А. Кетов, **М.П. Красновских**, Л.В. Рудакова // Экология и промышленность России. - 2020. - Т. 24, № 5 - С. 34–39 (**GeoRef, Scopus**) (0,69 п. л., авт. 0,14 п. л.).

В данной работе соискателем описаны результаты исследования крекинга вторичных синтетических полимеров, в том числе отработанных автомобильных покрышек. В ходе работы установлена принципиальная возможность переработки отходов синтетических полимеров в битумоподобный материал в условиях высоких давлений и температур в реакторе экструзионного типа. Полученный битумоподобный материал проанализирован. Показано, что полученный материал в соответствии с температурой перехода в жидкое состояние и адгезии к заполнителю может быть применен в качестве добавки к битумам после дополнительных исследований. Предложенное решение соответствует принципам циркулярной экономики и позволяет расширить сырьевую базу производства битумов.

Другие публикации по теме диссертации:

4. **Красновских М.П.** К вопросу об опасности компонентов термической

утилизации полимерных продуктов химических и нефтехимических отраслей промышленности в условиях урбанизированных территорий. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. - 2020. - № 1 (37). - С. 107-125. (2,12 п. л., авт. 2,12 п. л.).

5. **Красновских М.П.** К вопросу использования ресурсного потенциала отработанных кремнийсодержащих полимеров // Евразийский союз ученых (ЕСУ) Ежемесячный научный журнал. – 2020. - № 3 (72). - С. 45-48. (0,40 п. л., авт. 0,40 п. л.).

6. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите.

Диссертационная работа Красновских М.П. «Разработка термических способов утилизации кремнийсодержащих полимерных отходов с получением новых продуктов» соответствует паспорту специальности 03.02.08 – Экология (в химии и нефтехимии): пункт 4.4. «Научное обоснование, разработка и совершенствование методов проектирования технологических систем и нормирования проектной и изыскательской деятельности, обеспечивающих минимизацию антропогенного воздействия объектов легкой, текстильной, химических и нефтехимических отраслей промышленности на окружающую среду»; пункт 4.5. «Научное обоснование принципов и разработка методов инженерной защиты территорий естественных и искусственных экосистем от воздействия предприятий легкой, текстильной, химических и нефтехимических отраслей промышленности».

Представленная Красновских Мариной Павловной диссертационная работа является прикладным исследованием.

7. Соответствие содержания диссертационной работы требованиям, установленным п.14 «Положения о присуждении ученых степеней».


В диссертации соискателем приведены ссылки на авторов и источники заимствованных материалов и отдельных результатов. Результаты диссертационной работы опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций, соответствующие ссылки присутствуют в тексте диссертации.

Диссертационная работа Красновских Марины Павловны «Разработка термических способов утилизации кремнийсодержащих полимерных отходов с получением новых продуктов» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности: 03.02.08 – Экология (в химии и нефтехимии).

Заключение принято на совместном заседании кафедры «Охрана окружающей среды» ФГБОУ ВО «Пермского национального исследовательского политехнического университета» и кафедры неорганической химии, химической технологии и техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

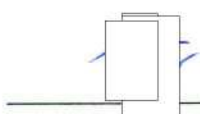
Присутствовало на заседании 34 чел. Результаты голосования: «за» - 34 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 4 от «23» сентября 2020 г.

Председатель заседания,
заведующий кафедрой «Охрана окружающей
среды», ФГБОУ ВО ПНИПУ
доктор технических наук, профессор



/Рудакова Л.В./

Заместитель заведующего кафедрой
неорганической химии, химической
технологии и техносферной безопасности
ФГБОУ ВО ПГНИУ
кандидат химических наук, доцент



/Зубарев М.П./