

ОТЗЫВ

официального оппонента

Киселькова Дмитрия Михайловича

на диссертационную работу Красновских Марины Павловны
«Разработка термических способов утилизации кремнийсодержащих
полимерных отходов с получением новых продуктов», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
03.02.08 – Экология (в химии и нефтехимии).

Актуальность работы. На современном этапе развития химии и нефтехимии к процессам управления отходами предъявляются высокие требования комплексного характера по снижению энерго- и ресурсопотребления, повышению их технико-экономической эффективности, обеспечению экологической безопасности на уровне мировых стандартов. Использование ресурсного потенциала таких отходов и вовлечение их в производственную систему носит приоритетный характер по сравнению с захоронением в соответствии с общепринятыми принципами устойчивого развития и циркуляционной экономики, в связи с чем актуальность диссертационной работы М.П. Красновских, имеющей целью разработку термических способов утилизации кремнийсодержащих полимерных отходов с получением новых продуктов, позволяющих снизить техногенную нагрузку на окружающую среду, не вызывает сомнений.

Тема диссертации соответствует паспорту специальности 03.02.08 – Экология (в химии и нефтехимии): пункту 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»; пункту 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».

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитируемой литературы, который содержит 131 ссылку, двух приложений (актов внедрения). Работа изложена на 140 страницах машинописного текста, иллюстрирована 37 рисунками и 8 таблицами.

Первая глава диссертации представляет собой литературный обзор по тематике работы. Рассмотрены вопросы образования полимерных кремнийсодержащих отходов химии и нефтехимии (силиконовых резин и автомобильных покрышек), объемы накопления отходов в объектах окружающей среды, ресурсный потенциал и методы возможного вторичного использования данных отходов. Подробно освещены основные термические методы утилизации полимерных отходов, процессы, протекающие при высокотемпературной обработке кремнийсодержащих полимеров, специфика переработки полимеров. Сделан вывод о необходимости разработки технологии утилизации кремнийсодержащих полимерных материалов с вовлечением всего ресурсного потенциала для получения новых продуктов с добавленной стоимостью.

Во *второй главе* описаны материалы, оборудование и методы исследования. Автор останавливается на вопросах моделирования условий пиролиза и сжигания полимерных отходов с помощью термического анализа, а также исследования объектов с помощью инструментальных методов анализа. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений и обеспечивается применением современных приборных комплексов и аналитических методов. Следует отметить соответствие инструментального оборудования, методологии исследований, численных методов обработки результатов мировому уровню.

В *третьей главе* приводятся результаты, и обсуждается исследование процессов пиролиза и термического окисления силиконовой резины и природного полимерного аналога – рисовой шелухи. Отмечено, что использование данного типа полимеров исключительно для получения энергии при сжигании, а также в процессах пиролиза для получения жидкого топлива нецелесообразно вследствие сниженного содержания органической составляющей. Однако, низкая конкурентность кремнийсодержащих полимеров с точки зрения извлечения энергетического потенциала, может быть компенсирована использованием ресурсного потенциала образующегося в результате сжигания аморфного оксида кремния. Полученный оксид кремния может применяться в качестве сырья в ходе производства ячеистых силикатных материалов.

В *четвертой главе* приводятся результаты исследований и обсуждаются вопросы переработки полимерных материалов, содержащих оксид кремния в качестве наполнителя и гетероатомы. Наиболее массовым материалом такого типа являются автомобильные покрышки. В настоящее время основными путями утилизации отработанных автомобильных покрышек является их сжигание и пиролиз. В главе показано, что сжигание как полученного в ходе пиролиза

жидкого топлива, так и отработанных покрышек ведет к превращению серу- и азотсодержащих органических соединений в оксиды или до свободного азота. Также происходит образование и иных токсичных продуктов. В качестве альтернативного метода предложен способ термической переработки кремнийсодержащих полимерных отходов в битумоподобные материалы, исключая процесс сжигания, а именно экструзионный крекинг. Автор рекомендует получаемый битумоподобный продукт для дальнейших расширенных исследований и испытаний в качестве добавки в битумы.

В заключении автор приводит выводы и дает рекомендации по результатам проведенной исследовательской работы и практического результата проведенных исследований. Далее в диссертации приводится список сокращений и условных обозначений, дан список использованной литературы и в приложении представлены акты внедрения.

Научная новизна работы заключается в установлении закономерностей сжигания и пиролиза отходов кремнийсодержащих полимеров, определении количеств образующихся коксовых и зольных остатков, в масс-спектрометрическом определении выделяющихся в этих процессах газовых продуктов, в том числе и токсичных. Предложен способ переработки полимерных отходов, содержащих соединения кремния, с получением на основе золы от сжигания ячеистого строительного материала. Также установлены закономерности и предложены технические решения для переработки кремнийсодержащих полимерных материалов, в частности отработанных автомобильных покрышек, методом экструзионного крекинга, что позволяет получать битумоподобный продукт, пригодный в качестве добавок к дорожным битумам.

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.

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.

На защиту выносятся:

1. Выявленные закономерности процессов переработки кремнийсодержащих

полимерных материалов термическими методами, условия образования опасных газообразных продуктов при пиролизе и пламенном окислении.

2. Результаты исследований зольного остатка и продуктов окисления, образующихся при сжигании полимерных материалов, содержащих соединения кремния, а также разработанная технология получения строительного ячеистого материала на основе данного зольного остатка с применением энергии, образованной при сжигании органической части кремнийсодержащего полимерного отхода.

3. Разработанные технические решения комплексного использования ресурса кремнийсодержащих полимерных материалов, в частности отработанных автомобильных покрышек, для получения битумоподобных материалов.

Обоснованность и достоверность основных положений, выводов и рекомендаций диссертации не вызывает сомнений, т.к. в работе использованы многочисленные современные методы термического анализа, электронной микроскопии, физико-химического и рентгенофазового анализов, а также математической статистики.

Содержание работы Красновских М.П., внутреннее единство и стиль диссертации свидетельствуют о написании автором работы самостоятельно. Новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, касающиеся предложенных технических решений по переработке кремнийсодержащих полимерных отходов, свидетельствуют о личном вкладе автора диссертации в науку.

Количество и полнота публикаций соответствует предъявляемым требованиям. Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертация носит прикладной характер, на основании проведенных экспериментальных исследований предложена универсальная принципиальная блок-схема технологии и полученные автором научные результаты апробировались на реальном производстве на предприятии ООО «Промхимперм» (г. Пермь).

Результаты, полученные в диссертационной работе, могут быть интересны для специалистов в области переработки полимерных отходов, в том числе заинтересованных в получении новых продуктов.

Достоинства работы. Автору удалось, в основном, предложить способы по переработке кремнийсодержащих полимерных материалов, ведущие к снижению как объемов складирования данных типов отходов, так и к

уменьшению токсичных выбросов при их термической утилизации. При этом была решена не только проблема значительного снижения экологической нагрузки на окружающую среду, но и разработаны технические решения для производства новых продуктов, решения апробированы в промышленных условиях.

Безусловным достоинством работы является то, что практически все предлагаемые в диссертации разработки автора носят инновационный характер.

Тем не менее, по диссертации Красновских М.П. имеется ряд замечаний.

Замечания по оформлению работы.

1. При оформлении диссертации автору следовало бы обращать внимание на оформление рисунков. Например, на фото поверхности (рисунок 4.11) следовало бы более контрастно изображать масштабный отрезок, а на рисунке 4.10 вообще отсутствует масштабная шкала.

2. К сожалению, как в диссертации, так и в автореферате имеются неточности в тексте, орфографические и синтаксические ошибки, неудачные выражения и термины, а также некоторые «жаргонные» определения и др.

Основные недостатки и вопросы по содержанию работы.

1. Часть обсуждаемой информации в литературном обзоре имеет пересекающийся, местами дублирующий характер. Вероятно, следовало тщательнее систематизировать данные.

2. Автором не уточнена информация по объемам отходов силиконовых резин.

3. В автореферате на рисунке 5 не отмечены кривые.

4. Не в полной мере исследованы характеристики получаемых битумоподобных материалов согласно нормативной документации, в том числе отсутствует измерение температур размягчения по методу кольца и шара.

Имеются и другие замечания, не носящие принципиального характера. Сделанные замечания не изменяют общей высокой оценки проведенных исследований. Рецензируемая работа, представляет собой законченное в рамках поставленных задач научное исследование, в котором изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны в области переработки полимерных отходов, и соответствует паспорту специальности 03.02.08 – Экология (в химии и нефтехимии).

Хотелось бы: отметить, что недостатки и замечания теоретического плана в полной мере компенсируются практической значимостью полученных

результатов исследования.

Заключение.

В целом, диссертация Красновских Марины Павловны представляет собой самостоятельное, законченное научное исследование и соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в «Порядке присуждения ученых степеней в ПНИПУ» (утв. ректором ПНИПУ от 09 января 2018 г.), в части п. 9, как научно квалификационная работа, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. Автор диссертации, Красновских Марина Павловна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 03.02.08 – Экология (в химии и нефтехимии).

Официальный оппонент, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории структурно-химической модификации полимеров «Института технической химии Уральского отделения Российской академии наук» - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук

Кисельков Дмитрий Михайлович

/Д.М. Кисельков/

Адрес:

614013, Пермь, Академика Королёва, 3

Телефон: (342) 237-82-48

Электронная почта: dkiselkov@yandex.ru

25.05.2021

Подпись заверяю

*Инициатор по кафедре
Н.К. Чукарева*

