

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Вятский государственный университет»
(ВятГУ)
г. Киров

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и инновациям
ФГБОУ ВО «Вятский государственный
университет», канд. с.-х. наук, доцент



С. Г. Литвинец

22 мая 2026 г.

ОТЗЫВ
ведущей организации

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Вятский государственный университет» на диссертацию Власова Руслана Романовича на тему «Полиуретан-полиизоциануратные пенопласты с повышенной тепло- и огнестойкостью», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по научной специальности 2.6.11 Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов

1. Актуальность диссертационной работы.

Жесткие полиуретан-полиизоциануратные пенопласты сегодня являются одним из наиболее востребованных типов теплоизоляционных материалов. Их широкое применение обусловлено выдающимся комплексом свойств: низкой теплопроводностью и, что особенно важно, повышенной огнестойкостью. Огнестойкость данных материалов напрямую связана с наличием в структуре полимеров термостабильных изоциануратных циклов. Несмотря на многолетнюю историю промышленного производства полиуретан-полиизоциануратных пен, возможности целенаправленного управления их конечными эксплуатационными характеристиками остаются ограниченными. В первую очередь это связано с тем, что в ходе получения данных материалов имеет место сложный комплекс параллельно протекающих химических процессов. Помимо целевого образования уретановых и изоциануратных связей, в системе протекают вторичные реакции. В научной литературе до настоящего времени практически отсутствуют систематизированные количественные данные о балансе этих реакций, их зависимости от состава композиции и природы используемых катализаторов. Вследствие этого разработка рецептур полиуретан-полиизоциануратных пенопластов зачастую носит эмпирический характер, а потенциал улучшения их теплофизических и прочностных свойств за счет управления химической структурой матрицы реализован не в полной мере.

Дополнительные возможности для повышения эксплуатационных показателей пенопластов открывает их модификация наноразмерными наполнителями, такими как углеродные нанотрубки. Однако, несмотря на перспективность данного подхода, влияние малых добавок подобных материалов, особенно их химически модифицированных форм, на морфологию ячеистой структуры и комплекс физико-механических свойств полиуретан-полиизоциануратных пен изучено фрагментарно.

В связи с этим, диссертационная работа Власова Р.Р., направленная на установление количественных закономерностей протекания первичных и вторичных химических процессов в полиуретан-полиизоциануратных пенопластах, анализ влияния катализатора и состава полиольной композиции на свойства и состав пенопластов, а также на разработку нанокomпозиционных материалов с улучшенными характеристиками, является актуальным исследованием, представляющим научный и практический интерес.

2. Новизна исследования и полученных результатов заключается в следующем:

На количественном уровне доказано, что при получении полиуретан-полиизоциануратных пенопластов доля изоцианатных групп аккумулируется в свободном непрореагировавшем состоянии, а также в форме вторичных химических продуктов: аллофаната и карбодиимида. В изолированных от воздушной среды пенах остаточные изоцианатные группы расходуются на образование изоциануратных групп, в неизолированных – преимущественно, мочевины. Примененные подходы позволили спроектировать структуру полиуретан-полиизоциануратных пенопластов с наибольшим содержанием термостойких изоциануратных связей;

Установлены количественные закономерности влияния состава используемой для синтеза композиции (изоцианатный индекс, природа катализатора, функциональность и молекулярная масса полиола) на конверсию изоцианата в изоцианурат, оказываемого за счет управления полнотой и скоростью пространственной сшивки матрицы. Продемонстрировано, что рост концентрации изоцианурата в исследованном диапазоне приводит к увеличению прочностных и огнезащитных свойств полиуретан-полиизоциануратных пенопластов.

3. Значимость для науки и практики полученных автором диссертации результатов.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в существенном расширении научных представлений о балансе химических процессов, протекающих при синтезе и эксплуатации полиуретан-полиизоциануратных пенопластов. Власовым Р.Р. разработан комплекс ИК-спектроскопических методик, которые открывают возможности количественного определения изоциануратных, аллофанатных, карбодиимидных и остаточных изоцианатных групп в составе полиуретан-полиизоциануратов и позволяют производить мониторинг в процессе разработки и получения коммерчески ценных материалов.

Практическая значимость работы подтверждается актами о внедрении. Полученные данные о влиянии полиольной композиции и типа катализатора на состав и свойства пенопластов были использованы при разработке промышленных марок пенопластов, применяемых для производства теплоизоляционных материалов. Разработанный композиционный пенопласт характеризуется повышенными показателями прочности и огнестойкости вкупе с более низкой теплопроводностью,

что открывает перспективы для его использования в изделиях с повышенными требованиями к пожарной безопасности.

4. Основное содержание и общая характеристика диссертационной работы.

Диссертационная работа Власова Р.Р. характеризуется традиционной структурой и состоит из введения, 3 глав, заключения по работе и списка литературных источников, включающего 353 работы отечественных и зарубежных авторов. Работа изложена на 224 страницах, содержит 83 рисунка, 47 таблиц и 3 приложения.

Во введении автором убедительно обоснована актуальность темы, четко сформулированы цель и задачи исследования, определены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, а также изложены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена аналитическому обзору научно-технической литературы. Подробно рассмотрены химические основы получения полиуретанов и полиуретан-полиизоциануратов, механизмы тримеризации изоцианата и протекания вторичных химических процессов, а также современные представления о модификации пенопластов наполнителями. Представленный анализ позволил автору выявить недостаточную освещенность в литературе вопросов количественной оценки вторичных реакций, протекающих в полиуретан-полиизоциануратных пенах и грамотно определить направления собственных экспериментальных исследований.

Вторая глава содержит описание объектов и методов исследования. Автором представлен спектр использованных реагентов, методики синтеза, а также подробно описаны используемые методы анализа. Особого внимания заслуживает тщательная проработка методической части, включающей разработку оригинальных ИК-спектроскопических подходов для количественного определения ключевых групп в полимерной матрице.

Третья глава является основной и посвящена изложению и обсуждению полученных экспериментальных результатов. Глава логически разделена на пять взаимосвязанных разделов. В первом разделе приводятся результаты количественного исследования химических процессов, протекающих при синтезе и эксплуатации полиуретан-полиизоциануратных пен, включая оценку влияния изоцианатного индекса, условий хранения и времени выдержки на концентрации остаточных изоцианатных, аллофанатных, карбодиимидных и изоциануратных групп. Второй раздел посвящен детальному исследованию влияния природы катализатора тримеризации на химический состав и прочностные характеристики пенопластов. В третьем разделе проанализирована роль характеристик полиольной композиции (функциональности и эквивалентной молекулярной массы) в формировании структуры и свойств материалов. Четвертый раздел содержит результаты изучения состава и свойств полиуретан-полиизоциануратных пен, подвергнутых продолжительному высокотемпературному старению, моделирующему экстремальные условия эксплуатации. В пятом разделе представлены экспериментальные данные, отражающие свойства синтезированных композиционных пенопластов, наполненных малыми количествами углеродных нанотрубок, глины и комбинированных наполнителей, полученных на их основе; полученные данные позволили автору предложить состав пенопласта, характеризующегося повышенными прочностными и огнезащитными характеристиками вкупе с более низкой теплопроводностью.

В заключении сформулированы основные выводы по работе, которые четко отражают решение поставленных задач и полностью соответствуют полученным экспериментальным данным.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов (пункты 2, 4, 6). Таким образом, диссертационная работа является завершенным научным трудом, в котором изложены новые научно обоснованные решения, имеющие существенное значение для развития химии и технологии полиуретановых материалов.

5. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, не вызывают сомнений и обеспечиваются комплексным характером проведенного исследования, использованием современных и взаимодополняющих физико-химических методов анализа, а также значительным объемом экспериментальных данных.

Валидация разработанных ИК-спектроскопических методик проводилась с использованием специально синтезированных и охарактеризованных независимыми методами модельных соединений. Воспроизводимость экспериментальных данных обеспечена многократным дублированием опытов и статистической обработкой полученных результатов. Выводы, сделанные автором, логически вытекают из полученных экспериментальных данных, не содержат внутренних противоречий и согласуются с современными теоретическими представлениями в области и технологии полиуретанов.

Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования.

Результаты диссертационной работы Власова Р.Р. обладают высокой практической ценностью и могут быть рекомендованы к использованию в научно-исследовательской практике и промышленном производстве.

Разработанный автором комплекс ИК-спектроскопических методик количественного определения остаточных изоцианатных, аллофанатных, карбодиимидных и изоциануратных групп может быть рекомендован к внедрению в аналитических лабораториях предприятий, выпускающих полиуретан-полиизоциануратные пенопласты для качественного контроля готовой продукции и оптимизации технологических процессов.

Полученные диссертантом данные о влиянии характеристик состава полиольной композиции, а также природы катализатора тримеризации на конверсию изоцианата в изоцианурат и прочностные свойства пенопластов могут быть использованы при разработке новых и модернизации существующих рецептур, используемых для получения теплоизоляционных материалов с повышенной тепло- и огнестойкостью.

Разработанные составы нанокomпозиционных пенопластов, в особенности материал НКПИР-1, содержащий комбинированный наполнитель на основе функционализированных углеродных нанотрубок и органоглины, рекомендуются для производства изделий, к которым предъявляются повышенные требования по пожарной безопасности.

6. Замечания и вопросы по диссертационной работе.

1. В литературном обзоре и при обсуждении результатов упоминается возможность образования уретидионов (циклических димеров изоцианата). Однако, автор ограничивается констатацией их малого содержания. Проводилась ли попытка

количественной оценки уретидионовых групп в полиуретан-полиизоциануратных пенопластах?

2. Автором детально изучена роль функциональности и эквивалентной молекулярной массы полиольной композиции в формировании изоциануратных структур. В то же время остается не вполне раскрытым вопрос о влиянии вязкости полиольного компонента на кинетику взаимодействия и, как следствие, на однородность распределения изоцианата в реакционной массе. Может ли данный фактор оказывать заметное воздействие на конечную конверсию изоцианата?

3. В работе показано, что введение малых количеств углеродных нанотрубок приводит к снижению показателя теплопроводности пенопластов, что автор связывает с уменьшением среднего размера ячеек. Однако, в литературе встречаются данные о противоположном эффекте – увеличении теплопроводности материалов вследствие высокой теплопроводности самих нанотрубок. С чем связана данная разница?

4. При получении нанокomпозиционных пенопластов наполнитель диспергировался в изоцианатном компоненте. Производилось ли сопоставление эффективности такого способа введения с альтернативным подходом – диспергированием наполнителя в полиоле?

5. В тексте работы неоднократно упоминается термин «полиуретан-полиизоциануратный пенопласт», однако в ряде разделов используется аббревиатура «ПИР», а в других – полное наименование. Рекомендуется унифицировать терминологию по всему тексту диссертации для облегчения ее восприятия.

Следует отметить, что высказанные замечания имеют в большинстве случаев дискуссионный характер, не затрагивают сути и основных выводов диссертации и не влияют на общую положительную оценку работы в целом. Некоторые положения могут быть предметом дальнейших научных исследований. Научные выводы диссертационной работы достаточно обоснованы.

7. Автореферат диссертации Власова Р.Р. полностью отражает содержание работы и отвечает требованиям пункта 25 Положения о присуждении ученых степеней, утв. Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» (в действующей редакции).

8. Полученные в диссертации новые экспериментальные данные представлены в 33 научных публикациях, включая 8 статей, опубликованных в журналах, рекомендованных ВАК, 5 статей в журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, а также 20 тезисах докладов.

9. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.

Диссертационная работа Власова Руслана Романовича «Полиуретан-полиизоциануратные пенопласты с повышенной тепло- и огнестойкостью» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном и методическом уровне. В рамках работы на основании выполненных автором исследований решена актуальная научно-техническая задача, заключающаяся в разработке подходов, позволяющих повысить тепло- и огнестойкость полиуретан-полиизоциануратных пенопластов.

Полученные автором результаты обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью, что подтверждается их успешным внедрением в

производственную деятельность, а также публикациями в рецензируемых научных изданиях и апробацией на научных конференциях различного уровня.

Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 2.6.11 Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов (пункты 2, 4, 6).

По своей актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований, теоретической и практической значимости полученных результатов диссертационная работа Власова Руслана Романовича полностью соответствует требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, утв. Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а соискатель Власов Р.Р. заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по научной специальности 2.6.11 Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Отзыв подготовлен Фоминым Сергеем Валерьевичем, кандидатом технических наук (специальность 05.17.06. Технология и переработка полимеров и композитов), доцентом, проректором по международной деятельности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Вятский государственный университет».

Отзыв обсуждён и одобрен на заседании кафедры химии и технологии переработки полимеров федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Вятский государственный университет» (протокол № 8 от «20» мая 2026 года). Решение принято единогласно.

И. о. заведующего кафедрой химии и технологии переработки полимеров федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Вятский государственный университет», кандидат химических наук
Земцова Екатерина Анатольевна

Е.А. Земцова



Собственноручную подпись
Е.А. Земцова заверяю.
Ведущий специалист по кадрам
Г.В. Гвоздев

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет» (ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Вятский государственный университет, ВятГУ). Почтовый адрес: 610000, РФ, Приволжский федеральный округ, Кировская область, г. Киров, ул. Московская, д. 36. Тел.: 8 (8332) 64-65-71; e-mail: info@vyatsu.ru. Официальный сайт организации в сети Интернет: <https://www.vyatsu.ru/>. Контакты кафедры химии и технологии переработки полимеров, 610000, г. Киров, ул. Московская, д.36, каб. 1-521a, тел.: 8 (8332) 742-716, e-mail: kaf_htpe@vyatsu.ru.

Лица, подписавшие документ, выражают согласие на обработку персональных данных.