

УТВЕРЖДАЮ

И.о. ректора ФГБОУ ВО «Волгоградский
государственный технический университет»

член-корреспондент РАН

/ Навроцкий Александр Валентинович/

28 августа 2026 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» на диссертационную работу **Ахмадуллина Рената Маратовича** на тему **«Стабилизаторы и катализаторы на основе производных хинона: синтез, свойства и применение»**, представленную на соискание ученой степени **доктора технических наук** по научной специальности **2.6.10. Технология органических веществ**.

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Ахмадуллина Р.М. посвящена решению крупной научно-технической проблемы, имеющей важное значение для развития технологии органических веществ, нефтехимии, катализа и химии функциональных материалов. Актуальность исследования определяется необходимостью создания отечественных технологий получения эффективных стабилизаторов и катализаторов, способных заменить импортные аналоги и обеспечить технологическую независимость в производстве органических продуктов и полимерных материалов.

Особую значимость работе придает направленность на разработку процессов синтеза таких востребованных соединений, как 3,3',5,5'-тетра-трет-бутил-4,4'-дифенохинон (ТТБДФХ), 3,3',5,5'-тетра-трет-бутил-4,4'-дигидроксифенил (ТТББФ) и 4,4'-бифенол. Указанные вещества представляют существенный интерес как антиоксиданты, полупродукты органического синтеза и мономеры для получения высокотермостойких конструкционных полимеров. При этом существующие методы их получения

нередко характеризуются многостадийностью, использованием экологически небезопасных реагентов, сложностью очистки и ограниченной технологической адаптированностью к промышленному внедрению.

Актуальными также являются исследования, связанные с созданием новых гетерогенных каталитических систем на основе олигопирокатехолатов металлов переменной валентности для процессов жидкофазного окисления меркаптановых соединений. Разработка таких катализаторов имеет не только фундаментальную, но и выраженную прикладную ценность, поскольку напрямую связана с задачами глубокой очистки углеводородного сырья, регенерации щелочи и повышения экологической безопасности нефтеперерабатывающих производств.

Важным достоинством работы является также комплексный подход, при котором исследования охватывают не только стадии молекулярного и каталитического конструирования новых систем, но и вопросы кинетики, механизма, масштабирования, пилотной апробации и промышленного внедрения. Такой уровень проработки позволяет рассматривать диссертацию как завершенное научно-квалификационное исследование, результаты которого имеют высокую значимость как для науки, так и для промышленной практики.

Таким образом, тема диссертационной работы Ахмадуллина Р.М. является безусловно актуальной, соответствует современным приоритетам развития химической технологии и направлена на решение задач импортонезависимости, ресурсосбережения, экологизации и повышения эффективности органического синтеза и нефтехимических процессов.

Научная новизна работы

В аспекте научной новизны представленной работы следует отметить следующие основные результаты:

1. Сформулированы и экспериментально обоснованы принципы формирования состава гетерогенного водно-щелочного катализатора окисления фенолов, содержащего кислородсодержащие сероорганические промотеры, обеспечивающие интенсификацию жидкофазного окисления 2,6-ди-трет-бутилфенола и устранение индукционного периода реакции.

2. Реализована концепция структурного конструирования новых гетерогенных щелочных катализаторов на основе твердого гидроксида натрия, модифицированного оксидами титана и кобальта, с формированием гидрофобного поверхностного слоя и упрочняющей Na-Ti-O структуры, обеспечивающих высокую активность и стабильность катализаторов в циклических процессах окисления и дегидрирования пространственно затрудненных фенолов.

3. Установлены закономерности селективного дегидрирования двухатомных фенолов 3,3',5,5'-тетра-трет-бутил-4,4'-дифенохиноном с образованием соответствующих бензохинонов и 3,3',5,5'-тетра-трет-бутил-4,4'-дигидроксифенила. Выявлена роль воды и железосодержащих компонентов в изменении стехиометрии и механизма восстановительных превращений, что существенно расширяет представления о химии пространственно затрудненных хинонов.

4. Для ключевых стадий промышленно ориентированного процесса ДТБФ → ТТБДФХ → ТТББФ получены кинетические характеристики, определены лимитирующие стадии и обоснованы оптимальные температурные режимы и продолжительность реакций, что создает научную основу для инженерного расчета и масштабирования процесса.

5. Установлены количественные материальные взаимосвязи между стадиями циклического превращения 2,6-ди-трет-бутилфенола в 4,4'-бифенол, показана возможность достижения суммарной конверсии фенольного сырья свыше 95 % при организации возврата фильтратов и рециркуляции непрореагировавшего исходного вещества.

6. Разработан технологически реализуемый способ получения нового класса гетерогенных каталитических систем – олигопирокатехолатов металлов переменной валентности (Cu, Ni, Co, Fe, Mn), синтезируемых через стадию получения натриевой формы олигопирокатехолата и последующего катионного обмена.

7. Выявлены кинетические закономерности жидкофазного окисления меркаптидов натрия в щелочной среде в присутствии катализатора ОПК-Су/ПЭВП, установлены состав, структура и условия, обеспечивающие высокую

каталитическую активность, сопоставимую или превосходящую характеристики промышленных фталоцианиновых катализаторов.

8. Получены новые данные о стабилизирующем действии олигохинонов в полимерных системах, в том числе о повышении термоокислительной стойкости полифениленсульфида и радиационной стойкости полипропилена, что расширяет представления о функциональных возможностях производных хинона как многоцелевых добавок.

Совокупность приведенных результатов свидетельствует о том, что в диссертации решена крупная научная задача, связанная с разработкой и обоснованием новых гетерогенно-каталитических и стабилизирующих систем на основе производных хинона.

Практическая значимость работы

Практическая значимость диссертации определяется следующими положениями:

1. Разработаны и доведены до пилотного уровня технологии получения 3,3',5,5'-тетра-трет-бутил-4,4'-дифенохинона, 3,3',5,5'-тетра-трет-бутил-4,4'-дигидроксифенила и 4,4'-бифенола с подтверждением воспроизводимости на укрупненных установках.

2. Получены опытные партии целевых продуктов в количестве 100 кг ТТБДФХ, 100 кг ТТББФ и 20 кг 4,4'-бифенола, что подтверждает промышленную ориентированность разработанных решений и их готовность к дальнейшему технологическому внедрению.

3. Разработаны технические условия и утверждены паспорта безопасности химической продукции для 4,4'-бифенола, 3,3',5,5'-тетра-трет-бутил-4,4'-дигидроксифенила, 3,3',5,5'-тетра-трет-бутил-4,4'-дифенохинона, а также для гетерогенных катализаторов на основе пирокатехолатов металлов переменной валентности.

4. Создан эффективный гетерогенный катализатор ОПК-Си/ПЭВП для процессов жидкофазного окисления меркаптидов в водно-щелочной среде, продемонстрировавший высокую активность, эксплуатационную устойчивость и возможность многократного использования.

5. Разработанный катализатор внедрен в промышленность в технологии демеркаптанизации сжиженных углеводородных газов на АО «Новошахтинский завод нефтепродуктов», что подтверждено актом внедрения. Промышленная эксплуатация показала высокую эффективность регенерации щелочи и стабильное обеспечение нормативного качества очищенного продукта.

6. Результаты исследования в области олигохинонсодержащих добавок имеют практическую ценность для технологии полимерных материалов, поскольку позволяют использовать синтезированные соединения в качестве термостабилизаторов и антирадиационных модификаторов.

7. На основании результатов работы получены патенты Российской Федерации, что подтверждает новизну и прикладную ценность разработанных технологических решений.

Практическая значимость диссертации состоит не только в получении новых веществ и катализаторов, но и в доведении научных результатов до стадии пилотной и промышленной реализации.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа состоит из введения, двух глав обзора литературы, трех глав, посвященных результатам собственных исследований и их обсуждению, заключения, экспериментальной части, списка сокращений, списка цитируемой литературы и приложений.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, приведены положения, выносимые на защиту, показаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость, а также сведения об апробации результатов и публикационной активности автора.

В первой главе проведен анализ современного состояния исследований и технологий в области синтеза 4,4'-бифенола, 3,3',5,5'-тетра-трет-бутил-4,4'-дигидроксифенила и 3,3',5,5'-тетра-трет-бутил-4,4'-дифенохинона. Рассмотрены основные методы синтеза указанных соединений, их физико-химические характеристики, а также особенности использования фенольных и хинонных производных в качестве антиоксидантов и функциональных компонентов полимерных материалов.

Во второй главе проанализированы механизмы олигомеризации хинонсодержащих соединений, рассмотрены условия формирования олигомерных структур, их антиоксидантные свойства, а также перспективы получения металлсодержащих хинонных и катехольных систем.

Третья глава посвящена разработке новых гетерогенных катализаторов и оптимизации условий синтеза ТТБДФХ и ТТББФ. В ней представлены результаты исследования каталитических систем КОФ, КГЦТi и КГЦСо, приведены кинетические характеристики процессов, выполнены расчеты материального баланса по стадиям $\text{ТТБДФХ} \rightarrow \text{ТТББФ} \rightarrow 4,4'\text{-бифенол}$ и предложены подходы к повышению селективности и технологической устойчивости процесса.

В четвертой главе развит новый подход к получению олигохинонов путем окислительного дегидрирования двухатомных фенолов с участием пространственно затрудненных хинонов. Здесь же подробно описаны синтез, строение и свойства новых олигопирокатехолатов металлов переменной валентности, представлена их структурная и фазовая характеристика.

Пятая глава посвящена прикладным аспектам использования синтезированных соединений и каталитических систем. Рассмотрены три основных направления: каталитическое окисление меркаптидов, промышленная демеркаптанизация сжиженных углеводородных газов, а также модификация полимерных материалов для повышения их термоокислительной и радиационной стойкости.

В шестой главе описаны примененные методики синтеза, условия проведения реакций, способы выделения продуктов и комплекс использованных физико-химических методов анализа: ЯМР, ИК-спектроскопия, хроматография, электронная микроскопия, ЭПР, ЭЯДР, рентгенодифракционный анализ, MALDI-TOF и другие методы, обеспечившие достоверность интерпретации полученных результатов.

Приложения содержат материалы, подтверждающие практическую значимость работы: паспорта безопасности, документы по интеллектуальной собственности, акты внедрения и сведения о масштабировании процессов.

Работа логично построена, обладает внутренним единством, а изложение результатов отличается последовательностью и достаточной полнотой.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты диссертационной работы Ахмадуллина Р.М. могут быть рекомендованы к использованию:

- в научно-исследовательских и проектных организациях, работающих в области технологии органических веществ, катализа, нефтехимии и химии функциональных материалов;

- на предприятиях органического и нефтехимического синтеза при разработке и внедрении процессов получения 4,4'-бифенола, фенольных антиоксидантов и хинонных полупродуктов;

- на предприятиях нефтепереработки и газопереработки в процессах демеркаптанзации углеводородного сырья и регенерации щелочи, в частности Московский нефтеперерабатывающий завод (АО «Газпромнефть-МНПЗ»), Орский нефтеперерабатывающий завод (ПАО «Орскнефтеоргсинтез»), Афипский нефтеперерабатывающий завод (ООО «Афипский НПЗ»), Нижегородский нефтеперерабатывающий завод (ООО «ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез»), Славянский нефтеперерабатывающий завод (ООО «Славянск ЭКО»);

- в образовательном процессе при подготовке специалистов по химической технологии, катализу, технологии органических веществ и химии высокомолекулярных соединений.

Замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе имеются следующие замечания и вопросы дискуссионного характера:

1. В работе убедительно показана промотирующая роль кислородсодержащих сероорганических соединений в составе катализатора КОФ, однако было бы полезно более детально количественно разделить вклад повышения основности среды и вклад межфазного массопереноса в общий эффект ускорения реакции.

2. При обсуждении роли воды и железосодержащих компонентов в восстановлении ТТБДФХ представляет интерес более подробное разграничение

влияния материала реакционного оборудования, возможных растворенных железосодержащих частиц и собственно межфазных процессов переноса водорода.

3. Практически важные результаты по стабилизации полифениленсульфида и полипропилена было бы полезно дополнить более широкими данными по долговременным эксплуатационным характеристикам материалов, включая изменения механических свойств при длительном старении.

4. Для промышленно ориентированного катализатора ОПК-Cu/ПЭВП представляет интерес более подробное освещение вопросов его регенерации, ресурса в непрерывном режиме и причин возможной дезактивации при длительной эксплуатации.

5. В работе приведены убедительные данные по эффективности разработанных катализаторов и технологий; вместе с тем для ряда процессов было бы полезно представить расширенное сопоставление с лучшими промышленными и зарубежными аналогами в унифицированных условиях испытаний.

Указанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы, носят частный и в основном дискуссионный характер и не затрагивают существа полученных автором результатов.

Достоверность результатов работы

Достоверность полученных в диссертации результатов не вызывает сомнений. Она обеспечивается четкой постановкой задач исследования, использованием современного комплекса физико-химических методов анализа, воспроизводимостью экспериментальных данных, сопоставлением результатов с литературными данными, проведением исследований на лабораторном, пилотном и промышленном уровнях.

О высоком уровне достоверности свидетельствует также значительный объем экспериментального материала, апробация основных результатов на российских и международных научных конференциях, наличие публикаций в рецензируемых изданиях, в том числе индексируемых в международных базах данных, а также получение патентов Российской Федерации.

Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации и позволяют сделать вывод о полноте представления полученных результатов.

Соответствие диссертации паспорту специальности

Содержание диссертации соответствует научной специальности 2.6.10. Технология органических веществ. Представленные в работе результаты относятся к разработке и исследованию технологий получения органических соединений, созданию новых каталитических систем, изучению механизмов, кинетики и закономерностей химико-технологических процессов, а также к вопросам их масштабирования и промышленной реализации.

По результатам диссертации опубликовано 17 научных трудов, в том числе 10 статей в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК РФ для размещения результатов диссертаций, 7 статей опубликованы в изданиях, индексируемых в международных базах научного цитирования Scopus и WoS; получено 3 патента РФ.

Заключение о соответствии диссертации критериям, предъявляемым к докторским диссертациям

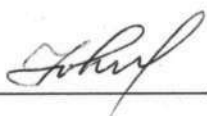
Диссертационная работа Ахмадуллина Рената Маратовича на тему «Стабилизаторы и катализаторы на основе производных хинона: синтез, свойства и применение» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой предложены новые научно обоснованные технологические решения для гетерогенно-каталитических процессов получения функциональных хинонных и фенольных производных, а также процессов очистки углеводородного сырья, которые имеют важное значение для развития отечественных технологий органических веществ, катализа, нефтехимии и химии функциональных материалов.

По уровню научной новизны, теоретической и практической значимости, объему проведенных исследований, степени обоснованности выводов и значимости полученных результатов для науки и промышленности диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, в действующей редакции) предъявляемым к докторским диссертациям. Автор диссертационной

работы, Ахмадуллин Ренат Маратович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.10. Технология органических веществ.

Отзыв обсужден и одобрен на расширенном заседании семинара кафедр «Аналитическая, физическая химия и физико-химия полимеров» и «Технология органического и нефтехимического синтеза». ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (протокол №10 от 25 июня 2026 г.).

Доктор химических наук (02.00.06-Высокомолекулярные соединения), академик РАН, профессор, заведующий кафедрой «Аналитическая, физическая химия и физико-химия полимеров»

 / Новаков Иван Александрович /

Доктор химических наук (02.00.03 – Органическая химия), доцент, заведующий кафедрой «Технология органического и нефтехимического синтеза»

 /Шишкин Евгений Вениаминович/

Секретарю  28.08.2026
И.о. общего отдела  /Ферхикаева Т.А.
(подпись)

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», 400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, д.28, (8442)230076, rector@vstu.ru, <https://www.vstu.ru/>

Вход. № 05-9116
« 07 » 09 2026 г.
подпись 