

“УТВЕРЖДАЮ”

Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»

доктор физико-математических наук,
член-корреспондент РАН,



А.А. Калачев



“ 6 ” мая 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук» на диссертацию Салахутдинова Рустама Ринатовича «Синтез бораспирокарбоциклов по реакции циклоборирования метилиденциклоалканов с помощью галогенидов бора, катализируемой Cr_2TiCl_2 », представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.3. – Органическая химия.

Диссертационная работа Салахутдинова Рустама Ринатовича посвящена химии циклических борорганических соединений. Интерес к подобным соединениям обусловлен, прежде всего, возможностью применения данного класса соединений в различных областях науки и техники – структурные и оптические материалы, сенсорные датчики, светоизлучающие и электронные устройства, а также перспективные лекарственные препараты. Однако химия спироциклических соединений бора практически не изучена, о чем свидетельствует ограниченное количество публикаций по данной тематике.

Нестабильность бораспиросоединений и, как следствие, сложность идентификации их структуры спектральными методами явилось препятствием к развитию исследований в области их синтеза и изучения свойств. Данные об однореакторном способе синтеза бораспирокарбоциклов с использованием катализаторов в литературе отсутствовали.

Учитывая теоретическую и практическую значимость борорганических соединений, разработка новых способов синтеза труднодоступных бораспирокарбоциклов с использованием реакции каталитического циклоборирования метилиденциклоалканов с помощью галогенидов бора в присутствии двухкомпонентной каталитической системы $\text{Cr}_2\text{TiCl}_2/\text{Mg}$ является важной и **актуальной** задачей.

Работа является частью плановых исследований Института нефтехимии и катализа Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук и выполнена в лаборатории каталитического синтеза в соответствии с научным направлением института по темам «Дизайн и применение металлокомплексных и гетерогенных катализаторов в направленном органическом и металлоорганическом синтезе» (№ гос. регистрации АААА А19-119022290008-6) и «Металлокомплексный и ферментативный катализ в химии непредельных, кластерных и биологически активных соединений» (FMRS-2022-0075).

Диссертационная работа Салахутдинова Р.Р. выстроена традиционным способом и включает введение, литературный обзор на тему «Каталитические методы формирования связей В–С на основе олефинов с участием комплексов переходных металлов первого ряда d-блока», обсуждение результатов, экспериментальную часть, заключение, выводы, список сокращений и список цитируемой литературы. Текст диссертации изложен на 151 странице компьютерного набора (формат А4), включает 3 таблицы, 22 рисунка, 86 схем. Список используемой литературы содержит ссылки на 146 работ. Во введении

обоснована актуальность работы, цель, поставленные задачи исследования, научная новизна, практическая значимость, личный вклад автора, апробация результатов работы. Литературный обзор состоит из четырех разделов и обобщает данные по синтезу органоборанов по реакциям гидроборирования, дегидроборилирования и циклоборирования олефинов под действием комплексов переходных металлов первого ряда d-блока (Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu), находящихся в 4-м периоде периодической таблицы элементов. Обзор литературы проведен на высоком уровне, создает предпосылки к поставленной цели, связанной с синтезом ранее не описанных бораспиракарбоциклов, что свидетельствует об умении диссертанта логично и грамотно обобщать данные из источников. Приведено аргументированное заключение по литературному обзору. Вторая глава диссертационной работы посвящена обсуждению собственных результатов автора и является логическим продолжением литературного обзора. В третьей главе приведены детали проведенных экспериментов и содержит характеристики получаемых соединений. В Заключении представлены перспективы практического применения полученных результатов. Завершается работа достаточно четко изложенными выводами. Список литературы включает 146 источников, основной частью которых являются работы последних 20 лет.

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертационной работы.

Представленная к защите работа удовлетворяет критериям **научной новизны** и **практической значимости**. Приведенные в диссертационной работе Салахутдинова Р.Р. **выводы**, базирующиеся на экспериментах, являются **обоснованными** и значимыми.

Следует отметить квалифицированное использование диссертантом современных инструментальных физических методов установления структуры полученных органических соединений (ЯМР ^1H , ^{13}C , ^{11}B , ^{19}F спектроскопия,

двумерные эксперименты, диффузионная спектроскопия ЯМР (DOSY), масс-спектрометрия), что обеспечивает достоверность полученных данных и сделанных на их основе выводов. Доказательство структуры борорганических соединений оставляет очень хорошее впечатление и может представлять интерес для исследователей, проводящих работы в области синтеза борорганических соединений, так как содержит ряд оригинальных находок в методологическом плане. Умело использованы дополнительные методы доказательства структуры органических соединений – квантовохимические расчеты химических сдвигов ЯМР ^{13}C и ^{11}B .

В результате проведенных исследований Салахутдиновым Р.Р. разработаны способы синтеза труднодоступных бораспирокарбоциклов на основе ранее разработанной в ИНК УФИЦ РАН реакции каталитического циклоборирования олефинов тригалогенидами бора и дигалогенборанами в присутствии двухкомпонентной каталитической системы $\text{Cr}_2\text{TiCl}_2/\text{Mg}$:

– впервые разработан способ получения 1-фенил-1-бораспироалканов реакцией циклоборирования метилиденциклоалканов с помощью PhBCl_2 , катализируемой $\text{Cr}_2\text{TiCl}_2/\text{Mg}$;

– разработан способ синтеза ранее неописанных 1-фторзамещенных бораспиронов в виде комплексов с молекулой ТГФ реакцией циклоборирования метилиденциклоалканов реагентом $\text{VF}_3 \cdot \text{ТГФ}$ в присутствии $\text{Cr}_2\text{TiCl}_2/\text{Mg}$;

– разработаны способы получения новых борсодержащих производных адамантана – спиро[адамантан-2,2'-бориранов] по реакции циклоборирования метиленадамантана с помощью дихлорборанов и трифторида бора;

– синтезированы новые борсодержащие спиротерпеноиды на основе β -пинена, (-)-камфена, метилентанана и 2-метиленборнана;

Опубликованные в **рецензируемых научных изданиях** статьи и представление полученных результатов на профильных конференциях полностью раскрывают и передают содержание диссертационной работы.

Имеются замечания по содержанию и оформлению работы, которые не снижают ценность, актуальность и научную новизну выполненного исследования:

1. В разделе “Актуальность работы” в дополнение к ссылкам 1, 2 напрашивается добавление хотя бы еще 1-2 ссылок на более поздние обзорные работы. Аналогичное пожелание относится к строке 5 второго абзаца этого же раздела.

2. Для новых устойчивых соединений желательно также иметь данные ИК-спектроскопии.

3. П. 2 раздела “ Положения, выносимые на защиту” звучит странно. В чем новизна и научная значимость в получении труднодоступных смесей соединений?

4. Стр. 11 диссертации. Кроме ссылок [7, 8] Можно было процитировать более свежие обзоры. Например, *Molecules* 2022, 27(9), 2615; <https://doi.org/10.3390/molecules27092615>

5. Пожелание к схеме 1.2 на стр. 14 диссертации. Для наглядности можно было привести структуры продуктов окисления.

6. Некоторые предложения в разделе “Обсуждение результатов” следовало составлять более кратко.

7. Строение соединения **17** (стр. 85 диссертации) в экспериментальной части не отражено, нарисовано с опечаткой. Соответственно, предположение о его образовании не является доказанной однозначно.

8. Для ссылки 87 не приведены выходные данные англоязычной версии статьи.

Диссертационная работа Салахутдинова Р.Р. является научной квалификационной работой, в которой **решена научная задача** по разработке способов синтеза труднодоступных спироборакарбоциклов с использованием реакции каталитического циклоборирования метилиденциклоалканов с

помощью галогенидов бора под действием $\text{Cr}_2\text{TiCl}_2/\text{Mg}$. Работа полностью соответствует специальности 1.4.3. Органическая химия и является актуальной и цельной научной работой, по своей научной новизне, значимости и объему полученных данных отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соответствует критериям пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции от 20.03.2021 г.), а ее автор, Салахутдинов Рустам Ринатович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по научной специальности 1.4.3. – Органическая химия.

Рецензируемая работа обсуждена на заседании семинара лаборатории фосфорсодержащих аналогов природных соединений ИОФХ им. А.Е. Арбузова – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН 30 апреля 2026, протокол № 6.

Отзыв подготовил:

С.н.с. лаборатории фосфорсодержащих аналогов природных соединений ИОФХ им. А.Е. Арбузова – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН

К.Х.Н.

Подпись Богданов А.В.

ЗАВЕРЯЮ

НАЧАЛЬНИК
ОТДЕЛА ПРОТОКОЛА
И ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА Галимханова Д.М.

« 06 » мая 2026 г.



Андрей Владимирович Богданов

06 мая 2026 г.

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»

Адрес организации: 420111, Российская Федерация, Татарстан, г. Казань, ул.
Лобачевского, 2/31, а/я 261.

Е-mail: presidium@knc.ru

тел.: +7(843) 231-90-00

веб-сайт: <https://knc.ru/>