

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук
(УФИЦ РАН)

450054, г. Уфа, проспект Октября, 71. Тел./факс: (347) 235-60-22, 284-56-52, e-mail: presidium@ufaras.ru, presid@anrb.ru
Код организации 81, ОГРН 1030204207582, ИНН 0274064870, КПП 027601001

«УТВЕРЖДАЮ»

27.01.2026 № 17101-9311-85

На № _____

Руководитель Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, доктор биологических наук Мартыненко В.Б.

«27»



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного научного учреждения
Уфимского федерального исследовательского центра
Российской академии наук**

Диссертация «Синтез бораспирокарбоциклов по реакции циклоборирования метилиденциклоалканов с помощью галогенидов бора, катализируемой Cr_2TiCl_2 » выполнена в Институте нефтехимии и катализа – обособленном структурном подразделении Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИНК УФИЦ РАН), в лаборатории каталитического синтеза.

В период подготовки диссертации соискатель Салахутдинов Рустам Ринатович с 01.09.2018 г. по 01.06.2020 г. обучался в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный университет» по

направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, направленность (профиль) образовательной программы: 02.00.03 – Органическая химия, а с 02.06.2020 г. по 30.09.2022 г. в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (УФИЦ РАН). С 26 января 2022 года по настоящее время Рустам Ринатович работает в должности координатора по молодёжным проектам Регионального исполкома ОБЩЕРОССИЙСКОГО НАРОДНОГО ФРОНТА в Республике Башкортостан.

В 2018 году Салахутдинов Рустам Ринатович окончил химический факультет Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный университет» (программа магистратуры по направлению подготовки 04.04.01 Химия) с присвоением квалификации «Магистр». В 2022 году Салахутдинов Рустам Ринатович окончил аспирантуру Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (программа по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки) с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Справка об обучении № 86-24, содержащая данные о сдаче кандидатских экзаменов по следующим дисциплинам: история и философия науки (Химические науки) («отлично» 29 мая 2019 г.), иностранный язык (английский язык) («отлично» 27 мая 2019 г.), выдана 24 октября 2024 года Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением «Уфимский университет науки и технологий».

Справка об обучении № 13/652.3, содержащая данные о сдаче кандидатского экзамена по специальности 1.4.3. Органическая химия («отлично» 21 июня 2022 г.), выдана 05 февраля 2025 года Федеральным государственным бюджетным научным учреждением Уфимским федеральным исследовательским центром Российской академии наук.

Научный руководитель – Тулябаева Лилия Инверовна, кандидат химических наук (02.00.03 – Органическая химия, 02.00.15 – Кинетика и катализ), старший научный сотрудник лаборатории каталитического синтеза Института нефтехимии и катализа – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук.

По итогам обсуждения диссертационной работы принято следующее заключение.

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертационная работа Салахутдинова Р.Р. является цельной, самостоятельной и законченной научно-исследовательской работой, выполненной на высоком профессиональном уровне, и отвечает критериям пп. 9-14 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Основные научные результаты, полученные соискателем

В ходе выполнения диссертационной работы получены следующие результаты:

1. Впервые разработан способ получения 1-фенил-1-бораспиранов реакцией циклоборирования метилиденциклоалканов с помощью PhBCl_2 , катализируемой $\text{Cr}_2\text{TiCl}_2/\text{Mg}$, при соотношении реагирующих веществ метилиденциклоалкан : PhBCl_2 : Cr_2TiCl_2 : $\text{Mg} = 1 : 1.1 : 0.2 : 1$ в ТГФ в течение 6 часов и температуре 20–22 °С.

2. Разработан способ синтеза ранее неописанных 1-фторзамещенных бораспиранов в виде комплексов с молекулой ТГФ реакцией циклоборирования метилиденциклоалканов реагентом $\text{VF}_3 \cdot \text{ТГФ}$ в присутствии $\text{Cr}_2\text{TiCl}_2/\text{Mg}$. Установлено, что в разработанных условиях (метилиденциклоалкан : $\text{VF}_3 \cdot \text{ТГФ}$: Cr_2TiCl_2 : $\text{Mg} = 1 : 4 : 0.2 : 1$, ТГФ, 6 ч, 50 °С) наряду с целевыми бораспиранами образуются продукты изомеризации двойной связи исходных

метиленциклоалканов – 1-метилциклоалк-1-ены (в случае 1-метилциклододец-1-ена и 1-метилциклоокт-1-ена в виде *Z/E* изомеров).

3. Разработаны способы получения новых борсодержащих производных адамантана – спиро[адамантан-2,2'-бориранов] по реакции циклоборирования метиленадамантана с помощью дихлорборанов $RBCl_2$ (R = циклооктил, *экзо*-норборнил), а также трифторида бора. Установлено, что в отличие от 1-фторспиро[адамантан-2,2'-борирана], идентифицированного в растворе в виде комплекса с ТГФ, 1-оксицикло(бицикло)алкилзамещенные спиро[адамантан-2,2'-борираны] существуют в виде стабильных при комнатной температуре индивидуальных соединений.

4. Установлено, что синтез новых 1-фторзамещенных борсодержащих спиротерпеноидов на основе β -пинена, (-)-камфена или метилентанана необходимо осуществлять при соотношении реагирующих веществ олефин : $BF_3 \cdot TGF$: Cr_2TiCl_2 : Mg = 1 : 4 : 0.2 : 1 в ТГФ в течение 6 ч при 25–30 °С.

5. Разработан способ синтеза стабильного кислородсодержащего 1-(бицикло[2.2.1]гепт-2-илокси)-замещенного бораспирана на основе 2-метиленборнана и *экзо*-норборнилдихлорборана (олефин : $[B]$: $[Ti]$: Mg = 1 : 1.1 : 0.2 : 1, в ТГФ, 7 ч, 60 °С). Установлено, что 1-(бицикло[2.2.1]гепт-2-илокси)-замещенный бораспиран после гидролиза трансформируется в соответствующий спиробориранол с сохранением трехчленного циклического фрагмента.

Личный вклад Салахутдинова Р.Р. состоит в изучении и обобщении литературных данных, проведении экспериментальных исследований, анализе и интерпретации полученных результатов, активном участии в оформлении публикаций и диссертационной работы.

Достоверность полученных результатов

Достоверность представленных результатов подтверждается их воспроизводимостью и согласованностью с известными экспериментальными и теоретическими данными. Кроме того, достоверность полученных результатов обеспечена применением современных физико-химических методов

идентификации структуры и чистоты продуктов реакций и исходных веществ, в том числе одномерной (^1H , ^{13}C , ^{11}B , ^{19}F) и двумерной гомо- (COSY, NOESY) и гетероядерной (HSQC, HMBC) спектроскопии ЯМР, масс-спектрометрии, ИК-спектроскопии.

Научная новизна полученных результатов

В работе впервые получены следующие результаты:

Впервые циклоборированием метилиденциклоалканов с помощью PhBCl_2 в присутствии каталитической системы $\text{Cr}_2\text{TiCl}_2/\text{Mg}$ получены 1-фенил-1-бораспираолканы.

Взаимодействием метилиденциклоалканов с $\text{BF}_3 \cdot \text{ТГФ}$ в присутствии катализатора Cr_2TiCl_2 и Mg осуществлен синтез новых 1-фторзамещенных бораспиранов в виде комплексов с ТГФ.

Впервые с использованием метода каталитического циклоборирования олефинов с помощью $\text{BF}_3 \cdot \text{ТГФ}$ и дихлорборанов $\text{RBCl}_2 \cdot \text{SMe}_2$ ($\text{R} = \text{экзо-норборнил}$, циклооктил) в присутствии Cr_2TiCl_2 и Mg синтезированы борсодержащие производные адамантана – спиро[адамантан-2,2'-борираны].

В условиях Ti-катализируемой реакции циклоборирования с помощью трифторида бора или *экзо-норборнил*дихлорборана получены новые борсодержащие спиротерпеноиды на основе терпенов и их метиленовых производных (β -пинена, (-)-камфена, метиленментана и метиленборнана).

Практическая значимость результатов

Практическая значимость заключается в создании научных основ направленного синтеза труднодоступных 1-фтор(фенил,циклоалкокси)-замещенных спироборакарбоциклов с применением каталитической реакции циклоборирования метилиденциклоалканов галогенидами бора под действием каталитической системы $\text{Cr}_2\text{TiCl}_2/\text{Mg}$. Полученные в диссертационной работе новые результаты вносят вклад в развитие методологических аспектов химии борорганических соединений и расширение знаний в области направленного синтеза труднодоступных спироборакарбоциклов. Простота синтеза и доступность исходных соединений и реагентов позволяют сделать вывод, что

данный подход к построению бораспиранов может быть использован для создания современных методов получения борсодержащих биологически активных соединений.

**Полнота изложения материалов диссертации
в опубликованных работах**

По материалам работы опубликовано 5 статей в журналах, входящих в международные базы данных Web of Science и Scopus, тезисы 6 докладов на всероссийских и международных конференциях, 2 патента.

Основные публикации по теме диссертации:

1. Khusainova, L.I. α,ω -Dienes in Cr_2TiCl_2 -catalyzed synthesis of boriranes / L.I.Khusainova, L.O. Khafizova, T.V. Tyumkina, R.R. Salakhutdinov, U.M. Dzhemilev – DOI: 10.1016/j.jorganchem.2021.121981 // Journal of Organometallic Chemistry. – 2021. – V. 950. – 121981.
2. Тулябаева, Л.И. Циклоборирование метиленовых производных монотерпенов с помощью $\text{BF}_3 \cdot \text{THF}$, катализируемое Cr_2TiCl_2 / Л.И. Тулябаева, Р.Р. Салахутдинов, Т.В. Тюмкина, А.Р. Тулябаев. – DOI: 10.1007/s11172-023-4046-0 // Известия АН. Серия химическая. 2023. Т. 72. № 10. – С. 2446–2452.
3. Тулябаева, Л.И. Первый пример синтеза нового класса спироборакарбоциклов реакцией циклоборирования метиленциклоалканов с помощью PhBCl_2 , катализируемой Cr_2TiCl_2 / Л.И. Тулябаева, Р.Р. Салахутдинов, Т.В. Тюмкина, У.М. Джемилев. – DOI: 10.1134/S107042802212020X // Журнал органической химии. – 2023. – Т. 59. – № 2. – С. 228–236.
4. Тулябаева, Л.И. Взаимодействие метиленциклоалканов с $\text{BF}_3 \cdot \text{THF}$, катализируемое Cr_2TiCl_2 / Л.И. Тулябаева, Р.Р. Салахутдинов, Т.В. Тюмкина, А.Р. Тулябаев, М.Ф. Абдуллин. – DOI: 10.31857/S0514749224010065 // Журнал органической химии. – 2024. – Т. 60. – № 1. – С. 75–85.

5. Тулябаева, Л.И. Однореакторный метод синтеза спиро[адамantan-2,2'-бориранов] по реакции циклоборирования метиленаадамantanа с помощью галогенидов бора, катализируемой Cr_2TiCl_2 / Л.И. Тулябаева, Р.Р. Салахутдинов, Т.В. Тюмкина, А. Р. Тулябаев, М.Ф. Абдуллин. –DOI: 10.1007/s11172-024-4308-5 // Известия АН. Серия химическая. 2024. Т. 73. № 7. – С. 1907–1915.

Соответствие содержания диссертации паспорту специальности

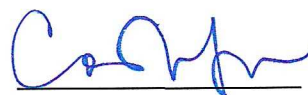
Диссертационная работа Салахутдинова Р.Р. соответствует паспорту научной специальности 1.4.3. Органическая химия, а именно пункту 1 «выделение и очистка новых соединений», пункту 3 «развитие рациональных путей синтеза сложных молекул» и пункту 7 «выявление закономерностей типа «структура-свойство»».

Диссертация «Синтез бораспирокарбоциклов по реакции циклоборирования метилиденциклоалканов с помощью галогенидов бора, катализируемой Cr_2TiCl_2 » Салахутдинова Рустама Ринатовича рекомендуется к представлению к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.3. Органическая химия.

Заключение принято на заседании Ученого совета Института нефтехимии и катализа – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук.

Присутствовало на заседании **62** человека, в том числе **17** членов Ученого совета из **22** членов списочного состава. Результаты голосования членов Ученого совета: «за» – **17** чел., «против» – **нет**, «воздержалось» – **нет**, протокол № 4 от 27 марта 2025 г.

Председатель ученого совета
ИНК УФИЦ РАН, д.х.н.



Сабиров Д.Ш.

Секретарь ученого совета
ИНК УФИЦ РАН, к.х.н.



Павлова И.Н.