

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Муратова Дмитрия Викторовича «Трехпалубные комплексы с пятичленными борсодержащими циклическими лигандами», представленной на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.08 – Химия элементоорганических соединений.

Диссертационное исследование Муратова Д.В. посвящено разработке синтетических подходов к получению многопалубных сэндвичевых комплексов с мостиковыми борсодержащими циклическими лигандами, а также исследованию их структуры и реакционной способности. Высокая степень актуальности выбранной тематики обусловлена перспективами использования таких соединений в катализе, органическом синтезе, индустрии наноматериалов и молекулярной электронике. Автором предложены и развиты оригинальные методы синтеза трех- и четырехпалубных систем с использованием реакций электрофильного стэкинга, позволяющие получать разнообразные комплексы в мягких условиях.

В ходе выполнения диссертационной работы получен обширный круг неизвестных ранее трехпалубных сэндвичей с борольными и диборолильными лигандами. Синтезированы новые нейтральные и катионные четырехпалубные соединения. Обнаружена стабилизация  $\alpha$ -карбениевого центра в трехпалубном комплексе, открывающая широкие возможности функционализации таких систем. Подробно изучено строение комплексов с привлечением рентгеноструктурного анализа и квантово-химических расчетов, включающих анализ энергетических вкладов (energy decomposition analysis, EDA) и вычисления в рамках метода натуральных орбиталей связи (natural bond orbitals, NBO). Проведены масштабные электрохимические исследования, которые показали, что полученные комплексы способны к обратимому одноэлектронному окислению и восстановлению.

Изучение реакционной способности трехпалубных комплексов с борсодержащими лигандами позволило предложить новые синтетические подходы, основанные на превращении одних трехпалубных систем в другие. Впервые показана возможность формирования трехпалубных катионных фрагментов с  $\mu$ -диборолильным лигандом. Таким образом, материалы автореферата свидетельствуют о том, что автором на высоком научном уровне выполнен большой объем экспериментальных и теоретических исследований трехпалубных комплексов с пятичленными борсодержащими циклическими лигандами, результаты которых имеют существенное научное и практическое значение для химии элементоорганических соединений.

В качестве замечаний можно отметить, что уравнение на с.38, используемое автором для оценки влияния заместителя на стабильность алкильного катиона  $\text{RCH}_2^+$ , на самом деле дает информацию об энергии отрыва протона от  $\text{RCH}_3$  метил-катионом. Эта энергия связана со свойствами как  $\text{RCH}_2^+$ , так и  $\text{RCH}_3$ . Предположения о причинах относительной устойчивости комплексов 7 - 9 (с. 9, 10) было бы полезно проиллюстрировать результатами квантово-химических расчетов. Приближение NBO, описывающее молекулы как льюисовские структуры, нельзя назвать самым удачным выбором для моделирования сэндвичевых систем с сильно делокализованными связями (с. 13). Данные замечания не являются принципиальными и не затрагивают основные

положения и выводы диссертации. Они не влияют на общую высокую оценку проведенного исследования.

Все вышеизложенное позволяет заключить, что диссертационная работа Муратова Д.В. «Трехпалубные комплексы с пятичленными борсодержащими циклическими лигандами» по поставленным задачам, уровню их решения и научной новизне полученных результатов полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям (п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842; с изменениями, внесенными постановлением Правительства РФ от 21 апреля 2016 г. № 335), а ее автор, Муратов Д.В., заслуживает присуждения ему ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.08 – Химия элементоорганических соединений.

Кетков Сергей Юлиевич, доктор химических наук (02.00.08 – Химия элементоорганических соединений), заведующий лабораторией строения металлоорганических и координационных соединений ИМХ РАН, эл. почта sketkov@iomc.ras.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева Российской академии наук, 603950, г. Нижний Новгород, бокс 445, ул. Тропинина, 49, тел. +7 (831) 4627709.

Подпись С.Ю. Кеткова заверяю

Ученый секретарь ИМХ РАН  
кандидат химических наук



К.Г. Шальнова

« 11 » \_\_\_\_\_ 2021 г.