

Отзыв
члена диссертационного совета на диссертационную работу
Верещагина Анатолия Андреевича, представленную на соискание
ученой степени кандидата химических наук
по научной специальности 1.4.6. Электрохимия

«Синтез, электрохимические и спектральные свойства гибридных материалов на основе проводящих полимеров и свободных нитроксильных радикалов»

Кандидатская работа Верещагина А.А. посвящена исследованию новых электроактивных гибридных систем на базе металлогорганических комплексов, модифицированных ТЕМПО группами. Такие материалы могут быть потенциально применимы в области каталитических систем и энергозапасающих устройств. **Актуальность** тематики диссертационной работы Верещагина А.А. состоит в следующем:

- редокс-активные и проводящие полимерные материалы обладают взаимодополняющими характеристиками (электрическая ёмкость и электропроводность, соответственно), поэтому объединение нескольких функциональных компонентов в одну молекулу может стать эффективным подходом для получения материалов с желаемыми свойствами.
- анализ свойств сложных гибридных систем, включающих в свой состав несколько электроактивных центров разной природы и построение новых модельных представлений их заряда-разряда, необходим для понимания функционирования таких систем.
- в представленную диссертационную работу входит описание новых синтетических подходов, методик проведения эксперимента, анализа данных и необходимых расчётов, поэтому работа имеет важное **фундаментальное** значение для развития научного направления, посвященного редокс-проводящим полимерам.

Научная новизна представленной работы заключается в объектах исследования, которые были получены впервые. Впервые были синтезированы полимеры на основе новых молекул, получен набор их спектральных и электрохимических характеристик. Обзор литературы, обобщающий результаты в области монокомпонентных и гибридных ТЕМПО содержащих систем для энергетики и катализа за последние 20 лет, также имеет существенную научную ценность, он был опубликован отдельно в международном журнале. Важнейшей частью работы, определяющей её **практическую значимость**, является возможность

предсказания энергозапасающих свойств исследуемых систем на основе их строения. Так, для той или иной химической структуры на основе данных о проводимости и спектральных характеристик возможно предсказание электрохимических свойств и эффективности. Это значительно упрощает поиск лучших кандидатов для потенциального применения, а также облегчает планирование дальнейших шагов в синтезе новых образцов. В экспериментальной части диссертации описывается используемые в работе методы исследования, приведено подробное описание всех выполненных процедур синтеза, полимеризации и анализа. Показано, что анализ гибридных систем электрохимическими методами, а также методами *operando* кварцевой микрографии (ЭКГМ), спектроскопии в ультрафиолетовой, видимой и ближней ИК области спектра (УФ-Вид-БИК) и спектроскопии электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), дает возможность установить механизм совместного функционирования ТЕМПО групп и проводящего полимерного остова. Сопоставление данных о стабильности и электроактивности материалов со спектральными данными и областями электронной проводимости позволяет выявить возможные внутримолекулярные процессы между компонентами системы. Детальное описание методик эксперимента позволяет сделать вывод о **корректности произведенных измерений и расчётов**, а основные выводы, сформулированные в диссертации, считать **научно обоснованными и достоверными**.

Научные положения и выводы являются **обоснованными**, так как базируются на широком обзоре литературных данных и надежном экспериментальном материале. Выводы сформулированы четко и охватывают все важнейшие аспекты работы. Достоверность всех данных также подтверждается широкой **апробацией** работы на ряде научных конференций (8 международных и российских конференций). Материалы, представленные в диссертации, достаточно полно отражены в публикациях автора (5 работ в научных журналах (Scopus, WoS).

Замечания по тексту диссертации.

1. Материал работы представлен последовательно, системы рассматриваются от простых к более сложным, выводы сформулированы для каждой системы отдельно, а также обобщены для всех представленных материалов. Однако в работе присутствуют опечатки, неточные формулировки и неудачные выражения. Это не влияет на общее понимание изложенной информации и представленных выводов.
2. В работе используется большое количество различных *operando* измерений, ЭКГМ, используются платиновые электроды, стеклянные электроды, покрытые ITO, стеклоуглеродные электроды разной площади. Объем электролита, конфигурация ячейки, взаимное размещение электродов в ней также меняются. Однако в работе не

приводится информации о том, на сколько большим оказывается влияния конфигурации ячейки и материала электродов на качество и воспроизводимость получаемых данных.

3. Также в работе практически не встречаются данные о воспроизводимости образцов, их количества, сколько раз был проведен тот или иной эксперимент, не приведен разброс значений емкости, стабильности и т.д.
4. Следует отметить часто встречающиеся терминологические неточности, например, емкость полимера, емкость, вместо гравиметрической емкости и т.д.

Представленные вопросы и замечания носят уточняющий характер и не снижают ценности диссертационной работы. Считаю, что диссертация Верещагина Анатолия Андреевича на тему: «Синтез, электрохимические и спектральные свойства гибридных материалов на основе проводящих полимеров и свободных нитроксильных радикалов» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 года №11881/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Верещагин Анатолий Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по научной специальности 1.4.6 Электрохимия. Пункты 9 и 11 указанного порядка диссидентом не нарушены.

Член диссертационного совета,
доктор химических наук, заведующий
кафедрой аналитической химии
Института химии СПбГУ

9.06.2023
(дата)


/ Ермаков С.С.
(подпись)

(ФИО)