

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Кочергина Валерия Константиновича** «Бесплатиновые катализаторы восстановления кислорода для топливных элементов на основе плазмозлектрохимически расщепленного графита», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.4.15 – Химия твердого тела и 1.4.6 – Электрохимия

Диссертация Кочергина В.К. посвящена разработке новых эффективных бесплатиновых катализаторов восстановления кислорода в катодах топливных элементов (ТЭ) на основе нанокompозитов модифицированного графена с оксидами переходных металлов.

Катализаторы на основе платины для ТЭ имеют ряд существенных недостатков: высокая стоимость, истощение запасов платины, деградация характеристик катализатора в процессе длительной работы ТЭ и т.д. Поэтому поиск и создание не содержащих благородных металлов, экономически приемлемых, высокоэффективных и стабильных катализаторов является актуальной и своевременной задачей.

Кочергин В.К. в своей работе впервые использовал плазмозлектрохимический подход к одностадийному синтезу как малослойных графеновых структур (МГС) с характерной толщиной  $\leq 5$  нм, так и нанокompозитов МГС с оксидами переходных металлов (кобальта и марганца). В результате исследования было найдено, что расщепление графита сопровождается модификацией его поверхности и поверхности получаемых наноструктур в результате химических и электрохимических реакций высокоактивных радикалов, ион-радикалов, возбужденных атомов и молекул, природа которых определяется составом электролита. Кроме того, высокая скорость нарастания импульсного напряжения приводит к гидроудару при взрывном вскипании электролита, способствующем отщеплению графеновых структур, и незначительной глубине проникновения электрического поля в графитовый электрод, обеспечивающей малую толщину синтезируемых частиц.

За время выполнения работы было синтезировано более 200 различных образцов, чья электрокаталитическая активность была исследована. А около 50 из этих образцов были проанализированы с помощью различных физико-химических методов.

В результате выполнения работы был получен образец с активностью, аналогичной эталонному Pt/C-катализатору. Лучший образец состоял из графеновых структур, на поверхности которых были равномерно распределены сферы ( $d=2-5$  нм) наночастиц кобальто-марганцевой шпинели  $Mn_{1.5}Co_{1.5}O_4$ , а также  $\sim 7$  ат. % атомов азота, и 32 ат. % кислорода. Предложенный чисто электрохимический подход его получения, а также выигрыш в параметрах временной стабильности являются преимуществами перед использованием Pt/C-катализаторов в катодах ТЭ.

**Без замечаний.**

По материалам диссертации опубликовано 18 печатных работ, из них 11 статей в рецензируемых научных журналах, регистрируемых в базе данных Web of Science и отвечающих требованиям высшей аттестационной комиссии, и 7 тезисов докладов на российских и международных конференциях.

Судя по автореферату, диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного вида. Содержание диссертации соответствует паспортам специальностей 1.4.15 – «Химия твердого тела» и 1.4.6 – «Электрохимия» (по химическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Ее оформление соответствует приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Кочергин В.К. заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.4.15 – «Химия твердого тела» и 1.4.6 – «Электрохимия».

Доктор химических наук,  
Заведующая лабораторией электрохимической динамики  
и электролитных систем отдела Кинетики и катализа  
ФГБУН ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН

142432, Московская обл., г. Черноголовка,  
пр-т акад. Семенова, 1;  
Тел. (496)522-56-25  
[oyarn@icp.ac.ru](mailto:oyarn@icp.ac.ru)  
24.10.2022



Ярмоленко Ольга Викторовна

Собственноручную подпись

СОТРУДНИКА

УДОСТОВЕРЯЮ

СОТРУДНИК

КАНЦЕЛЯРИИ