

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Голубцова Георгия Викторовича на тему: «Синтез, структура и электрокаталитические свойства композитных материалов на основе многослойных углеродных нанотрубок и оксидов переходных металлов», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14 — «Кинетика и катализ»

Разработка катализаторов для топливных элементов является актуальной как с точки зрения расширения их применения, так и поиска альтернативных каталитических систем взамен дорогостоящим катализаторам на основе платины, рутения, иридия. Исследования особенностей организации и функционирования катализаторов на основе новых углеродных наноматериалов, в частности модифицированных углеродных нанотрубок, оксидов переходных металлов с регулированием как проводящих свойств, так и дисперсностью нанесённых активных компонентов одновременно имеет большое значение для фундаментальной науки и является основой для разработки новых высокоэффективных и стабильных электрокатализаторов.

Новизной работы является как выбор систем на основе соединений Co, Fe, Ni в комбинации с N- и O-допированными углеродными нанотрубками для электрокаталитических процессов, так и установление системных закономерностей между составом и структурой катализаторов с их каталитическими свойствами в росте многослойных углеродных нанотрубок и в электрокаталитическом восстановлении кислорода и окислении воды.

В работе проведено системное исследование влияния состава многокомпонентных катализаторов на основе Fe, Co, Ni, Mo на рост N-содержащих многослойных углеродных нанотрубок (N-МУНТ), выявлены особенности активации N-МУНТ при кипячении в азотной кислоте, исследованы особенности структуры модифицированных УНТ, влияние функциональных групп и дефектности трубок на стабилизацию смешанных оксидов на их внешней поверхности и внутри трубок. Определены оптимальные составы катализаторов для получения МУНТ (катализатор 40%  $\text{Fe}_2\text{Co}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ), и электрокаталитических процессов ( $\text{Mn}_{0.5}(\text{Fe}_{0.3}\text{Ni}_{0.7})_{0.5}/\text{МУНТ-O}_x$ ,  $\text{Fe}_{0.4}\text{Co}_{0.6}/\text{МУНТ-O}_x$ ).

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений, поскольку работа отличается высокой методичностью, результаты получены с использованием широкого спектра современных физико-химических методов анализа, проведено сравнение результатов с литературными данными, а также с промышленными электрокатализаторами. Результаты представлены на профильных российских конференциях, опубликовано 6 статей в высокорейтинговых журналах.

При прочтении автореферата возникает ряд замечаний и вопросов:

1. Катализаторы получения МУНТ синтезировали методом Пекини, который используется для получения оксидных массивных катализаторов, в то время как в работе получают нанесённые катализаторы. То есть ожидается формирование смешанных оксидных фаз с оксидом алюминия, том числе алюминатов Fe, Co и Ni, молибдата алюминия. Эти системы, по-видимому, являются оксидными предшественниками катализаторов. Катализаторы названы как металлические, в то время как ни в автореферате, ни в тексте диссертации не указано, в какой момент формировался металлический катализатор – на стадии восстановительной предобработки или непосредственно в восстановительных условиях каталитического процесса.

2. Катализаторы, нанесённые на МУНТ, исходя из описания, находятся в оксидном состоянии, однако их название в виде металлов усложняет восприятие и вызывает путаницу с металлическими катализаторами, используемыми для получения МУНТ.

3. Остаются ли частицы металлов в составе МУНТ после их обработки азотной кислотой? Наблюдаются ли электрокаталитические свойства у МУНТ из-за остаточных количеств металлов в их структуре?

Перечисленные замечания носят исключительно уточняющий характер и не снижают высокого уровня и ценности результатов диссертационной работы Г.В. Голубцова.

В целом диссертационная работа Голубцова Г.В. «Синтез, структура и электрокаталитические свойства композитных материалов на основе многослойных углеродных нанотрубок и оксидов переходных металлов» представляет собой законченное научно-квалификационное исследование, которое по актуальности проблемы, научной новизне, объёму, практической и теоретической значимости полученных результатов удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к

кандидатским диссертациям (п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842). Автор диссертации – Голубцов Георгий Викторович – заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14 — «Кинетика и катализ».

Я, Мамонтов Григорий Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Голубцова Георгия Викторовича, и их дальнейшую обработку.

Отзыв подготовил:

Заведующий Научно-исследовательской лаборатории пористых материалов и сорбции Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», к.х.н. (02.00.04 – Физическая химия),

09.06.2025

Григорий Владимирович Мамонтов

Почтовый адрес: 634028 г. Томск, ул. Аркадия Иванова, 49, к6, ТГУ

Тел.:

e-mail

Подпись Г.В. Мамонтова

— Бухарова Оксана Владимировна  
ый секретарь ученого совета ТГУ,  
канд. геол.-минерал. наук, доцент