

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. директора
НИИ «Курчатовский институт»-ТИСНУМ

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Голубцова Георгия Викторовича по теме «Синтез, структура и электрокаталитические свойства композитных материалов на основе многослойных углеродных нанотрубок и оксидов переходных металлов», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14 «Кинетика и катализ»

Ряд практически важных электрохимических устройств зависят от эффективности протекающих в них реакций электровосстановления кислорода и электроокисления воды. Перспективным направлением является разработка электрокатализаторов этих процессов на основе соединений переходных металлов и различных углеродных наноматериалов. Соединения переходных металлов по отдельности обладают благоприятной электрокаталитической активностью, однако часто характеризуются электропроводностью недостаточной, для достижения высоких плотностей тока. Углеродные наноматериалы, например, графен и углеродные нанотрубки, напротив, характеризуются высокой электропроводностью и большой площадью поверхности, но имеют низкую электрокаталитическую активность. Таким образом, целенаправленная разработка композитных материалов, объединяющих в своем составе соединения переходных металлов и углеродные наноматериалы, позволит создать электрокатализаторы, сочетающие достоинства двух материалов. В работе Г.В. Голубцова проведено исследование в означенном выше актуальном направлении синтеза, структуры и электрокаталитических свойств композитных материалов на основе многослойных углеродных нанотрубок и оксидов переходных металлов.

Целью исследования являлось выявление закономерностей формирования одно-, двух- и трехкомпонентных композитных материалов на основе оксидов переходных металлов (Fe, Co, Ni, Mn) и многослойных углеродных нанотрубок, функционализированных кислород- и/или азотсодержащими группами, и установление зависимостей «структура – электрокаталитические свойства» для полученных материалов.

- Диссертант впервые получил ряд важных результатов, среди которых необходимо выделить следующие:

Впервые получены данные о взаимосвязи между составом моно- (Fe, Co, Ni), би- (Fe–Co, Fe–Ni, Fe–Mo, Co–Ni, Co–Mo) и триметаллических (Fe–Co–Ni) катализаторов на носителе Al_2O_3 , их активностью в процессе роста нанотрубок и характеристиками нанотрубок.

- Впервые установлена взаимосвязь между условиями синтеза оксидных наночастиц и их электрокаталитическими свойствами. Выявлены основные закономерности, позволяющие прогнозировать электрокаталитическую активность и стабильность данных систем.

Теоретическая значимость работы заключается в установлении взаимосвязи между строением оксидных наночастиц (фазовый состав и структура), функционализацией нанотрубок и электрокаталитическими свойствами полученных композитов.

Практическая значимость работы состоит в достижении высокого выхода углеродных нанотрубок при применении моно-, би- и триметаллических катализаторов в реакции каталитического газофазного разложения этилена. Следует отметить, что полученные нанотрубки характеризуются высокой чистотой, низкой дефектностью и узким распределением по диаметру, что практически важно для ряда композиционных материалов.

Диссертация Г.В. Голубцова состоит из введения, 4 глав, выводов, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и трех приложений, выполнена на 195 страницах, содержит 74 рисунка, 14 таблиц и 240 ссылок на литературные источники.

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования и изложена ее цель.

В **главе 1** приведен обзор литературы, сформулированы выводы из него, обоснованы поставленные задачи.

В **главе 2** представлено описание реактивов и материалов, а также экспериментальных подходов, использованных в работе.

Глава 3 посвящена описанию синтеза многостенных углеродных нанотрубок и функционализации их поверхности. Целью проведенного исследования была разработка наилучшего катализатора, позволяющего синтезировать нанотрубки для бифункциональных оксидных электрокатализаторов, а также функционализации поверхности нанотрубок азот- и кислородсодержащими группами.

Глава 4 посвящена синтезу одно-, двух- и трехкомпонентных композитных материалов на основе оксидных наночастиц и углеродных нанотрубок, исследованию их физико-химических свойств, а также электрокаталитических характеристик в щелочной среде.

В **заключении** приведены выводы по диссертационной работе.

Апробация работы. По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ в изданиях, входящих в международную реферативную базу данных Scopus, международную реферативную базу WoS и Белый список РЦНИ. Результаты научного исследования подтверждены участием на научных мероприятиях всероссийского и международного уровня: опубликовано 7 работ в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов.

По диссертационной работе можно сделать следующие **замечания**.

1. По всему тексту диссертации, где упоминается прививка поверхности углеродных нанотрубок функциональными группами (в литературе обычно описывается как функционализация), используются термины «функциональный состав» и «окислительная функциональная обработка». Полагаем, что эти термины, особенно «функциональный состав», неудачны, не востребованы и искажают понимание результатов.
2. Диссертанту следовало обратить внимание на селективность электродов в кислородных реакциях (учесть вклад анодного окисления углерода).
3. Из диссертации и автореферата неясно, чем обусловлен выбор концентрации активного компонента 40% для всех катализаторов синтеза МУНТ.
4. В диссертации синтезированы и исследованы композиты с МУНТ различной структуры, однако не исследовано влияние структуры МУНТ на электрокаталитическую активность.

Указанные замечания не снижают ценности и значимости выполненных исследований.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Автореферат отражает содержание диссертации, актуальность темы исследования, новизну и значимость полученных результатов.

Заключение

Тема диссертационной работы, её основные научные положения, результаты и выводы полностью соответствуют паспорту специальности 1.4.14. «Кинетика и катализ». Автореферат соответствует структуре и содержанию диссертации.

Высказанные замечания не затрагивают сути обсуждаемой диссертации, которая выполнена на высоком теоретическом и экспериментальном уровнях, полностью отвечает критериям, установленным для кандидатских диссертаций Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.14. «Кинетика и катализ».

Отзыв на диссертационную работу рассмотрен и утвержден на семинаре Отделения углеродных наноструктур НИЦ «Курчатовский Институт» - ТИСНУМ под председательством д.х.н. Мордковича В.З., протокол № 2025-05-21 от 21 мая 2025.

Отзыв составил:
Заместитель директора
НИЦ «Курчатовский Институт» - ТИСНУМ
по научной работе, д.х.н.

Мордкович Владимир Зальманович

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский Институт»

Адрес: 108840, г. Москва, г. Троицк, ул. Центральная, д. 7а
тел.: +