

## Отзыв научного руководителя

о диссертации Постнова Дмитрия Викторовича  
«Синтез и исследование протонпроводящих нанокомпозитов на основе Нафiona и фуллероидных материалов»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата  
химических наук

Объектом исследования в данной работе являлись композиционные материалы на основе перфторированного сульфокатионита Нафion и фуллероидных материалов представляющих собой фуллерены и их производные, а также углеродные нанотрубки различной морфологии (в том числе с привитыми кислотными группами).

Диссертация состоит из введения, в котором дается развернутое описание затронутых в работе проблем, формулируются цели и задачи, приводятся основные результаты, выносимые на защиту, четырех основных глав, заключения, выводов и списка литературы (129 наименований). Общий объем диссертации 152 страницы. Работа содержит 59 рисунков и 7 таблиц.

Целью настоящей работы является систематическое исследование фуллероидных материалов – легких фуллеренов  $C_{60}$  и  $C_{70}$  и ряда их водорастворимых производных, а также углеродных нанотрубок (УНТ), синтезированных по оригинальной методике (в том числе функционализированных) в качестве допантов к иономеру Нафion, включающее разработку подходов к синтезу соответствующих композиционных материалов, изучение их физико-химических свойств.

Во введении перечислены положения, выносимые на защиту, сформулированы основные цели и задачи, описана актуальность и новизна темы диссертационной работы.

Первая глава представляет собой литературный обзор и посвящена рассмотрению основных типов протонпроводящих полимерных электролитов. Описана структура и свойства перфторированного сульфокатионита Нафion. Рассмотрены преимущества композиционных материалов на основе Нафiona а также основные группы допантов, исследованных к настоящему времени и эффекты от их внедрения в протонпроводящие полимеры. Описаны подходы к синтезу углеродных нанодопантов: многослойных углеродных нанотрубок методом химического осаждения из газовой фазы (CVD) на различных катализаторах, функционализация нанотрубок и легких фуллеренов. Сформулированы выводы из литературного обзора, позволившие обосновать выбор объектов исследования.

Во второй главе дано описание методики синтеза углеродных нанотрубок включающее нанесение соединений кобальта на поверхность носителей на основе кремнезема с различной пористой структурой, процедуру выращивания нанотрубок в кварцевом реакторе, очистку полученного наноуглеродного материала. Описаны процедуры функционализации углеродных нанодопантов (фуллеренов и нанотрубок) кислотными группами. Приведена процедура функционализации аэросила (материала сравнения) кислотными группами. Описана процедура приготовления композитных пленок «Нафion – допант». Охарактеризовано распределение допантов в синтезированных полимерных композитах.

В третьей главе дано описание методов исследования физико-химических свойств синтезированных материалов.

В четвертой главе проанализированы характеристики нанотрубок полученных по методике, предложенной в настоящей работе, представлены данные исследования физико-химических свойств синтезированных полимерных композитов на основе Нафiona и углеродных нанодопантов. Приведено обсуждение полученных результатов.



К числу важных результатов, полученных Д. В. Постновым, можно отнести:

1. Впервые получены образцы композиционных материалов на основе иономера Нафион с различным содержанием водорастворимых производных фуллеренов ( $C_{60}(CH_2CH_2CH_2CH_2SO_3H)_6$ ,  $C_{60}[C(COOH)_2]_3$ ,  $C_{70}[C(COOH)_2]_3$ ).

2. Предложен новый катализатор на основе аэросилогеля, модифицированного ионами кобальта, для синтеза многослойных углеродных нанотрубок методом химического осаждения из газовой фазы.

3. С использованием методов ПЭМ и СЭМ установлено, что кобальтсодержащий аэросилогель позволяет выращивать многослойные нанотрубки малого диаметра (6-8 нм) и высокой однородности, которые являются эффективными допантами иономера Нафион.

4. Методом импедансной спектроскопии установлено влияние вносимого модификатора на проводящие свойства полученных материалов. Для синтезированных композитов отмечено увеличение протонной проводимости в условиях низкой влажности.

5. Исследование полученных композитов методом ТГА и гравиметрией показало, что введение допанта не влияет на способность композитов удерживать в своей структуре дополнительную воду, способную участвовать в протонном переносе.

6. Анализ данных просвечивающей электронной микроскопии свидетельствует о высокой однородности распределения допантов в синтезированных материалах.

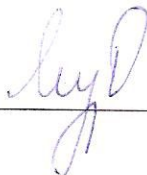
7. Исследование полученных композитов методом ЯМР выявило, что внедрение в Нафион наноуглеродных допантов разной природы – как гидрофильных, так и гидрофобных приводит к уменьшению локальной подвижности протонов в ионных кластерах полимера (порах). При этом облегчается протонный перенос в узких каналах (от кластера к кластеру), на что косвенно указывают данные импедансной спектроскопии.

Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих научных журналах, в том числе: *Reviews on Advanced Materials Science*, *Russian Journal of General Chemistry*, *Биотехносфера*. Автореферат работы полно отражает ее содержание. Диссертация аккуратно оформлена, ее текст изложен ясным языком.

Полученные в диссертационной работе результаты имеют важное значение для понимания причин улучшения электропроводящих свойств композитов на основе перфторированных сульфокатионитных мембран модифицированных углеродными наночастицами, которые могут применяться в различных электрохимических устройствах. Предложенная в работе методика синтеза углеродных нанотрубок имеет существенное значение в современном материаловедении наноуглеродных материалов.

Диссертация по объему проделанной работы, достоверности и значимости полученных результатов соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.21 — химия твердого тела, а ее автор заслуживает присуждения ему искомой степени.

Профессор кафедры химии твердого тела  
института химии СПбГУ, профессор, д.х.н.



Мурин И.В.

12. 03. 2018

ЛИТУРГА  
НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА  
И. И. МАШТЕПА



Документ подготовлен  
в порядке исполнения  
служебных обязанностей