

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Ворфоломеевой Анны Андреевны** «Материалы из однослойных углеродных нанотрубок с фосфором для анодов литий-ионных аккумуляторов», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 Физическая химия

Диссертационная работа Ворфоломеевой Анны Андреевны посвящена актуальной проблеме разработки перспективных анодов для литий-ионных аккумуляторов. В работе предлагается использование гибридных систем фосфор/однослойные углеродные нанотрубки. Исследование направлено на устранение ключевых ограничений фосфора как анодного материала, а именно низкой электропроводности и низкой стабильности ввиду значительного объёмного расширения при внедрении ионов лития.

Актуальность работы подтверждается в том числе и недавней Нобелевской премией по химии 2019 г. (Джон Гуденаф, Стэнли Уиттингем и Акиры Ёсино), ну а значимость работы по химическим источникам тока сложно переоценить в наш век повсеместно внедряемых автономных устройств. Тем не менее, повсеместное внедрение литий-ионных аккумуляторов не означает, что они не требуют улучшения. Более того, их ёмкость и стабильность признаются основными точками для возможного прогресса. Классический углеродный анод в несколько раз уступает по теоретической ёмкости фосфору, поэтому подобные исследования имеют не только высокий фундаментальный (создание новых 1D наноструктур), но и коммерческий потенциал.

Представляемая на соискание степени кандидата химических наук диссертация представляет собой научный труд, построенный классическим образом. Манускрипт состоит из введения, обосновывающего актуальность исследования и основную цель, трех глав (литературный обзор, обосновывающий методы и подходы по решению поставленной цели; экспериментальная часть, представляющая чёткое описание методик, а также информацию для вывода о воспроизводимости получаемых данных и их принципиальной достоверности; результаты и их обсуждение, как основной раздел анализа проведенных исследований), основных результатов и выводов, а также благодарностей, списков литературы и сокращений. Манускрипт написан аккуратно с минимальным количеством опечаток, что лишний раз подтверждает высокий уровень работы соискателя. Следует отметить, что список литературы включает более 200 наименований; при этом подавляющее большинство источников относится к ведущим научным журналам, что пусть и косвенно, но настойчиво подтверждает актуальность заявленных целей и выполняемых работ. Нельзя не отметить и существенное внимание со стороны научного сообщества к представленным результатам (>80 цитирований

на статьи по диссертации согласно данным платформы Google Scholar).

После ознакомления с текстом диссертации возникает ряд замечаний:

1. При обсуждении углеродных нанотрубок как объекта (с. 11) диссертант указывает, что длина нанотрубок «длина варьируется от одного микрометра до нескольких сантиметров». Позволю себе не согласиться с этим утверждением. Для многих биомедицинских применений после обработки ультразвуком используются нанотрубки с длиной менее микрона (они же не перестают быть нанотрубками при такой длине?), в то время как, например, в работах профессора Fei Wei (Китай) показан синтез сверхдлинных нанотрубок, для которых значения достигают субметровых диапазонов.

2. При визуализации циклических испытаний (например, рис. 27е, 39а или 60а) автор стабильно использует нестандартную размерность для оси абсцисс («Номер цикла, n»). Не могли бы Вы уточнить что это за единица измерений?

3. Во введении (с. 7) указано, что «разработана методика синтеза поверхностно-чистых фосфор-заполненных ОУНТ с высокой степенью заполнения (>10 ат%)». Как степень заполнения может измеряться в атомарных процентах? Есть ли формула для подобного параметра?

4. Не умаляя представительность набора методов анализа внедрения веществ в каналы нанотрубок, хотелось бы уточнить по какой причине не использовались такие классические и распространенные методы как анализ поверхности и пористой структуры по БЭТ и гравиметрия?

5. Диссертант утверждает (с. 100), что она «остается на уровне $\sim 100\%$ во всех циклах для обоих электродов», не приводя при этом графиков при циклических испытаниях. Какова кулоновская эффективность созданных устройств, и как она изменяется при циклических испытаниях?

Вопросы, сформулированные по диссертации, не влияют на общее крайне положительное восприятие работы, которая вносит существенный вклад в развитие области. Высказанные замечания не затрагивают сути и основных выводов диссертационной работы А.А. Ворфоломеевой выполнена впечатляющая экспериментальная работа, анализ результатов, сделаны значимые выводы. Апробация диссертационной работы прошла на ведущих тематических всероссийских и международных конференциях. Содержание автореферата полностью соответствует диссертации. Личный вклад диссертанта в полученные результаты не вызывает сомнения.

Диссертация А.А. Ворфоломеевой «Материалы из однослойных углеродных нанотрубок с фосфором для анодов литий-ионных аккумуляторов» соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук в соответствии с пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. в действующей редакции. Автор диссертации Ворфоломеева Анна Андреевна заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. «Физическая химия».

Кандидат химических наук (02.00.15 – кинетика и катализ),
старший преподаватель



Центр фотоники и фотонных технологий

АНО ОВО «Сколковский институт науки и технологий»

Красников Дмитрий Викторович

18.04.2025

Согласен на обработку персональных данных.

121205, г. Москва, Большой бульвар, д. 30, стр. 1;

d.krasnikov@skoltech.ru (тел. +7 495 280 14 81 (доб. 3575))

Подпись Красникова Д.В. заверяю

