

ОТЗЫВ

официального оппонента д.х.н. Хайкиной Елены Григорьевны
на диссертационную работу Фаттаховой Зилары Амирахматовны
«Композиты MoO_2/C : синтез, свойства, применение»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата химических наук
по специальности 1.4.4. Физическая химия

Диссертационная работа Зилары Амирахматовны Фаттаховой посвящена разработке методов получения и установлению закономерностей формирования функциональных характеристик композитных электродных материалов MoO_2/C .

Актуальность проведенного исследования обусловлена высокой практической значимостью выбранного объекта исследования – диоксида молибдена (IV) – перспективного анодного материала литиевых источников тока с высокой разрядной емкостью, электрохимические свойства которого существенно улучшаются при формировании углеродсодержащих композитов на основе наноразмерного MoO_2 .

Основная цель предпринятого З.А. Фаттаховой исследования заключалась в разработке методов получения электродных материалов MoO_2/C , позволяющих варьировать в широком диапазоне их состав, термические свойства и морфологические характеристики.

В результате диссертантом **впервые**:

- установлены условия формирования композитов MoO_2/C при использовании золь-гель, гидротермального, гидротермально-микроволнового методов синтеза; предложен механизм формирования композита MoO_2/C ;

- для получения композитов MoO_2/C предложен принципиально новый состав реакционной массы, содержащей пероксомолибденовую кислоту, как источник молибдена, и глюкозу или винную кислоту, как источник углерода;

- прослежено влияние изменения состава реакционной массы и методов ее обработки на содержание углерода, термические свойства и текстурные характеристики композитов MoO_2/C ;

– выявлены составы композитов MoO_2/C , обладающие лучшими электрохимическими характеристиками, перспективные в качестве электродного материала литий-ионных батарей.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав (после каждой из которых следуют выводы), заключения, списка цитируемой литературы (172 ссылки) и Приложения. Общий объем диссертации – 150 страниц (в том числе 11 страниц Приложения), включающих помимо текста 65 рисунков (1 рисунок в Приложении) и 26 таблиц (12 таблиц в приложении). Диссертация грамотно написана, хорошо иллюстрирована, аккуратно оформлена и почти не содержит опечаток.

Во введении обоснована актуальность тематики, сформулированы цель, задачи и научная новизна проведенного исследования, приведены положения, выносимые автором на защиту, представлены теоретическая и практическая значимость полученных результатов и сведения об их апробации.

Первая глава диссертационной работы посвящена анализу литературных данных по теме исследования, что позволило сформулировать основные проблемы, решение которых служит достижению поставленной цели.

Во второй главе приводится перечень исходных реагентов, даются характеристики используемых методов синтеза и достаточно подробное описание разработанных автором методик получения композитов MoO_2/C . Очень впечатляет перечень использованных методов аттестации (РФА, ТГ-ДСК-МС, СЭМ, ПЭМ, КР, ИК, РФЭС, ЭПР и др.), уровень применяемого оборудования и программных комплексов, также представленных во второй главе. Нельзя не отметить, что квалифицированное использование диссертантом этих возможностей не оставляют сомнений в решении поставленных в работе задач и **достоверности** полученных результатов. Последнее подтверждается также широкой апробацией работы: опубликованием основных результатов исследования в достаточно авторитетных рецензируемых журналах (6 статей), в том числе, первого квартиля, признанием их оригинальности и приоритета наличием 3 патентов РФ, представлением на Международных и Национальных научных конференциях.

Наиболее представительной (и по объему, и по наполненности) является **глава 3**. В ней представлены результаты изучения влияния метода и условий осуществления синтеза (золь-гель технология, гидротермальные и гидротермально-микроволновые условия) и природы источника углерода (винная кислота, глюкоза) на свойства (особенности кристаллической структуры, морфологию, состав, текстурные и термические характеристики) углеродсодержащих композитов на основе MoO_2 . Показано, что наиболее эффективным способом получения композитов, независимо от типа используемого источника углерода, позволяющим синтезировать MoO_2/C с высоким значением удельной поверхности, является гидротермальный метод.

В четвертой главе представлены литературные данные по ионоселективным электродам и химическим источникам тока, в которых углеродсодержащие композиты на основе MoO_2 используются как электродные материалы, а также приведены результаты изучения ионоселективных и электродных свойств синтезированных композитов. Показано, что композит MoO_2/C проявляет катионную функцию по отношению к ионам калия в растворе и может быть использован в сенсорике как активный материал твердофазных ионоселективных электродов. Установлено, что композит MoO_2/C может найти применение в качестве анодного материала литий-ионных батарей.

Хочу отметить, что данные, представленные в главах 3 и 4, свидетельствуют о большом объеме экспериментальной работы, проделанной диссертантом.

В заключении (на мой взгляд, излишне лаконичном) формулируются **основные полученные автором экспериментальные результаты и выявленные корреляции** в ряду методика синтеза композитов MoO_2/C и тип используемого источника углерода – состав и текстурные характеристики конечного продукта (определяющие в значительной степени его электрохимические свойства).

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций. Представленная исследовательская работа, выполненная Фаттаховой Зиларой Амирахматовной, вносит вклад в физическую химию и неорганическое материаловедение. Полученные результаты по влиянию условий золь-гель, гидротермального, гидротермально-

микроволнового методов синтеза на свойства полученных углеродсодержащих композитов на основе MoO_2 являются материаловедческой базой для установления возможностей их практического использования. Продолжение работ в данном направлении может служить основой для создания конструкционных элементов современных технических устройств. Результаты исследований могут быть включены в курсы лекций и учебные пособия по физической и неорганической химии, методам получения и изучения наноматериалов.

Поставленные цели диссертантом достигнуты, полученные результаты, как уже отмечалось, оригинальны и достоверны.

В то же время, работа вызывает некоторые вопросы и имеет ряд недостатков:

1. С чем автор связывает изменение содержания углерода в композитах при использовании различных его источников? Отмечу, что следовало бы указать погрешность определения содержания углерода в композитах.
2. Влияет ли анизотропия кристаллической структуры оксидов молибдена на пространственную ориентацию частиц композитов?
3. Какой тип связи реализуется при поверхностной адсорбции углерода на частицах оксида молибдена? Меняются ли характеристики этой связи в зависимости от метода получения композита?
4. Желательно было указать, при какой ионной силе раствора проводили измерения ионно-селективных свойств изготовленных из композитов электродов.
5. В таблице 11 Приложения, очевидно, допущены опечатки в обозначении изученных композитов, два из которых маркированы одинаково (MoO_2/C).

Подчеркну, что приведенные замечания и вопросы носят скорее уточняющий характер, не затрагивают суть работы и ни в коей мере не снижают ее общей положительной оценки.

Автореферат и опубликованные работы правильно и достаточно полно отражают главное содержание диссертации.

На основании изложенного выше считаю, что диссертационная работа **Фаттаховой Зилары Амирахматовны «Композиты MoO_2/C »**

синтез, свойства, применение» представляет собой **завершенное научное исследование**, выполненное на высоком научном уровне и соответствующее паспорту специальности **1.4.4 – Физическая химия (химические науки)**. По актуальности и важности решаемых задач, адекватности и обоснованности используемых методик, новизне, достоверности и практической значимости полученных результатов, вносящих вклад в физическую химию и неорганическое материаловедение, она полностью удовлетворяет требованиям пп. 9-11,13,14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г № 842 (в действующей редакции), а автор работы **Фаттахова Зилара Амирахматовна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности **1.4.4 – Физическая химия (химические науки)**.

Доктор химических наук по специальности 02.00.01. Неорганическая химия

Профессор

Главный научный сотрудник лаборатории оксидных систем
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Байкальского института природопользования

Сибирского отделения Российской академии наук

670047, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6, БИП СО РАН

тел.: +7(914)-634-94-48

эл. почта: egkha@mail.ru

Елена Григорьевна Хайкина

2 апреля 2025 г.



Подпись Хайкиной Е.Г.
МОСТОВЕРЯЮ
секретарь БИП СО РАН, к.х.н.
Пинтаева Е.Ц.
" апрель 20 25 г.