ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Волкова Алексея Игоревича на тему: «Электродные материалы на основе дисульфида молибдена для электрохимических источников энергии», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по научной специальности 1.4.6. Электрохимия

Диссертационная работа А.И. Волкова является продолжением серии актуальных работ, выполненных на кафедре электрохимии института химии СПбГУ, посвященных изучению электрохимических свойств электродов, содержащих проводящие органические полимеры. Ее темой является изучение общих закономерностей формирования новых электродных материалов на основе дисульфида молибдена и таких полимеров, поиск рациональных подходов к дизайну композитных электродов на его основе с целью создания более эффективных литий-ионных и литий-серных аккумуляторов, а также суперконденсаторов. В процессе выполнения работы были получены фундаментальные знания в области электрохимических процессов в MoS_2-содержащих системах, исследовано влияние различных модификаторов на свойства полученных материалов, изучена взаимосвязь функциональных характеристик электродов с методами их получения, морфологией, составом и структурой. Важной частью работы являлась также оптимизация способов получения активного материала различной морфологии и способов обеспечения высокой дисперсности и стабильности наночастиц MoS_2 в составе различных композитов, в том числе с проводящими полимерами.

Как известно, литий-ионные аккумуляторы на сегодня являются наиболее эффективными энергозапасающими устройствами, обладающие высокой плотностью энергии и низким саморазрядом и поэтому получили широкое распространение в портативной электронике и различных электромеханических устройствах, в том числе, например, в автомобильном транспорте. Тем не менее, научно-исследовательские работы в этой области продолжают интенсивно проводиться и, в том числе, проводится поиск новых более высокоэффективных электродных материалов. Отмеченные особенности рассматриваемой диссертационной работы, безусловно, указывают на ее **актуальность**. Об этом свидетельствует также анализ базы данных SciFinder. Так, согласно поисковому запросу с ключевыми словами “MoS_2 AND electrode” по рассматриваемой теме опубликовано более 4400 статей и в том числе около 700 статей в 2022 году. О большом инновационном потенциале обсуждаемой темы свидетельствуют материалы более 400 патентов, в которых упоминаются отмеченные слова. Как можно заметить из этих статистических данных по рассматриваемой теме имеется большой научный задел и, очевидно, что в начальный период выполнения работы перед диссертантом и его руководителем стояла непростая задача по поиску своих оригинальных путей решения отмеченных проблем.

При выполнении работы диссертантом получен большой массив экспериментальных данных, часть из которых имеют несомненную **научную новизну**. Среди таких результатов, в первую очередь, следует отметить результаты по получению новых по составу и морфологии электродных материалов на основе дисульфида молибдена и установление взаимосвязи между способами получения и функциональными свойствами таких материалов.

Достоверность результатов, полученных А.И. Волковым, обусловлена использованием современных физико-химических методов исследования и надежной приборной базой Научного Парка СПбГУ и парка электрохимического оборудования кафедры электрохимии Института химии СПбГУ. В частности, изучение структурно-химических особенностей синтезированных соединений осуществлялось с использованием методов рентгеновской дифракции, сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, рентгеноспектрального микроанализа и рентгенофотоэлектронной микроскопии. В экспериментальной части работы проведена интерпретация результатов и сделаны аргументированные выводы без нарушения взаимной согласованности полученных различными методами экспериментальных результатов и с использованием большого объема литературных данных.

Следует отметить, что в диссертации не только представлены простые и достаточно эффективные способы получения новых композитных электродных материалов, но и выполнена сравнительная характеристика их электрохимических свойств с учетом наилучших результатов, полученных другими авторами. И для ряда синтезированных соединений отмечены эффекты получения наиболее заметных результатов в этой области, что, несомненно, свидетельствуют о **практической значимости** рассматриваемой работы.

Обращает на себя внимание существенный объем выполненных экспериментов и их последовательная и логичная интерпретация, которая дала возможность сделать научно-обоснованные выводы. Сама работа сравнительно хорошо оформлена, изложена на 147 страницах четким и ясным научным языком, состоит из 3-х глав, содержит 52 рисунка и анализ 343 литературных источников.

Однако при изучении материалов работы нельзя не сделать несколько замечаний.

1. В методической части не указан способ получения восстановленного графена, который использовался при создании ряда композитных электродов. Между тем, известно, что состав функциональных групп нанолистов восстановленного графена и форма таких нанолистов (а значит и ряд свойств) определяются способом его получения.

2. Нельзя согласиться с изложенным на стр. 80 мнением автора о том, что “на сегодняшний день отсутствует масштабируемый метод синтеза графена”.

Согласно общепринятому мнению таким методом является метод электрохимической эксфолиации графита.

3. При анализе потенциала применения на практике суперконденсаторов с эффектом псевдоемкости (стр. 31-32) в качестве примера упоминаются только те, которые получены с использованием электродов на основе оксидов рутения и марганца. В обзоре литературы также отсутствует информация о роли электролита при создании наиболее эффективных суперконденсаторов. Между тем, в настоящее время одни из наиболее значимых результатов получены для электродов на основе оксидов никеля и кобальта и при использовании щелочного электролита.

4. В работе можно найти и некоторые погрешности ее оформления. Так, использование на стр. 80, 81 и 82 при описании дифрактограмм термина “спектры рентгеновской дифракции” является не корректным, изображение на рис. 50 конструкции электрохимической ячейки дано без указания размеров ее отдельных элементов, в п. 2.5 не приводятся условия получения спектров и микрофотографий с использованием отмеченного научного оборудования, а в тексте п. 2.2 уравнения химических реакций, которые протекают в растворах при получении нанолистов MoS_2 и нанокомпозитов на их основе, текст соответствующий рисунку 2 дан в п. 1.1.3, а сам рисунок расположен в п. 1.1.4 и т.д.

Приведенные выше замечания имеют не принципиальный характер и не влияют на общую положительную оценку работы в целом. Диссертационная работа А.И. Волкова представляет собой завершенную научно-квалификационную работу в области электрохимии, в которой выполнен большой объем значимых экспериментов, подтверждающих квалификацию, необходимую для присуждения ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация Волкова Алексея Игоревича на тему: «Электродные материалы на основе дисульфида молибдена для электрохимических источников энергии» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Волков Алексей Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по научной специальности 1.4.6. Электрохимия. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не установлены.

Член диссертационного совета
доктор химических наук, старший научный сотрудник,
профессор кафедры химии твердого тела
Института химии СПбГУ

Толстой Валерий Павлович

29.05.2023