

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Соколова Александра Александровича «Новые электродные материалы на основе диоксида титана для литий- и натрий-ионных аккумуляторов», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 Физическая химия

Диссертационная работа Соколова Александра Александровича посвящена разработке способов получения наноразмерных материалов на основе диоксида титана, поиску эффективных способов их модифицирования и комплексному исследованию структурных, морфологических, транспортных и электроактивных свойств. Такие материалы представляют интерес для использования в отрицательных электродах литий-и и натрий-ионных аккумуляторов (ЛИА и НИА) как возможная альтернатива коммерциализованным углеродным материалам и титанату лития $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$. **Актуальность** разработки новых оксидных материалов отрицательного электрода обусловлена необходимостью повышения безопасности ЛИА и НИА, расширению их рабочего диапазона температур и улучшения мощностных характеристик. В качестве основы в работе выбран диоксид титана со структурой анатаза. Для повышения его электронной проводимости, влияющей на кинетику электродных процессов, использовано изовалентное допирование (Zr, Hf) по катионной подрешётке и гетеровалентное содопирование по анионной (F). В целях повышения плотности тока за счёт увеличения удельной поверхности разработан темплатный способ получения индивидуального и модифицированного TiO_2 методом золь-гель синтеза, позволивший получить наноразмерные материалы с иерархической структурой. В ходе выполнения диссертационной работы были установлены основные закономерности влияния допантов на целевые характеристики TiO_2 и выбран оптимальный вариант допирования. Были проведены детальные исследования электропроводящих свойств синтезированных материалов как функции состава и их электрохимических характеристик в макетах анодного полуэлемента ЛИА и НИА. Всё сказанное составило **научную новизну** работу. **Практическая значимость** заключается в получении нового электроактивного материала, обладающего экологичностью, безопасностью и низкой себестоимостью благодаря простоте и технологичности процесса получения.

Работа выполнена с использованием комплекса современных физико-химических методов исследования состава, структуры и электрохимического поведения материалов. Положения, выносимые на защиту, теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены. Работа базируется на большом объеме экспериментальных результатов. Результаты работы опубликованы в профильных российских и международных журналах, неоднократно докладывались на специализированных научных конференциях.

Вместе с тем, при чтении автореферата возникли следующие вопросы и замечания:

1. Чем обусловлены довольно значительные необратимые потери ёмкости исследуемых материалов в литиевых системах в первом цикле, существенно превышающие допустимый предел 15%? Интеркаляция лития в TiO_2 протекает при потенциалах (отн.

Li^0/Li^+), намного превышающих типичные значения для процессов электровосстановления карбонатных электролитов с солями LiPF_6 или LiBF_4 (около 0,8 В). Какие ещё процессы можно предположить?

2. Форма разрядных кривых электрода на основе модифицированного TiO_2 , полученных в макетах анодного полуэлемента натрий-ионных аккумуляторов, не является оптимальной, а средний разрядный потенциал достаточно высокий. Какой из катодных материалов НИИ, на Ваш взгляд, можно было бы использовать в паре с модифицированным модифицированного TiO_2 ? Были ли попытки сборки и тестирования макетов полного натрий-ионного аккумулятора?

Высказанные замечания не влияют на общую высокую оценку работы А.А. Соколова, представляющей собой завершённое научное исследование на актуальную тему.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа на тему «Новые электродные материалы на основе диоксида титана для литий- и натрий-ионных аккумуляторов» по научному уровню, актуальности, теоретической и практической значимости полученных результатов соответствует требованиям, установленным в отношении кандидатских диссертаций в пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 (в актуальной редакции), а ее автор, А.А. Соколов, заслуживает присуждения искомой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 Физическая химия.

Даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела соискателя А.А. Соколова.

Доктор химических наук
(02.00.04 – физическая химия),
главный научный сотрудник, зав. лабораторией
перспективных функциональных материалов
для химических источников тока Федерального
государственного бюджетного учреждения
науки Институт химии твёрдого тела УрО РАН
(ИХТТ УрО РАН)
<http://www.ihim.uran.ru>

620077, г. Екатеринбург,
ул. Первомайская, 91
ovbushkova@rambler.ru;
bushkova@ihim.uran.ru
тел. 8(343)227-13-45, доб. 1101

Подпись О.В. Бушковой заверяю:

Учёный секретарь ИХТТ УрО РАН, кандидат
химических наук



Бушкова Ольга Викторовна

Липина О.А.

26.03.2026