

ОТЗЫВ

На автореферат диссертации **Шиндрова Александра Александровича** «Смешанно-анионные железо-натрийсодержащие соединения как матрицы для обратимой интеркаляции ионов щелочных металлов», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15 – химия твердого тела.

Работа Шиндрова А.А. посвящена синтезу и исследованию новых смешанноанионных соединений, перспективных для использования в составе электродных материалов натрий-ионных аккумуляторов. Ввиду того, что стоимость сырья для производства литий-ионных аккумуляторов (литий, кобальт, медь) постоянно растет, а также в связи с токсичностью кобальта и марганца, применяемых в них в настоящее время, поиск электродных материалов на основе натрия и железа является перспективным и актуальным направлением исследования. Практическая ценность работы очевидна. С точки зрения теории, интересным является экспериментальное и теоретическое исследование роли индуктивного эффекта в достижении максимальной энергоемкости материала, содержащего лиганды разной природы в составе одного комплекса.

Синтезированы и исследованы карбонат-фосфат $\text{Na}_3\text{FePO}_4\text{CO}_3$, гидросульфат $\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$, сульфат-фосфат $\text{NaFe}_2\text{PO}_4(\text{SO}_4)_2$, композиты, полученные в результате совместной механохимической обработки указанных соединений с углеродом, продукты, полученные в результате циклирования этих материалов в электрохимических ячейках с литиевым и натриевым электродом. Исходные соединения являются известными, однако в настоящее время публикуется множество работ, посвященных поиску оптимальных способов их синтеза, зависимости свойств материалов на их основе от способа получения. Существенный вклад в эти исследования вносит и рассматриваемая работа.

Как для синтеза соединений, так и для их характеристики использован широкий ряд методов. Для получения материалов использовались низкотемпературный гидротермальный, реологический и механохимический методы синтеза. Исследование велось методами циклической хронопотенциометрии, вольтамперометрии, гальваностатического прерывистого титрования, спектроскопии электрохимического импеданса, рентгенофазового анализа, сканирующей электронной микроскопии, энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии, термического анализа, инфракрасной спектроскопии, спектроскопии ядерного гамма-резонанса, спектроскопии ядерного магнитного резонанса, магнитных измерений. Проведен анализ кристаллической структуры с использованием метода разбиения на полиэдры Вороного-Дирихле, расчет

электронной структуры, электродного потенциала и стабильности смешанных фаз с использованием метода теории функционала плотности.

Стиль изложения в автореферате четкий и ясный. Автореферат оформлен в соответствии с требованиями ВАК.

В качестве замечаний хотелось бы отметить следующее.

- В выводе 2 исследованные соединения названы термически неустойчивыми, однако вряд ли это можно сказать про соединение с температурой разложения 761°C.
- Между выводами 5 и 6 видится противоречие: согласно анализу структуры при помощи разбиения на полиэдры Вороного-Дирихле миграция щелочных ионов в гидрокосульфате невозможна, однако коэффициенты диффузии лития и натрия (по данным ГИТ) для него являются наиболее высокими.
- На стр. 9 - "Соотношение шаров и порошка составляло 20:1. Соотношение электродного материала и углерода равно 80:20." Необходимо указывать, что сравнение производится (вероятно) по массе.

Сделанные замечания не затрагивают сущности представленной работы, основных сделанных автором выводов и не снижают ее научной и практической значимости. Поставленные задачи определения оптимальных условий синтеза смешаннолигандных соединений железа натрия, их характеристики, теоретический анализ кристаллической структуры соединений, исследования их электрохимических свойств при циклировании в натриевых и литиевых электрохимических ячейках и другие решены. Знакомство с авторефератом соискателя позволяет сделать вывод, что по объему, новизне и уровню проведенных исследований, диссертационная работа Шиндрова А.А. соответствует квалификационным требованиям ВАК, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15 – химия твердого тела.

Главный научный сотрудник
лаборатории химической радиоспектроскопии
ИХ ДВО РАН, доктор химических наук
(02.00.04 – физическая химия)

Кавун Валерий Яковлевич

Подпись В.Я.Кавуна заверяю,
ученый секретарь ИХ ДВО РАН
кандидат химических наук



Маринин Дмитрий Владимирович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии
Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИХ ДВО РАН)
690022, Владивосток, проспект Стелсидия Владивостока, 159.
Телефон +7 (4232) 215-328. e-mail kavun@ich.dvo.ru

23.09.2021