

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

Диссертационная работа Шиндрова А.А. посвящена разработке методики синтеза однофазных смешанно-анионных железо-натрийсодержащих соединений состава $\text{Na}_3\text{FePO}_4\text{CO}_3$, $\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ и $\text{NaFe}_2\text{PO}_4(\text{SO}_4)_2$ низкотемпературными методами, а также исследованию электрохимических свойств катодных материалов на их основе в натриевых и литиевых ячейках.

Высокая потребность современного общества в источниках тока различной природы, конфигурации и с эксплуатационными характеристиками для разнообразных областей использования при истощающихся запасах литийсодержащего минерального сырья создает предпосылки для активного развития исследований, связанных с разработкой натрий-ионных аккумуляторов, альтернативных литий-ионным. В связи с этим поиск и разработка натрийсодержащих катодных материалов, конкурентоспособных по своим свойствам литиевым структурам, является востребованной и *актуальной* задачей. Благодаря стабильности, высоким рабочему напряжению и теоретической емкости особое внимание привлекают смешанно-анионные натрийсодержащие соединения d-металлов, в частности железа, которые успешно получены в рамках данной работы. С использованием широкого комплекса физико-химических методов анализа, а также программных обеспечений (GSAS, ToposPro, VASP) проведено подробное исследование структуры, морфологии и термической устойчивости $\text{Na}_3\text{FePO}_4\text{CO}_3$, $\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ и $\text{NaFe}_2\text{PO}_4(\text{SO}_4)_2$ до и после процесса интеркаляции ионов щелочных металлов. Оценены электрохимические характеристики синтезированных материалов в натриевых и литиевых электрохимических ячейках с достижением 90% ионного обмена Na^+/Li^+ . Отмечено влияние сочетания анионов на окислительно-восстановительный потенциал $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$.

Научная новизна исследования состоит в том, что впервые подробно исследованы структурные превращения смешанно-анионных железо-натрийсодержащих соединений при создании композиционных материалов с углеродом путем механической обработки и в процессе циклирования; электрохимические свойства катодных материалов на их основе в натриевых и литиевых двухэлектродных ячейках, а также пути миграции ионов Na^+ и Li^+ в полученных структурах с расчетом коэффициентов диффузии.

Диссертационная работа обладает несомненной *практической значимостью*. Показаны перспективы использования разработанных и синтезированных материалов в качестве активных компонентов электродов литий- и натрий-ионных аккумуляторов.

Полученные экспериментальные результаты доложены на 8 международных и всероссийских конференциях, что может служить свидетельством их достоверности и высоком научном уровне.

Поставленные в работе задачи выполнены в полном объеме, цель исследования достигнута, а сформулированные выводы обоснованы с учетом общепринятых теоретических положений.

К автореферату имеются некоторые *вопросы*:

(1) В автореферате нет информации о кулоновской эффективности исследованных электродных материалов, особенно в сравнении литиевых и натриевых ячеек.

(2) В публикациях соискателя описаны и представлены результаты импедансных исследований систем, но в автореферате они не обсуждаются.

Представленные вопросы не снижают значимости и уровня выполнения диссертационной работы.

По актуальности, научной новизне и практической значимости диссертация Шиндрова А.А. соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842; автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности **1.4.15 – Химия твердого тела**

Доцент

Кафедры «Химия и химическая технология материалов»,

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»,

к.т.н. Горшков Николай Вячеславович, специальность 02.00.05 – электрохимия.

 14.09.2021,

тел.: +7 (917) 984 76 63

email: gorshkov.sstu@gmail.com

адрес: 410008, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

Подпись Горшкова Николая Вячеславовича подтверждаю

Сейчас
Ученом совете



 Пущин М. В.