

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шиндрова Александра Александровича  
«Смешанно-анионные железо-натрийсодержащие соединения как матрицы для обратимой  
интеркаляции ионов щелочных металлов», представленной на соискание учёной степени  
кандидата химических наук по специальности

### 1.4.15 - химия твердого тела

В настоящее время литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) крайне востребованы в самых разнообразных областях индустрии, а за создание ЛИА присуждена Нобелевская премия по химии за 2019 год. Несмотря на значительный прогресс в технологиях производства ЛИА, остро стоят вопросы снижения стоимости, повышения надёжности, эффективности и безопасности существующих электрохимических систем хранения энергии. Решение указанных задач состоит в поиске и применении новых материалов для ЛИА и в переходе к новым типам металл-ионных аккумуляторов, в частности к натрий-ионным аккумуляторам (НИА), коммерциализация которых уже началась. В свете вышесказанного актуальность выбранной темы диссертации Шиндрова А.А. не вызывает сомнений.

Диссертация посвящена получению и исследованию физико-химических свойств потенциальных катодных материалов для натрий- и литий-ионных аккумуляторов, а именно железо-натрийсодержащим соединениям  $\text{Na}_3\text{FePO}_4\text{CO}_3$ ,  $\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$  и  $\text{NaFe}_2\text{PO}_4(\text{SO}_4)_2$ . Как следует из автореферата диссертации, при выполнении работы А.А. Шиндровым были определены оптимальные условия синтеза указанных катодных материалов гидротермальным и реологическим методами, определены диапазоны температурной устойчивости материалов.

В работе изучены электрохимические свойства  $\text{Na}_3\text{FePO}_4\text{CO}_3$ ,  $\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$  и  $\text{NaFe}_2\text{PO}_4(\text{SO}_4)_2$  как в натриевых, так и в литиевых ячейках, исследованы структурные изменения материалов в ходе циклирования, определены электрохимические характеристики материалов. Проведен анализ катионного замещения натрия на литий в структуре катодных материалов. Представленные результаты в значительной степени являются новыми и актуальными, в том числе с практической точки зрения.

В процессе исследования А.А. Шиндровым был использован широкий спектр экспериментальных и теоретических методов, что положительно отражается на общей высокой оценке диссертационной работы. Стиль изложения в автореферате четкий и ясный. Основные результаты работы опубликованы в научных журналах, рекомендованных ВАК, в том числе в ведущих международных изданиях, таких как *Electrochimica Acta* и *Ionics*, а также представлены в виде докладов на конференциях.

По автореферату имеются следующие вопросы и замечания:

1. Приведенные в автореферате данные ресурсных испытаний охватывают не более 50ти циклов заряда/разряда, что недостаточно для того, чтобы судить о перспективности исследуемых материалов.

2. При обсуждении циклируемости  $\text{Na}_3\text{FePO}_4\text{CO}_3$  при разных значениях тока указано, что электрохимическая активность материала в Li ячейке сохраняется вплоть до скоростей 20С, тогда как в натриевой – только до 5С. Авторы объясняют это различием в радиусах ионов лития и натрия. В то же время, измеренные значения коэффициента диффузии для ионов натрия и лития в данном соединении практически совпадают и равны  $\sim 10^{-15} \text{ см}^2 \text{ с}^{-1}$ .

3. При обсуждении структуры  $\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$  авторы указывают, что в ней имеется два диффузионных канала в направлении [100] и [010] (страница 14). Однако в выводах (страница 21) написано, что каналов нет.

Данные замечания не снижают общую положительную оценку работы, выполненной А.А. Шиндровым. По актуальности, новизне и уровню полученных результатов данная диссертационная работа соответствует требованиям, установленным п.9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного постановлением правительства РФ (от 24.09.2013г. №842) в отношении кандидатских диссертаций, а ее автор – Александр Александрович Шиндров заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15 - химия твердого тела.

Заведующий кафедрой «Общая и неорганическая химия»

ФГБОУ ВО «Самарский государственный

технический университет»,

д.х.н. (02.00.01 – неорганическая химия),

профессор

Блатов Владислав Анатольевич

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Тел.: 8 (846) 335-67-98; e-mail: artkabanov@mail.ru

«27» сентября 2021 г.



Телепова В. А.

Заместитель начальника управления  
по персоналу и делопроизводству ФГБОУ ВО «СамГТУ»  
Иванова Н.И.