ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Жарова Никиты Владимировича на тему: «Разработка физико-химических основ низкотемпературного синтеза композитных катодных материалов на основе двойного фосфата лития-кобальта для литий-ионных аккумуляторов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7. «Технология неорганических веществ»

Диссертационная работа Жарова Н.В. посвящена актуальной задаче — созданию более совершенных катодных материалов для литий-ионных аккумуляторов (ЛИА). Автор предлагает новый, более простой и экономичный, способ получения перспективного высоковольтного катодного материала (двойного фосфата лития-кобальта), который позволяет улучшить его электрохимические характеристики.

Актуальность работы не вызывает сомнений. Современные ЛИА требуют безопасных материалов с высокой энергоемкостью и длительным сроком службы. Благодаря высокому среднему разрядному напряжению $LiCoPO_4$ является одним из самых перспективных кандидатов на роль такого катода, но его широкое применение сдерживается низкой электропроводностью и недостаточной стабильностью при высоких потенциалах. Автор предлагает оригинальное решение этих проблем за счет создания композитных частиц с защитной оболочкой прямо в процессе синтеза, что позволяет получить материал с улучшенными характеристиками.

Научная новизна и значимость работы заключаются в следующем:

1. **Новый метод синтеза.** Впервые предложено использовать расплав нитрата лития ($LiNO_3$) для низкотемпературного (300°C) получения $LiCoPO_4$. Это значительно проще и дешевле традиционных методов, требующих длительного высокотемпературного обжига (до 700-800°C).

2. **Формирование структуры «ядро–оболочка».** Автору удалось доказать, что в процессе синтеза на поверхности частиц $LiCoPO_4$ *in situ* (то есть сразу в ходе реакции) образуется тонкая проводящая оболочка. Эта оболочка выполняет сразу две важные функции: защищает материал от агрессивного воздействия электролита и улучшает перенос электронов и ионов лития.

3. **Управление свойствами.** Установлена связь между условиями получения исходного сырья (прекурсора) и конечными свойствами катода. Показано, что, меняя кислотность среды (pH) при осаждении прекурсора, можно получать частицы разной формы (пластинчатые, игольчатые) и размера, что напрямую влияет на то, как долго и эффективно будет работать батарея.

Практическая ценность работы не вызывает сомнений. Предложенный метод:

- **Малоотходный и энергоэффективный** — синтез идет при невысокой температуре, а расплав нитрата лития можно использовать многократно.
- **Позволяет получать материал с хорошими характеристиками.** В ходе испытаний образцы, полученные по новой методике, показали высокую разрядную емкость (до 129 мАч/г) и хорошую стабильность (сохраняли 73% емкости после 50 циклов заряда-разряда, путём подбора электролита этот показатель можно существенно увеличить). Это сравнимо или превосходит результаты, достигнутые более сложными и дорогими методами.
- **Универсален.** Автор доказал, что метод подходит не только для кобальтовых, но и для смешанных (кобальт-марганцевых) материалов, что открывает возможности для создания широкого спектра катодов.

Достоверность результатов обеспечена использованием современного оборудования (рентгенофазовый анализ, электронная микроскопия, электрохимические методы) и подтверждена публикацией

основных результатов в ведущих рецензируемых журналах, а также наличием патента РФ.

Замечания и вопросы. При общем высоком уровне работы можно отметить следующие моменты:

1. В автореферате приведены данные по стабильности материала в течение 50 циклов. Было бы интересно увидеть результаты более длительных испытаний (например, 200-300 циклов), которые являются критически важными для реального применения.
2. Хотелось бы уточнить, удалось ли точно определить состав и соотношение фаз в оболочке и насколько воспроизводим этот процесс при масштабировании.

Тем не менее, указанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы. Они скорее обозначают направления для будущих исследований.

Заключение. Диссертация Жарова Никиты Владимировича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена важная научно-техническая задача — разработаны физико-химические основы получения композитных катодных материалов на основе фосфата лития-кобальта с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Работа соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 — «Технология неорганических веществ».

Румянцев Александр Михайлович
Кандидат химических наук, 05.17.03
Старший научный сотрудник
лаборатории Новых неорганических материалов
ФГБУН Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук

194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26
rumyantsev.amr@gmail.com, +7-911-736-71-37

Я, Румянцев Александр Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Дата 28.08.26 / Румянцев Александр Михайлович

Подпись Румянцева Александра Михайловича заверяю

Подпись Румянцева А.М. удостоверяю
зав.отделом кадров ФТИ им.А.Ф.Иоффе
Сулиаури Е.М.
28.08.2026