ОТЗЫВ

На автореферат диссертационной работы Жарова Никиты Владимировича «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 Никиты Владимировича посвящена решению актуальной проблемы современной химической технологии — разработке эффективных и технологичных методов получения катодных материалов для литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) нового поколения. В условиях растущего спроса и конкуренции на высокоэнергоемкие и безопасные системы накопления энергии материалы на основе двойного фосфата лития-кобальта рассматриваются как одни из наиболее перспективных.

Автором впервые предложен и обоснован низкотемпературный метод синтеза катодных материалов на основе LCP в расплаве нитрата лития. Научная новизна работы заключается в установлении физико-химических закономерностей осаждения прекурсоров $NH_4CoPO_4 \cdot H_2O$ и $NH_4Co_xMn_{1-x}PO_4 \cdot H_2O$, позволяющих управлять их морфологией, дисперсностью и фазовым составом. Впервые показана принципиальная возможность направленной трансформации аммонийных прекурсоров в целевой продукт LCP в среде расплава $LiNO_3$, что обеспечивает синтез материала при низких температурах (300 °C) и атмосферном давлении. Доказано, что предложенный метод позволяет *in situ* формировать на поверхности частиц композитную оболочку состава $Li_3PO_4/Li_xCo_yO_2$, способствующую улучшению транспортных свойств и циклической стабильности катодного материала. Впервые продемонстрирована возможность получения широкого ряда изовалентно-допированных материалов (на примере Mn^{2+}) и твердых растворов на основе LCP с сохранением высоких электрохимических характеристик.

Разработанный метод синтеза отличается малой энергоемкостью, отсутствием длительных стадий высокотемпературного отжига и возможностью рекуперации нитрата лития, что снижает материальные затраты и делает его перспективным для масштабирования. Получены образцы композитных материалов LCP и LCMP с регулярным гранулометрическим составом и высокой удельной поверхностью, что обеспечивает улучшенные электрохимические показатели. Принципиальная технологическая схема синтеза может быть адаптирована для получения других полианионных катодных материалов (фосфатов никеля, ванадия и др.), а также использоваться для создания электродных материалов для суперконденсаторов.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием комплекса современных физико-химических методов анализа (РФА с уточнением по Ритвельду, СЭМ, ПЭМ, ИК-спектроскопия, БЭТ) и электрохимических методов (хронопотенциометрия, циклическая вольтамперометрия). Экспериментальные данные воспроизводимы, получены на сертифицированном оборудовании, а выводы базируются на статистически значимом объеме эксперимента. Основные результаты работы защищены патентом РФ и опубликованы в рецензируемых журналах, что свидетельствует о высоком уровне проведенных исследований.

Замечания и вопросы по диссертационной работе

При общей положительной оценке работы можно сделать следующие замечания и задать вопросы, носящие дискуссионный характер:

1. В таблице 6 представлены значения кулоновской эффективности. Для образца LCP1 она составляет 69,6% на 1-м цикле, что является относительно низким показателем. С чем автор связывает такое значительное снижение эффективности в первых циклах, учитывая наличие защитной композитной оболочки на частицах?

2. Электрохимические испытания проведены только в полуячейках с литиевым противоэлектродом. Отсутствуют данные о работе синтезированных катодных материалов в составе полных литий-ионных аккумуляторов с промышленными анодными материалами (например, графитом или $Li_4Ti_5O_{12}$). Такие испытания позволили бы более объективно оценить перспективность разработанных материалов для реальных устройств хранения энергии.

3. С учетом вывода 5 о возможности масштабирования предложенной технологии синтеза стоило бы более подробно отразить в автореферате основные параметры технологической схемы, подтверждающие ее малозатратность, малоотходность и энергоэффективность.

Указанные замечания не снижают общей высокой оценки выполненной работы.

Заключение

Диссертационная работа Жарова Никиты Владимировича «Разработка физико-химических основ низкотемпературного синтеза композитных катодных материалов на основе двойного фосфата лития-кобальта для литий-ионных аккумуляторов» является законченным научно-квалификационным исследованием, в котором содержится решение важной научно-технической задачи — создание физико-химических основ малоотходного низкотемпературного синтеза композитных катодных материалов с улучшенными

электрохимическими характеристиками. Работа соответствует требованиям пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Жаров Никита Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 – Технология неорганических веществ.

Тюремнов Александр Вадимович
Кандидат технических наук, специальность 05.16.02 - Металлургия черных, цветных и редких металлов
Руководитель работ
Проектный офис по управлению УТС
ЧУ «Наука и инновации» ГК «Росатом»
Москва, ул.Большая Ордынка д.44 стр.4
AVTyuremnov@rosatom.ru +7 499 949 2592

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

18.09.2026 (Тюремнов А.В.)

Подпись Тюремнова Александра Вадимовича заверяю

18.09.2026 (Шерехова, А.А.)

НАУКА И ИННОВАЦИИ РОСАТОМ