ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.226.01, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 01.10.2026 г. № 39

О присуждении Жарову Никите Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка физико-химических основ низкотемпературного синтеза композитных катодных материалов на основе двойного фосфата лития-кобальта для литий-ионных аккумуляторов» принята к защите 18 июня 2026 года (протокол заседания № 37) диссертационным советом 24.1.226.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук» Минобрнауки РФ (184209, г. Апатиты, Мурманская обл., ул. Ферсмана, 14), утвержденным приказом Минобрнауки Российской Федерации № 548/нк от 01 июля 2019 года.

Соискатель Жаров Никита Владимирович, 08 января 1985 года рождения, в 2015 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» по программе специалитета по специальности 24.03.01 «Химическая технология неорганических веществ». В период с 01.11.2016 г. (приказ № 21-а от 20.10.2016 г.) по 31.10.2020 г. (приказ № 167 от 29.10.2020 г.) Жаров Н.В. обучался в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» по направлению подготовки 18.06.01 Химическая технология, направленность (профиль) 05.17.01 – Технология неорганических веществ. Работает в должности начальника лаборатории химических источников тока Акционерного общества «Группа компаний «Русредмет» (АО «ГК

«Русредмет»).

Диссертационная работа выполнена в Институте химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева – обособленном подразделении Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра “Кольский научный центр Российской академии наук” (ИХТРЭМС КНЦ РАН), Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук **Маслова Марина Валентиновна**, заместитель генерального директора по науке – начальник научно-технологического центра акционерного общества «Группа Компаний «Русредмет» (АО «ГК «Русредмет»), г. Санкт-Петербург.

Официальные оппоненты:

Баян Екатерина Михайловна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры общей и неорганической химии химического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» (ЮФУ), г. Ростов-на-Дону;

Агафонов Дмитрий Валентинович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии электрохимических производств федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» (СПбГТИ(ТУ)), г. Санкт-Петербург, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский технологический университет "МИСИС" (НИТУ МИСИС), г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Тарасовым Вадимом Петровичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой цветных металлов и золота, утвержденном Исаевым Игорем Магомедовичем, кандидатом технических наук, доцентом, Врио ректора НИТУ МИСИС, указала, что диссертационная работа Жарова Никиты Владимировича представляет собой завершенное научное исследование, выполненное на высоком экспериментальном уровне, имеющее актуальность, научную новизну, научно-практическую значимость: результаты, представленные в работе, могут быть положены в основу синтеза широкого ряда катодных материалов, со структурой ядро/оболочка, в том числе

допированных изо- и гетеровалентными катионами в низкотемпературном режиме. По мнению ведущей организации, защищаемая диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям пп. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции), предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, как научно-квалификационная работа, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для развития физико-химических основ технологии литий-ионных аккумуляторов. Материалы диссертационной работы соответствует паспорту специальности 2.6.7 «Технология неорганических веществ», а её автор Жаров Никита Владимирович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации выполнен в соответствии с п. 22, 24 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в ред. от 25.01.2024 г. № 62) и обоснован их широкой известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Соискатель имеет 30 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 3 работы в российских журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных положений кандидатских и докторских диссертаций, и в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus (общий объём статей – 2,54 условных печатных листа). Федеральной службой по интеллектуальной собственности (Роспатент) выдан патент на изобретение.

Опубликованные работы полностью отражают основные положения диссертационного исследования, в диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые работы по теме диссертации: **1. Жаров, Н.В.** Низкотемпературный синтез высокоупорядоченных двойных фосфатов лития-кобальта с улучшенными электрохимическими характеристиками в расплаве нитрата лития / Н. В. Жаров, М. В. Маслова, В. В. Семушин // Журнал физической химии. – 2025. – Т. 99. – № 4. – С. 665-674. DOI:

10.7868/S3034553725040158. ВАК: К1. [Zharov, N. V. Low-Temperature Synthesis of Highly Ordered Lithium-Cobalt Double Phosphates with Improved Electrochemical Characteristics in Lithium Nitrate Melt / N. V. Zharov, M. V. Maslova, V. V. Semushin // Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2025. – Vol. 99, No. 3. – P. 612-619. – DOI 10.1134/S0036024424703667. WoS: Q4]; **2. Жаров Н.В.** Новый подход к синтезу высокодисперсных двойных фосфатов лития–никеля и лития–кобальта с заданной морфологией / Н.В. Жаров, М.В. Маслова, А.И. Николаев // Доклады Российской академии наук. Химия, науки о материалах. – 2023. – Т. 513. – № 1. – С. 93-99. DOI: 10.31857/S2686953523600228. ВАК: К1. [Zharov, N. V. A New Approach to the Synthesis of Fine Powders of Lithium Nickel and Lithium Cobalt Double Phosphates with a Desired Morphology / N. V. Zharov, M. V. Maslova, A. I. Nikolaev // Doklady Chemistry. – 2023. – Vol. 513, No. 1. – P. 355-360. – DOI 10.1134/s0012500823600980. WoS: Q4]; **3.** Новые подходы к синтезу наноструктурированных электродных материалов на основе двойных фосфатов лития и кобальта в солевых расплавах / **Н. В. Жаров**, М. В. Маслова, В.И. Иваненко, Р.И. Корнейков // Журнал физической химии. – 2023. – Т. 97. – № 11 – С. 1647-1654. DOI: 10.31857/S0044453723110365. ВАК: К1. [New Approaches to Synthesizing Nanostructured Electrode Materials Based on Double Lithium and Cobalt Phosphates in Salt Melts / N. V. Zharov, M. V. Maslova, V. I. Ivanenko, R. I. Korneikov // Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2023. – Vol. 97, No. 11. – P. 2529-2535. – DOI 10.1134/s0036024423110365. WoS: Q4]; **4.** Патент № 2794175 C1 Российская Федерация, МПК C01B 25/30, C01B 25/45, C01B 25/37. Способ получения двойного ортофосфата лития и переходного металла : № 2022120287 : заявл. 22.07.2022 : опубл. 12.04.2023 / М. В. Маслова, В. И. Иваненко, **Н. В. Жаров** ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр "Кольский научный центр Российской академии наук".

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов, все отзывы имеют положительную оценку, содержат замечания и вопросы:

1. Тюремнов Александр Вадимович, кандидат технических наук, руководитель работ, проектный офис по управлению УТС ЧУ «Наука и инновации» ГК «Росатом», г. Москва: *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.

2. Жеребцов Дмитрий Анатольевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник кафедры «Материаловедение и физико-химия материалов» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» г. Челябинск: *1. В автореферате указано, что получены композитные материалы со структурой ядро/оболочка на основе $LiCoPO_4$. Какими экспериментальными методами (и по каким признакам) подтверждено наличие именно такой архитектуры, и предложен ли механизм её формирования в процессе синтеза в расплаве нитрата лития? Повлияло ли наличие оболочки на электрохимические свойства по сравнению с образцами без неё (если такие сравнивались)? 2. Поскольку синтез проводится в расплаве нитрата лития, возможно образование побочных продуктов (например, пирофосфатов или фосфидов кобальта). Проводился ли количественный анализ содержания примесных фаз с помощью РФА (в том числе с использованием метода Ритвельда)? Как наличие малых количеств примесей коррелирует с электрохимическими показателями, в частности с кулоновской эффективностью и скоростью деградации ёмкости?*

3. Румянцев Александр Михайлович, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории Новых неорганических материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, г. Санкт-Петербург: *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.

4. Федосеева Валентина Ивановна, доктор химических наук, старший научный сотрудник, профессор химического отделения Института естественных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова», г. Якутск: *1. В табл. 1 данные по составу прекурсоров лучше бы приводить в химических единицах, тем более, исходное соотношение содержания элементов (в левой части таблицы) приведено в молях. 2. Абзац 1 на стр. 9: «..наиболее дисперсные порошки прекурсоров образуются из концентрированных растворов при pH = 12...». Согласно данным таблицы 2, в целом, да, из концентрированных, но при каком значении pH? По данным рис.3 дисперсность NCP1 выше. 3. Рисунок 10 содержит одну дифрактограмму (согласно тексту), в подписи к рисунку указаны 4 образца.*

5. Шабельская Нина Петровна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экология и промышленная безопасность» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Новочеркасск: *1. Судя по обозначениям на рисунке 1, идентификацию фазы $NH_4CoPO_4 \cdot H_2O$ проводили по двум пикам (рис. 1 а), фазы $Co_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ (рис. 1б) - по одному пику, хотя следует учитывать наличие хотя бы трех пиков для каждой фазы. 2. В автореферате на стр. 9 две одинаковые реакции помечены разным номером (номер 1 и 4).*

6. Цырятьева Анна Васильевна, кандидат технических наук, доцент кафедры физики, биологии и инженерных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Мурманский арктический университет» (филиал в г. Апатиты) г. Апатиты: *1. В таблицах 6 и 7 приведены данные по снижению разрядной емкости к 50 циклу. Однако для материалов такого класса было бы информативным представить результаты циклирования до 100–200 циклов или указать критерий прекращения испытаний (например, потеря 20 % емкости). Это*

позволило бы более полно оценить долговременную стабильность. 2. В работе показано, что разработанный метод позволяет получать композитную оболочку in situ, однако не приведены данные о ее количественном содержании (массовая доля) и точном фазовом составе в зависимости от условий синтеза (температура, время, дисперсность прекурсора). Уточнение этих параметров могло бы усилить практическую значимость.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: разработана методика низкотемпературного синтеза кобальтсодержащего прекурсора $NH_4CoPO_4 \cdot H_2O$, изучены фазовые равновесия и предложен механизм химической реакции его формирования; **предложен** новый низкотемпературный способ синтеза катодного материала $LiCoPO_4$ путем взаимодействия указанного прекурсора с расплавом нитрата лития, позволяющий *in situ* получать композитные материалы со структурой ядро/оболочка; **установлена** корреляция между условиями синтеза, структурно-фазовой организацией и электрохимическими свойствами полученных материалов; **показано**, что разработанная технология позволяет управлять дисперсностью, морфологией и текстурой кристаллов, обеспечивая получение высокодисперсных порошков узкого гранулометрического класса с регулярной пластинчатой структурой, что существенно снижает поляризационное сопротивление и улучшает циклический ресурс катодов; **доказано**, что полученные катодные материалы демонстрируют улучшенные электрохимические характеристики по сравнению с аналогами; **установлено**, что изовалентное допирование марганцем приводит к формированию твердых растворов, перераспределению электронной плотности и сдвигу редокс-потенциалов, что позволяет оптимизировать рабочий потенциал, а введение 2% Mn обеспечивает наилучшее удержание емкости (73% к 50-му циклу) среди допированных образцов.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что: **доказана** возможность низкотемпературного синтеза композитных катодных материалов на основе двойного фосфата лития-кобальта (LCP) и допированных марганцем литий-кобальт фосфатов (LCMP) в расплаве нитрата лития с формированием структуры ядро/оболочка *in situ* за счёт окисления поверхностной области кристаллов нитрат-ионом; **установлены закономерности** влияния условий осаждения прекурсоров (мольное соотношение P:Co, концентрация, pH) на их фазовый состав, морфологию,

дисперсность и текстурные характеристики; **научно обоснован** механизм формирования аммонийных прекурсоров $NH_4CoPO_4 \cdot H_2O$ через промежуточные фазы $CoHPO_4 \cdot nH_2O$ (при pH = 9) и $Co_2OHPO_4 \cdot nH_2O$ (при pH = 12), впервые описанный в научной литературе; **показано** влияние изовалентного допирования марганцем на кристаллическую структуру, морфологию и электрохимические свойства LCP, а также возможность получения твёрдых растворов $LiCo_xMn_{1-x}PO_4$; **установлены корреляции** между дисперсностью, текстурой, морфологией кристаллов и электрохимическими характеристиками (удельная ёмкость, циклическая стабильность, поляризационное сопротивление); **научно обоснован** механизм улучшения электрохимических свойств за счёт наличия композитной защитной оболочки состава $Li_3PO_4–Li_xCo_yO_z$, препятствующей прямому контакту активного материала с электролитом и снижающей побочные реакции на границе раздела фаз.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: разработана технология низкотемпературного синтеза высокодисперсных композитных катодных материалов LCP и LCMP в расплаве нитрата лития, позволяющая существенно снизить временные, энергетические и материальные затраты по сравнению с традиционными высокотемпературными методами; **предложена** принципиальная технологическая схема получения целевых соединений, являющаяся малоотходной и предусматривающая рекуперацию нитрата лития и выделение побочных газообразных продуктов (N_2O, CO_2, H_2O); **показана возможность** масштабирования предложенного метода и получения широкого спектра двойных фосфатов лития и переходных металлов (Fe, Ni, Mn, Cu), в том числе допированных изо- и гетеровалентными катионами и твёрдых растворов на их основе; **установлено** улучшение электрохимических характеристик синтезированных материалов (разрядная ёмкость до 129 мАч/г, кулоновская эффективность 99–100%, снижение ёмкости к 50 циклу до 15–27%) по сравнению с аналогами, полученными альтернативными методами; **разработаны основы** для создания высокоэффективных катодных материалов литий-ионных аккумуляторов с улучшенной циклической стабильностью и безопасностью.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что достоверность и высокая точность полученных результатов базируются на

применении современного аттестованного аналитического оборудования и комплекса взаимодополняющих физико-химических и электрохимических методов исследования: порошковой рентгеновской дифракции с уточнением по Ритвельду, ИК-спектроскопии, сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии, энергодисперсионного анализа, метода БЭТ, циклической вольтамперометрии и гальваностатического циклирования. **Теория** опирается на достоверные, общедоступные и проверяемые данные и согласуется с современными представлениями по теме диссертации, а также с результатами независимых исследований в области литий-ионных аккумуляторов. **Идея базируется** на тщательном анализе и обобщении литературных данных, опубликованных в отечественных и зарубежных источниках, по тематике исследования и смежным областям, что позволило обосновать выбор объектов, методов синтеза и интерпретации экспериментальных результатов. Дополнительным подтверждением достоверности служат воспроизводимость экспериментальных данных, их согласованность с известными закономерностями и теоретическими моделями, защита основных результатов патентом РФ, публикации в ведущих российских научных журналах, индексируемых в базах Web of Science и Scopus, а также апробация на международных и всероссийских конференциях. В совокупности это обеспечивает внутреннюю непротиворечивость исследования, обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертационной работе.

Личный вклад соискателя состоит в активном участии в постановке задачи экспериментального исследования. Соискателем самостоятельно была предложена и обоснована идея низкотемпературного синтеза катодных порошков LCP в расплаве нитрата лития. Соискатель лично планировал эксперименты и проводил их на ключевых этапах работы, включая выбор условий синтеза и получение образцов, самостоятельно обрабатывал и интерпретировал основные полученные результаты. Кроме того, соискатель принимал активное участие в обработке и интерпретации данных рентгеновского дифракционного анализа, результатов сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), а также данных электрохимического анализа. Им выполнялись систематизация и сопоставление экспериментальных данных, оценка их достоверности и формулирование промежуточных выводов.

Детальный анализ и итоговое обобщение полученных данных выполнены соискателем совместно с научным руководителем.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. В работе отсутствуют тепловой и материальный баланс процесса синтеза.
2. Экономическое обоснование эффективности предложенного подхода значительно усилило бы работу.

Соискатель Жаров Никита Владимирович согласился с частью замечаний и ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, привёл собственную аргументацию.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Жарова Никиты Владимировича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным пп. 9-14 раздела II «Положения о присуждения ученых степеней», утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 в редакции от 25 января 2024 г. № 62.

На заседании 1 октября 2026 года, проходившем в удаленном интерактивном режиме, диссертационный совет принял решение – за новые научно обоснованные технические, технологические разработки и решение научных и практических задач, связанных с энергосберегающим синтезом функциональных композитных катодных материалов для литий-ионных аккумуляторов нового поколения, присудить Жарову Никите Владимировичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.6.7 «Технология неорганических веществ».

При проведении тайного электронного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 5 докторов наук по специальности 2.6.7 «Технология неорганических веществ», из 18 человек, входящих в состав диссертационного совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 13 (тринадцать), против – 0 (ноль).

Председатель диссертационного
совета 24.1.226.01, д.т.н., чл.-кор. РАН А.И. Николаев

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.1.226.01, к.т.н. Т.Ю. Прохорова

1 октября 2026 г.