**ОТЗЫВ**

научного руководителя, доктора физико-математических наук, профессора Абдуллина Х.А. на диссертационную работу Нұрболат Шырын Таңырбергенқызы на тему «Электродные композиты для суперконденсаторов на основе углеродных материалов и оксидов металлов» представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07110 – «Материаловедение и технология новых материалов»

Работа Нұрболат Ш.Т. посвящена экспериментальному получению композитов углеродных материалов и оксидов металлов для разработки электродов электрохимического хранения энергии, а также исследованию морфологии и электрических свойств электродов на основе синтезированного и восстановленного оксида кобальта и композита, состоящего из синтезированного активированного угля и оксида кобальта. В работе проведены исследования по разработке способа восстановительной обработки наночастиц $Co_3O_4$ для значительного увеличения электрохимической активности и удельной емкости материала. Изучены особенности трансформации структуры нанокристаллов $Co_3O_4$ в фазу CoO при восстановительной обработке, и обратный переход от структуры CoO к структуре $Co_3O_4$ в процессе in situ окисления.

Проведение исследований в данном направлении является важным для решения проблем эффективного хранения и использования электрической энергии при эксплуатации широкого круга устройств и оборудования. Установленные режимы и параметры синтеза композитов из активированного угля с разными концентрациями кобальта позволяют управлять структурными характеристиками и получать перспективные материалы для развития новых электродов с модифицированными свойствами. Данная работа актуальна, поскольку в связи с интенсивным развитием возобновляемой энергетики разработка методов хранения электроэнергии – одна из наиболее важных областей технологических исследований во всем мире.

В работе привдены результаты современных методов исследования: сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия для исследования морфологии полученных наноструктурированных образцов, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия, спектры рамановского рассеяния и рентгеноструктурный анализ для определения фазового состава, методы циклическсой вольтамперометрии, гальваностатического заряда/разряда и спектроскопии электрохимического импеданса для определения электрохимических свойств.

Основные результаты представлены в 9 печатных работ, в том числе 3 статьи в международных рецензируемых научных журналах, входящих в Q2 квартили, по данным Journal Citation Reports компании Clarivate Analytics и имеющие CiteScore показатель процентиль в базе данных Scopus, 3 статьи в

научных изданиях, рекомендуемых Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования РК, 3 тезисов и докладов в трудах международных конференции.

Диссертационная работа выполнялась в рамках научно-исследовательских проектов грантового AP09058501 «Разработка технологических основ создания наноструктурированных материалов, перспективных для хранения энергии и фотоэлектрохимических устройств» (2021-2023 гг.), AP09259253 «Разработка углеродных композиций для электрохимических устройств аккумуляции и хранения энергии» (2021-2023 гг.).

Считаю, что диссертационная работа Нұрболат Ш.Т. по актуальности, новизне, значимости результатов и общему обьему исследований соответствует всем критериям, предъявляемым к PhD диссертациям, а автор заслуживает присуждения степени доктора философии PhD по специальности 8D07110 – «Материаловедение и технология новых материалов».

Д.ф.-м.н., профессор _____ Абдуллин Х.А.

Абдуллин Х.А қолын растайымын

«8D07110»-Материалтану және жаңа материалдар технологиясы мамандығы бойынша философия докторы дәрежесіне іздену үшін ұсынылған Нұрболат Шырын Таңырбергенқызының «Көміртекті материалдар мен металл оксидтері негізінде суперконденсаторларға арналған электродты композиттер» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына ғылыми жетекшісі физика-математика ғылымдарының докторы, профессор Х.А.Абдуллиннің

## ПІКІРІ

Нұрболат Ш.Т. жұмысы энергияны электрохимиялық сақтау электродтарын жасау үшін көміртекті материалдар мен металл оксидтерінің композиттерін өндіруге, сондай-ақ синтезделген және тотықсызданған кобальт оксиді электродтары және синтезделген белсендірілген көмір мен кобальт оксидінен тұратын композит негізіндегі электродтардың морфологиясы мен электрлік қасиеттерін зерттеуге арналған. Тотықсыздану процесінде $Co_3O_4$ нанокристалл құрылымының CoO фазасына трансформациясы және тотығу кезінде CoO құрылымынан $Co_3O_4$ құрылымына кері ауысу ерекшеліктері зерттелді.

Аталған бағыттағы зерттеу жұмыстары құрылғылар мен жабдықтардың кең ауқымын пайдалану кезінде электр энергиясын тиімді сақтау және пайдалану мәселелерін шешу үшін маңызды болып табылады. Әртүрлі концентрациядағы кобальтпен легірленген активтендірілген көмірд композиттерінің синтездеу режимдері мен параметрлері олардың құрылымдық сипаттамаларын басқаруға мүмкіндік береді және оларды модификацияланған қасиеттері бар жаңа электродтарды жасауға арналған перспективті материал етеді. Бұл жұмыс өзекті, өйткені қалпына келетін энергетиканың қарқынды дамуына байланысты электр энергиясын сақтау әдістерін әзірлеу – бүкіл әлемдегі технологиялық зерттеулердің анағұрлым маңызды салаларының бірі.

Жұмыста зерттеудің қазіргі заманғы әдістерінің нәтижелері келтірілген: алынған нанокұрылымдалған үлгілердің морфологиясын зерттеу үшін сканерлеуші және трансмиссиялы электрондық микроскопия, фазалық құрамды анықтау үшін рентгендік фотоэлектрондық спектроскопия, энергодисперсті рентгендік спектроскопия, раман спектроскопиясы және рентгендік құрылымдық талдау, электрохимиялық қасиеттерін анықтау үшін циклдік вольтамперометрия, гальваностатикалық заряд/разряд және электрохимиялық импеданс спектроскопиясы.

Негізгі нәтижелер 9 баспалық жұмыста жарияланды. Соның ішінде Scopus базасында CiteScore көрсеткіштік процентильге ие Q2 квартиліне кіретін журналдарда 3 мақала, ҚР БҒМ БҒСБК ұсынатын ғылыми

журналдарда 3 мақала, халықаралық ғылыми – практикалық конференциялардың жинақтарында 3 ғылыми жұмыс жарияланды.

Диссертациялық жұмыс AP09058501 «Энергияны сақтау және фотоэлектрохимиялық құрылғылар үшін перспективті нанокұрылымды материалдар жасаудың технологиялық негіздерін жасау» (2021-2023 жж.), AP09259253 «Электрохимиялық энергияны жинақтау және сақтау құрылғыларына арналған көміртекті композиттерді әзірлеу» (2021-2023 жж.) мемлекеттік гранттық қаржыландыру жобаларының аясында жасалды.

Ш.Т. Нұрболаттың дисертациялық жұмысы өзектілігі, жаңалығы, нәтижелерінің маңыздылығы және жалпы зерттеулері бойынша PhD дисертацияларына қойылатын барлық критерийлерге сейкес келеді, ал автор 8D07110 - «Материалтану және жаңа материалдар технологиясы» мамандығы бойынша PhD философия докторы дәрежесіне лайықты деп санаймын.

Ф.-м.ғ.д.,профессор /қолы бар/ Абдуллин Х.А.

/мөрдің мазмұны: «ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КОММЕРЦИЯЛЫҚ ЕМЕС АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ
НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО " КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ»
NON-PROFIT JOINT STOCK COMPANY "AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY"
ФИЗИКА-ТЕХНИКАЛЫҚ ФАКУЛЬТЕТІ/