

ОТЗЫВ

**научного руководителя д.ф.-м.н профессора Абдуллина Хабибуллы Абдуллаевича
на диссертационную работу Елеуова Мухтара Ауезовича**

**«Синтез и исследование пористых углеродных материалов и оксидов
переходных металлов для электрохимического накопления энергии»,
представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по
специальности 6D072300 – «Техническая физика»**

Диссертационная работа посвящена синтезу и исследованию пористых углеродных материалов и оксидов переходных металлов для применения в устройствах электрохимического накопления энергии. Учитывая рост спроса на высокопроизводительные и экологически безопасные системы накопления энергии, тема диссертации полностью соответствует стратегическим целям развития научно-технической сферы и задачам «зелёной» энергии.

Диссертация выполнена на базе Института проблем горения, кафедры материаловедения, нанотехнологии и инженерная физика КазННТУ имени К.И. Сатпаева, а также в ходе стажировки в Хьюстонском университете (США). В ходе выполнения работы Елеуов М.А. освоил современные методы исследования наноматериалов и проявил настойчивость и самостоятельность, характерные для исследователя.

В рамках работы проведены комплексные исследования, включающие термохимическую активацию биомассы (скорлупы грецкого ореха и рисовой шелухи) для получения графеноподобного пористого углерода с удельной поверхностью до 3292 м²/г, а также его морфологический и структурный анализ методами SEM, TEM, рентгенофазового анализа и Рамановской спектроскопии с подтверждением формирования развитой микро- и мезопористой сети. Количественный пористостной анализ по методу БЭТ позволил детализировать распределение пор по размерам, после чего электрохимические испытания циклической вольтамперометрией и гальваностатическим заряд-разрядом продемонстрировали удельную ёмкость до 263 Ф/г и сохранение ≥ 99 % ёмкости после 5000 циклов при плотности тока 1 А/г. Дальнейшая модификация материала осаждением гидроксида никеля повысила удельную ёмкость до 300 Ф/г и улучшила циклическую стабильность, а разработка трёхмерного пористого никелевого токосъёмника с CVD-графеновым покрытием и псевдоёмкостным слоем наноструктурированного MnO₂, сформированным методом электроосаждения, обеспечила синергетический эффект: гибридные электроды показали ёмкость до 297 Ф/г при 0,25 А/г

и сохранили 98 % ёмкости после 5000 циклов, что подтверждает их высокую эффективность для систем электрохимического накопления энергии.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в создании технологических решений и оборудования для синтеза и модификации электродных материалов на основе графеноподобного пористого углерода и гибридных структур с оксидами переходных металлов, что открывает возможности для локального производства высокоэффективных суперконденсаторов и других систем накопления энергии. Разработанные методы термохимической активации биомассы и CVD-осаждения графена могут быть внедрены в составе существующих производственных линий, обеспечивая снижение себестоимости и экологическую безопасность за счёт использования возобновляемого сырья. Трёхмерные пористые никелевые токосъёмники с наноструктурированными покрытиями демонстрируют высокую проводимость и механическую прочность, что делает их перспективными для масштабирования в разработке гибридных электродов.

В связи с этим тема диссертационного исследования Елеуова М.А. является актуальной как в научном, так и в практическом плане.

За время выполнения диссертационной работы освоил следующие методы анализа: термогравиметрический анализ, элементный анализ, рентгенофазовый анализ, оптическая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, метод для определения удельной площади поверхности, атомно-силовой микроскоп, гальваностатический и потенциостатический методы анализа, циклическая вольтамперометрия, а также метод Раман спектроскопии. Применение этих методов позволило всесторонне охарактеризовать физико-химические и электрохимические свойства полученных материалов, электродов и подтвердить надежность и достоверность полученных результатов.

Основные положения диссертационной работы отражены в 11 научных работ, включая 3 статьи в изданиях, рекомендованных КОКСНВО МНВО РК для соискания степени доктора философии (PhD), 5 статей в международных научных журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, а также получено 3 патента.

Считаю, что представленные в диссертации результаты являются достоверными и несомненно вызывают глубокий научный интерес. Работа отвечает требованиям современного научного сообщества.

В связи с вышеизложенным, диссертационная работа Елеуова М.А. «Синтез и исследование пористых углеродных материалов и оксидов переходных металлов для электрохимического накопления энергии», представленная на соискание степени доктора философии (PhD) представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по

специальности 6D072300 – «Техническая физика», по основным критериям (актуальность, научная новизна, обоснованность и достоверность результатов, объем проведенных исследований и практическая значимость) заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD).

Научный руководитель
д.ф-м.н профессор



Абдуллин Х.А.

Абдуллин Х.А. қолы растайтын