

Протокол № 406

заседания диссертационного совета Д 212.038.08

от 05.10.2020

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 23 человек. Присутствовали на заседании 18 человек.

Председатель заседания: д. хим. наук, профессор Семенов Виктор Николаевич

Присутствовали: д. хим. наук, профессор Введенский Александр Викторович, д. хим. наук, профессор Семенов Виктор Николаевич, к. хим. наук Сладкопевцев Борис Владимирович, д. хим. наук, профессор Бутырская Елена Васильевна, д. хим. наук, профессор Бобрешова Ольга Владимировна, д. хим. наук, доцент Зарцын Илья Давидович, д. хим. наук, профессор Калужина Светлана Анатольевна, д. хим. наук, профессор Котова Диана Липатьевна, д. хим. наук, профессор Кравченко Тамара Александровна, д. хим. наук, профессор Миттова Ирина Яковлевна, д. хим. наук, профессор Семенова Галина Владимировна, д. хим. наук, профессор Шапошник Владимир Алексеевич, д. хим. наук, профессор Хохлов Владимир Юрьевич, д. хим. наук, доцент Васильева Вера Ивановна, д. хим. наук Завражнов Александр Юрьевич, д. хим. наук, доцент Козадеров Олег Александрович, д. хим. наук, доцент Кострюков Виктор Федорович, д. хим. наук, доцент Томина Елена Викторовна.

Слушали: Председателя экспертной комиссии, созданной для предварительного ознакомления с диссертационной работой Ермаковой Александры Сергеевны «Окислительно-восстановительная модификация высокопористых углеродных материалов для электрохимических конденсаторов» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.05 – электрохимия, д.х.н., профессора Васильеву В.А.

Работа выполнена в Воронежском государственном университете.

Диссертация представляется к защите впервые и удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ.

Диссертационная работа А.С. Ермаковой посвящена исследованию актуальной проблемы электрохимии – накоплению заряда на новых высокопористых углеродных электродах, полученных методом окислительно-восстановительной модификации.

Наиболее существенными научными результатами, представленными в диссертационной работе, могут считаться следующие:

1. Сформированы общие представления о механизме окислительно-восстановительной модификации высокопористого углеродного материала веществами различной природы (гидроксиды натрия и калия, азотная кислота, перманганат калия), согласно которому окисление углерода сопровождается одновременно образованием новой структуры и дополнительных поверхностных функциональных редокс-центров.
2. Показано, что роль электропроводящего углеродного допанта в композитном электроде заключается в заполнении порового пространства для объединения допанта и углеродной матрицы в единый проводящий кластер, что обеспечивает рост удельной емкости. В углерод-полимерном слое между активным слоем и токоподводом увеличение концентрации углеродного допанта приводит к перколяции проводимости.
3. Описаны концентрационные эффекты электропроводящих и непроводящего допантов. Обнаружено, что равномерное распределение электрического заряда в электроде и повышенная удельная емкость в растворах электролитов обеспечивается при концентрации электропроводящего углеродного допанта в активном слое элект-

трода $10 \div 20$ мас.%. Выше этого уровня концентрации уменьшение площади поверхности электрода приводит к снижению емкости. Допирование непроводящего оксида марганца (IV) до концентрации 25 мас.% монотонно повышает удельную емкость. Допирование свыше этой концентрации приводит к резкому снижению емкости вследствие роста сопротивления электрода.

4. Доказана зависимость физико-химических свойств углеродных материалов от природы модификатора (гидроксиды щелочных металлов, азотная кислота, перманганат калия). Гидроксиды щелочных металлов активно взаимодействуют с углеродной матрицей, разрушая поры и уменьшая площадь поверхности на 8 – 12 %. Поэтому удельная емкость, несмотря на формирование редокс-центров, в водных и неводных электролитах снижается. Азотная кислота в качестве модификатора высокопористого углеродного материала также вызывает сокращение площади поверхности, но приводит к образованию множества поверхностных функциональных групп, которые, участвуя в фарадеевском процессе на электроде, повышают емкость до 144 Ф/г (на 27 %). Оксид марганца (IV), осажденный из раствора перманганата калия, трехкратно повышает удельную емкость углеродного электрода до 59 Ф/г, участвуя в поверхностных редокс-реакциях. Необходимо отметить, что состав электрода требует существенного увеличения содержания электропроводящего допанта, что сказывается на общем низком уровне содержания высокопористого углеродного материала.
5. Введены представления об особенностях двойнослойных и фарадеевских процессов на углеродных электродах электрохимических конденсаторов. Показано, что размер ионов электролита и распределение пор углеродного материала по размеру оказывают непосредственное влияние на процесс заряда двойного электрического слоя, а фарадеевский процесс с участием поверхностных функциональных групп имеет диффузионный контроль.
6. Сравнительный анализ физико-химических характеристик исходных и новых модифицированных углеродных материалов позволил доказать образование дополнительных редокс-центров в ходе окислительно-восстановительной модификации. На циклических вольтамперных кривых отмечается наличие катодного и анодного пиков в области потенциалов $0.4 \div 0.8$ В, которые соответствуют обратимым редокс-реакциям с участием фенольных и карбоксильных групп. В случае допирования оксида марганца (IV) повышение удельной емкости обусловлено обратимым редокс-переходом $Mn(IV)/Mn(III)$.

Работа выполнена на высоком научном и методическом уровне с использованием современных электрохимических и физических методов исследования, проведен систематический анализ полученных экспериментальных данных.

Тема и содержание диссертации соответствует паспорту специальности 02.00.05 – электрохимия в соответствии с паспортом специальностей научных работников.

Полнота представления материалов диссертации в печати составляет 95%. Список работ, опубликованных по теме диссертации, включает 17 наименований, из них 4 статьи в реферируемых журналах из перечня ВАК и 13 тезисов докладов на Международных и Всероссийских конференциях. Требования, предусмотренные пунктами 11 и 13 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», выполнены.

По результатам прохождения диссертацией программы «Антиплагиат» экспертная комиссия установила уровень оригинальности 83%.

Результаты работы могут быть рекомендованы для использования в Воронежском государственном университете, Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова, Институте физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Санкт-Петербургском государственном университете, Институте проблем химической физики РАН.

Рассмотрение диссертации А.С. Ермаковой входит в компетенцию диссертационного совета Д 212.038.38 при Воронежском государственном университете. Комиссия рекомендует представить ее к защите по специальности 02.00.05 – электрохимия.

В качестве официальных оппонентов предлагаются:

- **Смирнова Нина Владимировна**, доктор химических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», технологический факультет, кафедра «Химические технологии», профессор;

- **Ткачев Алексей Григорьевич**, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования Тамбовский государственный технический университет, «Техника и технологии производства нанопродуктов», заведующий кафедрой.

В качестве ведущей организации рекомендуется **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук**.

Постановили:

Принять к защите диссертацию Ермаковой Александры Сергеевны «Окислительно-восстановительная модификация высокопористых углеродных материалов для электрохимических конденсаторов» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.05 – электрохимия.

Утвердить официальными оппонентами

- **Смирнову Нину Владимировну**, доктора химических наук, доцента, профессора кафедры «Химические технологии» технологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»;

- **Ткачева Алексея Григорьевича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Техника и технологии производства нанопродуктов» Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования Тамбовский государственный технический университет.

Утвердить ведущую организацию по диссертации Ермаковой А.С. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук**.

Назначить дату защиты на 10 декабря 2020 г.

Разрешить опубликование автореферата диссертации на правах рукописи и утвердить список его рассылки.

Результаты голосования: «за» – 18, «против» – нет, «воздержался» – нет

Председатель
диссертационного совета



/ Введенский А.В. /

Ученый секретарь
диссертационного совета



/ Сладкопепцев Б.В. /

