

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева

**ЭЛЕКТРОАКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ХИМИЧЕСКИЕ
ИСТОЧНИКИ ТОКА**

Школа молодых ученых – 2022

(Москва, 30 мая – 5 июня 2022 г.)

Материалы и доклады

Москва
2022

УДК 544.6
ББК 24.57
045

045 **Электроактивные материалы и химические источники тока. Школа молодых ученых – 2022. Материалы и доклады.** – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2022. – 84 с
ISBN 978-5-7237-1964-4

В сборник включены материалы выступлений участников школы молодых ученых «Электрохимическим материалам и химическим источникам тока». В публикациях представлены доклады про синтез электроактивных материалов, применение покрытий, полученных электрохимическими и химическими методами, для нужд энергетики, различные виды химических источников тока, такие как топливные элементы, проточные редокс-батареи, суперконденсаторы.

УДК 544.6
ББК 24.57

Ответственные редакторы: М.М. Петров, к.ф.-м.н., заведующий научно-образовательной лабораторией ЭМХИТ; Р.Д. Пичугов, к.ф.-м.н., ст. преподаватель научно-образовательной лаборатории ЭМХИТ; Н.О. Спешников, к.т.н., научный сотрудник научно-образовательной лаборатории ЭМХИТ.

Технический редактор: Н.В. Карташова, ассистент научно-образовательной лаборатории ЭМХИТ

Ответственные за секции:

А.Г. Антипов, д.х.н., профессор научно-образовательной лаборатории ЭМХИТ

Д.В. Конев, к.х.н., с.н.с. Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина РАН

М.М. Петров, к.ф.-м.н., заведующий научно-образовательной лабораторией ЭМХИТ

ISBN 978-5-7237-1964-4

© Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

<u>Baltash Ye., Mashekova A., Yegamkulov M., Trussov I., A.Mukanova, Bakenov Z.</u> (Institute of Batteries; Nazarbayev University) EFFECT OF DOPING WITH M^{2+} CATIONS ON THE IONIC CONDUCTIVITY PROPERTIES OF LATP SOLID ELECTROLYTES.....	8
<u>Gorokh I.D., Koroleva M.O., Boldyreva A.G.</u> (Skolkovo Institute of Science and Technology) A FAMILY OF 3D $CuIn_2Se_3X$ CHALCOHALIDES FOR OPTOELECTRONICS AND SOLAR ENERGY CONVERSION.....	9
<u>Kvdvrbaveva U., Yelemessova Z., Maushanova D., Mukanova A., Bakenov Z.</u> (Institute of Batteries; Nazarbayev University) THE USE OF RED PHOSPHORUS AS AN ANODE MATERIAL FOR LITHIUM-ION BATTERIES.....	10
<u>Nurol'daveva G.A., Serik Y.S., Adair D., Uzakbaityly B., Bakenov Z.B.</u> (Institute of Batteries LLC; Nazarbayev University; National Laboratory Astana) SON AND SOC ASSESSMENT OF LITHIUM-ION BATTERIES THROUGH THE ENTROPYMETRY.....	11
<u>Азимов Н. П., Савчук Т. П., Камалеев М.Ф.</u> («Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники») ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ $Sr(OH)_2$ В ПРОЦЕССЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ НА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ $SrTiO_3-ITAO_2$	13
<u>Амелина И.С., Зайнуллин Н.О., Бирюков А.П.</u> (Челябинский государственный университет) ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЮЧНОГО ТРАВЛЕНИЯ ДИФФУЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ Ni/Zn	15
<u>Асмелянова А.Д., Багшеев А.С., Борзенко Т.А., Воробьев А.М., Мальбахова И.А.</u> (Новосибирский государственный университет; Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН) ПРЯМАЯ ЗДЕЧЕЧАТЬ АНОДА ТВЕРДОКСИДНОГО ТОЛЩИНОВОГО ЭЛЕМЕНТА NiO/SSO И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО СВОЙСТВ.....	17
<u>Быков В.И., Титов А.А., Ильина С.И., Логшов В.Я., Равичев Д.В.</u> (Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева) МЕМБРАНЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.....	19
<u>Васильева А.А., Мамонова Д.В., Петров Ю.В., Мамыкина А.А.</u> (Санкт-Петербургский государственный университет) КОМПОЗИТЫ ПОЛИАМИЛЛИН-МНЧ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗА ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА.....	21
<u>Верако Д.О., Абунаева Л.З., Антипов А.Е.</u> (Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева) ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАТОДНЫХ РЕДОКС-МЕДИАТОРОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИОКСОМЕТАЛЛАТОВ В ТВЕРДОМ ТОЛЩИНОВОМ ЭЛЕМЕНТЕ.....	23

<u>Данилова В.Е., Савчук Г.И.</u> (Национальный исследовательский университет Московский институт электронной техники, МГУ имени М. В. Ломоносова) РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕТЕРОСТРУКТУР TiO_2/Sn НА ОСНОВЕ МАССИВОВ НАНОТРУБОК АНОДИРОВОГО ОКСИДА ШИМА МЕТОДОМ ФОТОННДУЦИРОВАННОГО ОСАЖДЕНИЯ МЕТАЛЛОВ.....	26
<u>Дергачева Н.П.</u> (Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Банкова РАН) ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПЕДИМАСА ГЕНЕРАТОРА КИСЛОРОДА С ТВЕРДО-РАСПЛАВНЫМ КОМПОЗИТНЫМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ $\text{Wb}_2\text{O}_6\text{-}0.1$ МАСС.% В О. П. ЭЛЕКТРОДАМИ $\text{In}_{1-x}\text{Sb}_x/\text{ZrO}_2\text{-}Y_2\text{O}_3$	27
<u>Дитришова А.П.,</u> Медведев Ю.Ю., Кривошапкина Е.Ф., Клишкова А.А. (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО) ВЛИЯНИЕ КАТОДИКОГО МАТЕРИАЛА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕАКЦИИ ЭЛЕКТРОКАРБОКСИЛИРОВАНИЯ ИМПРОВ ДО АЛЬФА-АМИНОКИСЛОТ.....	29
<u>Дьяконов А.К.,</u> Захаркин М.В. (Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова) ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАТРИЙ-ХРОМ-МАРИНЦЕВЫХ ФОСФАТОВ СО СТРУКТУРОЙ NASICON	31
Ерминов М.А., Петров М.М. (Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева) ЭКСТРАКЦИЯ И ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОАКТИВНОСТИ ОРГАНИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ПРОТОЧНЫХ РЕДУКС-БАТАРЕЙ ИЗ РАСШИРЯЕМОГО СЫРЬЯ.....	32
Жуков В.Ю., Гангеров Е.А., Капустин А.В., Жвакин Д.А., Кузнецов В.В. (Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева) ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СИНТЕЗ ПЬМОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ СЕЛЕНИДОМ СЕРЕБРА.....	33
Задер П.А., Конев Д.В., Воронящев М.А. Институт физической химии и электрохимии имени А. Н. Фрумкина РАН; Институт проблем химической физики РАН; Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева) РАСЧЕТ РАВНОВЕСНОГО И КВАЗИ-РАВНОВЕСНОГО СОСТАВА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ХЛОР-СОДЕРЖАЩИХ ВЕЩЕСТВ С РАЗЛИЧНЫМИ СТЕПЕНЯМИ ЕГО ОКСИДОВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕДУКС ПОТЕНЦИАЛА И pH РАСТВОРА.....	35
<u>Иванова Е.А., Савчук Г.И.</u> (Национальный исследовательский университет электронной техники, МГУ имени М.В. Ломоносова) ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА ОСАЖДЕННОГО ОКСИДА МАДИ НА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ $\text{Sn}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ НА ОСНОВЕ МАССИВОВ АНОДИРОВАНЫХ НАНОТРУБОК ОКСИДА ШИМА.....	37
<u>Исокжанов Ш.Ш.,</u> Каковкина Ю.Н. («Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники») ЭЛЕКТРОФОРЕНИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ SUP6R С45 И ОКСИДА РУТЕНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СУПЕРКОНДЕНСАТОРАХ.....	39
Капшин И.И., Капустин Е.С., Фролов К.В., Локтионов П.А., Кузнецов В.В. (Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева)	

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ БРОМА ИЗ СМЕСАННЫХ ХЛОРИДНО-БРОМИДНЫХ РАСТВОРОВ. ИМИТРИРУЮЩИХ МОРСКУЮ ВОДУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМЕСАННЫХ ОКСИДНЫХ Mn_2O_3 - Mo_2O_3 - Al_2O_3 АНОДОВ.....	40
<u>Карташова И.В.</u> , Конев Д.В., Локтионов П.А., Рошудкина Д.А., Антипов А.Г., Воротынцева М.А. (РХТУ: МГУ; ИИХФ РАН; ИФХХ) РАН)	
ОПЕРАНД-СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ЭЛЕКТРОЛИТА НА ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ ЭЛЕКТРОДЕ ВОДОРОДНО-БРОМАТНОЙ БАТАРЕИ.....	42
Кислов Д.А., Корчун А.В., Евщик Е.Ю. (Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет); Институт проблем химической физики РАН)	
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОКСИДА ГРАФЕНА В КАЧЕСТВЕ АКТИВНОГО МАТЕРИАЛА ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА ЛИТИЙ-ИОННОГО АККУМУЛЯТОРА.....	43
<u>Князева А.А.</u> , Фрейман В.М., Виноков А.В. (Институт проблем химической физики РАН)	
ИССЛЕДОВАНИЕ ИОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ НАТРИЕВЫХ СОЛЕЙ КАЛИКСАРЕН[18]СУЛЬФОКСИЛОТ, СОЛЬВАТИРОВАННЫХ ДИПРОТОННЫМ РАСТВОРИТЕЛЕМ.....	44
<u>Козлова М.В.</u> , Бургин С.И., Соловьев М.А., Пушкарев А.С., Пушкарева И.В. (Научный исследовательский университет «МЭИ», Научный Исследовательский Центр «Курчатовский институт»)	
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕМБРАННО-ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА ВОДЫ С ВЫСОКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ.....	45
<u>Корчун А.В.</u> , Кислов Д.А., Колмаков В.Г., Евщик Е.Ю., Добровольский Ю.А. (Институт проблем химической физики Российской академии наук)	
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННОЙ МЕМБРАНЫ НАФИОН В КАЧЕСТВЕ ПОЛИМЕРНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ.....	47
<u>Крупанова Д.А.</u> , Камалеев М. Ф. (ИИУ Московский институт электроннои техники)	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ИЗМЕНЕНИЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАССИВОВ ПТАОГ ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В ГЛИЦЕРИНЕ.....	49
<u>Кузнецов Д.А.</u> (ИИТУ «МИСИС»)	
ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ТЕРМООБРАБОТКИ ПРЕКУРСОРОВ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТОВ Fe_3O_4/Co_3O_4	50
Кулаченко Б.А., Голованов П.С., Пшеничкина Г.В., Кузнецов В.В. (Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Институт органической химии им. П.Д. Зелинского РАН)	
ИССЛЕДОВАНИЕ ОКСИДТЕЛЬНО-ВОССТАВЛЯТЕЛЬНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ХЛОРИДА ФОРМАЛЬДОКСИМА-1,4,7-ТРИАЗОЦИКЛОНОНА НА НИКЕЛЯ МЕТОДОМ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ.....	52
Лактенко Г.П., Бобылёва З.В., Дрожжин О.А., Антипов Е.В. (МГУ имени М.В. Ломоносова; МГУ имени М.В. Ломоносова; Центр энергетических наук и технологий, Сколковский институт науки и технологий)	

СИНТЕЗ ПЕРАФИЗИРУЕМОГО УГЛЕРОДА С ПОМОЩЬЮ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ КАРБОНИЗАЦИИ ДЛЯ НАТРИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ.....	54
<u>Иванов И.И., Пичугин Р.Д.</u> (Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева)	
СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ВАНАДИЯ ИЗ ОТРАБОТАННОГО КАТАЛИЗАТОРА СЕРНОКИСЛОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	55
<u>Докучаев И.А., Конев Д.В.</u> (Институт проблем химической физики Российской Академии Наук, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева)	
ГАЗОДИФФУЗИОННЫЕ ВОДОРОДНЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ В УСЛОВИЯХ ГРАДИЕНТ РИ КАК ОСНОВА ДЛЯ ГЕНЕРАТОРА И НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ЭНЕРГИИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ РЕАКЦИЮ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ..	57
<u>Повиков А.В., Теплякова М.М., Ямшова О.Р., Фролова Л.А., Дремова Н.Н., Шитлов Г.В., Жидков П.С., Курмаев Э.З., Трошин И.А., Стивенсон К.Дж.</u>	
(Сколковский институт науки и технологий; Институт проблем химической физики РАН, Уральский федеральный университет; Институт физики металлов имени М.П. Михеева Уральского отделения РАН)	
ВЛИЯНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ И ГИБРИДНЫХ ДЫРОЧНО-ПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ НА СТАБИЛЬНОСТЬ ПРОСКИПНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ.....	59
<u>Ромашина Е.И.¹</u> , Стивенсон К.Дж. (Сколковский институт науки и технологий, Территория Инновационного Центра "Сколково")	
ДИЗАЙН НОВЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ РЕДОКС-АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ НЕВОДНЫХ ПРОТОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ.....	61
<u>Ромашкина Д.А., Каргашова И.В., Рубан Е.А., Шаноренков А.А., Конев Д.В., Душик В.В., Антипов А.Е.</u> (Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова; Институт проблем химической физики РАН, Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина РАН)	
ОЦЕНКА РЕСУРСА УГЛЕРОДНОЙ БУМАГИ, ПОКРЫТОЙ ЧАСТИЦАМИ ВОЛЬФРАМА, КАК ЭЛЕКТРОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА.....	63
<u>Рубан Е.А., Конев Д.В.</u> (НИИХ РАН; ИФХ) им. А.Н. Фрумкина РАН)	
ВОДОРОДНО-ВАНАДИВНАЯ ПРОТОЧНАЯ БАТАРЕЯ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК ТОКА.....	65
<u>Рябов Е.И.</u> (Удмуртский государственный университет)	
ВЛИЯНИЕ ПИКТИНА НА ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРОПОЛИМЕРИЗАЦИИ ХЕМИИ НОВОГО СИНТЕЗА.....	66
<u>Соловьев О.И.</u> (МФТИ)	
ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТРОЕНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СУЩЕСТВОВАНИЯ НОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТРУКТУРНОГО ТИПА N-ALISON И НЕКОТОРЫХ СМЕЖНЫХ ТИПОВ.....	68
<u>Спиридов И.О., Лисовалова А.А.</u> (Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева)	
ПРИМЕНЕНИЕ DSA ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ПРОТОЧНЫХ РЕДОКС-БАТАРЕЙ.....	70

Тележкина А. В., Кузнецов В. В., Балабанова О.А., Жуликов В. В., Железнов Е. В. (Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева; ФГБУ «ЦСТ» ФМБА России; Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН; АО «РУСАЛ»)	
ЭЛЕКТРОСОСТАВЛЕНИЕ ХРОМА ИЗ ФОРМАТНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА.....	72
<u>Рефелов М.А.</u> , Лакненко Г.П., Бобылёва З.В., Дрожжин О.А., Ашпуров Е.В. (МГУ имени М.В. Ломоносова; Центр энергетических наук и технологий Сколковский институт науки и технологий)	
ТЕМПЛАТНЫЙ СИНТЕЗ НЕГРАФИТИЗИРУЕМОГО УГЛЕРОДА ДЛЯ НАТРИЙ ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ.....	76
Фролов К.В., Хашип Д.А., Кузнецов В.В., Б.И. Подюченко Б.И. (Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова) КАРБИДЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ (Zr, Nb, Mo), МОДИФИЦИРОВАННЫЕ МИКРОКОЛИЧЕСТВАМИ ПЛАТИНЫ, КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ РЕАКЦИИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА (РВВ).....	77
Чикин Д.В., Петров М.М. (Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева)	
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ АНТРАХИНОН-БРОМНАЯ ПРОТОЧНАЯ РЕДОКС-БАТАРЕЯ С ПЕГОЛИТОМ НА ОСНОВЕ СМЕСИ СУЛЬФОПРОИЗВОДНЫХ АНТРАХИНОНА.....	79
<u>Чикин Д.В.</u> , Петров М.М., Крючков А.Д., Скорб Е.В. (Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева; Национальный исследовательский университет ИТМО)	
СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ ДИСУЛЬФОПРОИЗВОДНЫХ АНТРАХИНОНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТАБИЛЬНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ПЕГОЛИТОВ ПРОТОЧНЫХ РЕДОКС-БАТАРЕЙ.....	80
<u>Ябланович А.</u> , Захаркин М.В. (Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова)	
КАТОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ НАТРИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ СМЕШАННЫХ ФОСФАТОВ НАТРИЯ И ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	81
Ямилова О.Р., Федотов Ю.С., Бредихин С.И., Стивенсон К. (Сколковский институт науки и технологий; Институт физики твёрдого тела РАН)	
КАК ПРИРОДА ДЫРОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО СЛОЯ И МЕТОД ЕГО НАНЕСЕНИЯ ВЛИЯЮТ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ.....	82

ВЛИЯНИЕ ПЕКТИНА НА ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРОПОЛИМЕРИЗАЦИИ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО

Рябов Е.И.

магистрант 1-го курса

Научный руководитель: Черенков И.А., к.б.н., доцент
Удмуртский государственный университет, 426034, Россия. г.
Ижевск, ул. Университетская д. 1;
r-expert@list.ru

Одним из инструментов, позволяющим отслеживать биохимические реакции являются электрохимические сенсоры, использующие электроактивные красители (метиленового синего, толуидинового синего, нейтрального красного и др.), как в мономерной, так и в полимеризованной форме. Такие электроактивные полимеры находят широкое применение в биосенсорах и биотопливных элементах. Основным способом получения полифеназинов является электрополимеризация (ЭП), позволяющая сформировать слой полимера непосредственно на поверхности электрода [1-4]. Известным свойством катионных красителей является физико-химическое сродство к пектинам [5]. На наш взгляд, использование природных полисахаридов в комбинации с электроактивными полимерами может обеспечить высокую биосовместимость модифицированных электродов и стать основой гибридных электродных материалов.

Целью настоящего исследования стал анализ влияния природных пектинов на процесс ЭП метиленового синего (МС).

Для получения полимера к раствору МС (0,5 мМ) добавляли раствор пектина с концентрацией 3% (масс.) и проводили ЭП, используя трис-НСl (рН 8,31) в качестве фонового электролита. Рабочий диапазон ЭП +1200...-450 мВ. Остаточную активность полимера оценивали в диапазоне потенциалов +600...-600 мВ.

На циклической вольтамперограмме (ЦВА) в процессе ЭП МС, можно выделить три характерных области. При высоких положительных потенциалах происходит необратимое окисление мономеров МС. В этой области в присутствии пектина значения токов окисления оказались несколько выше (2,10 мкА), наблюдаемых при ЭП без полисахарида (1,86 мкА). По мере прохождения циклов токи в этой области снижаются.

Вторая характерная часть ЦВА ЭП МС – область потенциалов -200...-450 мВ характеризует превращения мономерной формы. Эффект пектина заключается в ограничении электрохимических превращений МС – токи окисления и восстановления существенно ниже (достигают -1,35 мкА и 0,44 мкА), если в среде присутствует пектин.

Заметные изменения отмечены в области ЦВА соответствующей наращиванию полимерной формы. Это пики электроокисления и

электровосстановления смещенные в сторону положительных потенциалов относительно электрохимических превращений мономера и нарастающие в по мере прохождения циклов. В пектинсодержащем электролите значения потенциалов соответствующие электроокислению полимера ($E \sim -100$ мВ) смещены относительно показателей, полученных при полимеризации без полисахарида ($E \sim -150$ мВ). Значения токов при этом оказались близкими ($-0,40$ мкА и $-0,60$ мкА, соответственно). Потенциалы, соответствующие процессу электровосстановления полимера, практически равны ($E \sim 150$ мВ), при этом значения токов восстановления в конце полимеризации были выше в присутствии пектина.

Показатели остаточной активности полимера МС, полученного в пектинсодержащем электролите характеризовались существенно большими значениями пиковых значений силы тока как в анодной, так и в катодной областях.

Таким образом, пектин оказывает существенное влияние как на сам процесс ЭП МС, так и на электрохимическую активность полимера. Полученные данные могут быть полезны для разработки протоколов получения гибридных электроактивных полимеров, а также для анализа сложных гидрогелевых систем.

Список литературы:

1. Mezhev Y.O. Chemical Oxidative Polymerization of Methylene Blue: Reaction Mechanism and Aspects of Chain Structure / Y.O. Mezhev, I.Y. Vorobev, I.V. Plyushchii, E.G. Krivoborodov, A.A. Artyukhov [et al.] // *Polymers*. – 2021. – № 13. – p. 2188;
2. Karyakin A. A. The electrochemical polymerization of methylene blue and bioelectrochemical activity of the resulting film / A.A. Karyakin, A.K. Strakhova, E.E. Karyakina [et al.] // *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*. – 1993. – Vol. 32. – No 1. – P. 35-43
3. Черенков И. А. Применение амперометрического датчика на основе поли(толуидинового синего) для изучения образцов плазмы крови пациентов с болезнью Паркинсона / И.А. Черенков, В.Г. Сергеев., Никитина Е.С., Иванова И.Л. // *Биомедицинская радиоэлектроника*. – 2018. – № 4. – С. 52-54.
4. Kaplan İ. H., Dağcı K., Alanyalıoğlu M. Nucleation and Growth Mechanism of Electropolymerization of Methylene Blue: The Effect of Preparation Potential on Poly(methylene blue) Structure. // *Electroanalysis*. – 2010. – Vol. 22. – No 22. P. 2694-2701.
5. Budi H., Siti A., Bakti M., Endang S. Adsorption of methylene blue dyes using pectin membrane // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2020. – P. 1503.

Научное издание

**ЭЛЕКТРОАКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ХИМИЧЕСКИЕ
ИСТОЧНИКИ ТОКА**

Школа молодых ученых – 2022

Материалы и доклады

Текст репродуцирован с оригиналов авторов

Подписано в печать 31.05.2022 г. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 4,9. Уч.-изд. л. 5,1. Тираж 80 Заказ 28

Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева. Издательский центр.
Адрес университета и издательского центра:
125047 Москва, Миусская пл., 9.