

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Казанский национальный исследовательский технологический университет



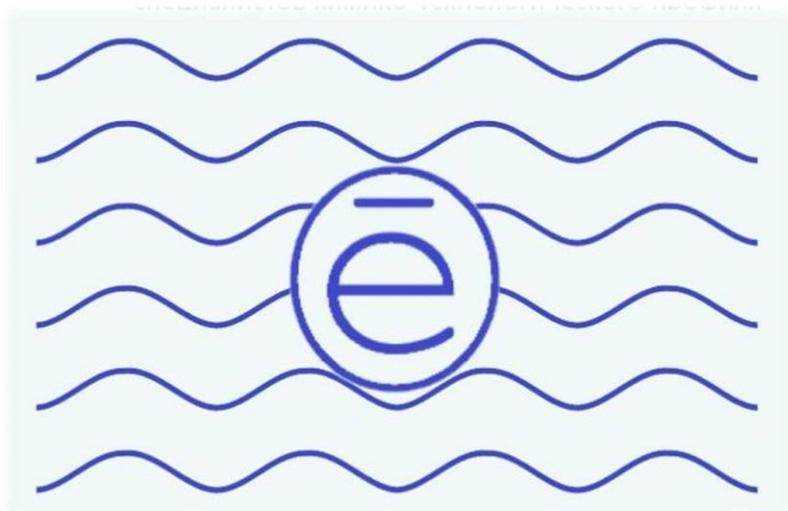
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

I Всероссийская научная конференция
с международным участием

Материалы конференции

20–23 ноября 2023 г.

г. Казань



ISBN 978-5-7882-3467-0

© Казанский национальный исследовательский
технологический университет, 2024

УДК 66.087
ББК 35.35
Т33

Издается по решению Ученого совета
Казанского национального исследовательского технологического университета

Редакционная коллегия:

Дресвянников Александр Федорович – д.х.н., зав. кафедрой ТЭП КНИТУ;
Межевич Жанна Витальевна – к.х.н., доцент кафедры ТЭП КНИТУ;
Ахметова Анна Николаевна – к.т.н., доцент кафедры ТЭП КНИТУ;
Березин Николай Борисович – д.х.н., профессор кафедры ТЭП КНИТУ;
Ившин Яков Васильевич – д.х.н., профессор кафедры ТЭП КНИТУ.

Т33 Теоретические и прикладные аспекты электрохимических процессов и защита от коррозии : материалы I Всероссийской научной конференции с международным участием (Казань, 20–23 ноября 2023 г.); Минобрнауки России; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2024.

ISBN 978-5-7882-3467-0

Представлены доклады по коррозии и защите металлов, методам коррозионного мониторинга и испытаний, перспективным материалам и электрохимическим технологиям, химическим источникам электрической энергии, электрохимическим методам обработки поверхности материалов и современным технологиям в подготовке специалистов химико-технологического профиля.

Предназначены для специалистов в области электрохимии и электрохимической технологии, защиты от коррозии, материаловедения, а также аспирантов и студентов, обучающихся по направлениям подготовки: 18.03.01 и 18.04.01 «Химическая технология», 18.03.02 и 18.04.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», 21.03.01 и 21.04.01 «Нефтегазовое дело», 22.03.01 и 22.04.01 «Материаловедение и технология материалов».

Все материалы представлены в авторской редакции.

УДК 66.087
ББК 35.35

Текстовое электронное издание

Минимальные системные требования:

- Windows: процессор Intel 1,3 Гц или аналогичный;
Microsoft Windows XP Service Pack 2
128 МБ оперативной памяти
- MacOS: процессор PowerPC G4 или Intel
MacOS X 10.5
128 МБ оперативной памяти
- Linux: 32-разрядный процессор Intel Pentium или аналогичный
SUSE Linux Enterprise Desktop 10 или Ubuntu 7.10; GNOME или KDE Desktop Environment

Ответственный за выпуск Ж. В. Межевич

Подписано к использованию 29.01.2024

Объем издания 7,0 Мб Заказ 1/24

Издательство Казанского национального исследовательского
технологического университета

420015, Казань, К. Маркса, 68

СОДЕРЖАНИЕ

Дресвянников А.Ф. КАЗАНСКАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ШКОЛА..... 16

1. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРОЦЕССЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ 18

Атаева Б. Х., Ниязбердиева М. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОАГУЛЯЦИЯ 18

Княжева О.А., Горбунова О.В., Бакланова О.Н., Лавренов А.В.,
Кохановская О.А., Косова Н.В., Арбузов А.Б, Тренихин М.В., Муромцев И.В.
НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СИНТЕЗУ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИХ
ПРИМЕНЕНИЯ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ 20

Бардина О.И., Пруссакова М.А., Григорян Н.С., Аснис Н.А., Абрашов А.А.
МОДИФИКАЦИЯ МЕДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ
ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ ВНУТРЕННИХ СЛОЕВ МНОГОСЛОЙНЫХ
ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ 23

Березин Н.Б., Межевич Ж.В., Чухланцева А.М. РОЛЬ ГЕТЕРОЛИГАНДНЫХ
КОМПЛЕКСОВ В ПРОЦЕССАХ ПОЛУЧЕНИЯ НИКЕЛЬ-ФОСФОРНЫХ
ПОКРЫТИЙ И РАСШИРЕНИЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК..... 25

Березин Н.Б., Межевич Ж.В., Бухарметова Л.Р. РОЛЬ ГЕТЕРОЯДЕРНЫХ
КОМПЛЕКСОВ В ПРОЦЕССАХ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИНКОВЫХ ПОКРЫТИЙ
С ВЫСОКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ 27

Боуфал В.П., Вабищевич Д.П., Пянко А.В., Черник А.А. ВЛИЯНИЕ СОСТАВА
ЭЛЕКТРОЛИТА НА КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВА Ni-Co..... 29

Водопьянова С.В., Мингазова Г.Г. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ 31

Гевел Т.А., Горшков Л.В., Суздальцев А.В., Зайков Ю.П. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ
ПОЛУЧЕНИЕ СИЛИЦИДОВ ЦИРКОНИЯ ИЗ ГАЛОГЕНИДНЫХ РАСПЛАВОВ..... 33

Горшков Л. В., Гевел Т. А., Суздальцев А. В., Зайков Ю. П. ВЛИЯНИЕ
МАТЕРИАЛА ПОДЛОЖКИ НА КИНЕТИКУ КАТОДНОГО ПРОЦЕССА
В РАСПЛАВЕ $KCl-CsCl-K_2SiF_6$ 35

Гребенщикова М.М., Миронов М.М. ОСАЖДЕНИЕ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ
ПОКРЫТИЙ С ГАФНИЕМ 37

Желовицкая А.В., Нигматзянова Е.Р. МАТЕРИАЛЫ ЭЛЕКТРОДОВ
ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ 39

Желонкина С.И., Рогожин В.В., Девяткина Т.И., Исаев В.В. РОЛЬ МИЦЕЛЛОБРАЗОВАНИЯ В ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИИ НИКЕЛЕВОГО ПОКРЫТИЯ ИЗ КИСЛОГО БЕСХЛОРИДНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА.....	41
Ившин Я.В. ХИМИЧЕСКОЕ НИКЕЛИРОВАНИЕ ПОРОШКОВ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ	44
Кашфразыева Л.И., Петрова Е.В., Дресвянников А.Ф., Хайруллина А.И. СЛОЖНЫЕ ОКСИДНЫЕ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ Al_2O_3 - ZrO_2 И ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.....	46
Кобылко Д.А., Ялымова Т.Ю., Соловьева Н.Д. ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ КЭП НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ С ОКСИДОМ АЛЮМИНИЯ	48
Колпаков М.Е., Дресвянников А.Ф., Ермолаева Е.А. СТРАТЕГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СРЕДНЕЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ЗАМЕЩЕНИЯ.....	50
Коновалов Д.Н., Лазарев С.И., Хребтова М.А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МЕМБРАННОГО АППАРАТА КОМБИНИРОВАННОГО ТИПА ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ	52
Кононов А.И., Стрекалова С.О., Савельев Г.Н., Злыгостев А.Д., Будникова Ю.Г. МЕТОД ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ С-Н СВЯЗИ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ С УЧАСТИЕМ НИТРИЛОВ.....	54
Мингазова Г.Г., Водопьянова С.В. ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ $Ni-Al_2O_3$	56
Мурыгина Е.Р., Васильева С.А., Ялымова Т.Ю., Соловьева Н.Д. СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ.....	58
Мухамадеев А.Э., Григорьева И.О., Дресвянников А.Ф. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА НЕКОНДИЦИОННОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА С ОБРАЗОВАНИЕМ СЛОЖНЫХ ОКСИДНЫХ СИСТЕМ.....	60
Насретдинова Г.Р., Фазлеева Р.Р., Янилкин В.В. МЕДИАТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ И ИХ НАНОКОМПОЗИТОВ В ОБЪЕМЕ РАСТВОРА	63
Ольшанская Л.Н., Соловьёва Н.Д. СПОСОБ ЭЛЕКТРОФЛОТКОАГУЛЯЦИИ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ОЧИСТКЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ И ВОД	66
Орлова К.А., Григорян Н.С., Аснис Н.А. ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ МЕДНОЙ ФОЛЬГИ ДИЭЛЕКТРИКА НА ТОЛЩИНУ ИММЕРСИОННОГО ОЛОВЯННОГО ПОКРЫТИЯ	68

Панкратов И.С., Соловьева Н.Д. ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ СПЛАВА ЦИНК – ХРОМ ИЗ КИСЛЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ	70
Писарева Т.А., Харанжевский Е.В., Решетников С.М., Борисовна Е.М. ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ГРАФИТА ДЛЯ ЭЛЕКТРОДОВ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО СИНТЕЗА.....	72
Плетнев М.А., Шарина А.Н., Морозов А.В., Сибгатуллин Б.И. PEDOT:PSS – ПОЛИМЕРНЫЙ ПРОВОДЯЩИЙ ЭЛЕКТРОЛИТ	74
Полыгалов Ю.Р., Хубатхузин А.А., Дресвянников А.Ф. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ, ОБРАБОТАННОЙ ВЧ РАЗРЯДОМ ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ.....	76
Пянко А.В., Черник А.А. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ ОЛОВО-НИКЕЛЬ-ДИОКСИД ТИТАНА.....	79
Решетников С.М., Шабанова И.Н., Терехова Н.С., Наймушина Е.А. ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНО-МАСЛЯНЫХ ЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНГИБИРУЮЩИХ ПРИСАДОК.....	81
Родионова Л.Д., Ломакина И.А., Горлов Д.А. ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СУПЕРГИДРОФОБНОГО ПОКРЫТИЯ НА СТАЛИ СТЗ В МОДЕЛЬНОЙ ПЛАСТОВОЙ ВОДЕ.....	83
Сатараев Д.А., Ахметова А.Н., Дресвянников А.Ф., Петрова Е.В. ВЛИЯНИЕ КАТИОННОГО СОСТАВА НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ АЛЮМИНИЯ В РАСТВОРЕ ХЛОРИДА НАТРИЯ В ПРИСУТСТВИИ СОЛЕЙ ИТТРИЯ(III), ЦЕРИЯ(IV), ЛАНТАНА(III).....	86
Свиридова У.В., Рогожин В.В., Щепетильников С.С., Таранец Р.В. ГАЛЬВАНИЧЕСКОЕ БЛЕСТЯЩЕЕ НИКЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТНЫХ ПЛОЩАДОК РЕЗИСТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	88
Сидоров Ю.Д., Курбангалеев Т.Р. ПОЛУЧЕНИЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	90
Син В.В., Ченцова Е.В. ФОРМИРОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА.....	92
Стародубец Е.Е., Петрова Т.П., Борисевич С.В., Шапник А.М. ФОРМИРОВАНИЕ АНОДНЫХ ПЛЕНОК ВИСМУТА В СЛАБОКИСЛЫХ ЭТИЛЕНДИАМИНТЕТРААЦЕТАТНЫХ РАСТВОРАХ, СОДЕРЖАЩИХ СУЛЬФИТ-ИОНЫ.....	94

Трофимова Т.С., Останина Т. Н. ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТИ НИКЕЛЕВЫХ ПЕН ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ	97
Тузов Д.А., Зуева Е.М., Зинкичева Т.Т., Назмутдинов Р.Р. ЭФФЕКТЫ ИОННОЙ АССОЦИИ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ РЕДОКС АКТИВНЫХ ПОЛИОКСОМЕТАЛЛАТОВ КОБАЛЬТА: МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ.....	99
Фазлеева Р.Р., Насретдинова Г.Р., Евтюгин В.Г., Губайдуллин А.Т., Янилкин В.В. МЕДИАТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОСИНТЕЗ КАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ С НАНОЦЕЛЛЮЛОЗОЙ	101
Филимонова О.С., Хорохорина И.В., Лазарев С.И., Михайлин М.И. ИЗМЕНЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ПОТОКА ИОНОВ ХРОМА В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОДЕИОНИЗАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАСТВОРОВ.....	103
Холодкова А.Г., Ваграмян Т.А. ЩЕЛОЧНОЙ БЕСЦИАНИСТЫЙ ЭЛЕКТРОЛИТ МЕДНЕНИЯ	105
Шестаков К.В., Лазарев С.И., Гессен М.С. ЧИСЛА ПЕРЕНОСА ИОНООБМЕННЫХ МЕМБРАН В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ОДНОКОМПОНЕНТНЫХ И МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РАСТВОРОВ	107
Шпанько С.П., Сидоренко Е.Н. ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ПЛЕНОК	110

2. КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДЫ КОРРОЗИОННОГО МОНИТОРИНГА И ИСПЫТАНИЙ 112

Абрамов А.Е., Урядников А.А., Семенюк Т.В., Цыганкова Л.Е. ЗАЩИТА УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ОТ СЕРОВОДОРОДНОЙ КОРРОЗИИ СМЕСЕВЫМ ИНГИБИТОРОМ	112
Анисимова В.И., Балдинов А.А., Суворова И.А., Улитин Н.В., Родионов И.С., Терещенко К.А., Шиян Д.А., Харлампыди Х.Э., Старостина И.А., Стоянов О.В. АДГЕЗИОННЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМАХ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ- γ - Al_2O_3 И ПОЛИПРОПИЛЕН- γ - Al_2O_3 : КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА, КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	114

Балдинов А.А., Анисимова В.И., Суворова И.А., Улитин Н.В., Родионов И.С., Шиян Д.А., Терещенко К.А., Харлампиди Х.Э., Старостина И.А., Стоянов О.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ АДГЕЗИОННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА В СИСТЕМАХ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ-АЛЮМИНИЙ И ПОЛИПРОПИЛЕН-АЛЮМИНИЙ	116
Бережная А.Г., Загребаев А., Чернявская В. НОВЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ИЗОХИНОЛИНОВ КАК ИНГИБИТОРЫ СОЛЯНОКИСЛОТНОЙ КОРРОЗИИ СТАЛИ.....	118
Богомолов П.А., Ившин Я.В. ВЛИЯНИЕ РАЗЛОЖЕНИЯ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА КОРРОЗИЮ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	120
Борисова Е.М., Решетников С.М., Писарева Т.А. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ МЕДИ И МЕДНЫХ СПЛАВОВ	122
Брыксина В. А., Айдемирова Ф. А., Байшева У. В., Курьято Н.А. ПРОТИВОКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ОМЕПРАЗОЛОМ В КИСЛЫХ СРЕДАХ.....	124
Вагапов Р.К., Ибатуллин К.А. РАЗВИТИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ПО ПРОВЕДЕНИЮ КОРРОЗИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ С МОДЕЛИРОВАНИЕМ АГРЕССИВНЫХ УСЛОВИЙ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТА НЕОЧИЩЕННОГО ГАЗА	126
Вагапов Р.К., Ярковой В.В., Федотов Д.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ	128
Виноградова С.С. ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ ЛОКАЛЬНОГО РАСТВОРЕНИЯ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ	130
Виноградова С.С., Юсупова А.А. ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЗА СЧЕТ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ	132
Гайдукова С.К., Решетников С.М., Плетнев М.А. ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ИМИДАЗОЛИНА МЕДИ КАК КОМПОНЕНТА ДЛЯ СОСТАВОВ, ИНГИБИРУЮЩИХ КОРРОЗИЮ	134
Гайзуллин А.Д., Вагапов Р.К. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ГАЗОПРОВОДАХ.....	137

Запевалов Д.Н., Мансуров Д.Е., Галиев М.А. ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА СИСТЕМ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ, ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ	139
Жеребцов Н.Д., Лестев А.Е., Ившин Я.В. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ ДЛЯ НОВОПОРТОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	141
Жилин И.А., Чаусов Ф.Ф., Ломова Н.В., Казанцева И.С., Исупов Н.Ю., Аверкиев И.К. ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСОВ $[CuN(CH_2PO_3)_3]Na_4$ И $[Cu_xZn_{1-x}N(CH_2PO_3)_3]Na_4$ С ХЕЛАТНОЙ СТРУКТУРОЙ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В ВОДНЫХ СРЕДАХ	143
Запевалов Д.Н. АСПЕКТЫ ВНУТРЕННЕЙ КОРРОЗИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ГАЗА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА.....	145
Казанцева И.С., Чаусов Ф.Ф., Воробьев В.Л., Ломова Н.В., Аверкиев И.К. ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ГАЛОГЕНИД-ИОНОВ НА ПАССИВАЦИЮ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В НЕЙТРАЛЬНЫХ ВОДНЫХ СРЕДАХ	147
Карфидов Э.А., Никитина Е.В., Дедюхин А.Е., Селиверстов К.Е., Кузнецова А.В., Филиппов И.Д., Романова Д.О., Зайков Ю.П. ИЗМЕНЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА ФТОРИДНОГО РАСПЛАВА КАК СПОСОБ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОРРОЗИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.....	149
Катташева А.В., Вагапов Р.К., Ридель И.А., Кирпиченко Д.С. АЛГОРИТМ ВЫРАБОТКИ РЕШЕНИЙ О ПРОВЕДЕНИИ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ НА ОБЪЕКТАХ ДОБЫЧИ ГАЗА.....	151
Кличова Ш.А. КОРРОЗИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО БЕТОНА И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С КОРРОЗИЕЙ	154
Курьято Н.А., Князева Л.Г., Дорохов А.В., Брыксина В.А. СТОЙКОСТЬ СУПЕРГИДРОФОБНЫХ ПОКРЫТИЙ НА МЕДИ В АТМОСФЕРЕ СО СТИМУЛЯТОРАМИ КОРРОЗИИ	156
Лестев А.Е., Ившин Я.В. АКТУАЛЬНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ КОРРОЗИОННОГО МЕНЕДЖМЕНТА НЕФТЯНЫХ КОМПАНИЙ.....	158

Ломова Н.В., Чаусов Ф.Ф., Доценко В.В., Панаэтов А.О., Дахно П.Г., Левченко А.Г. АДСОРБЦИЯ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЕЁ КОРРОЗИОННО- ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ	160
Мамедов Б.М., Аманов М.А., Четиева М.Г. СИСТЕМЫ КОРРОЗИОННОГО МОНИТОРИНГА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ.....	162
Миронова Е.А. ЗАЩИТА СИЛОВЫХ И КОНТРОЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ ОТ КОРРОЗИИ	164
Мишуров В.И., Цуланова А.И. РАЗРАБОТКА ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ АМИДИРОВАНИЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ.....	166
Пастухова Н.Н., Погудина Н.М., Яковлев В.А., Жилин И.А., Тимербаева З.З., Мустакимов Р.В., Чаусов Ф.Ф. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦИНКОВОГО КОМПЛЕКСА НИТРИЛО- <i>трис</i> -МЕТИЛЕНФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ КАК ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ МЕДИ В СИСТЕМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЭЦ.....	168
Ситников С.Ю. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	170
Суворова И.А., Балдинов А.А., Анисимова В.И., Улитин Н.В., Родионов И.С., Терещенко К.А., Шиян Д.А., Харлампыди Х.Э., Старостина И.А., Стоянов О.В. АДГЕЗИОННЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ ПОВЕРХНОСТЯМИ ТЕРМОПЛАСТА И АЛЮМИНИЯ: МЕТОД Э. БЕРГЕР, ПОТЕНЦИАЛ МОРЗЕ	172
Таныгина Е.Д., Таныгин А.Ю., Клевцов В.В., Комаров И.В. ЗАЩИТА СТАЛИ ОТ КОРРОЗИИ В НЕЙТРАЛЬНЫХ ХЛОРИДНЫХ СРЕДАХ ПОСРЕДСТВОМ НАНЕСЕНИЯ ЦИНКНАПОЛНЕННЫХ И ЦИНКНАНОУГЛЕРОДНАПОЛНЕННЫХ КОМПОЗИЦИЙ ИНГИБИТОРОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ	174
Терюшов К.Г., Мицкая М.Н., Милов А.А. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОНКУРЕНТНОЙ ХЕМОСОРБЦИИ АМИНОКИСЛОТ И ТИОЦИАНАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛАТУНИ.....	177
Чаусов Ф.Ф., Шумилова М.А., Казанцева И.С., Пастухова Н.Н., Жилин И.А. ПРОИЗВОДСТВО МЕТАЛЛОХЕЛАТНЫХ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ	179

3. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ МАТЕРИАЛОВ 181

- Ахметова А.Н., Денисов А.Е., Дресвянников А.Ф. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ
НАНОРАЗМЕРНОЕ ПОКРЫТИЕ НА ТИТАНОВЫЕ СПЛАВЫ181
- Квятковская А.С., Хамзина А.Р., Назаров А.Ю., Рамазанов К.Н. ОСОБЕННОСТИ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ183
- Низамеев И.Р., Низамеева Г.Р., Лебедева Э.М., Князева И.Р., Бурилов А.Р.,
Кадиров М.К. МОДИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОДОВ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫМИ
МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ185
- Рожков И.М., Хазанов Н.А., Аснис Н.А., Ваграмян Т.А. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ
ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ МЕДИ НА ВЕЛИЧИНУ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
И ПОРИСТОСТЬ ПОКРЫТИЯ.....187
- Сундукова А.В., Абрашов А.А., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А. ЗАЩИТНЫЕ
КОНВЕРСИОННЫЕ РЗМ-СОДЕРЖАЩИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОЦИНКОВАННОЙ
СТАЛИ.....189
- Сухорукова В.А., Абрашов А.А., Григорян Н.С. БЕСХРОМАТНАЯ ПАССИВАЦИЯ
ОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ В РАСТВОРЕ НА ОСНОВЕ
ГЕКСАФТОРЦИРКОНИЕВОЙ КИСЛОТЫ192
- Хазанов Н.А., Аснис Н.А., Трофимов А.В., Рожков И.М., Ваграмян Т.А.
МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ НИКЕЛИРОВАННОГО ВЫСОКОПОРИСТОГО
ЯЧЕИСТОГО МАТЕРИАЛА С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ
ПОВЕРХНОСТИ.....194
- Хафизова А.И., Петрушина А.А., Абрашов А.А., Григорян Н.С.
СУПЕРГИДРОФОБИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ АНОДИРОВАННОГО АЛЮМИНИЯ.....196

4. ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, ПРИБОРЫ, УСТРОЙСТВА И ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ 198

- Баширов О.А., Леонова Н.М., Леонова А.М., Суздальцев А.В. ЕМКОСТНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ АНОДНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ NiO
В ЛИТИЙ-ИОННЫХ ИСТОЧНИКАХ ТОКА198

Бобров М.Н., Хасаев Р.А., Печенкина Е.С. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ ОТ МАСЛО-ЖИРОВЫХ И НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ	200
Келова М.Г. ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.....	202
Киреев К.Э., Полякова Л.С., Суровикин Ю.В., Агафонов Д.В. ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЭЛЕКТРОДНОЙ МАССЫ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЛИА.....	204
Мередова Х.А., Гурбанмурадов Р.А. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ	206

5. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ... 208

Аманов М.Э., Ханбердиева Б., Акмурадова К. ПРИОБРЕТЕНИЕ НАВЫКОВ ДВАДЦАТЬ ПЕРВОГО ВЕКА – ПОТРЕБНОСТЬ СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ.....	208
Ананьева Е.Ю., Рогожин В.В. ПОИСК И РЕАЛИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ФОРМ В ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ-ЭЛЕКТРОХИМИКОВ.....	211
Гиззатов Д.Р., Гиззатова Э.Р. О МЕТОДИКЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ	214
Миронова Е.А. ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО КУРСА В СРЕДЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА LMSMOODLE	216
Атаева О.Ч., Чайиров А.С., Низамединов А.Н. СОВРЕМЕННЫЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР	218
Стародубец Е.Е., Борисевич С.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ БАЗОВОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ	221
Языев Арчманберды ЗНАЧИМОСТЬ ПРОГРАММЫ «КОМПАС-3D» В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ	223
Халлыева О.М. ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ТУРКМЕНИСТАНА В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ	225

6. МОЛОДЕЖНАЯ СЕКЦИЯ 228

- Антонова А.Е., Синицына Н.П. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ЗАЩИТНЫХ
ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЦИНКА, ЛЕГИРОВАННОГО ХРОМОМ И КОБАЛЬТОМ.....228
- Зиатдинова А.М., Синицына Н.П. КОРРОЗИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ
ЛЕГИРОВАННЫХ КОБАЛЬТОМ И ХРОМОМ ЦИНКОВЫХ ПОКРЫТИЙ.....230
- Бугорков С. Н., Синицына Н.П. КООРДИНАЦИОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ
КОБАЛЬТА И НИКЕЛЯ КАК ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОВ233
- Романова Е.Е., Калугина Л.И. КОРРОЗИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВА СТЗ
В ВОДНОМ РАСТВОРЕ 3 МАСС. % NaCl235

7. СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ 237

- Гайнуллин Р.Р., Лебедева Э.М., Низамеева Г.Р., Кадиров М.К.
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ КАТАЛИЗ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КИСЛОРОДА
КОБАЛЬТОВЫМ КОМПЛЕКСОМ ПЕКТАТА НАТРИЯ237
- Злыгостев А.Д., Стрекалова С.О., Кононов А.И., Савельев Г.Н., Будникова Ю.Г.
МЕДИАТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОСИНТЕЗ С УЧАСТИЕМ АМИНОКИСЛОТ
И АРОМАТИЧЕСКИХ СУБСТРАТОВ239
- Венкова Е.О., Кузнецова А.Р., Кириллова Н.К., Печенкина Е.С. ИССЛЕДОВАНИЕ
ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГУБЧАТЫХ
ОСАДКОВ ПЛАТИНЫ.....241
- Лебедева Э. М., Низамеева Г. Р., Мансуров Р. Н., Кадиров М. К. МАГНИТНЫЙ
РЕЗОНАНС В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ КАТАЛИЗЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
КИСЛОРОДА МЕДНЫМ КОМПЛЕКСОМ ПЕКТАТА НАТРИЯ243
- Низамеева Г. Р., Низамеев И. Р., Лебедева Э. М., Гайнуллин Р.Р., Сабирова А.А.,
Кадиров М. К. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И СТРУКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ
В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ КАТАЛИЗЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КИСЛОРОДА
В МЕДНОМ, КОБАЛЬТОВОМ И МАРГАНЦЕВОМ КОМПЛЕКСАХ ПЕКТАТА
НАТРИЯ ПОРЕЗУЛЬТАТАМ АСМ И ПЭМ245
- Сабирова А.Ф., Мансуров Р.Н., Кадиров М.К. ЭМР И СТРУКТУРНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ КАТАЛИЗЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
КИСЛОРОДА МАРГАНЦЕВЫМ КОМПЛЕКСОМ ПЕКТАТА НАТРИЯ247
- Савельев Г.Н., Стрекалова С.О., Кононов А.И., Злыгостев А.Д., Будникова Ю.Г.
ПОЛУЧЕНИЕ *m*-БЕНЗИЛАМИДОВ В УСЛОВИЯХ АНОДНОГО ОКИСЛЕНИЯ249

Соловьев Е.А., Эндерс П.Я., Султанов Т.П., Минзанова С.Т., Холин К.В. ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ПРИСУТСТВИИ КОМПЛЕКСА ПЕКТАТА НАТРИЯ С НИКЕЛЕМ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ Na_2HPO_4 / NaH_2PO_4	250
Стрекалова С.О., Кононов А.И., Савельев Г.Н., Злыгостев А.Д., Будникова Ю.Г. ПРЯМОЕ С-Н АМИДИРОВАНИЕ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОСИНТЕЗА.....	252
Султанов Т.П., Эндерс П.Я., Соловьев Е.А., Холин К.В. ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ПРИСУТСТВИИ КОМПЛЕКСА ПЕКТАТА НАТРИЯ С ЦИНКОМ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ Na_2HPO_4 / NaH_2PO_4	254
Хромин Д.А., Кутлимуратов Р.М., Кузнецова А.Р., Суровикин Ю.В. ЛИНЕЙНОСТЬ ГАЛЬВАНСТАТИЧЕСКИХ ЗАРЯДНЫХ КРИВЫХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ ТОМ В КОМПОЗИТЕ СК ДЭС	256
Эндерс П.Я., Соловьев Е.А., Султанов Т.П., Минзанова С.Т., Холин К.В. ФОРМИРОВАНИЕ КОБАЛЬТОСОДЕРЖАЩЕЙ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ СТЕКЛОУГЛЕРОДНОГО ЭЛЕКТРОДА.....	258

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ МЕДИ И МЕДНЫХ СПЛАВОВ

Борисова Е.М., Решетников С.М., Писарева Т.А.

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»,
г. Ижевск, Россия

Аннотация: Методом построения потенциодинамических кривых изучены электрохимические свойства меди и некоторых медных сплавов, подвергнутых ионной имплантации кислорода. Для сравнения эффективности данного метода обработки проведен анализ результатов методов воздействия короткоимпульсным лазерным излучением и выдержкой в ингибиторе.

Ключевые слова: ионная имплантация, медь, медные сплавы, коррозионная стойкость

Коррозионная стойкость металлических материалов является одним из важнейших функциональных свойств при выборе их для изготовления того или иного оборудования или различного рода конструкций. Высокие антикоррозионные характеристики меди и медных сплавов определяют их широкое использование, но при этом наблюдается тенденция к улучшению этого показателя. В рамках проводимых ранее исследований [1–3] были сделаны выводы об эффективности высокоэнергетического воздействия на материалы методом ионной имплантации кислорода в поверхностный слой. В результате такого локального воздействия образуется тонкий наноразмерный барьерный слой, препятствующий активному растворению металла. Ниже представлены результаты исследований влияния ионной имплантации на медь и медные сплавы.

После имплантации для обработанного образца из чистой меди марки М0 (рис. 1, кривая 2) можно наблюдать снижение токов активного растворения в 1,5÷2 раза до значений $I = 20\div 24$ мкА/см² по сравнению с необлученной медью $I = 35\div 40$ мкА/см² (рис. 1, кривая 1), что свидетельствует об улучшении защитных свойств полученного модифицированного поверхностного слоя.

Также были проведены электрохимические исследования для сплавов меди с марганцем Cu80Mn20 и никелем Cu50Ni50. Можно отметить, что даже с учетом изначально достаточно высоких показателей коррозионной стойкости данных материалов для них наблюдается сохранение свойств.

В случае со сплавом «медь – марганец» характерно наличие заметной области условно активного растворения для облученного образца (рис. 1, кривая 4), что, вероятнее всего, связано с наличием в составе сплава более электроотрицательного марганца и образованием его оксидов в поверхностном слое при обработке. Для исходного сплава (рис. 1, кривая 3) в пассивной области токи выше, чем для облученного, достигают значений $I = 25\div 40$ мкА/см².

Для исследуемого сплава «медь – никель» результаты менее выражены. Обработанный образец (рис. 1, кривая 6) практически повторяет результаты для

необработанного (рис. 1, кривая 7). При этом кривая 6 становится более сглаженной. Вероятно, это связано с тем, что окисленная поверхность сплава приобретает некоторые активные электрокаталитические свойства.

Также для сравнения на рис. 1 представлены результаты исследований для образцов чистой меди, подвергнутых короткоимпульсной лазерной обработке (кривая 7) и выдержанных в ингибиторе PbATMPNa_3 (кривая 8). Стоит отметить, что эти результаты лучше, чем для облученного образца.

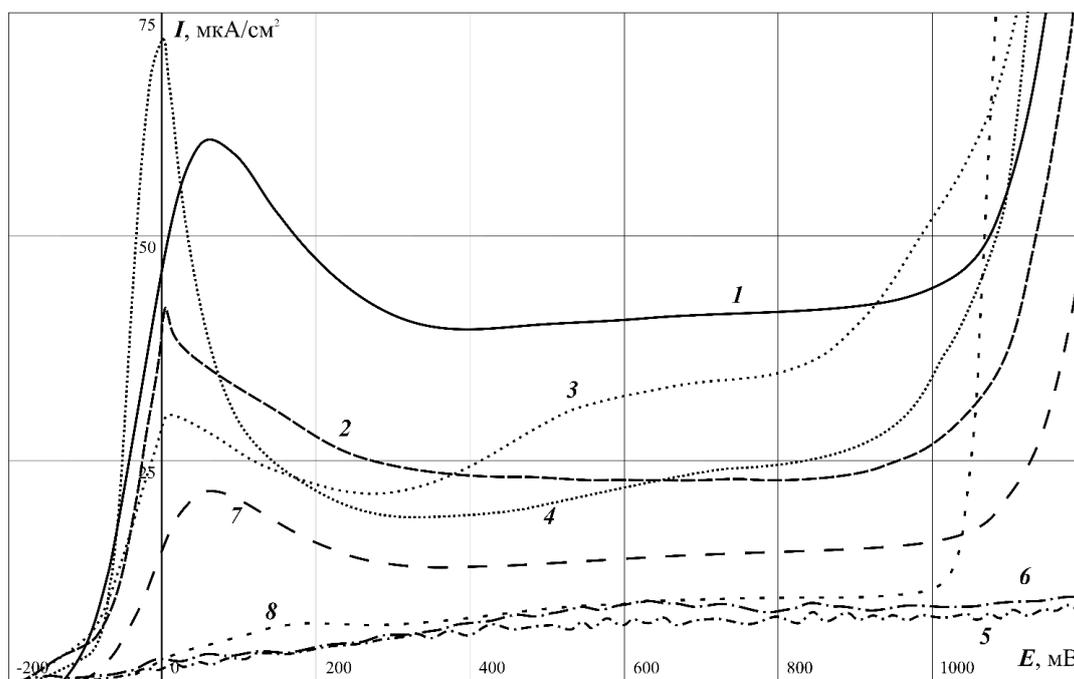


Рис. 1. Потенциодинамические кривые исследуемых образцов после облучения в среде обратного буферного раствора с $\text{pH} = 7,4$

Таким образом, ионная имплантация кислорода положительно влияет на коррозионную стойкость, уменьшает токи в области пассивного состояния и может быть рассмотрена как перспективный способ в промышленной сфере.

Литература

1. Gil'mutdinov F.Z., Kartapova T.S., Bakieva O.R., Vorob'ev V.L., Kolotov A.A., Reshetnikov S.M., Borisova E.M. Oxygen-Ion Implantation into Cu50Ni50 Alloy: Effect on the Surface Composition and the Electrochemical and Corrosion Properties // Journal of Surface Investigation: X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques. 2020. Т. 14. №1. С. 191-199.
2. Vorobiev V.L., Bakieva O.R., Gilmutdinov F.Z., Kolotov A.A., Averkiev I.K., Reshetnikov S.M., Borisova E.M. Effect of oxygen ion implantation on physicochemical structure and corrosion-electrochemical behavior of copper-manganese alloy // Inorganic Materials: Applied Research. 2021. Т. 12. №3. С. 581-587.
3. Борисова Е.М., Решетников С.М., Фатхутдинова А.М. Улучшение антикоррозионных свойств некоторых сплавов меди как потенциальных материалов для электрических контактных соединений // Вестник Пермского университета. Серия: Химия. 2022. Т. 12. №4. С. 209-220.