

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАР-
СТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Институт химии

УТВЕРЖДАЮ
Директор института химии
д.х.н., проф. Федотова О.В.

"16" 09 2019 г.

Рабочая программа дисциплины

Теоретические основы гальванотехники

Направление подготовки бакалавриата
04.03.01 «Химия»

Профиль подготовки бакалавриата
Физическая химия

Квалификация выпускника

Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов,
2019

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Бурашникова Марина Михайловна	<i>М. Бу</i>	16.09.19
Председатель НМК	Крылатова Яна Георгиевна	<i>Кры</i>	16.09.19
Заведующий кафедрой	Казаринов Иван Алексеевич	<i>И. К</i>	16.09.19
Специалист Учебно-го управления	<i>Залима Валерьевна</i>	<i>ЗВ</i>	16.09.2019

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Теоретические основы гальванотехники» являются

- знакомство с современными технологиями состояния поверхности;
- освоение общих закономерностей электроосаждения металлов и сплавов.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина по выбору «Теоретические основы гальванотехники» (Б1.В.ДВ.05.01), относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» рабочего учебного плана ООП по направлению 04.03.01 Химия, профиль, «Физическая химия» и осваивается в 7 семестре.

Дисциплина «Теоретические основы гальванотехники» базируется на освоении дисциплин «Физическая химия (разделы «Термодинамика», «Электрохимия»), «Кинетика электродных процессов», «Физические методы исследования состава и структуры веществ», «Методы математической статистики в химии» (метрологическая обработка результатов эксперимента). Дисциплина «Теоретические основы гальванотехники» является основой для последующего изучения дисциплин «Химические источники тока», «Электрохимия электролитов», «Электрохимические методы исследования». Приобретенные в рамках дисциплины «Теоретические основы гальванотехники» умения применяются в производственной (преддипломной) практике в 8 учебном семестре.

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
ПК-2. Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК-2.1. Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР ПК-2.2. Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР ПК-2.3. Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР	<u>Знать</u> теоретические основы гальванотехники: механизмы электродных процессов, основные процессы электролиза, закономерности электроосаждения металлов, возможность интенсификации и контроля электролитических процессов. <u>Уметь</u> использовать законы, закономерности процессов гальванического осаждения металлов для теоретической интерпретации полученных результатов, выбирать наиболее оптимальные технологические процессы получения покрытий. <u>Владеть</u> навыками использования теоретических основ гальванотехники при решении прикладных задач.
ПК-4. Способен решать технологические задачи,	ПК-4.1. Проводит поиск и систематизацию информации	<u>Знать</u> современные электрохимические методы

<p>поставленные специалистом более высокой квалификации, и выбирать технические средства и методы их испытаний.</p>	<p>для выбора оптимальных методов и методик синтеза и характеристики функционального материала (вещества). ПК-4.2. Осуществляет подбор веществ и выбор оптимальных условия для синтеза функционального материала (вещества). ПК-4.3. Проводит характеристику полученного функционального материала (вещества) физико-химическим методами с использованием типового научного оборудования.</p>	<p>исследования и их аппаратное оформление, стандартные приемы экспериментального исследования Уметь выбирать аппаратуру для соответствующего метода исследования процесса получения гальванического покрытия. Владеть навыками работы на типовых приборах, применяемых для электрохимических исследований.</p>
---	---	---

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы 144 часа

Структура лекционного курса

№ п/п	Раздел дисциплины	С е- м е с т р	Нед е-ля семе - стра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)	Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Всег о	Ле к- ци и	лаб ора т.	Сам о- стоя т.	Ко нт ро ль		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Введение Раздел 1. Термодинамика и кинетика электроосаждения. Причины перенапряжения. 1.1 Энергетика образования кристаллических зародышей. 1.2 Кинетика нуклеации. 1.3. Поликристаллические	7	1-5	26	10	10	6		Проверка оформления лабораторного журнала Собеседование по теме лабораторной работы	

	осадки. Влияние различных факторов на кинетику формирования покрытий и структуру осадков. 1.4. Влияние ПАВ на процесс электроосаждения. 1.5. Образование блестящих и выравненных гальванических покрытий.								
2	Раздел 2 Распределение тока по поверхности электрода	7	6	14	2	6	6		Проверка оформления лабораторного журнала Собеседование по теме лабораторной работы
3	Раздел 3. Электроосаждение индивидуальных металлов 3.1 Электроосаждение из растворов простых солей. 3.2 Электроосаждение из комплексов. 3.3 Электроосаждение хромовых покрытий.	7	7-11	24	10	8	6		Проверка оформления лабораторного журнала Собеседование по теме лабораторной работы
4	Раздел 4. Электроосаждение из неводных электролитов.	7	12	12	2	4	6		Проверка оформления лабораторного журнала Собеседование по теме лабораторной работы
5	Раздел 5. Процесс получения сплавов и композиционных покрытий. Тема 5.1 Электрохимическое осаждение сплавов Тема 5.2 Композиционные электрохимические	7	13-14	18	4	8	6		Проверка оформления лабораторного журнала Собеседование по теме лабораторной работы

	покрытия								
6	Раздел 6. Интенсификация процесса осаждения гальванических покрытий.	7	15-16	19	4	9	6		Контрольное задание 1
7	Раздел 7. Теоретические основы подготовки поверхности под гальванопокрытие. Химические покрытия.	7	17-18	22	4	9	9		Контрольное задание 2 Реферат
	Промежуточная аттестация	7		9				9	Зачет с оценкой
	Итого	7		144	36	54	45	9	

Содержание дисциплины

Введение.

Предмет гальванотехники и области ее применения. Классификация гальванических покрытий и общие требования к ним. Основные этапы развития гальванотехники. Роль русских и советских исследователей в развитии гальванотехники. Направления развития современной гальванотехники. Современные тенденции в техническом оснащении гальванопроизводства. Информационные издания по проблеме. Основные стандарты по металлическим покрытиям. Международное сотрудничество. Стандарты ИСО.

Раздел 1. Термодинамика и кинетика электроосаждения металлов.

Тема 1.1.

Энергетика образования кристаллических зародышей. Закономерности электроосаждения – теоретическая основа гальванотехники. Стандартный разряд катионов. Причины перенапряжения.

Тема 1.2.

Стадия электрокристаллизации как осложняющая стадия электрохимического процесса и причина перенапряжения. Образование 3-х и 2-х мерных зародышей. Теоретические работы Фольмера и Эрдей-Груза.

Тема 1.3.

Поликристаллические осадки. Влияние различных факторов на кинетику формирования покрытий и структуру осадков.

Текстура. Влияние различных факторов на структуру осадка: плотности тока, концентрации, температуры. Принцип ориентационного соответствия. Работы Горбуновой и Данкова. Эпитаксия. Влияние ПАВ на электроосаждение металлов; влияние на форму единичного кристалла и строение поликристаллического осадка. Механизм влияния ПАВ.

Тема 1.4.

Влияние ПАВ на процесс электроосаждения. Механизм роста единичного кристалла. Адсорбционный механизм.

Тема 1.5.

Теория образования блестящих покрытий. Блескообразующие добавки. Механизм блескообразования. Выравнивающие электролиты. Механизм выравнивания.

Лабораторная работа 1

Электроосаждение меди при различных температурах и концентрациях электролита

Раздел 2. Распределение тока по поверхности электрода.

Макро- и микрораспределение, первичное и вторичное распределение тока. Рассеивающая способность. Улучшение равномерности распределения металла на катоде. Шероховатость поверхности гальванопокрытий. Эволюция микропрофиля при электроосаждении

Лабораторная работа 2

Исследование рассеивающей способности электролита

Раздел 3. Электроосаждение индивидуальных металлов

Тема 3.1.

Электроосаждение из растворов простых солей. Состав электролитов для получения гальванических покрытий. Влияние природы ионов металла на структуру осаждающегося металла и кинетику осаждения. Механизм перенапряжения при осаждении из растворов простых солей. «Нормальные» и «инертные» металлы.

Тема 3.2.

Электроосаждение из комплексов. Механизм электроосаждения из комплексов. Цианистые электролиты. Нецианистые комплексные электролиты. Полилигандные электролиты.

Тема 3.3.

Электроосаждение хромовых покрытий. Механизм разряда аниона хромовой кислоты. Электролиты на основе трехвалентного хрома.

Лабораторная работа 3

Кинетика электроосаждения и электрорастворения металлов. Определение кажущихся коэффициентов переноса, определение механизма протекания электродной реакции. Определение значения равновесного потенциала и плотности тока обмена.

Раздел 4. Осаждение из неводных электролитов.

Тема 4.1.

Алюминирование. Электролиты. Растворители. Механизм процесса. Состав электролитических ванн.

Тема 4.2.

Получение магниевых покрытий и сплавов

Лабораторная работа 4

Электрохимическое полирование металлов и сплавов

Раздел 5. Процесс получения сплавов и композиционных покрытий.

Тема 5.1

Электрохимическое осаждение сплавов. Совместное восстановление катионов. Особенности электролитического осаждения сплавов.

Тема 5.2

Композиционные электрохимические покрытия. Свойства веществ второй фазы. Суспензии и их свойства. Модели и расчеты составов покрытий и материалов. Влияние условий электролиза на составы покрытий и механизм их образования. Физико-механические, химические и антикоррозионные свойства. Роль термической обработки.

Лабораторная работа 5

Изучение процесса восстановления ионов никеля из водных растворов методом ВДЭ

Раздел 6. Интенсификация процесса осаждения гальванических покрытий.

Реверс. Влияние ультразвука. Импульсный электролиз (программные режимы). Лазерное осаждение металлов.

Раздел 7. Теоретические основы подготовки поверхности под гальванопокрытия.

Химические покрытия.

Механическая обработка. Химическое и электрохимическое обезжиривание. Травление. Электрополирование.

Химические покрытия. Преимущества процесса химического осаждения металлических покрытий. Составы ванн химического осаждения. Химизм осаждения на инертную подложку.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

Наряду с традиционными образовательными технологиями широко используются технологии, основанные на методах научно-технического творчества и современных информационных средствах (электронный учебник и методическое пособие к лабораторным работам).

Интерактивные формы обучения включают:

1. учебную дискуссию по теме «Выбор технологических схем для получения металлических покрытий с заданными свойствами»

Адаптивные образовательные технологии для инвалидов и лиц с ОВЗ

При изучении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья используются следующие адаптивные технологии: использование социально-активных рефлексивных методов обучения для создания комфортного психологического климата в студенческой группе, использование дистанционных технологий при реализации программы, работа по индивидуальному плану.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная работа студентов предполагает освоение теоретического материала. Подготовку к лабораторным работам, оформление лабораторных работ, подготовку к промежуточным отчетам, подготовку к промежуточной аттестации. Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой (9ч.)

Примеры тем рефератов:

1. Подготовка поверхности металлических изделий перед нанесением гальванических покрытий.
2. Оборудование гальванических цехов.
3. Нанесение гальванических покрытий на алюминий и его сплавы и их оксидирование.
4. Техника безопасности в цехах гальванических покрытий.

Пример варианта контрольного задания 1:

Для процесса хромирования рассчитать:

- 1) количество рабочих циклов ванны в 1 ч;
- 2) часовую производительность ванны (площадь хромированных изделий);
- 3) нормальный объем водорода, выделяющийся в ванне за 1 ч;
- 4) количество CrO_3 , расходуемого в ванне, в расчете на 1 ч ее работы и на 1 м^2 хромового покрытия;
- 5) удельный расход электроэнергии на 1 м^2 покрытия.

Пример варианта контрольного задания 2:

1. Расчет процесса электрополировки.
2. Расчет количества ванн никелирования.
3. Расчеты при получении электролитических сплавов.
4. Расчеты при получении композиционных покрытий
5. Расчеты при использовании реверсированного тока

Примеры вопросов для собеседования по теме «Изучение процесса восстановления ионов никеля из водных растворов методом ВДЭ»

1. Конвективная диффузия и метод вращающегося дискового электрода.
2. Уравнение Левича.
3. Электролиты для никелирования.

3. Виды никелевых покрытий.
4. Характерные дефекты никелевых покрытий.
5. Последовательность операций технологического процесса никелирования.

Задания для лабораторных занятий

По результатам выполнения заданий лабораторной работы оформляется лабораторный журнал, в котором должны быть отражены цель выполнения эксперимента, ход работы, наблюдения за экспериментом и выводы работы. Лабораторный журнал сдается преподавателю в день выполнения лабораторной работы. Всего в течение семестра предусмотрено 5 лабораторных работ.

Вопросы для самостоятельной подготовки к промежуточной аттестации

1. Предмет гальванотехники и области ее применения. Классификация гальванических покрытий и общие требования к ним.
2. направления развития современной гальванотехники.
3. Основные стадии процесса электроосаждения металлов. Специфические особенности процесса электрокристаллизации.
4. Причины перенапряжения при электрокристаллизации. Роль пересыщения в процессе образования новой фазы.
5. теоретические работы Фольмера и Эрдей-Груза. Образование трехмерного зародыша.
6. Образование двухмерного зародыша.
7. Эпитаксия. Принцип ориентационного соответствия. Явление повторяющегося шага.
8. Кристаллизация без образования зародыша. Винтовые дислокации и спиральный рост осадка.
9. Текстуры. Виды текстур.
10. Влияние различных факторов на электроосаждение металлов.
11. Механизм влияния поверхностно-активных веществ на электроосаждение металлов.
12. Влияние поверхностно-активных веществ на рост единичного кристалла.
13. Теория образования блестящих гальванических покрытий.
14. Выравнивающие электролиты. Механизм выравнивания. Способы определения выравнивающей способности электролитов.
15. Рассеивающая способность электролита.
16. Методы определения рассеивающей способности электролитов. Приемы для получения равномерных покрытий.
17. Факторы, влияющие на распределение тока и металла.
18. Осаждение из растворов простых солей. Механизм перенапряжения. «Инертные» и «нормальные» металлы.
19. Электроосаждение из комплексов. Механизм перенапряжения.
20. Электроосаждение хромовых покрытий.
21. Электроосаждение сплавов. Причины деполяризации и сверхполяризации парциальных кривых компонентов сплава.
22. Условия получения электрохимических сплавов.
23. Композиционные покрытия. Состав и свойства.
24. Современные режимы электролиза.
25. Электроосаждение из неводных растворов.
26. Подготовка поверхности металлов перед осаждением гальванических покрытий.
27. Химическое осаждение металлических покрытий. Химическое никелирование.
28. Химизм осаждения металлов на неметаллические материалы.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
7	0	30	0	0	0	40	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

7 семестр

Лекции

Оценивание не предусмотрено

Лабораторные занятия от 0 до 30 баллов

Предусмотрено 5 лабораторных работ

Каждая работа оценивается в 6 баллов

Общее количество баллов - 30

Критерии оценивания лабораторных занятий

«6 баллов» выставляется за:

- своевременное и грамотное оформление лабораторного журнала;

«5 балла» выставляется за:

- своевременное оформление лабораторного журнала с небольшими недочетами;

«4 балла» выставляется за:

- несвоевременное и грамотное оформление лабораторного журнала;

«3 балла» выставляется за:

- несвоевременное и неграмотное оформление лабораторного журнала

«2 балла» выставляется за:

систематическое не оформление лабораторного журнала;

«1 балл» выставляется за:

низкий уровень выполнения лабораторной работы и систематическое не оформление лабораторного журнала;

«0 баллов» выставляется за:

не выполнение лабораторной работы.

Практические занятия

Не предусмотрены

Самостоятельная работа

Оценивание не предусмотрено

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено

Другие виды учебной деятельности — от 0 до 40 баллов

Контрольное задание (5 задач)

Предусмотрено 2 контрольных занятия

Каждое задание оценивается в 5 баллов

Общее количество баллов - 10

Критерии оценивания задачи:

-за не правильно выполненную задачу 0 баллов

- за частично правильно выполненную задачу выставляется 0.5 балла,
- за каждое полностью правильно решенную задачу выставляется 1 балл.

Собеседование

Предусмотрено 5 собеседований

Каждое собеседование оценивается в 5 баллов

Общее количество баллов - 25

Критерии оценивания собеседования:

«5 баллов» выставляется за:

- хорошее воспроизведение по памяти лекционного материала по всем вопросам предложенного варианта;

«4 балла» выставляется за:

- хорошее воспроизведение по памяти лекционного материала с незначительными неточностями по всем вопросам предложенного варианта;

«3 балла» выставляется за:

- воспроизведение по памяти с существенными неточностями лекционного материала;

«1-2 балла» выставляется за:

Частичное воспроизведение лекционного материала

«0 баллов» выставляется за:

- полное незнание программного материала.

Реферат

5 баллов – зачтено

0 баллов – незачтено

Критерии оценивания

Оценка «зачтено» (5 баллов) ставится в том случае, если:

- содержание реферата соответствует заявленной теме, демонстрирует способность студента к самостоятельной исследовательской работе;
- реферат содержит самостоятельные выводы студента, аргументированные с помощью данных, представленных в учебной и научной литературе.

Оценка «не зачтено» (0 баллов) ставится в том случае, если:

- реферат не соответствует предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация (зачет с оценкой) — от 0 до 30 баллов, проходит в виде устного опроса по темам дисциплины

при проведении промежуточной аттестации

ответ на «отлично» / «зачтено» оценивается от 25 до 30 баллов;

ответ на «хорошо» / «зачтено» оценивается от 20 до 24 баллов;

ответ на «удовлетворительно» / «зачтено» оценивается от 15 до 19 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» / «не зачтено» от 0 до 14 баллов

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента по дисциплине «**Теоретические основы гальванотехники**» в 7 семестре составляет 100 баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «**Теоретические основы гальванотехники**» в оценку (зачет с оценкой):

85-100 баллов	«отлично» / «зачтено»
70-84 балла	«хорошо» / «зачтено»
55- 69 баллов	«удовлетворительно» / «зачтено»
0- 54 баллов	«не удовлетворительно»/ «не зачтено»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) литература:

1. Электрохимические процессы в технологии микро- и наноэлектроники [Текст] : Учебное пособие / А С Гаврилов, А Н Белов. - 2. - Москва : Издательский Центр РИОР ; Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2014. - 240 с. - Б. ц. Книга находится в базовой версии ЭБС "ИНФРА-М"
2. Электрохимическая размерная обработка металлов и сплавов. Проблемы теории и практики [Текст] : монография / Донцов. - Иваново : Ивановский государственный химико-технологический университет, 2006. - 282 с. - Б. ц. Книга находится в базовой версии ЭБС "РУКОНТ"

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Интернет-ресурсы

1. <http://www.galvanicus.ru/lit/manuals.php>
2. Казаринов И.А., Чуриков А.В., Степанов А.Н., Иванищев А.В. Специальный практикум по теоретической и прикладной электрохимии. Электронная версия на кафедре.

Программное обеспечение:

- 1) Microsoft Excel версии 2003 или новее или соответствующий аналог свободно распространяемых пакетов офисных приложений;
- 2) Microsoft Word версии 2003 или новее или соответствующий аналог свободно распространяемых пакетов офисных приложений.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для чтения лекций
2. Мультимедийная установка.
3. Для проведения лабораторных занятий имеется комплекс современного цифрового оборудования для решения учебных и научных проблем: учебно-лабораторные комплексы «Химия», трехэлектродные ячейки, электронные потенциостаты, сочетающие исполнительные устройства: потенциостаты/гальваностаты серии IPC, частотные анализаторы FRA; комплекс электрохимического оборудования «Autolab», криостат «Криовист», люминисцентный микроскоп «Альтами Люм 1», цифровые мультиметры, амперметры и вольтметры, энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр EDX – 720HS (Шимадзу, Япония), лазерный дифракционный анализатор размера частиц SALD - 2021 (Шимадзу, Япония), адсорбционная станция для измерения величины удельной поверхности, прибор Quantachrome NOVA 1200e (США) для распределения пор по радиусам адсорбционным методом.

Это позволяет проводить измерение физико-химических величин и изучение кинетики химических и электрохимических реакций стационарными и нестационарными методами с использованием компьютерных технологий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 04.03.01 Химия и профилю подготовки «Физическая химия».

Автор _____ Бурашникова М.М., д.х.н., доцент

Программа одобрена на заседании кафедры физической химии от 28 августа 2019 года, протокол № 1.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература:

1. Гамбург Ю.Д. «Гальванические покрытия». Технологии, характеристики, применения: Учебно-справочное руководство. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект». 2018. 240 с.
2. Гамбург Ю.Д. «Гальванические покрытия». Справочник по применению. М.: Техносфера.2006.215с.
3. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. М.: Химия. 2006.623с.
4. Андреев И.Н. Межевич Ж.В., Зотеев К.А. «Моделирование распределения тока при электрохимической обработке и нанесении покрытий с использованием подвесочной оснастки (учебное пособие). Казань: КГТУ. 2006.124с.
5. Виноградов С.С. «Экологически безопасное гальваническое производство». М.: Глобус.2002.352с.
6. Виноградов С.С. «Организация гальванического производства. Оборудование, расчет производства, нормирование. М.: Глобус.2005.256с.
7. Виноградов С.С. «Промывные операции в гальваническом производстве. М.: Глобус.2007.157с.
8. Солодкова Л.Н., Кудрявцев В.Н. «Электролитическое хромирование». М.: Глобус.2007.191с.
9. Окулов В.В. «Цинкование. Техника и технология». М.: Глобус.2008.252с.
7. Грилихес С.Я., Тихонов К.И. Электролитические и химические покрытия. Л.: Химия. 1990.
10. Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия металлами. М.: Химия. 1979. 352 с.
11. Кудрявцев. В.Н. Практикум по прикладной электрохимии. Л.: Химия, 1990.
12. Гамбург Ю.Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов. М.: Янус-К. 1997. 384 с.
13. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Введение в электрохимическую кинетику. М.: Высшая школа. 1983.
14. Ротинян А.Л., Тихонов К.И., Шошина И.А. Теоретическая электрохимия. Л.: Химия. 1981.