

# БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского  
государственного университета



А.Д.Король

27 июня 2025 г.

Регистрационный №УД- 14027/уч.

## КОРРОЗИЯ И ЭЛЕКТРОХИМИЯ МЕТАЛЛОВ

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для  
специальности:

**1-31 05 03 Химия высоких энергий**

2025 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 03-2021, учебного плана № G31-1009/уч. от 25.05.2021.

### **СОСТАВИТЕЛИ:**

*Е.А.Стрельцов*, заведующий кафедрой физической химии и электрохимии химического факультета Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор.

*О.Н.Мусская*, доцент кафедры физической химии и электрохимии химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент.

*Н.В.Малащенок*, доцент кафедры физической химии и электрохимии химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук.

### **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

*Н.В.Логинава*, профессор общей химии и методики преподавания химии химического факультета Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор.

*Г.В.Бондарева*, ученый секретарь Института общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси, кандидат химических наук.

### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой физической химии и электрохимии БГУ  
(протокол № 15 от 19.06.2025)

Научно-методическим советом БГУ  
(протокол № 11 от 26.06.2025)

Заведующий кафедрой



---

Е.А.Стрельцов

*Т.В.Ковалевич Рабичинская*  


## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – ознакомить студентов с основами учения о коррозии металлов, способами и методами защиты от коррозии, электрохимическим нанесением покрытий металлов и сплавов, а также современными тенденциями использования электрохимических технологий.

### Задачи учебной дисциплины:

1. Изучение механизмов электрохимических процессов, влияющих на скорость анодного растворения (окисления) металлов, а также катодного осаждения металлических покрытий, их микроструктуру и свойства.

2. Освоение методов электрохимической защиты от коррозии, получения металлических покрытий (индивидуальных металлов и их сплавов), методов электроэкстракции и электрорафинирования.

3. Выработка у студентов навыков проведения электрохимического эксперимента по электроосаждению пленок и наноструктур металлов.

**Место учебной дисциплины** в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Прикладные аспекты химии высоких энергий» компонента учреждения высшего образования.

Успешное освоение учебной дисциплины «Коррозия и электрохимия металлов» предусматривает изучение студентами предшествующих учебных дисциплин «Физическая химия» и «Неорганическая химия».

### Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Коррозия и электрохимия металлов» должно обеспечить формирование следующей компетенции:

#### *Специализированные компетенции:*

Применять знание особенностей радиохимических процессов для предсказания поведения различных радионуклидов в биологических системах, природных и техногенных объектах, материалах органической и неорганической природы.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

#### **знать:**

факторы, влияющие на скорость коррозии металлов и коррозионные потенциалы;

подходы и методы, используемые для защиты металлов от коррозии;

возможности электрохимии для обработки металлов;

основы электрометаллургии металлов;

применение и свойства гальванических покрытий;

подходы для выбора материала подложки и этапы подготовки поверхности, на которую осаждается металл;

основные компоненты составов электролитов для осаждения металлов;

примеры промышленного применения гальванотехники в народном хозяйстве Республики Беларусь.

#### **уметь:**

применять на практике способы защиты металлических изделий от коррозии;

решать учебные и исследовательские задачи, связанные с вопросами электрокристаллизации металлов, осаждение пленок и наноструктур металлов;

уметь подобрать электролиты для электроосаждения различных металлических покрытий на различных подложках;

ориентироваться в современных тенденциях развития электрометаллургии и гальванотехники.

**владеть:**

навыком расчета потенциалов коррозии и плотностей тока коррозии металлов в растворах электролитов;

навыком защиты металлов против электрохимической коррозии.

**Структура учебной дисциплины**

Дисциплина изучается в 9 семестре. В соответствии с учебным планом всего на изучение учебной дисциплины «Коррозия и электрохимия металлов» отведено для **очной формы** получения высшего образования – 94 часов, в том числе 44 аудиторных часов, лекции – 28 часов, семинарские занятия – 22 часа.

**Из них:**

Лекции – 28 часов, семинарские занятия – 6 часов + 6 часов ДОТ, управляемая самостоятельная работа (УСР) – 2 часа + 2 часа ДОТ.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## Раздел 1 Коррозия металлов и методы защиты

### *Тема 1.1 Коррозия металлов и методы защиты*

Введение. История развития представлений о коррозии металлов, электрометаллургии и гальванотехники. Электрохимическая коррозия (основные положения). Факторы, влияющие на коррозию. Коррозия технических металлов. Способы снижения скорости коррозионного процесса. Анодная и катодная защита металлов. Контактное вытеснение металлов (цементационные процессы). Использование на практике. Особенности коррозии металлических порошков. Факторы, определяющие коррозию пористых порошковых материалов. Методы исследования коррозии пористых материалов.

### *Тема 1.2 Анодное растворение и пассивность металлов*

Термодинамические условия анодного растворения металлов. Кинетика и механизм анодного растворения. Пассивация и причины пассивного состояния. Понятие об электрохимической размерной обработке металлов. Примеры использования на практике.

### *Тема 1.3 Особенности коррозии металлов внутри помещений*

Основные параметры оценки коррозионной агрессивности атмосферы. Коррозионное поведение важнейших конструкционных металлов (железа, меди, алюминия, цинка, никеля, хрома и др.).

## Раздел 2 Электрохимическое осаждение металлов

### *Тема 2.1 Электrokристаллизация металлов*

Зарождение и развитие новой фазы при электроосаждении металлов. Основные виды перенапряжений. Роль микроструктуры и дефектов поверхности в процессах электrokристаллизации. Получение поликристаллических осадков с определенной ориентацией кристаллитов (текстур). Электрохимическая эпитаксия. Электrokристаллизация металлов и нанотехнологии. Осаждение металлов в условиях недонапряжения.

### *Тема 2.2 Электроэкстракция и электрохимическое рафинирование металлов*

Электроэкстракция металлов из водных растворов солей. Условия электролиза, химизм процессов, используемые электроды, электролиты. Особенности электрорафинирования. Используемые аноды и катоды, требования к электролитам. Образование шламов. Требования к степени чистоты осаждаемых на катоде металлов.

### *Тема 2.3 Основы гальванотехники*

Электрохимическое нанесение покрытий металлов и их сплавов (гальваностегия): хромирование, цинкование, никелирование, меднение, лужение, покрытие железом, благородными металлами. Применение и свойства гальванических покрытий. Подготовка поверхностей перед нанесением гальванических покрытий и роль основных компонентов растворов.

Гальванопластика. Общие сведения. Формы, применяемые в гальванопластике. Подготовка поверхности форм. Электролиты. Примеры промышленного применения гальванопластики.

***Тема 2.4 Электрохимическое получение металлов из расплавов солей***

Получение щелочных и щелочно-земельных металлов, магния, бериллия. Электрохимическое производство алюминия. Электроосаждение из расплавов d-металлов (Ti, Zr, V, Nb, Ta, Mo, W и др.) и f-металлов. Условия электролиза, механизмы процессов, используемые электроды.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная (дневная) форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1</b>	<b>Коррозия металлов и методы защиты</b>							
1.1	Коррозия металлов и методы защиты	4		4			2	Контрольная работа
1.2	Анодное растворение и пассивность металлов	4						Устный опрос
1.3	Особенности коррозии металлов внутри помещений	4						Устный опрос
<b>2</b>	<b>Электрохимическое осаждение металлов</b>							
2.1	Электрокристаллизация металлов	4		2 (ДОТ)				Устный опрос
2.2	Электроэкстракция и электрохимическое рафинирование металлов	4		2				Устный опрос
2.3	Основы гальванотехники	4		4 (ДОТ)			2 (ДОТ)	Письменный опрос
2.4	Электрохимическое получение металлов из расплавов солей	4						Устный опрос

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. Хохлачева, Н.М. Коррозия металлов и средства защиты от коррозии : учебное пособие / Н.М. Хохлачёва, Е.В. Ряховская, Т.Г. Романова. – М. : ИНФРА-М, 2023. – 118 с. – URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2033551>
2. Ингибиторы коррозии : учебное пособие / А.Е. Лестев, Я.В. Ившин, А.Ф. Дресвянников, Ж.В. Межевич. – Казань : КНИТУ, 2023. – 96 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/477914>
3. Романова, Л. В. Защита трубопроводов от коррозии : учебное пособие / Л. В. Романова, А. Н. Стариков. – Владимир : ВлГУ, 2023. – 111 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/434267>
4. Попова А.А. Методы защиты от коррозии : курс лекций : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по программе бакалавриата по напр. подготовки «Строительство» (профили «Промышленное и гражданское строительство», «Городское строительство») / А.А. Попова. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2024. – 271 с.
5. Соколов В.Н. Коррозия и защита. Химические источники тока : учебное пособие / В.Н. Соколов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 148 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/2094423>

### Дополнительная литература

1. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия. М.: Высшая школа, 1984. – 519 с.
2. Ротинян А.Л., Тихонов К.И., Шошина И.А. Теоретическая электрохимия / Под редакцией А.Л. Ротиняна. Л.: Химия, 1981. – 424 с.
3. Бахчисарайцыян Н.Г. и др. Практикум по прикладной электрохимии / Под ред. В.Н. Варыпаева, В.Н. Кудрявцева. Л.: Химия, 1990. – 304 с.
4. Полюдова В.П. Практикум по прикладной электрохимии. Калининград, 2000. – 45 с.
5. Практикум по электрохимии / Под редакцией Б.Б. Дамаскина. М.: Химия, 1991. – 288 с.
6. Фиалков Ю.Я., Грищенко В.Ф. Электровыделение металлов из неводных растворов. Киев: Наук. думка, 1985. – 320 с.
7. Тихонов К.И., Агафонова Н.И. Электроосаждение металлов из органических растворителей. Ленинград, 1979. – 83 с.
8. Антипин Л.Н., Важенин С.Ф. Электрохимия расплавленных солей. М.: Metallurgizdat, 1964. – 357 с.
9. Дасоян М. А. и др. Технология электрохимических покрытий. Л.: Машиностроение, 1989. – 391.
10. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство. М.: Глобус, 1998. – 302 с.

11. Лукомский Ю.А., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии. Д.: Интеллект, 2008. – 424 с.
12. Гамбург Ю.Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов. М.: Янус-К, 1997. – 384 с.
13. Прикладная электрохимия / Под ред. А.П. Томилова. М.: Химия, 1984. – 520 с.
14. Прикладная электрохимия / Под ред. Н.Т. Кудрявцева. М.-Л.: Химия, 1975. – 551 с.
15. Прикладная электрохимия / Под ред. А.Л. Ротиняна. М.- Л.: Химия, 1974. – 536 с.
16. Великанова И.А. и др. Электрохимический синтез и гидроэлектрометаллургия: пособие для студентов специальности 1-48 01 04 «Технология электрохимических производств». Мн.: БГТУ, 2014. – 184 с.
17. Садаков Г.А. Гальванопластика. М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
18. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. М.: Metallurgy, 1976 – 472 с.
19. Кеше Г. Коррозия металлов. Физико-химические принципы и актуальные проблемы. М.: Машиностроение, 1984. – 400 с.
20. Байсупов И.А. Электрохимическая обработка металлов. М.: Высшая школа, 1988. – 184 с.
21. Петрова Л.Г. и др. Основы электрохимической коррозии металлов и сплавов: учебное пособие / Под общ. ред. Г.Ю. Тимофеевой. М.: МАДИ, 2016. – 148 с.
22. Шелухина Ю.М. Электрохимическая коррозия металлов : учеб. пособие. Волгоград: ВолгГТУ, 2022. – 64 с.
23. Электрохимическая защита трубопроводов: учебно-методическое пособие по одноименной дисциплине для слушателей специальности переподготовки 1-70 05 75 «Трубопроводный транспорт, хранение и реализация нефтегазопродуктов» заоч. формы обучения. Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. – 96 с.
24. Останин Н.И. и др. Теория и технология получения цветных металлов электролизом: учебно-методическое пособие / Под общ. ред. Ю.П. Зайкова. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022. – 174 с.

### **Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки**

Для диагностики компетенций могут использоваться следующие средства текущей аттестации: контрольная работа; устный опрос; письменный опрос.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Коррозия и электрохимия металлов» учебным планом предусмотрен *зачет*.

Для формирования итоговой отметки по учебной дисциплине используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых

коэффициентов для текущей и промежуточной аттестации студентов по учебной дисциплине.

Формирование итоговой отметки в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации (примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации):

- контрольная работа 25 %;
- устный опрос – 50 %;
- письменный опрос – 25 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе итоговой отметки текущей аттестации (модульно-рейтинговой системы оценки знаний) 50 % и отметки на зачёте 50 %.

### **Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы**

#### ***Тема 1.1. Коррозия металлов и методы защиты. (2 часа)***

Примеры задач:

1. В кислой среде (рН 3) контактируют медь и кобальт. Необходимо составить уравнения электродных процессов, а также рассчитать ЭДС и энергию Гиббса образовавшегося гальванического элемента в указанных условиях.

2. При электрохимической коррозии изделия из низкоуглеродистой стали с кислородной деполяризацией за 45 минут образовалось 0,225 г Fe(OH)<sub>2</sub>. Необходимо вычислить величину коррозионного тока, объем поглощенного кислорода при нормальных условиях и массу подвергшегося коррозии железа.

3. За 10 мин анодного травления стальных деталей при плотности тока 1,5 А/дм<sup>2</sup> с поверхности деталей снят слой стали толщиной 2 мкм. Необходимо рассчитать долю анодного тока, израсходованного на электролитическое растворение стали с учетом образования трехвалентного железа.

Форма контроля – контрольная работа.

#### ***Тема 2.3. Основы гальванотехники. (2 часа ДОТ)***

1. Опишите особенности получения медных, цинковых, никелевых и хромовых гальванических покрытий в зависимости от типа электролита и условий проведения процесса.

2. Опишите основные отличия гальваностегии и гальванопластики, оцените их применение на практике.

Форма контроля – письменный опрос.

### **Примерный перечень семинарских занятий**

1. Электрохимическая коррозия (основные положения). Факторы, влияющие на коррозию. Коррозия технических металлов. Способы снижения скорости коррозионного процесса.

2. Природа перенапряжения при электрокристаллизации металлов. Роль природы металла, поляризации электрода, состава раствора на структуру электролитических осадков. Получение порошка меди.

3. Электроэкстракция металлов (на примере меди и цинка) из водных растворов солей металлов. Условия электролиза, химизм процессов, используемые электроды, электролиты. Влияние примесей на выход цинка по току и структуру катодного осадка.

4. Электрорафинирование металлов. Используемые аноды и катоды при получении осадка (рассмотреть на примере меди). Требования к электролитам. Образование шламов. Требования к степени чистоты осаждаемого на катоде металла.

5. Электрохимическое нанесение покрытий металлов и их сплавов (гальваностегия): цинкование. Применение и свойства гальванических покрытий. Подготовка поверхностей перед нанесением гальванических покрытий.

6. Анодная и катодная защита металлов.

7. Термодинамические условия анодного растворения. Кинетика и механизм анодного растворения. Пассивация и причины пассивного состояния.

### **Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины**

В рамках учебной дисциплины используются *эвристический и практико-ориентированный подходы*.

*Эвристический подход* предполагает:

- демонстрацию многообразия металлов и их сплавов; изучение механизмов электрохимических процессов позволяет прогнозировать микроструктуру и свойства металлических покрытий на основе знаний, полученных в ходе освоения дисциплины;

*Практико-ориентированный подход* предполагает:

- освоение содержания предмета через решение практических задач;  
- приобретение навыков решения практических задач по оценке коррозионного поведения металлов в различных средах, необходимых для профессиональной деятельности;

При организации семинарских занятий используется метод учебной дискуссии, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме. Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

### **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы**

В рамках учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы студентов:

– проработка теоретического материала при подготовке к практическим и семинарским занятиям;  
– выполнение домашних заданий при подготовке к практическим занятиям;

- выполнение контрольных работ;
- решение обучающих и контролирующих тестов для самоконтроля по изучаемым темам;
- подготовка к зачету по дисциплине.

Задания УСР по учебной дисциплине составляются по уровням сложности: сначала задания, формирующие достаточные знания по изученному учебному материалу на уровне узнавания, затем – задания, формирующие компетенции на уровне воспроизведения, и далее задания, формирующие компетенции на уровне применения полученных знаний.

### **Примерный перечень вопросов к зачету**

1. Общий механизм электрохимической коррозии. Движущая сила коррозионного процесса.
2. Ускоряющее и замедляющее действие анионов на процесс анодного растворения металлов.
3. Общий вид зависимости стационарной скорости коррозии ( $i_{ст}$ ) от электродного потенциала металла ( $E$ ).
4. Причины отличия реального (необратимого стационарного) электродного потенциала от равновесного обратимого.
5. Катодные процессы при электрохимической коррозии. Примеры реакций. Механизм кислородной деполяризации.
6. Корреляция между положением металлов в периодической таблице и коррозионной устойчивостью.
7. Поляризационные диаграммы. Контролирующий процесс коррозии. 4 случая контроля процесса коррозии.
8. Коррозионная устойчивость твердых растворов металлов. Правило Таммана.
9. Влияние pH коррозионной среды на скорость коррозии.
10. Использование кислорода для защиты металлов от коррозии.
11. Влияние температуры на скорость коррозии. Диффузионный и кинетический контроль процесса коррозии.
12. Термообработка и химико-термическая обработка для защиты от коррозии.
13. Катодная и протекторная защита металлов.
14. Способы нанесения металлических покрытий.
15. Электроосаждение металлов. Основные процессы, протекающие в электролизере. Подготовка поверхности перед осаждением. Основные компоненты электролита гальванической ванны.
16. Химическая коррозия. Механизм. Способы защиты от химической коррозии.
17. Поляризация. Причины анодной и катодной поляризации.
18. Комплексная защита металлов от коррозии. Факторы, которые необходимо учитывать при выборе метода защиты.
19. Теории пассивного состояния. Активаторы и пассиваторы.

20. Гальванопластика. Размерная обработка металлов.
21. Особенности коррозии пористых порошковых материалов.
22. Электролитическое производство цинка.
23. Коррозионное поведение металлов и сплавов (стали, цинка, алюминия, меди, золота, серебра) внутри помещений.
24. Электрохимическое рафинирование и электроэкстракция металлов.
25. Получение металлов электролизом расплавленных солей.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Учебная дисциплина не требует согласования			

Заведующий кафедрой  
физической химии и электрохимии  
доктор химических наук, профессор



Е.А.Стрельцов

19.06.2025

## ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УО

на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_ (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 202\_ г.)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_