

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Васильевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 15.09.2025 10:48:03  
Уникальный идентификатор документа:  
04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323



МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Фонд оценочных средств по дисциплине «Электрохимические методы исследования», по специальности  
04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия», профилю «Химия материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

**Фонд оценочных средств  
для промежуточной аттестации  
по дисциплине**

**Электрохимические методы исследования**

Направление подготовки (специальность)  
**04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия**

Направленность (профиль)  
**Химия материалов**

Присваиваемая квалификация (степень)  
**Химик. Преподаватель химии**

Форма обучения  
**Очная**

Челябинск 2025 г.





## Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств .....	3
2. Перечень формируемых компетенций .....	3
2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной .....	3
3. Содержание оценочных средств по дисциплине .....	4
3.1 виды оценочных средств.....	4
3.2 содержание оценочных средств .....	7
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации .....	10
4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации.....	10
4.2. Критерии оценивания зачета .....	10
4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций .....	11



## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 04.03.01 Химия

Направленность (профиль) Аналитическая химия и химическая экспертиза

Дисциплина: Электрохимические методы исследования

Семестр (семестры) изучения: 5

Форма (формы) промежуточной аттестации: 5 семестр – зачет.

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Электрохимические методы исследования» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Содержание компетенций согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Индикаторы достижения компетенции согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3	4
ОПК-1	Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	ОПК -1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	<b>Знать:</b> принципиальные основы, возможности и ограничения применения электрохимических методов исследования химических объектов; <b>Уметь:</b> проводить комплексный анализ полученных продуктов, исследование физико-химических закономерностей и контролировать протекание процессов на типовом научном оборудовании; <b>Владеть:</b> теоретическими основами и практическими навыками работы на типовом научном оборудовании.



### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1 Виды оценочных средств

##### Раздел 1. Постановка электрохимического эксперимента

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/№ задания
1	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Принципы работы электронных потенциостатов и современных лабораторных комплексов, сопряженных с персональными компьютерами	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 1-5
2	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки реше- ния задач професси- ональной деятельно- сти на основе теоре- тических знаний в области химических наук	Основные общие принципы работы приборного оборудования. Принципы осуществления контроля тока и потенциала в электрохимическом эксперименте. Электрические схемы	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 1-5
3	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки реше- ния задач професси- ональной деятельно- сти на основе теоре- тических знаний в области химических наук	Классификация электрохимических методов исследования электродных процессов по механизму	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 6-8



## Раздел 2. Метод стационарных поляризационных кривых

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/№ задания
1	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Кинетика электрохимических реакций с медленной стадией переноса $n$ электронов в одну стадию	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 8,13,14
2	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки реше- ния задач професси- ональной деятельно- сти на основе теоре- тических знаний в области химических наук	Графические зависимости поляризационных кривых при медленной стадии последовательного переноса нескольких электронов	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 9-12
3	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки реше- ния задач професси- ональной деятельно- сти на основе теоре- тических знаний в области химических наук	Графические зависимости и уравнения поляризационных кривых для смешанной кинетики: случай медленной стадии разряда и диффузии	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 15,17,22
4	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки реше- ния задач професси- ональной деятельно- сти на основе теоре- тических знаний в области химических наук	Графические зависимости и уравнения поляризационных кривых при замедленной стадии разряда	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 13,14,19,24



### Раздел 3. Релаксационные методы исследования кинетики электродных

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/№ задания
1	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Потенциостатический импульсный метод (хроноамперометрия)	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 16,26
	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Гальваностатический импульсный метод (хронопотенциометрия)	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 27-29
	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Хроновольтамперометрия. Циклические методы	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 16- 18,25
	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	Метод переменного тока	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету № 30-32
	ОПК-1/ ОПК-1-3. Имеет навыки	Общие принципы исследования	1. Коллоквиум; 2. Устный опрос.	Вопросы к зачету



решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний в области химических наук	механизма сложных многостадийных электрохимических процессов		№20,21,23,33
--	--	--	--------------

Типовые задания, критерии и показатели оценивания в рамках текущего контроля представлены в рабочей программе по дисциплине. Полные комплекты оценочных средств и контрольно-измерительных материалов хранятся на кафедре и являются учебно-методическими материалами ограниченного (конфиденциального) пользования.

### 3.2 Содержание оценочных средств

#### Типовые вопросы для зачета:

1. Требования, предъявляемые к электрохимической ячейке (ЭЯ) и электролиту (ОПК-1). *План ответа: материал и конструкция ячейки (инертность, герметичность), чистота электролита, температурный контроль и перемешивание.*
2. Основные принципы, правила подготовки и проведения электрохимических измерений (ОПК-1). *План ответа: подготовка электродов (очистка, калибровка), контроль параметров (ток, потенциал, температура).*
3. Влияние формы рабочего электрода (РЭ) на равномерность распределения электрического поля в ЭЯ (ОПК-1). *План ответа: форма электрода (плоский, цилиндрический, сферический), распределение тока и потенциала на поверхности.*
4. Способы подготовки электролита и поликристаллического исследуемого электрода для электрохимических измерений (ЭИ) (ОПК-1). *План ответа: Очистка электролита (фильтрация, дегазация), подготовка электрода (шлифовка, полировка, активация).*
5. Требования, предъявляемые к вспомогательному электроду и электроду сравнения. Капилляр Лuggина (ОПК-1). *План ответа: Вспомогательный электрод: инертность, стабильность, электрод сравнения: стабильность потенциала (например, хлорсеребряный электрод), капилляр Лuggина: минимизация омического падения потенциала.*
6. Общая классификация электрохимических методов исследования (ЭМИ). Краткая характеристика (ОПК-1). *План ответа: Стационарные методы, динамические методы, релаксационные методы, импедансные методы.*



7. Принципиальные электрические схемы контроля тока в ЭЯ и потенциала исследуемого (рабочего) электрода (ОПК-1). *План ответа: трехэлектродная схема (рабочий, вспомогательный, электрод сравнения), принцип работы: контроль тока и потенциала.*
8. Возможные механизмы электродных процессов. Лимитирующая стадия (ОПК-1). *План ответа: Стадии: массоперенос, адсорбция, перенос электронов, лимитирующая стадия: самая медленная стадия процесса.*
9. Диффузионная кинетика электродного процесса. Диффузия в неперемешиваемом электролите при  $I = \text{const}$ . Возможные варианты (ОПК-1). *План ответа: уравнение Фика для диффузии., концентрационный градиент у поверхности электрода.*
10. Диффузионная кинетика электродного процесса. Диффузия в неперемешиваемом электролите при контроле потенциала РЭ. Возможные варианты (ОПК-1). *План ответа: Контроль потенциала: влияние на скорость диффузии, Формирование диффузионного слоя.*
11. Диффузионная кинетика электродного процесса в стационарных условиях. Модель Нернста (ОПК-1). *План ответа: уравнение Нернста для равновесного потенциала, применение для описания диффузионных процессов.*
12. Диффузионная кинетика электродного процесса в стационарных условиях. Модель Прандтля (ОПК-1). *План ответа: Описание диффузионного слоя, применение в электрохимии*
13. Основные положения теории замедленного разряда. Формула Тафеля (ОПК-1). *План ответа: Уравнение Тафеля: связь тока и потенциала, ток обмена и коэффициент переноса.*
14. Ток обмена ( $i_0$ ) и коэффициент переноса ( $\alpha$ ) электрохимической реакции. Физический смысл этих величин в рамках общих представлений о кинетике химических реакций (ОПК-1). *План ответа: ток обмена: скорость реакции при равновесии, коэффициент переноса: доля энергии, идущая на перенос электрона*
15. Закономерности смешанной кинетики электродных процессов (ОПК-1). *План ответа: Сочетание кинетического и диффузионного контроля, уравнения для описания смешанной кинетики.*
16. Метод хроновольтамперометрии (ОПК-1). *План ответа: гальваностатический режим, потенциостатический режим.*
17. Изменение концентрационного профиля активного вещества у поверхности электрода при линейной развертке потенциала. Уравнение Рендлса-Севчика (ОПК-1). *План ответа: Концентрационный профиль: зависимость от времени, Уравнение Рендлса-Шевчика: связь тока и концентрации.*



18. Анализ поляризационных кривых в координатах Рендлса-Шевчика. Критерии и границы применимости данного способа обработки экспериментальных данных (ОПК-1). *План ответа: преобразование данных для линейной зависимости, границы применимости: обратимость процесса.*
19. Метод ВДЭ. Общая характеристика. Применение метода в электроаналитических измерениях (ОПК-1). *План ответа: Принцип метода: вращающийся диск; применение: определение коэффициента диффузии.*
20. Метод ВДЭ. Общая характеристика. Определение коэффициента диффузии электроактивного вещества. Метод Хитчмана-Олбери (ОПК-1). *План ответа: Уравнение Левича для вращающегося диска; метод Хитчмана-Олбери: анализ данных*
21. Применение метода ВДЭ для исследования механизма сложных электрохимических процессов (ОПК-1). *План ответа: идентификация стадий процесса, определение кинетических параметров.*
22. Анализ экспериментальных данных, полученных методом ВДЭ, в условиях смешанной кинетики электродного процесса (ОПК-1). *План ответа: Сочетание кинетического и диффузионного контроля; анализ данных: ток и потенциал.*
23. Определение методом ВДЭ скорости двух параллельно протекающих электрохимических реакций? (ОПК-1) *План ответа: разделение токов для каждой реакции; анализ данных: зависимость тока от скорости вращения.*
24. Метод ВДЭ с кольцом (ОПК-1). *План ответа: конструкция: диск и кольцо; применение: исследование промежуточных продуктов*
25. Стационарные методы исследования в электрохимии (ОПК-1). *План ответа: поляризационные кривые, вольтамперометрия.*
26. Импульсный потенциостатический метод. Уравнение Котрела (ОПК-1). *План ответа: принцип метода: наложение потенциала и измерение тока; уравнение Котрела: описание тока во времени.*
27. Релаксационные (импульсные) методы измерения в электрохимии. Характеристика, возможности (ОПК-1). *План ответа: импульсные методы: хроноамперометрия, хроновольтамперометрия; применение: исследование кинетики.*
28. Импульсный гальваностатический метод. Уравнение Санда-Караогланова (ОПК-1). *План ответа: принцип метода: подача тока и измерение потенциала; уравнение Санда-Караогланова: описание потенциала во времени.*
29. Определение тока обмена электрохимической реакции (импульсный гальваностатический метод) (ОПК-1). *План ответа: измерение тока*



*обмена; анализ данных: зависимость тока от времени.*

30. Измерения с переменным током. Эквивалентные электрические схемы (ОПК-1). *План ответа: принцип метода, эквивалентные схемы импеданса*

31. Импеданс Варбурга (ОПК-1). *План ответа: импеданс, связанный с диффузией; применение: анализ диффузионных процессов.*

32. Методы измерения импеданса. Обработка и интерпретация экспериментальных данных (ОПК-1). *План ответа: спектроскопия импеданса, построение диаграмм Найквиста.*

33. Основные принципы исследования механизма сложных электрохимических превращений (ОПК-1). *План ответа: Идентификация стадий процесса. Использование различных методов для анализа*

## **4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация проводится в виде устного опроса (зачет). Зачет проводится в присутствии преподавателя и предполагает развернутый, полный ответ на один теоретический вопрос. Вопросы составляются с учётом материала, пройденного на лекционных занятиях,. Время, отводимое на подготовку к ответу 40 минут. Зачет ориентирован на выявление уровня сформированности знаний, умений и навыков, составляющих основу компетенций, обеспечиваемых учебной дисциплиной. Во время зачета студент в течение отведенного времени готовит письменный ответ на вопрос билета. Оценочные средства представлены базой контрольных вопросов.

### **4.2. Критерии оценивания зачета**

Максимальный балл за ответ на теоретический вопрос — 10 баллов.

<b>Отлично/ зачтено/ 9-10 баллов</b>	<b>Хорошо/ зачтено/ 7-8 баллов</b>	<b>Удовлетворительно/ зачтено/ 5-6 баллов</b>	<b>Неудовлетворительно/ незачтено/ 0-4 балла</b>
Высокий уровень освоения проверяемых компетенций	Средний уровень освоения проверяемых компетенций	Базовый уровень освоения проверяемых компетенций	Недостаточный уровень освоения проверяемых компетенций
Обучающийся отлично знает материал, умеет анализировать	Обучающийся хорошо знает материал, умеет анализировать	Обучающийся знаком с материалом, владеет достаточным для высказывания	Обучающийся не знает основных положений вопроса, не ориентируется в



проблему и аргументировано изложить свою точку зрения, владеет достаточным для высказывания лексическим запасом, грамотно изъясняется на иностранном языке с использованием точных терминов и названий. Обучающийся практически не допускает ошибок.	проблему и аргументировано изложить свою точку зрения, владеет достаточным для высказывания лексическим запасом, грамотно изъясняется на иностранном языке с использованием точных терминов и названий. Обучающийся допускает незначительные ошибки.	лексическим запасом. Обучающийся допускает фактические и языковые ошибки, не оперирует лексическим запасом по теме.	основных понятиях, излагает материал с трудом, с грубыми фактическими и языковыми ошибками, либо отказывается от ответов на вопросы.
--	--	---	--

### 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

Текущая аттестация проводится в виде письменного опроса. Студент в течение 60 минут должен подготовить правильный развернутый письменный ответ на два теоретических вопроса. Критерии оценивания письменного опроса при текущей аттестации аналогичны критериям оценивания промежуточной аттестации. Максимальное количество баллов - 10.

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации. Полученные за текущую аттестацию баллы суммируются с баллами, полученными при прохождении промежуточной аттестации:

Для получения зачета необходимо набрать не менее 12 баллов из 20 возможных (за текущую и промежуточную аттестацию).

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

Уровни сформированности компетенций определяется следующим образом:



1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке отлично (зачтено):
  - систематизированные, глубокие и полные знания по вопросам программы;
  - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;
  - безупречное владение инструментарием, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;
  - полное и глубокое усвоение основной литературы, рекомендованной программой дисциплины, свободное владение информацией из источников дополнительной литературы;
  - умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин.
2. Средний уровень соответствует оценке хорошо (зачтено):
  - достаточно полные систематизированные знания;
  - умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях и давать им критическую оценку;
  - использование научной терминологии, лингвистически и логически правильное изложение ответов на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
  - владение инструментарием, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
  - усвоение основной литературы, рекомендованной программой дисциплины.
3. Базовый уровень соответствует оценке удовлетворительно (зачтено):
  - достаточный минимальный объем знаний;
  - усвоение основной литературы, рекомендованной программой дисциплины;
  - умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях и давать им оценку;
  - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;



- владение инструментарием, умение его использовать в решении типовых задач.
4. Низкий уровень соответствует оценке неудовлетворительно (незачтено).
- фрагментарные знания;
  - отказ от ответа;
  - знание отдельных рекомендованных источников;
  - неумение использовать научную терминологию;
  - наличие грубых ошибок.

При отсутствии зачета студент повторно получает контрольное задание.