

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет  
имени Коста Левановича Хетагурова»**



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА»**

Направление **04.04.01 Химия**  
Программа «**Аналитическая химия**»

Квалификация (степень) выпускника – магистр

Форма обучения - очная

Владикавказ 2019

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

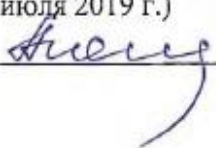
Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – магистратура по направлению 04.04.01 Химия (программа «Аналитическая химия»), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13.07.2017 N655, учебным планом подготовки магистра по направлению 04.04.01 Химия, утвержденным ученым советом ФГБОУ ВО «СОГУ» от 28.05. 2019 г., протокол № 10.

Составитель: доцент Хаева О.Э.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры общей и неорганической химии (протокол № 15/18-19 от «28» июня 2019 г.)

Зав. кафедрой  Кубалова Л.М.

Одобрена советом факультета химии, биологии и биотехнологии (протокол № 12 от «01» июля 2019 г.)

Председатель  Агаева Ф.А.

## 1. Структура и общая трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Современные электрохимические методы» составляет 4 зачетных единиц – 144 часов.

	Очная форма обучения
Курс	1
Семестр	2
Лекции	34
Практические (семинарские) занятия	
Лабораторные занятия	34
Консультации	-
Итого контактных занятий	68
Самостоятельная работа	76
Часов в ЗЕТ	4
Форма контроля	Зачет
Общее количество часов	144

## 2. Цель освоения дисциплины

В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 04.04.01 Химия, программа «Аналитическая химия», и уровню высшего образования магистратура, утвержденному приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13.07.2017 г. № 655, целью освоения дисциплины «Современные электрохимические методы» является формирование представлений о теоретических основах электрохимических методов, о многообразии электрохимических методов и решаемых аналитических задач при их использовании в профессиональной научно-исследовательской, педагогической и производственной деятельности согласно профессиональным стандартам:

1. 40.010. Профессиональный стандарт «Специалист по техническому контролю качества продукции» утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 123н. (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 22 апреля 2014 г. № 32067). Вид профессиональной деятельности – «Технический контроль качества продукции».
2. 40.011. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 4 марта 2014 г. № 121н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 21 марта 2014 г., регистрационный № 31692). Вид профессиональной деятельности – «Осуществление научно-

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

исследовательской деятельности по решению фундаментальных и прикладных задач химической направленности в составе научного коллектива».

3. 01.004. Профессиональный стандарт «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования» утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 608н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации от 24 сентября 2015 г. № 38998). Вид профессиональной деятельности – «Педагогическая деятельность в профессиональном обучении, профессиональном образовании, дополнительном профессиональном образовании».

В результате изучения дисциплины «Современные электрохимические методы» приведет к формированию творчески работающих специалистов с развитым научным мышлением, обладающих необходимым запасом знаний в области аналитической химии реальных объектов, способных использовать теоретические знания при решении практических задач, проявляя при этом самостоятельность, инициативу, а также в необходимых случаях – умение участвовать в принятии коллективных решений, выбирая наиболее оптимальные из них.

**Задачи дисциплины:**

- изучение электрохимических свойств системы, связанных с составом функциональной зависимостью;
- исследование факторов, влияющих на величину аналитического сигнала (устранение мешающих анализу параметров, оптимизация отношения сигнал/помеха);
- освоение основных методов электрохимического анализа и исследования;
- ознакомление с отечественной и зарубежной аппаратурой для электрохимических измерений;
- оценивание метрологических характеристик известных методик (чувствительность, точность, воспроизводимость, экспрессность и т. д.) и возможностей их улучшения;
- применение полученных теоретических знаний и практических навыков при обработке результатов качественного и количественного анализа для выполнения индивидуальных заданий и научно-исследовательских работ.

### **3. Место дисциплины в структуре ОПОП**

Согласно ФГОС ВО и ОПОП 04.04.01 Химия направление «Аналитическая химия» дисциплина «Современные электрохимические методы» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1- **Б1.В.04.**

К исходным требованиям, необходимым для изучения дисциплины, относятся знания, умения и навыки, сформированные в результате изучения дисциплин направления подготовки 03.04.01 Химия бакалавриата: «Неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Физика», «Математика», «Информатика», Пробоотбор и пробоподготовка».

Для успешного освоения данной учебной дисциплины студенты должны обладать следующими «входными» знаниями, умениями и готовностями:

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

**знать:** основы электрохимических методов, полученные в ходе изучения дисциплины «Аналитическая химия» и «Физико-химические методы анализа», теорией пробоотбора и пробоподготовки;

**уметь:** проводить полную статистическую обработку результатов анализа, оценивать правильность полученных результатов;

**владеть:** навыками экспериментальной работы, практикой пробоотбора и пробоподготовки. экспериментальными методиками электрохимического анализа.

Содержание дисциплины «Современные электрохимические методы» выступает опорой для освоения содержания дисциплин «Экспресс-методы в химическом анализе» (Б1.В.ДВ.01.01), «Физико-химический анализ неорганических материалов» (Б1.В.ДВ.01.02), «Методы контроля качества продуктов питания» (Б1.В.ДВ.03.02), для прохождения практик блока 2: «Практика ознакомительная» (Б2.О.01(У)), «Преддипломная практика» (Б2.В.02(Пд)) «Научно-исследовательская работа» (Б2.В.01(Н)).

Изучение данной учебной дисциплины является подготовкой студента к будущей профессиональной деятельности **40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере научно-технических, опытно-конструкторских разработок и внедрения химической продукции различного назначения, в сфере метрологии, сертификации и технического контроля качества продукции)**, а именно «Технический контроль качества продукции», код 40.010, профессиональный стандарт «Специалист по техническому контролю качества продукции» и «Осуществление научно-исследовательской деятельности по решению фундаментальных и прикладных задач химической направленности в составе научного коллектива», код 40.011, профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам».

Знания, полученные студентом при изучении дисциплины «Современные электрохимические методы», могут быть также использованы в профессиональной деятельности **01 Образование и наука** (в сфере основного общего и среднего общего образования, профессионального обучения, среднего профессионального и высшего образования, дополнительного образования, в сфере научных исследований), а именно «Педагогическая деятельность в профессиональном обучении, профессиональном образовании, дополнительном профессиональном образовании» (код 01.004) согласно профессиональному стандарту «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования».

При освоении данной дисциплины студент сможет продемонстрировать следующие **обобщенные трудовые функции (ОТФ):**

- Организация работ по повышению качества продукции.
- Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации.
- Преподавание по программам профессионального обучения, среднего профессионального образования (СПО) и дополнительным профессиональным программам (ДПП), ориентированным на соответствующий уровень квалификации.

#### 4. Требования к результатам освоения дисциплины (компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля))

В результате изучения курса магистрант должен обладать следующими **общепрофессиональными (ОПК)** и **профессиональными компетенциями (ПК)**:

##### **общепрофессиональные компетенции (ОПК):**

<b>Код и наименование общепрофессиональной компетенции</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции</b>
<b>М-ОПК-1.</b> Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения	<b>М-ОПК-1.1.</b> Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и свойства веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или смежных наук <b>М-ОПК-1.2.</b> Использует современное оборудование, программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач в избранной области химии или смежных наук <b>М-ОПК-1.3.</b> Использует современные расчетно-теоретические методы химии для решения профессиональных задач
<b>М-ОПК-2.</b> Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	<b>М-ОПК-2.1.</b> Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно интерпретирует их <b>М-ОПК-2.2.</b> Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук

##### **профессиональные компетенции (ПК):**

<b>Задача профессиональной деятельности</b>	<b>Код и наименование профессиональной компетенции</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции</b>	<b>Основание (ПС)</b>
<b>Научно-исследовательский тип задач</b>			
Осуществление научно-исследовательской деятельности по решению фундаментальных и	<b>М-ПК-2-н</b> Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-	<b>М-ПК-2-н-1.</b> Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий <b>М-ПК-2-н-2.</b> Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения	ПС: 40.010 40.011 01.004

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

прикладных задач химической направленности в составе научного коллектива	исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	
--	--	---	--

Формирование указанных компетенций по дисциплине связано с областями профессиональной деятельности выпускника магистратуры:

- Профессиональный стандарт «Специалист по техническому контролю качества продукции», код 40.010. Вид профессиональной деятельности – «Технический контроль качества продукции». Обобщенные трудовые функции – Контроль качества продукции на всех стадиях производственного процесса. Код А. Уровень квалификации – 5.

- Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», код 40.011. Вид профессиональной деятельности – «Осуществление научно-исследовательской деятельности по решению фундаментальных и прикладных задач химической направленности в составе научного коллектива». Обобщенные трудовые функции – Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации. Код С. Уровень квалификации – 6.

- Профессиональный стандарт «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования». Вид профессиональной деятельности – «Педагогическая деятельность в профессиональном обучении, профессиональном образовании, дополнительном профессиональном образовании», код 01.004. Обобщенные трудовые функции – Преподавание по программам профессионального обучения, среднего профессионального образования (СПО) и дополнительным профессиональным программам (ДПП), ориентированным на соответствующий уровень квалификации. Код А. Уровень квалификации – 6.

В результате изучения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные знания, умения и навыки:

**знать:**

- методические основы планирования электрохимического эксперимента и практической его реализации исследований в области органического и нефтехимического синтеза, экологии, в анализе продуктов питания, в агрохимии, в медицинской химии (**М-ОПК-1, М-ОПК-2**).

**уметь:**

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

- осуществлять поиск информации (учебной, научной и справочной литературы) в области электрохимических методов исследования состава сложных смесей (**М-ОПК-2, М-ПК-2**);
- анализировать и критически оценивать современные научные достижения в области электрохимических методов исследования (**М-ОПК-2, М-ПК-2**);
- выполнять экспериментальные процедуры электрохимического анализа, модернизировать известные электрохимические методики для решения конкретных аналитических задач (**М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2**);
- проводить научно-исследовательскую работу в области аналитической химии на современном оборудовании (**М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2**);
- использовать полученные знания для решения профессиональных задач (**М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2**).

**владеть:**

- экспериментальными методиками электрохимического анализа различных объектов исследования (**М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2**);
- методологией научных исследований, критической оценкой полученных результатов (**М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2**);
- творческим анализом возникающих новых проблем в области аналитической химии (**М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2**).



## 5. Содержание и учебно-методическая карта дисциплины

№ недели	Наименование тем (вопросов), изучаемых по данной дисциплине	Аудиторные занятия, часы		Самостоятельная работа		Формы контроля	Перечень компетенций	Литература
		Л.	лаб.	содержание	часы			
1	<b>Введение в электрохимические методы анализа (ЭХМА).</b> Классификация ЭХМА, их особенности, чувствительность, точность, разрешающая способность. Тенденции и перспективы развития ЭХМА.	2	2	Место и роль ЭХМА среди других методов анализа.	4	Конспект, подготовка к лабораторному занятию, контрольная работа, реферат, мультимедийная презентация	<b>М-ОПК-1, М-ОПК-2</b>	[1], [2], [4-8]
2	<b>Введение в электрохимические методы анализа (ЭХМА).</b> Определяемые компоненты. Вещества, мешающие проведению анализа. Требования, предъявляемые к подготовке проб. Основные стадии электрохимического анализа	2	2	Современное состояние метода и области применения, значение и место среди других аналитических методов	4	Конспект, подготовка к лабораторному занятию, контрольная работа, реферат, составление глоссария	<b>М-ОПК-1, М-ОПК-2</b>	[1], [2], [4-8]
3	<b>Равновесные электрохимические методы.</b> Кондуктометрические методы анализа. Принципы и классификация метода. Электропроводность растворов электролитов (удельная, эквивалентная, молекулярная). Зависимость электропроводности от экспериментальных параметров (природы ионов и растворителя, концентрации, температуры и др.).	2	2	Определение электропроводности слабых электролитов, констант диссоциации слабых кислот и оснований, растворимости малорастворимых соединений, состава и константы устойчивости комплексных соединений.	4	Конспект, подготовка к лабораторному занятию, собеседование по вопросам, тест, решение задач	<b>М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2</b>	[1-4], [5-7], [9], [10]

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

4	<b>Равновесные электрохимические методы.</b> Кондуктометрические методы анализа. Применение прямой кондуктометрии. Аппаратура и техника кондуктометрических измерений. Кондуктометрическое титрование (КТ)	2	2	Определение электропроводности слабых электролитов, констант диссоциации слабых кислот и оснований, растворимости малорастворимых соединений, состава и константы устойчивости комплексных соединений.	4	Конспект, подготовка к лабораторному занятию, собеседование по вопросам, тест, решение задач	<b>М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2</b>	[1-4], [5-7], [9], [10]
5	<b>Равновесные электрохимические методы.</b> Потенциометрические методы анализа. Принцип и классификация методов потенциометрии. Преимущества и ограничения метода. Возникновение двойного электрического слоя (ДЭС) на границе металл – раствор. Равновесный потенциал. Термодинамический вывод уравнения Нернста.	2	2	Способы определения концентраций с помощью ионоселективных электродов (уравнение Нернста, метод градуировочных прямых, метод стандартных добавок, титрование с ионселективными электродами). Биметаллические системы электродов в практике ПТ.	5	Конспект, подготовка к лабораторному занятию, собеседование по вопросам, тест, решение ситуационных задач, коллоквиум	<b>М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2</b>	[1-4], [5-7], [9], [10]
6	<b>Равновесные электрохимические методы.</b> Классификация электродов. Измерение потенциалов. Измерение рН электрохимическим методом. Общая техника и аппаратура потенциометрического анализа. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Методы определения конечной точки потенциометрического титрования (ПТ). Компенсационные и некомпенсационные методы ПТ	2	2	Методы титрования до ЭДС, равной нулю и до тока, равного нулю (при потенциале конечной точки титрования). Потенциометрическое титрование по методу нейтрализации, осаждения, комплексообразования и окисления-восстановления (типы индикаторных электродов, кривые титрования). Примеры определения веществ методами ПТ. Обработка кривых титрования (метод Грана, метод Б. М. Марьянова).	5	Конспект, подготовка к лабораторному занятию, собеседование по вопросам, тест, решение ситуационных задач, коллоквиум	<b>М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2</b>	[1-4], [5-7], [9], [10]
7	<b>Основные закономерности электрохимической кинетики. Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов.</b> Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов и протекании тока через электроды. Основные закономерности электрохимической кинетики. Основные понятия	2	2	Потенциальные кривые. Ток обмена. Кинетический вывод уравнения Нернста. Вывод уравнений для общей и частных поляризационных кривых. Поляризационные кривые при малых и больших перенапряжениях и токах.	4	Конспект, подготовка к лабораторному занятию, собеседование по вопросам, выполнение	<b>М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2</b>	[1-4], [5-7], [9], [10]

	электрохимической кинетики (ток, перенапряжение, обратимые и необратимые процессы). Стадии электрохимического процесса. Диффузионно-концентрационная поляризация. Закономерности диффузии. 1-ый и 2-ой законы Фика. Уравнения концентрационной поляризации (теория Нернста-Левича). Критика теории Нернста.					кейс-задания, тест, решение ситуационных задач		
8	<b>Основные закономерности электрохимической кинетики. Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов.</b> Электрохимическая поляризация. Теория замедленного разряда-ионизации. Строение двойного электрического слоя (ДЭС) и его влияние на кинетику электрохимических процессов. Причины образования ДЭС. Методы изучения ДЭС. Электрокапиллярные кривые. Фазовая поляризация.	2	2	Уравнение Тафеля. Потенциал нулевого заряда. Распределение зарядов в ДЭС. Факторы, влияющие на потенциал. Учет потенциала при выводе уравнения электрохимической кинетики. Факторы, влияющие на перенапряжение и структуру осадка. Перенапряжение при выделении водорода, стадии выделения водорода	6	Конспект, подготовка к лабораторному занятию, собеседование по вопросам, выполнение кейс-задания, тест, решение ситуационных задач	<b>М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2</b>	[1-4], [5-7], [9], [10]
9	<b>Основные закономерности электрохимической кинетики. Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов.</b> Электролиз. Электрохимическое выделение металлов. Устойчивость водных растворов при электролизе. Законы Фарадея. Выход по току.	2	2	Диаграмма устойчивости воды при равновесных потенциалах. Напряжение разложения. Влияние природы металла на перенапряжение.	4	Конспект, подготовка к лабораторному занятию, собеседование по вопросам, выполнение кейс-задания, тест	<b>М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2</b>	[1-11], [13]
10	<b>Основные закономерности электрохимической кинетики. Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов.</b> Аппаратура и общая техника электрохимических определений. Методы электроанализа. Выделение на катоде, на аноде. Осаждение на ртутном электроде. Электролиз при контролируемом токе и электролиз при контролируемом потенциале. Примеры определения веществ методами электролиза. Метод	2	2	Влияние плотности тока, состава раствора, поверхностно-активных веществ (ПАВ) на перенапряжение. Раздельное выделение металлов при электролизе. Подготовка поверхностей перед нанесением электрохимических покрытий	6	Конспект, подготовка к лабораторному занятию, собеседование по вопросам, выполнение кейс-задания, тест, решение	<b>М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2</b>	[1-11], [13]

	внутреннего электролиза. Механизм электродных процессов на катоде и аноде					ситуационных задач		
11	<b>Основные закономерности электрохимической кинетики. Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов.</b> Кулонометрия. Принцип метода, классификация. Условия, определяющие 100 % выход по току при электродных процессах. Кулонометрия при контролируемом потенциале. Аппаратура. Кулонометрия при постоянном токе. Аппаратура, техника выполнения.	2	2	Внутренняя и внешняя генерация реагента. Методы фиксации конца реакции (оптические, электрохимические).	4	Конспект, подготовка к лабораторному занятию, собеседование по вопросам, контрольные работы, тест, решение задач	<b>М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2</b>	[1-11], [13]
12	<b>Основные закономерности электрохимической кинетики. Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов.</b> Кулонометрическое титрование. Сущность метода, история возникновения и развития. Аппаратура, техника выполнения	2	2	Метрологические характеристики метода кулонометрического титрования. Преимущества. Примеры определений	4	Конспект, подготовка к лабораторному занятию, собеседование по вопросам, контрольные работы, тест, решение задач	<b>М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2</b>	[1-11], [13]
13	<b>Вольтамперометрические методы анализа.</b> Полярографический метод анализа. Сущность метода, история возникновения и развития. Области применения полярографии. Принцип полярографических измерений. Особенности ртутного капаящего электрода. Требования к составу полярографируемого раствора. Теория полярографических методов анализа. Диффузионный ток. Вывод уравнений для диффузионного тока на плоском и сферическом электродах. Линейная диффузия к растущему капельному электроду. Уравнение Ильковича. Факторы, влияющие на величину диффузионного тока.	2	2	Миграционный ток в полярографии. Емкостный ток. Влияние адсорбции катионов, анионов и поверхностно-активных веществ на вид электрокапиллярной кривой. Уравнение обратимых полярографических волн при восстановлении аква-ионов до амальгамы, комплексных ионов, для восстановления ионов, не образующих амальгамы. Обратимая анодная и анодно-катодная волна.	5	Конспект, подготовка к лабораторному занятию, собеседование по вопросам, контрольные работы, тест, решение задач, выполнение кейс-задания	<b>М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2</b>	[1-9], [12], [13]
14	<b>Вольтамперометрические методы анализа.</b> Полярографические волны. Полярографические максимумы; причины их	2	2	Исследование обратимости полярографических волн. Полярографический метод определения	5	Конспект, подготовка к лабораторному занятию,	<b>М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2</b>	[1-9], [12], [13]

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

	возникновения. Влияние растворенного кислорода на вид полярографической волны. Максимумы I и II рода. Подавление максимумов. Использование максимумов I и II рода для аналитических целей.			координационного числа и константы нестойкости комплексных ионов. Уравнение необратимой полярографической волны. Способы определения концентрации деполяризаторов в полярографии (метод калибровочных прямых, метод стандартных добавок, логарифмический анализ). Каталитические токи.		собеседование по вопросам, контрольные работы, тест, решение задач, выполнение кейс-задания		
15	<b>Вольтамперометрические методы анализа.</b> Инверсионная вольтамперометрия (ИВ). Сущность метода, классификация. Теоретические основы метода. Параметрическая теория метода ИВ на ртутном сферическом электроде. Влияние факторов на глубину анодного пика (концентрация ионов, время электролиза, объем раствора, объем ртутной капли, потенциал электролиза).	2	2	Электроды, используемые в методе ИВ (ртутные и ртутно-графитовые электроды). Инверсионная вольтамперометрия твердых фаз. Теория электрохимического растворения металлов с поверхности твердого индифферентного электрода.	4	Конспект, подготовка к лабораторному занятию, собеседование по вопросам, контрольные работы, тест, решение задач	<b>М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2</b>	[1-9], [12], [13]
16	<b>Вольтамперометрические методы анализа.</b> Вольтамперометрия с быстрой (линейной) разверткой потенциала (осциллографическая полярография). Циклическая вольтамперометрия. Переменноточковая вольтамперометрия. Сущность метода.	2	2	Твердые (инертные) электроды. Определяемые вещества. Методика определения предела обнаружения в методе ИВ. Возможности метода ИВ и перспективы развития.	4	Конспект, подготовка к лабораторному занятию, собеседование по вопросам, контрольные работы, тест, решение задач, выполнение кейс-задания	<b>М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2</b>	[1-9], [12], [13]
17	<b>Вольтамперометрические методы анализа.</b> Нормальная и дифференциальная импульсная полярография. Квадратно-волновая полярография. Амперометрия и амперометрическое титрование. Сущность метода. Амперометрическое титрование с одним и двумя поляризованными электродами	2	2	Кривые амперометрического титрования (АТ) при постоянном и изменяющемся объеме титруемого раствора. Приложение амперометрического метода для определения физико-химических характеристик (определение произведения растворимости и	4	Конспект, подготовка к лабораторному занятию, собеседование по вопросам, контрольные	<b>М-ОПК-1, М-ОПК-2, М-ПК-2</b>	[1-9], [12], [13]

				константы нестойкости комплексных ионов). Преимущества метода		работы, тест, выполнение кейс-задания		
Итого		34	34		76			

## 6. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов обучения в дисциплине «Современные электрохимические методы» используются различные образовательные технологии: активные и интерактивные формы:

№	Тема	Вид занятия	Количество часов	Активные формы	Интерактивные формы
1	<b>Введение в электрохимические методы анализа (ЭХМА).</b> Классификация ЭХМА, их особенности, чувствительность, точность, разрешающая способность Тенденции и перспективы развития ЭХМА. Пути повышения чувствительности	Лекция	2		Проблемная лекция
2	<b>Введение в электрохимические методы анализа (ЭХМА).</b> Определяемые компоненты. Вещества, мешающие проведению анализа. Требования, предъявляемые к подготовке проб. Основные стадии электрохимического анализа	Лекция	2	Моделирование кластеров и блока проблемных вопросов	
3	<b>Равновесные электрохимические методы.</b> Кондуктометрические методы анализа. Принципы и классификация метода. Электропроводность растворов электролитов (удельная, эквивалентная, молекулярная). Зависимость электропроводности от экспериментальных параметров (природы ионов и растворителя, концентрации, температуры и др.).	Лекция	2	Моделирование кластеров и блока проблемных вопросов	
4	<b>Равновесные электрохимические методы.</b> Кондуктометрические методы анализа. Применение прямой кондуктометрии.	Лекция	2	Лекция с разбором конкретных ситуаций	

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

	Аппаратура и техника кондуктометрических измерений. Кондуктометрическое титрование (КТ)				
5	<b>Равновесные электрохимические методы.</b> Потенциометрические методы анализа	Лекция	2		Лекция-визуализация (видеозапись, кинофильм)
6	<b>Равновесные электрохимические методы.</b> Классификация электродов. Измерение потенциалов. Измерение pH электрохимическим методом. Общая техника и аппаратура потенциометрического анализа. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Методы определения конечной точки потенциометрического титрования (ПТ). Компенсационные и некомпенсационные методы ПТ	Лекция	2	Лекция с разбором конкретных ситуаций	
7	<b>Основные закономерности электрохимической кинетики.</b> Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов. Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов и протекании тока через электроды. Основные закономерности электрохимической кинетики. Основные понятия электрохимической кинетики (ток, перенапряжение, обратимые и необратимые процессы). Стадии электрохимического процесса. Диффузионно-концентрационная поляризация. Закономерности диффузии. 1-ый и 2-ой законы Фика. Уравнения концентрационной поляризации (теория	Лекция	2		Лекция-беседа



Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

	Нернста-Левича). Критика теории Нернста.				
8	<p><b>Основные закономерности электрохимической кинетики.</b></p> <p><b>Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов.</b></p> <p>Электрохимическая поляризация. Теория замедленного разряда-ионизации. Строение двойного электрического слоя (ДЭС) и его влияние на кинетику электрохимических процессов. Причины образования ДЭС. Методы изучения ДЭС. Электрокапиллярные кривые. Фазовая поляризация.</p>	Лекция	2		Лекция-визуализация (видеозапись, кинофильм)
9	<p><b>Основные закономерности электрохимической кинетики.</b></p> <p><b>Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов.</b></p> <p>Электролиз. Электрохимическое выделение металлов. Устойчивость водных растворов при электролизе. Законы Фарадея. Выход по току.</p>	Лекция	2	Моделирование кластеров и блока проблемных вопросов	
10	<p><b>Основные закономерности электрохимической кинетики.</b></p> <p><b>Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов.</b></p> <p>Аппаратура и общая техника электрохимических определений. Методы электроанализа. Выделение на катоде, на аноде. Осаждение на ртутном электроде. Электролиз при контролируемом токе и электролиз при контролируемом</p>	Лекция	2		Лекция-консультация

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

	потенциале. Примеры определения веществ методами электролиза. Метод внутреннего электролиза. Механизм электродных процессов на катоде и аноде				
11	<b>Основные закономерности электрохимической кинетики.</b> <b>Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов.</b> Кулонометрия. Принцип метода, классификация. Условия, определяющие 100 % выход по току при электродных процессах. Кулонометрия при контролируемом потенциале. Аппаратура. Кулонометрия при постоянном токе. Аппаратура, техника выполнения.	Лекция	2	Моделирование кластеров и блока проблемных вопросов	
12	<b>Основные закономерности электрохимической кинетики.</b> <b>Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов.</b> Кулонометрическое титрование. Сущность метода, история возникновения и развития. Аппаратура, техника выполнения	Лекция	2		Лекция-визуализация (видеозапись, кинофильм)
13	<b>Вольтамперометрические методы анализа.</b> Полярографический метод анализа. Сущность метода, история возникновения и развития. Области применения полярографии. Принцип полярографических измерений. Особенности ртутного капаящего электрода. Требования к составу полярографируемого раствора. Теория полярографических методов анализа. Диффузионный ток. Вывод	Лекция	2	Лекция с разбором конкретных ситуаций	

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

	уравнений для диффузионного тока на плоском и сферическом электродах. Линейная диффузия к растущему капельному электроду. Уравнение Ильковича. Факторы, влияющие на величину диффузионного тока.				
14	<b>Вольтамперометрические методы анализа.</b> Полярографические волны. Полярографические максимумы; причины их возникновения. Влияние растворенного кислорода на вид полярографической волны. Максимумы I и II рода. Подавление максимумов. Использование максимумов I и II рода для аналитических целей.	Лекция	2	Моделирование кластеров и блока проблемных вопросов	
15	<b>Вольтамперометрические методы анализа.</b> Инверсионная вольтамперометрия (ИВ). Сущность метода, классификация. Теоретические основы метода. Параметрическая теория метода ИВ на ртутном сферическом электроде. Влияние факторов на глубину анодного пика (концентрация ионов, время электролиза, объем раствора, объем ртутной капли, потенциал электролиза).	Лекция	2		Лекция-консультация
16	<b>Вольтамперометрические методы анализа.</b> Вольтамперометрия с быстрой (линейной) разверткой потенциала (осциллографическая полярография). Циклическая вольтамперометрия. Переменно-токовая вольтамперометрия. Сущность метода.	Лекция	2	Лекция с разбором конкретных ситуаций	
17	<b>Вольтамперометрические методы анализа.</b> Нормальная и дифференциальная импульсная полярография.	Лекция	2	Лекция с разбором конкретных ситуаций	

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

	Квадратно-волновая полярография. Амперометрия и амперометрическое титрование. Сущность метода. Амперометрическое титрование с одним и двумя поляризованными электродами				
18	<b>Введение в электрохимические методы анализа (ЭХМА).</b> Классификация ЭХМА, их особенности, чувствительность, точность, разрешающая способность Тенденции и перспективы развития ЭХМА. Пути повышения чувствительности	Лабораторное	2		Компьютерная симуляция
19	<b>Введение в электрохимические методы анализа (ЭХМА).</b> Определяемые компоненты. Вещества, мешающие проведению анализа. Требования, предъявляемые к подготовке проб. Основные стадии электрохимического анализа	Лабораторное	2	Работа в малых группах	
20	<b>Равновесные электрохимические методы.</b> Кондуктометрические методы анализа. Принципы и классификация метода. Электропроводность растворов электролитов (удельная, эквивалентная, молекулярная). Зависимость электропроводности от экспериментальных параметров (природы ионов и растворителя, концентрации, температуры и др.).	Лабораторное	2		Компьютерная симуляция
21	<b>Равновесные электрохимические методы.</b> Кондуктометрические методы анализа. Применение прямой кондуктометрии. Аппаратура и техника				Мозговой штурм

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

	кондуктометрических измерений. Кондуктометрическое титрование (КТ)				
22	<b>Равновесные электрохимические методы.</b> Потенциометрические методы анализа	Лабораторное	2	Работа в малых группах	Компьютерная симуляция
23	<b>Равновесные электрохимические методы.</b> Классификация электродов. Измерение потенциалов. Измерение pH электрохимическим методом. Общая техника и аппаратура потенциометрического анализа. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Методы определения конечной точки потенциометрического титрования (ПТ). Компенсационные и некомпенсационные методы ПТ	Лабораторное	2		Мозговой штурм
24	<b>Основные закономерности электрохимической кинетики. Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов.</b> Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов и протекании тока через электроды. Основные закономерности электрохимической кинетики. Основные понятия электрохимической кинетики (ток, перенапряжение, обратимые и необратимые процессы). Стадии электрохимического процесса. Диффузионно-концентрационная поляризация. Закономерности диффузии. 1-ый и 2-ой законы Фика. Уравнения концентрационной поляризации (теория Нернста-Левича). Критика	Лабораторное	2	Работа в малых группах	

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

	теории Нернста.				
25	<p><b>Основные закономерности электрохимической кинетики.</b></p> <p><b>Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов.</b></p> <p>Электрохимическая поляризация. Теория замедленного разряда-ионизации. Строение двойного электрического слоя (ДЭС) и его влияние на кинетику электрохимических процессов. Причины образования ДЭС. Методы изучения ДЭС. Электрокапиллярные кривые. Фазовая поляризация.</p>	Лабораторное	2	Работа в малых группах	
26	<p><b>Основные закономерности электрохимической кинетики.</b></p> <p><b>Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов.</b></p> <p>Электролиз. Электрохимическое выделение металлов. Устойчивость водных растворов при электролизе. Законы Фарадея. Выход по току.</p>	Лабораторное	2	Проектная разработка	Круглый стол
27	<p><b>Основные закономерности электрохимической кинетики.</b></p> <p><b>Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов.</b></p> <p>Аппаратура и общая техника электрохимических определений. Методы электроанализа. Выделение на катоде, на аноде. Осаждение на ртутном электроде. Электролиз при контролируемом токе и электролиз при контролируемом потенциале. Примеры</p>	Лабораторное	2	Работа в малых группах	Case-study

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

	определения веществ методами электролиза. Метод внутреннего электролиза. Механизм электродных процессов на катоде и аноде				
28	<b>Основные закономерности электрохимической кинетики.</b> <b>Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов.</b> Кулонометрия. Принцип метода, классификация. Условия, определяющие 100 % выход по току при электродных процессах. Кулонометрия при контролируемом потенциале. Аппаратура. Кулонометрия при постоянном токе. Аппаратура, техника выполнения.	Лабораторное	2	Моделирование кластеров и блока проблемных вопросов	
29	<b>Основные закономерности электрохимической кинетики.</b> <b>Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов.</b> Кулонометрическое титрование. Сущность метода, история возникновения и развития. Аппаратура, техника выполнения	Лабораторное	2		Деловая учебная игра
30	<b>Вольтамперометрические методы анализа.</b> Полярографический метод анализа. Сущность метода, история возникновения и развития. Области применения полярографии. Принцип полярографических измерений. Особенности ртутного капяющего электрода. Требования к составу полярографируемого раствора. Теория полярографических методов анализа. Диффузионный ток. Вывод уравнений для	Лабораторное	2	Моделирование кластеров и блока проблемных вопросов	

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

	диффузионного тока на плоском и сферическом электродах. Линейная диффузия к растущему капельному электроду. Уравнение Ильковича. Факторы, влияющие на величину диффузионного тока.				
31	<b>Вольтамперометрические методы анализа.</b> Полярографические волны. Полярографические максимумы; причины их возникновения. Влияние растворенного кислорода на вид полярографической волны. Максимумы I и II рода. Подавление максимумов. Использование максимумов I и II рода для аналитических целей.	Лабораторное	2	Работа в малых группах	Мозговой штурм
32	<b>Вольтамперометрические методы анализа.</b> Инверсионная вольтамперометрия (ИВ). Сущность метода, классификация. Теоретические основы метода. Параметрическая теория метода ИВ на ртутном сферическом электроде. Влияние факторов на глубину анодного пика (концентрация ионов, время электролиза, объем раствора, объем ртутной капли, потенциал электролиза).	Лабораторное	2		Деловая учебная игра
33	<b>Вольтамперометрические методы анализа.</b> Вольтамперометрия с быстрой (линейной) разверткой потенциала (осциллографическая полярография). Циклическая вольтамперометрия. Переменно-токовая вольтамперометрия. Сущность метода.	Лабораторное	2	Работа в малых группах	
34	<b>Вольтамперометрические методы анализа.</b> Нормальная и дифференциальная импульсная полярография. Квадратно-волновая полярография.	Лабораторное	2	Работа в малых группах	



Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

	Амперометрия и амперометрическое титрование. Сущность метода. Амперометрическое титрование с одним и двумя поляризованными электродами				
--	---	--	--	--	--

## 7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

№п/п	Наименование вида СРС	Объем в АЧ
<b>1</b>	Работа с литературными и иными источниками информации по изучаемому разделу (составление опорного конспекта)	<b>9</b>
<b>2</b>	Подготовка к практическим работам	<b>10</b>
<b>3</b>	Изучение материала, вынесенного на самостоятельную работу (конспект-схема)	<b>9</b>
<b>4</b>	Подготовка к контрольным работам, тестам, коллоквиуму	<b>9</b>
<b>5</b>	Написание реферата (эссе, доклада, научной статьи) по заданной проблеме	<b>9</b>
<b>6</b>	Выполнение домашних заданий (решение ситуационных задач, проведение типовых расчетов, выполнение кейс-заданий), предусмотренных программой дисциплины	<b>10</b>
<b>7</b>	Составление глоссария	<b>10</b>
<b>8</b>	Разработка мультимедийной презентации	<b>10</b>
<b>9</b>	Итого	<b>76</b>

## 8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, рубежной аттестации и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 8.1. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости

Назначение оценочных средств текущего контроля - выявить сформированность компетенций ОПК-1, ОПК-2, ПК-2.

#### Образцы билета контроля материала к контрольной работе

по теме " Введение в электрохимические методы анализа (ЭХМА). Классификация ЭХМА, их особенности, чувствительность, точность, разрешающая способность.

Тенденции и перспективы развития ЭХМА. Пути повышения чувствительности. Определяемые компоненты. Вещества, мешающие проведению анализа. Требования, предъявляемые к подготовке проб. Основные стадии электрохимического анализа"

**Вариант 1**

1. Перечислите основные электрохимические методы анализа (ЭМА).
2. Назовите наиболее перспективный ЭМА и дайте обоснование целесообразности его применения.
3. Сформулируйте принцип, лежащий в основе классификации ЭМА, рекомендованной ИЮПАК?
4. Предложите схему электрохимической ячейки (цепи) с переносом, состоящего из серебряного индикаторного электрода и каломельного электрода сравнения.

**Вариант 2**

1. Сопоставьте чувствительность ЭМА с химическими и другими инструментальными методами.
2. Укажите диапазон концентраций, при которых проводятся аналитические измерения с помощью ЭМА.
3. Какие физические параметры используются в качестве аналитических сигналов в электрохимических измерениях?
4. Предложите схему электрохимической ячейки (цепи) с переносом, состоящего из серебряного индикаторного электрода и водородного электрода сравнения

**Вопросы для самоконтроля**

по теме " Введение в электрохимические методы анализа (ЭХМА). Классификация ЭХМА, их особенности, чувствительность, точность, разрешающая способность. Тенденции и перспективы развития ЭХМА. Пути повышения чувствительности. Определяемые компоненты. Вещества, мешающие проведению анализа. Требования, предъявляемые к подготовке проб. Основные стадии электрохимического анализа"

1. Дайте определение электрохимическим методам анализа.
2. Классификация электрохимических методов анализа.
3. На чем основан кулонометрический метод анализа?
4. Сущность и разновидности электрогравиметрического анализа.
5. Какова основа потенциометрического анализа?
6. Чувствительность, точность, разрешающая способность ЭХМА.
7. Тенденции и перспективы развития ЭХМА.
8. Пути повышения чувствительности ЭХМА.

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

9. Определяемые компоненты ЭХМА.
10. Вещества, мешающие проведению анализа различными электрохимическими методами.
11. Требования, предъявляемые к подготовке проб для электрохимического анализа.
12. Основные стадии электрохимического анализа.
13. Место и роль ЭХМА среди других методов анализа. Современное состояние метода и области применения, значение и место среди других аналитических методов.

**Демонстрационный вариант теста для входного контроля**

по теме " Введение в электрохимические методы анализа (ЭХМА). Классификация ЭХМА, их особенности, чувствительность, точность, разрешающая способность. Тенденции и перспективы развития ЭХМА. Пути повышения чувствительности. Определяемые компоненты. Вещества, мешающие проведению анализа. Требования, предъявляемые к подготовке проб. Основные стадии электрохимического анализа"

*Самым чувствительным электрохимическим методом анализа является:*

- а) потенциометрическое титрование
- б) ионометрия
- в) классическая полярография
- г) инверсионная вольтамперометрия

*Количество электричества измеряют:*

- а) амперметрами
- б) вольтметрами
- в) иономерами
- г) кулонометрами

*Какой раздел электрохимических методов анализа включает амперометрическое титрование?*

- а) потенциометрия
- б) кулонометрия
- в) вольтамперометрия
- г) кондуктометрия

**Демонстрационный вариант ситуационных задач**

На вольтамперометрическое исследование была взята проба объемом 100 мл, упарена до 20 мл и разбавлена фоновым электролитом. На вольтамперограммах холостой пробы, пробы анализируемой воды и проб анализируемой воды с добавками 20, 40 и 60 микролитров (мкл) стандартного раствора соли свинца с концентрацией ионов  $Pb^{2+}$  10мг/л высота пиков составила:

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

холостая проба – 4 мм;  
исследуемая проба – 43 мм;  
исследуемая проба с добавкой 20 мкл стандартного раствора – 81 мм;  
исследуемая проба с добавкой 40 мкл стандартного раствора – 115 мм;  
исследуемая проба с добавкой 60 мкл стандартного раствора – 145 мм.

По результатам вольтамперометрического исследования постройте зависимость высоты пика (которая пропорциональна силе диффузионного тока, т.е. аналитическому сигналу в методе вольтамперометрии) от концентрации стандартной добавки (мг/л) и графически определите концентрацию (мг/л) ионов свинца  $Pb^{2+}$  в исследуемой пробе.

*Студенты предложили еще несколько методов исследования пробы: кулонометрическое титрование, кондуктометрический метод и метод дифференциальной полярографии. Преподаватель отметил, что правильным является метод дифференциальной полярографии. Почему неприемлемы другие методы, а подходящим является метод дифференциальной полярографии?*

### Демонстрационный вариант кейс-задания

В основе концепции метода конкретных ситуаций (кейс-метода) является практическое занятие, нацеленное на формирование у студентов профессиональных качеств руководителя аналитической лаборатории, навыков и умений через моделирование практических действий в условиях учебного занятия.

Производственная ситуация (кейс) – это эффективный способ моделирования прогнозируемых производственных ситуаций. Проблематика кейсов близка к проблемам, с которыми будущим химикам-аналитикам придется столкнуться в реальной жизни.

*Пример кейс-задания:* Содержание сульфида натрия  $Na_2S$  в сульфатном черном щелоче химик-аналитик проводил методом потенциометрического титрования. Исходный щелок был разбавлен в 50 раз, затем была отобрана аликвота 10,0 мл. Аликвота оттитровывалась 0,1 моль-экв/л раствором нитрата аммиака серебра  $[Ag(NH_3)_2]NO_3$ , контролируя изменение потенциала титруемой системы с помощью сульфидсеребряного индикаторного электрода относительно хлорсеребряного электрода сравнения. В результате анализа была получена следующая зависимость потенциала от объема титранта:

$V_{\text{титр.}}, \text{ мл}$	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
- E, mV	680	640	625	595	573	540	410	310	200	150	149

Задания:

1. Постройте дифференциальную кривую потенциометрического титрования.
2. По объему израсходованного раствора нитрата аммиака серебра в конечной точке титрования (КТТ) определите концентрацию сульфида натрия  $Na_2S$  (в г/л) в исходном щелоче.

3. Предложите какие методы определения сульфида натрия мог еще использовать химик-аналитик.

## 8.2. Оценочные средства для проведения рубежной аттестации

### Примерные тестовые задания

*Потенциометрический метод основан:*

- а) на измерении разности равновесных потенциалов практически в отсутствие тока между индикаторным электродом и электродом сравнения;
- б) на измерении разности равновесных потенциалов в присутствии тока между индикаторным электродом и электродом сравнения;
- в) на измерении тока между индикаторным электродом и электродом сравнения;
- г) на измерении потенциала индикаторного электрода

*Типы индикаторных электродов, используемых в потенциометрии:*

- а) стеклянный
- б) платиновый
- в) хлорсеребряный
- г) углеродный

*Блок электрохимической ячейки состоит из:*

- а) индикаторного электрода
- б) электрода сравнения
- в) потенциометра
- г) стаканчика с анализируемым раствором

*Потенциал индикаторного электрода зависит от:*

- а) природы растворителя
- б) окраски раствора
- в) прозрачности раствора
- г) активности потенциалопределяющих ионов по уравнению Нернста

*Стеклянный электрод является примером:*

- а) мембранного электрода
- б) разновидности металлического электрода
- в) ионоселективного электрода
- г) стеклоуглеродного электрода

*Правила работы со стеклянным электродом:*

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

- а) перед использованием стеклянные мембранные электроды следует выдержать в 0,1 моль/л растворе хлороводородной кислоты
- б) перед использованием стеклянные мембранные электроды следует выдержать некоторое время в воде
- в) при переходе от одного раствора к другому вытирать бумагой ионочувствительную мембрану
- г) периодически проводить сушку электродов

*Потенциометрию используют для определения pH*

- а) воды
- б) растворов лекарственных веществ
- в) сухого растительного сырья
- г) мазей

*Потенциометрическое титрование основано на определении точки эквивалентности при проведении химической реакции между титрантом и определяемым веществом путем:*

- а) измерения в процессе титрования электродвижущей силы специально подобранной электродной пары
- б) определения резкого изменения (скачка) потенциала индикаторного электрода
- в) определения резкого изменения (скачка) потенциала электрода сравнения
- г) использования градуировочного графика

*Метод потенциометрического титрования может быть применен:*

- а) в случае титрования окрашенных растворов
- б) в случае титрования мутных растворов
- в) при отсутствии подходящего индикатора
- г) при отсутствии химической реакции между титрантом и определяемым веществом

*Преимущества потенциометрии заключаются:*

- а) требуется наличие только одного электрода
- б) применяется в случае титрования окрашенных и мутных растворов
- в) высокая чувствительность
- г) низкая стоимость оборудования

### **8.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

#### **Вопросы к зачету**

- Место и роль ЭХМА среди других методов анализа. Классификация ЭХМА, их особенности, чувствительность, точность, разрешающая способность.
- Применение ЭХМА в практике анализа: научные исследования, промышленность,

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

экология, медицина, решение современных проблем аналитической химии. Тенденции и перспективы развития ЭХМА.

- Пути повышения чувствительности ЭХМА. Определяемые компоненты. Вещества, мешающие проведению анализа.
- Требования, предъявляемые к подготовке проб для ЭХМА.
- Кондуктометрические методы анализа. Принципы и классификация метода. Аппаратура и техника кондуктометрических измерений. Особенности кондуктометрического метода анализа, преимущества и недостатки.
- Электропроводность растворов электролитов (удельная, эквивалентная, молекулярная). Зависимость электропроводности от экспериментальных параметров (природы ионов и растворителя, концентрации, температуры и др.).
- Прямая кондуктометрия. Применение прямой кондуктометрии.
- Определение электропроводности слабых электролитов, констант диссоциации слабых кислот и оснований, растворимости малорастворимых соединений, состава и константы устойчивости комплексных соединений.
- Кондуктометрическое титрование (КТ). Реакции, используемые в КТ. Кривые КТ по методу нейтрализации, осаждения, комплексообразования, окисления-восстановления. Титрование многокомпонентных смесей электролитов. Неводное титрование.
- Хронокондуктометрия.
- Высокочастотное кондуктометрическое титрование (принцип метода, аппаратура, кривые титрования).
- Потенциометрические методы анализа. Принцип и классификация методов потенциометрии. Преимущества и ограничения метода.
- Возникновение двойного электрического слоя (ДЭС) на границе металл – раствор. Равновесный потенциал. Термодинамический вывод уравнения Нернста.
- Классификация электродов. Электроды I рода (металлические, амальгамные, металлоидные, газовые). Электроды II рода (каломельный, хлоридсеребряный, металлоокисные). Электроды III рода.
- Окислительно-восстановительные электроды (хингидронный, инертный металл в растворе, содержащем окислительно-восстановительную пару).
- Ионоселективные электроды. Измерение потенциалов в ионоселективных электродах. Определение коэффициента селективности ионоселективного электрода.
- Классификация ионоселективных электродов. Стекланные электроды. Способы определения концентраций с помощью ионоселективных электродов (уравнение Нернста, метод градуировочных прямых, метод стандартных добавок, титрование с ионселективными электродами).
- Электроды на основе жидких мембран. Твердые мембранные электроды (кристаллические и некристаллические мембраны). Ферментационные мембранные электроды.
- Электрохимические цепи (концентрационные цепи, химические цепи,

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

гальванический элемент). Измерение потенциалов.

- Измерение рН электрохимическим методом. Общая техника и аппаратура потенциометрического анализа. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Методы определения конечной точки потенциометрического титрования (ПТ).

- Компенсационные и некомпенсационные методы ПТ. Методы титрования до ЭДС, равной нулю и до тока, равного нулю (при потенциале конечной точки титрования). Биметаллические системы электродов в практике ПТ. Потенциометрическое титрование по методу нейтрализации, осаждения, комплексообразования и окисления-восстановления (типы индикаторных электродов, кривые титрования).

- Примеры определения веществ методами ПТ. Обработка кривых титрования (метод Грана, метод Б. М. Марьянова).

- Электрохимические методы, основанные на поляризации электродов и протекании тока через электроды. Основные закономерности электрохимической кинетики. Основные понятия электрохимической кинетики (ток, перенапряжение, обратимые и необратимые процессы). Стадии электрохимического процесса. Диффузионно-концентрационная поляризация. Закономерности диффузии. 1-ый и 2-ой законы Фика. Уравнения концентрационной поляризации (теория Нернста-Левича). Критика теории Нернста.

- Электрохимическая поляризация. Теория замедленного разряда-ионизации. Потенциальные кривые. Ток обмена. Кинетический вывод уравнения Нернста. Вывод уравнений для общей и частных поляризационных кривых. Поляризационные кривые при малых и больших перенапряжениях и токах. Уравнение Тафеля.

- Строение двойного электрического слоя (ДЭС) и его влияние на кинетику электрохимических процессов. Причины образования ДЭС. Потенциал нулевого заряда. Распределение зарядов в ДЭС. Факторы, влияющие на потенциал. Учет потенциала при выводе уравнения электрохимической кинетики. Методы изучения ДЭС. Электрокапиллярные кривые.

- Фазовая поляризация. Факторы, влияющие на перенапряжение и структуру осадка. Перенапряжение при выделении водорода, стадии выделения водорода.

- Электролиз. Электрохимическое выделение металлов. Устойчивость водных растворов при электролизе. Диаграмма устойчивости воды при равновесных потенциалах. Напряжение разложения.

- Влияние природы металла на перенапряжение. Влияние плотности тока, состава раствора, поверхностно-активных веществ (ПАВ) на перенапряжение. Раздельное выделение металлов при электролизе. Подготовка поверхностей перед нанесением электрохимических покрытий. Законы Фарадея. Выход по току.

- Методы электролиза. Выделение на катоде, на аноде. Осаждение на ртутном электроде. Электролиз при контролируемом токе и электролиз при контролируемом потенциале. Примеры определения веществ методами электролиза. Метод внутреннего электролиза. Механизм электродных процессов на катоде и аноде.

- Кулонометрия. Принцип метода, классификация. Условия, определяющие 100 %



Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

выход по току при электродных процессах. Кулонометрия при контролируемом потенциале. Аппаратура. Методы измерения количества электричества. Кулонометрия при постоянном токе. Аппаратура, техника выполнения.

- Кулонометрическое титрование. Внутренняя и внешняя генерация реагента. Методы фиксирования конца реакции (оптические, электрохимические). Метрологические характеристики метода. Преимущества. Примеры определений.

Методы потенциометрии в условиях поляризации электродов. Потенциометрическое титрование с одним поляризованным электродом. Потенциометрическое титрование с двумя поляризованными электродами. Виды кривых ПТ для обратимых и необратимых систем.

- Полярографический метод анализа. Сущность метода, история возникновения и развития. Области применения полярографии. Принцип полярографических измерений. Особенности ртутного капающего электрода. Требования к составу полярографируемого раствора. Теория полярографических методов анализа. Диффузионный ток. Вывод уравнений для диффузионного тока на плоском и сферическом электродах. Линейная диффузия к растущему капельному электроду. Уравнение Ильковича. Факторы, влияющие на величину диффузионного тока.

- Миграционный ток в полярографии. Влияние миграции на величину предельного тока в случаях окисления и восстановления катионов и анионов.

- Емкостный ток. Влияние адсорбции катионов, анионов и поверхностно-активных веществ на вид электрокапиллярной кривой.

- Полярографические волны. Уравнение обратимых полярографических волн при восстановлении аква-ионов до амальгамы, комплексных ионов, для восстановления ионов, не образующих амальгамы. Обратимая анодная и анодно-катодная волна. Исследование обратимости полярографических волн. Полярографический метод определения координационного числа и константы нестойкости комплексных ионов. Уравнение необратимой полярографической волны.

- Полярографические максимумы; причины их возникновения. Влияние растворенного кислорода на вид полярографической волны. Максимумы I и II рода. Подавление максимумов. Использование максимумов I и II рода для аналитических целей.

- Способы определения концентрации деполяризаторов в полярографии (метод калибровочных прямых, метод стандартных добавок, логарифмический анализ). Каталитические токи.

- Инверсионная вольтамперометрия (ИВ). Сущность метода, классификация. Теоретические основы метода. Параметрическая теория метода ИВ на ртутном сферическом электроде. Влияние факторов на глубину анодного пика (концентрация ионов, время электролиза, объем раствора, объем ртутной капли, потенциал электролиза). Факторы, влияющие на разрешающую способность метода. Чувствительность метода ИВ.

- Электроды, используемые в методе ИВ (ртутные и ртутно-графитовые электроды). Твердые (инертные) электроды. Инверсионная вольтамперометрия твердых

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

фаз. Теория электрохимического растворения металлов с поверхности твердого индифферентного электрода. Определяемые вещества. Методика определения предела обнаружения в методе ИВ. Возможности метода ИВ и перспективы развития.

- Методы вольтамперометрического анализа (общая характеристика). Вольтамперометрия с быстрой (линейной) разверткой потенциала (осциллографическая полярография). Циклическая вольтамперометрия.
- Переменноточковая вольтамперометрия. Нормальная и дифференциальная импульсная полярография. Квадратно-волновая полярография.
- Амперометрия и амперометрическое титрование. Сущность метода. Кривые амперометрического титрования (АТ) при постоянном и изменяющемся объеме титруемого раствора. Амперометрическое титрование с одним и двумя поляризованными электродами. Приложение амперометрического метода для определения физикохимических характеристик (определение произведения растворимости и константы нестойкости комплексных ионов). Преимущества метода.

#### **8.4. Оценочные средства для проведения контроля самостоятельной работы студентов**

##### **Вопросы для самоконтроля при составлении опорного конспекта**

по теме " Введение в электрохимические методы анализа (ЭХМА). Классификация ЭХМА, их особенности, чувствительность, точность, разрешающая способность. Тенденции и перспективы развития ЭХМА. Пути повышения чувствительности. Определяемые компоненты. Вещества, мешающие проведению анализа. Требования, предъявляемые к подготовке проб. Основные стадии электрохимического анализа"

1. Классификация электрохимических методов исследования и электродных процессов по механизму их протекания.
2. Требования к электрохимическому эксперименту, рабочему, вспомогательному электродам, электроду сравнения, электролиту.
3. Основные принципы осуществления контроля тока и потенциала в электрохимическом эксперименте. Электрические схемы.
4. Принципы работы электронных потенциостатов и современных лабораторных комплексов, сопряженных с персональными компьютерами.
5. Классификация электрохимических электродных процессов по механизму их протекания
6. Перспективы развития электрохимических методов анализа.

##### **Коллоквиум**

по теме «Равновесные электрохимические методы»

1. Биметаллические системы электродов в практике потенциометрического титрования.

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

2. Методы титрования до ЭДС, равной нулю и до тока, равного нулю (при потенциале конечной точки титрования).
3. Потенциометрическое титрование по методу нейтрализации, осаждения, комплексообразования и окисления-восстановления (типы индикаторных электродов, кривые титрования).
4. Примеры определения веществ методами ПТ.
5. Обработка кривых титрования (метод Грана, метод Б. М. Марьянова).
6. Графические зависимости и уравнения поляризационных кривых для смешанной кинетики: случай медленной стадии разряда и диффузии.
7. Анализ кинетики электродного процесса для малых и больших перенапряжений.
8. Границы применимости метода стационарных поляризационных кривых для определения кинетических параметров.

**Демонстрационный вариант ситуационных задач**

При анализе сточной вод на содержание иона кобальта  $\text{Co}^{2+}$  использовали метод классической полярографии. На полярограмме 10,00 мл сточных вод предельный диффузионный ток ( $I_d$ ) составил 63,0 микроампер (мкА). После добавления к такому же объему сточных вод 1,00 мл стандартного раствора с содержанием ионов кобальта  $\text{Co}^{2+}$  0,001 моль/л, предельный диффузионный ток  $I_d$  составил 67,2 микроампер (мкА). Затем 100,00 мл сточных вод были пропущены через систему, содержащую 2г катионообменного сорбента. 10,00 мл полученных после пропускания сточных вод поместили в полярографическую ячейку и записали полярограмму, при этом предельный диффузионный ток составил 6,0 мкА. При введении к 10 мл пропущенных через катионит сточных вод 1,00 мл стандартного раствора с содержанием ионов кобальта  $\text{Co}^{2+}$  0,001 моль/л, предельный диффузионный ток  $I_d$  возрос до 38,0 микроампер (мкА). Рассчитайте обменную емкость (в моль  $\text{Co}^{2+}$ /г) катионита по кобальту.

При решении задачи следует:

- представить информацию о способе пробоподготовки сточной вод для анализа методом классической полярографии;
- предложите методы идентификации и методы количественного определения ионов кобальта в пробе, учитывая их чувствительность и специфичность, преимущества и недостатки;
- обосновать выбор способа количественного определения, поэтапно изложить схему и процедуру его проведения, привести математические формулы; если необходимо, то произвести вычисления;
- представить интерпретацию полученных количественных результатов.

**Демонстрационный вариант расчетных задач**

1. Двухэлектродная ячейка для измерения электропроводности заполнена раствором  $\text{KNO}_3$ . Площадь каждого электрода 5 см<sup>2</sup> (электроды гладкие), расстояние между ними 5

см. Сопротивление слоя раствора, заключенного между электродами, равно 250 Ом при 25°C. Определить концентрацию раствора.

2. Карбонат-ионы в диапазоне концентраций  $0,1 \cdot 10^{-5} \text{ М}$  определяются в присутствии ионов хлора при помощи ионселективного электрода с жидкой мембраной. Потенциометрический коэффициент селективности  $k^{\text{пот}}_{\text{CO}_3-\text{Cl}}$  равен  $4,7 \cdot 10^{-2}$ . При какой концентрации хлорид-ионов погрешность определения карбонатионов превышает 10%, что приводит к невозможности использовать данный электрод для аналитического определения карбонат-ионов?

### **Примерная тематика рефератов, мультимедийных презентаций**

- ✓ Хронокондуктометрия и ее место в практике анализа.
- ✓ Электрохимический контроль воды.
- ✓ Электрохимический контроль пищевых продуктов.
- ✓ Контроль качества лекарственных препаратов современными электрохимическими методами.
- ✓ Электрохимические методы анализа сточных вод.
- ✓ Электрохимические методы анализа природных вод.
- ✓ Особенности отбора и подготовки проб различных видов пищевых продуктов для потенциометрического анализа.
- ✓ Определение массовой доли нитратов и хлоридов в почвенных и растительных образцах методом ионометрии.
- ✓ Применение ЭХМА в практике анализа: научные исследования, промышленность, экология, решение современных проблем аналитической химии.
- ✓ Тенденции и перспективы развития электрохимических методов анализа.
- ✓ Электрохимические методы анализа в биотехнологических производствах.
- ✓ Электрохимические методы получения тонкопленочных покрытий.
- ✓ Потенциометрические определения в медицине и фармации.
- ✓ Амперометрическое титрование. Полярография.
- ✓ Окислительно-восстановительное потенциометрическое титрование.

### **9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

#### *а) основная литература:*

1. Аналитическая химия. Проблемы и подходы: В 2 т. / Ред. Р.Кельнер, Ж.-М. Мерме, М. Отто, Г.М. Видмер; под ред. Ю.А. Золотова. - М.: Мир-АСТ, 2004.- Т. 1 – 608 с.; Т. 2. – 728 с.
2. Будников Г.К. Основы современного электрохимического анализа / Г.К. Будников, В.Н. Майстренко, М.Р. Вяселев. – М.: Мир: Бином ЛЗ, 2003. – 592 с.
3. Миомандр Ф. Электрохимия / Ф. Миомандр, С. Садки, П. Одебер, Р. Меаллен-Рено; пер. с фр. В.Н. Грасевича; пор ред. Ю.Д. Гамбурга, В.А. Сафонова. М.: Техносфера,

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

2008. – 359 с.

4. Электроаналитические методы. Теория и практика / Под ред. Ф. Шольца. М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2006. – 326 с.

*б) дополнительная литература:*

5. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения: Учеб. Для вузов/Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеева и др. Под ред. Ю.А. Золотова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1999. – 351 с: ил.

6. Физико-химические методы анализа. Учебно-методическое пособие /О. С. Садомцева, В.В. Шакирова, В.В. Уранова. – Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2015. – 116 с.

7. Физико-химические методы анализа: Практикум [Электронный ресурс]/ Валова (Копылова) В.Д., Абесадзе Л.Т., Дашков и К. – 2014 г. – 222 с. Режим доступа: <http://www.knigafund.ru>.

8. Юинг Г. Инструментальные методы химического анализа / Г. Юинг; пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 608 с.

9. Плэмбек Дж. Электрохимические методы анализа / Дж. Плэмбек. М.: Мир, 1985. – 496 с.

10. Галюс З. Теоретические основы электрохимического анализа; пер. с польского / З. Галюс. М.: Мир, 1974. – 552 с.

11. Брайнина Х.З. Твердофазные реакции в электроаналитической химии / Х.З. Брайнина, Е.Я. Нейман. М.: Химия, 1982. – 264 с.

12. Выдра Ф. Инверсионная вольтамперометрия / Ф. Выдра, К. Штулик, Э. Юлакова. М.: Мир, 1985. – 496 с.

13. Захаров М.С. Электрохимические методы анализа природных и сточных вод / М.С. Захаров, Н.Ф. Захарчук. Новосибирск: Наука, 1985. – 220 с.

*в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:*

Программное обеспечение, обеспечивающее реализацию образовательных программ  
ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича  
Хетагурова» :

№ п/п	Наименование	№ договора (лицензия)
1.	Windows 10 Enterprise	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016г
2.	Windows 10 ProforWorkstations	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016г
3.	Windows 8.1 Enterprise	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016г
4.	Windows 8.1 Professional	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016г

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

5.	Windows 8 Enterprise	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016г
6.	Windows 8 Professional	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016г
7.	OfficeStandard 2016	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016г
8.	OfficeStandard 2013	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016г
9.	Система тестирования SunravWEBClass	№468 от 03.12.2013 ИП Сунгатулин Р.Т.(бессрочно)

Электронные ресурсы, обеспечивающие реализацию образовательных программ  
ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича  
Хетагурова»

№ №	Наименование электронного ресурса	Принадлежность	Адрес сайта	Сведения о право обладателе	№ договора на право использования ЭБС	Срок действия заключенного договора	Кол-во точек доступа/ пользователей	Характеристика доступа
1	ЭБС "Университетская библиотека On-line"	Сторонняя	<a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>	ООО «Некс-Медиа»	Договор № 135-06/14 от 12.09.2014 г.	12.09.2014 г.- 11.09.2015 г.	7000	По IP-адресу безлимитный
					Договор № 167-08/15 от 12.09.2015 г.	12.09.2015 г.- 11.03.2016 г.	7000	
					Договор № 58-02/16 от 09.03.2016 г.	12.03.2016г.- 11.09.2016г.	7000	
					Договор № 202-08/16 от 24.08.2016 г.	12.09.2016 г.- 11.03.2017 г.	7000	
					Договор № 069-02/17 от 13.03.2017	12.03.2017г. - 11.03.2018г.	7000	
					Договор № 184-08/17 от 04.09.2017	12.09.2017- 11.02.03.2018.	7000	
					Договор № 056-02/18 от 25.05.2018	16.04.2018г.- 16.10.2018г.	7000	
					Договор № 163-10/18 от 30.10.2018	17.10.2018г.- 31.12.2018г.	7000	
					Договор	01.01.2019г.-	7000	

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

					№ 21-02/2019 от 14.02.2019	30.06.2019г.		
					Договор №75-06/19 ОТ 08.07.2019	01.07.2019г.- 31.12.2019г.	7000	

Рекомендуемые интернет-адреса:

- [Аналитическая химия в России \[Электронный ресурс\]. –Режим доступа: http://www.rusanalytchem.org/default.aspx;](http://www.rusanalytchem.org/default.aspx)
- [Книги по аналитической химии \[Электронный ресурс\]. – Режим доступа: http://hemsintez24.ru/analiticheskaya-himiya.](http://hemsintez24.ru/analiticheskaya-himiya)

## 10. Материально-техническое оснащение дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает в себя аудитория для проведения практических занятий, учебные аудитории, оснащенные мультимедийными проекторами для демонстрации учебного материала. Практикум обеспечен химическими реактивами, лабораторной посудой и учебно-научным оборудованием: потенциометры (ЭВ-74, мультитест ИПЛ201), анализаторы жидкостей рН-метры «Эксперт-001», универсальный иономер ЭВ-74.4, вольтамперметр (фирмы Вольта ABC1.1 с дополнительным модулем EM-04)6, кондуктометр–CONDUCTOMETER TYPE ОК-1047, ионоселективные электроды, центрифуги, магнитные мешалки, весы аналитические LekiB1604, Pioneer.5, автоматический титратор–UNIVERSAL RECORDING TITRATOR ОН-4078, набор лабораторной посуды, необходимые реактивы.

При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для дистанционного обучения. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).

### Лист обновления/актуализации

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры общей и неорганической химии от « 28 » июня 2019 г., протокол № 15 .

Программа одобрена на заседании совета факультета химии, биологии и биотехнологии от « 01 » июля 2019 г., протокол № 12 .

Положение о разработке и реализации ОПОП СОГУ

Программа актуализирована.

Внесенные изменения и дополнения утверждены на заседании кафедры общей и неорганической химии

Протокол заседания кафедры от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_.