

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Факультет Химии и высоких технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

  
Хагуров Т.А.

« 29 \_\_\_\_\_ 2020 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
Б1.В.02 СОВРЕМЕННАЯ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ**

Направление подготовки/специальность 04.04.01 Химия

Направленность (профиль) / аналитическая химия

Форма обучения очная

Квалификация (степень) выпускника магистр

Краснодар 2020

Рабочая программа дисциплины «Современная вольтамперометрия» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 04.04.01 Химия.

Программу составил(и):

д-р.хим. наук, доцент,

профессор кафедры аналитической химии Цюпко Т.Г.

Рабочая программа дисциплины «Современная вольтамперометрия»

утверждена на заседании кафедры аналитической химии

протокол № 6 «15» мая 2020г.

Заведующий кафедрой (разработчика) Темердашев З.А.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры аналитической химии

протокол № 6 «15» мая 2020г.

Заведующий кафедрой (выпускающей) Темердашев З.А.

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии

Факультета Химии и высоких технологий

протокол № 5 «25» мая 2020г.

Председатель УМК факультета Беспалов А.В.

Рецензент:

Стрижов Н.К., д-р хим. наук, профессор кафедры стандартизации, метрологии и управления качеством в технологических комплексах ФГБОУ ВО «КубГТУ»

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).**

### **1.1 Цель освоения дисциплины.**

ФГОС ВО по направлению подготовки 04.04.01 «Химия» включает требования, связанные с решением комплексных задач в организационно-управленческой, научно-исследовательской и производственно-технологической сферах деятельности, связанные с использованием химических явлений и процессов, участием в исследованиях химических процессов, происходящих в природе и проводимых в лабораторных условиях, выявлением общих закономерностей их протекания и возможностями управления ими.

В рамках обеспечения выполнения этих требований и в соответствии с ООП разработана программа дисциплины Б1.В.02 «Современная вольтамперометрия», целью которой является ознакомление с состоянием и актуальными задачами развития вольтамперометрического метода анализа и исследования как основного элемента современного физико-химического анализа.

### **1.2 Задачи дисциплины.**

1. Раскрыть теоретические и методологические основы дисциплины.
2. Расширить знания магистрантов в области современных электрохимических методов исследования и сформировать профессиональные компетенции.
3. Сформировать представления о формировании аналитического сигнала в различных вариантах электрохимических методов исследования.
4. Овладеть практическими навыками вольтамперометрии.

### **1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.**

Дисциплина «Современная вольтамперометрия» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана, является логическим продолжением разделов обязательной части и служит основой для последующего изучения других дисциплин этого блока и факультативных дисциплин ООП. Она логически и информационно связана со следующими дисциплинами: «Современная аналитическая химия»; «Методы идентификации в аналитической химии»; «Методы элементного анализа в аналитической химии».

### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общепрофессиональных, профессиональных компетенций: ПК-3, ПК-4

№ п.п.	Код и наименование компетенции	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
		знает	умеет	владеет
1.	ПК-3 способен анализировать и критически оценивать существующие	теоретические и методологические основы аналитической химии; знать направления	критически анализировать научно-техническую литературу и оценивать	навыками научного исследования процессов и явлений, протекающих в

№ п.п.	Код и наименование компетенции	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
		<b>знает</b>	<b>умеет</b>	<b>владеет</b>
	методы анализа веществ и материалов, использовать фундаментальные законы аналитической химии с целью определения перспективных направлений в области исследования и анализа	развития современных в том числе, электрохимических методов анализа;	достоинства и недостатки современных физико-химических методов анализа и на этой основе проводить выбор метода исследования объекта; использовать знания в области традиционных и новых разделов вольтамперометрии для исследования процессов, протекающих в сложных системах, и контроля содержания компонентов в объектах окружающей среды	сложных системах и практического применения вольтамперометрических методов к анализу объектов различной природы
2.	ПК-4 способен использовать фундаментальные законы аналитической химии для разработки новых методов и методик анализа продукции на основе владения теорией и навыками практической работы в избранной области химии	природу и особенности формирования аналитического сигнала в различных вариантах вольтамперометрии и особенности работы различных типов индикаторных электродов	свободно ориентироваться в основных достижениях вольтамперометрии, уметь планировать и проводить исследования, а также интерпретировать результаты с привлечением этого метода анализа; провести анализ состояния вопроса, используя литературные источники; провести оценку и выбор необходимого оборудования и вспомогательных	владеть навыками проведения исследований и анализа, основами планирования эксперимента и проведения необходимых расчетов

№ п.п.	Код и наименование компетенции	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
		знает	умеет	владеет
			средств для проведения исследований; провести выбор, проверку работоспособности и адаптацию методики анализа для заданного образца	

## 2. Структура и содержание дисциплины.

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 9 зач.ед. (324 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)			
		1			
<b>Контактная работа, в том числе:</b>					
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	102	102			
Занятия лекционного типа	34	34			
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)					
Лабораторные занятия	68	68			
<b>Иная контактная работа:</b>					
Контроль самостоятельной работы (КСР)					
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3			
<b>Самостоятельная работа, в том числе</b>	186	186			
Курсовая работа					
Проработка учебного (теоретического) материала	80	80			
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)					
Реферат	46	46			
Подготовка к текущему контролю	60	60			
<b>Контроль:</b>					
Подготовка к экзамену	35,7	35,7			
Общая трудоёмкость	час. 324	324			
в том числе контактная работа	102,3	102,3			
зач. ед.	9	9			

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 1 семестре (очная форма)

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1	Общие вопросы электрохимии	28,8	2		8	6
2.	Электроаналитические методы	244	28		56	120
3.	Электроды и электролиты в вольтамперометрии	24	4		4	60
	<i>Всего:</i>		34		68	186

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

### 2.3 Содержание разделов дисциплины:

#### 2.3.1 Занятия лекционного типа.

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Общие вопросы электрохимии	Определения. Измерительная ячейка. Принципы измерения. Электродные процессы. Измеряемый сигнал (диффузионный ток, кинетический и каталитический токи, емкостной и адсорбционный токи). Двойной электрический слой и его структура. Стандартный потенциал. Формальный потенциал. Характеристические потенциалы электроаналитических методов. Кинетика электрохимических реакций.	Контрольная работа 1
2.	Электроаналитические методы	<b>Циклическая вольтамперометрия.</b> Основные принципы. Форма циклических вольтамперограмм. Геометрия электрода, размер и влияние конвекции. Определение редокс-состояния и числа переносимых электронов. Гетерогенная кинетика. Гомогенная кинетика. Многофазные системы. <b>Импульсная вольтамперометрия.</b> Эквивалентность ступенчатой вольтамперометрии и вольтамперометрии с линейной разверткой потенциала. Нормальная импульсная вольтамперометрия. Реверсивная импульсная вольтамперометрия. Дифференциальная импульсная вольтамперометрия. <b>Квадратно-волновая</b>	Контрольная работа 2. Защита лабораторных работ. Реферат.

	<p><b><u>вольтамперометрия.</u></b> Простые реакции на стационарных плоских электродах. Простые реакции на стационарных сферических электродах и микроэлектродах. Реакции металлов, образующих амальгамы, на тонкопленочных ртутных электродах. Электродные реакции, осложненные адсорбцией деполяризатора и продукта его превращения. Применение квадратно-вольтовой вольтамперометрии.</p> <p><b><u>Хронокулонометрия.</u></b> Теоретические основы метода. Практические проблемы. Двухступенчатая хронокулонометрия. Влияние гетерогенной кинетики на хронокулонометрические отклики.</p> <p><b><u>Электрохимическая импедансная спектроскопия.</u></b> Определения, основные соотношения, преобразования Крамера-Кронига. Техника измерений. Представление данных импеданса. Эквивалентная схема. Постоянный фазовый элемент. Анализ и моделирование данных импеданса. Перенос заряда на электроде – модель Рэндлса. Полубесконечная квазисферическая диффузия в фарадеевских процессах. Конечный импеданс Варбурга. Гомогенная или гетерогенная химическая реакция как скоростьопределяющая стадия. Кинетика нефарадеевских электродных процессов.</p> <p><b><u>Спектроэлектрохимия в УФ-, видимой и ближней ИК-области.</u></b> Введение – как объединить методы? Методы в условиях стационарного или переходного состояния. Геометрия ячейки и требования к экспериментальным установкам. Временные ограничения. Пространственное и механическое разрешение. Спектроэлектрохимия в проходящем свете. Спектроэлектрохимия в отраженном свете.</p> <p><b><u>Инверсионная вольтамперометрия.</u></b> Принцип метода. Обзор методов концентрирования: выделение металлов на твердых электродах; выделение металлов на ртутных электродах; выделение труднорастворимых солей на электродах; адсорбционное</p>	
--	---	--

		<p>концентрирование; концентрирование за счет образования поверхностных комплексов.</p> <p>Инверсионная вольтамперометрия с использованием двух несмешивающихся жидких растворов электролитов.</p> <p>Особенности инверсионной вольтамперометрии.</p> <p><b><u>Исследования в потоке.</u></b></p> <p>Амперометрическое и вольтамперометрическое детектирование в потоке. Проточная инверсионная вольтамперометрия.</p> <p><b><u>Электрохимическое исследование твердых соединений и материалов.</u></b> Стратегия эксперимента. Какие соединения и материалы могут быть изучены? Идентификация фаз и количественный анализ твердых веществ. Изучение электрохимического поведения твердых материалов. Комбинированные (exsitu, insitu) методы.</p>	
3.	<p>Электроды и электролиты в вольтамперометрии</p>	<p><b><u>Индикаторные электроды.</u></b></p> <p>Электродные материалы. Геометрия электрода. Гидродинамические условия.</p> <p><b><u>Модифицированные индикаторные электроды.</u></b></p> <p>Методы модифицирования электродов: объемное модифицирование; поверхностное модифицирование.</p> <p>Особенности формирования сигнала-отклика на модифицированных электродах. Мультисенсорные системы.</p> <p><b><u>Амперометрические биосенсоры.</u></b></p> <p>Общие принципы функционирования биосенсоров. Ферментные биосенсоры. ДНК-сенсоры. Иммуносенсоры. Микробные сенсоры. Тканевые сенсоры.</p> <p><b><u>Электроды сравнения.</u></b></p> <p>Стандартный водородный электрод. Электроды второго рода как электроды сравнения (ртутные и хлоридсеребряные). рН-чувствительные электроды сравнения. Твердотельные электроды сравнения. Псевдоэлектроды сравнения. Практические проблемы.</p> <p><b><u>Электролиты.</u></b></p> <p>Ионный транспорт. Водные растворы электролитов. Неводные растворы электролитов.</p>	<p>Контрольная работы 3. Защита лабораторных работ.</p>



### 2.3.2 Занятия семинарского типа.

Учебным планом занятия семинарского типа не предусмотрены

### 2.3.3 Лабораторные занятия.

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Общие вопросы электрохимии	Способы расчета концентрации в вольтамперометрическом анализе.	Защита лабораторной работы
2	Общие вопросы электрохимии	Изучение зависимости аналитического сигнала от различных параметров в методе ИВА	Защита лабораторной работы
3	Электроаналитические методы	Инверсионно-вольтамперометрическое определение тяжелых металлов на вращающемся стеклоуглеродном электроде методом градуировочного графика	Защита лабораторной работы
4	Электроаналитические методы	Инверсионно-вольтамперометрическое. определение тяжелых металлов на вращающемся стеклоуглеродном электроде методом стандартной добавки	Защита лабораторной работы
5	Электроаналитические методы	Инверсионно-вольтамперометрическое определение тяжелых металлов в природных и питьевых водах	Защита лабораторной работы
6	Общие вопросы электрохимии	Выбор рабочих условий определения элементов при многокомпонентном концентрировании	Защита лабораторной работы
7	Электроаналитические методы	Инверсионно-вольтамперометрическое определение тяжелых металлов в пищевых продуктах	Защита лабораторной работы
8	Электроды и электролиты в вольтамперометрии	Определение антиоксидантной активности индивидуальных антиоксидантов	Защита лабораторной работы
9	Электроаналитические методы	Инверсионно-вольтамперометрическое определение тяжелых металлов в пищевых продуктах	Защита лабораторной работы

	(самостоятельная работа)	
--	--------------------------	--

Для всех лабораторных работ имеются методические указания, утвержденные на заседании кафедры аналитической химии ФГБОУ ВО "КубГУ".

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

**Курсовые работы:** не предусмотрены

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Реферат	Объекты окружающей среды и их аналитический контроль.//Под ред. Т.Н. Шеховцовой; В 2-х томах; Краснодар, 2007 Цюпко Т.Г., Воронова О.Б., Николаева Н.А. Пробоотбор и пробоподготовка в химическом анализе Издательско-полиграфический центр КубГУ,Краснодар, 2014, 345с. Цюпко Т.Г., Воронова О.Б., Коншин В.В., Коншина Дж.Н. Инверсионная вольтамперометрия в анализе пищевых продуктов Типография ООО «ГК Альталюкс», г.Краснодар, 190с.
2	Проработка учебного (теоретического) материала	Объекты окружающей среды и их аналитический контроль.//Под ред. Т.Н. Шеховцовой; В 2-х томах; Краснодар, 2007. Цюпко Т.Г., Воронова О.Б., Николаева Н.А. Пробоотбор и пробоподготовка в химическом анализе Издательско-полиграфический центр КубГУ,Краснодар, 2014, 345с. Цюпко Т.Г., Воронова О.Б., Коншин В.В., Коншина Дж.Н. Инверсионная вольтамперометрия в анализе пищевых продуктов Типография ООО «ГК Альталюкс», г.Краснодар, 190с.
3	Подготовка к текущему контролю	Объекты окружающей среды и их аналитический контроль.//Под ред. Т.Н. Шеховцовой; В 2-х томах; Краснодар, 2007 Цюпко Т.Г., Воронова О.Б., Николаева Н.А. Пробоотбор и пробоподготовка в химическом анализе Издательско-полиграфический центр КубГУ,Краснодар, 2014, 345с. Цюпко Т.Г., Воронова О.Б., Коншин В.В., Коншина Дж.Н. Инверсионная вольтамперометрия в анализе пищевых продуктов Типография ООО «ГК Альталюкс», г.Краснодар, 190с.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

–в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа,

### **3. Образовательные технологии.**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий.

Организация изучения материала курса осуществляется на основе системно-деятельностного подхода и поэтапного формирования умственных действий. Лекции и лабораторные занятия способствуют формированию у студентов базовых знаний, основных мыслительных операций, развитию логики. Лекции носят мотивационно-познавательный характер; лабораторные занятия являются самостоятельными и имеют проблемно-поисковый характер. При выполнении лабораторных работ реализуется творческая деятельность студента, развивается коммуникативная способность, развиваются навыки аргументированно выражать свои мысли и навыки экспериментальной работы.

Для повышения эффективности учебного процесса используются следующие образовательные технологии: информационно-развивающие технологии, направленные на формирование системы знаний, запоминание и свободное оперирование ими; метод проблемного изложения материала. Для успешного освоения дисциплины студентам необходимо овладеть навыками проведения поиска необходимой научной информации в фондах библиотеки. Для закрепления полученных теоретических знаний и практических навыков и с целью профессиональной ориентации предусмотрены семинары-экскурсии на предприятиях города.

При выполнении лабораторных работ и во время самостоятельной работы студенты проводят разбор практических задач как самостоятельно, так и решают проблемные ситуации в составе малых групп.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализуются индивидуальные образовательные технологии, которые позволяют полностью индивидуализировать содержание, методы и темпы учебной деятельности инвалида, вносить вовремя необходимые коррективы, как в деятельность студента-инвалида, так и в деятельность преподавателя.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

Семестр	Вид занятий	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
9	ЛР	Беседы, разбор ситуаций, разбор творческих заданий, работа в малых группах	30
<i>Итого</i>			30

### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.**

#### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.**

Примерный перечень вопросов для подготовки к контрольной работе 1 по разделу «Общие вопросы электрохимии»:

1. Двух- и трех- электродные измерительная ячейка.
2. Принципы измерения в вольтамперометрии.
3. Электродные процессы.
4. Диффузионный ток.
5. Кинетический и каталитический токи.
6. Емкостной и адсорбционный токи.
7. Двойной электрический слой и его структура.
8. Стандартный потенциал.
9. Формальный потенциал.
10. Характеристические потенциалы электроаналитических методов.
11. Кинетика электрохимических реакций.

Примерный перечень вопросов для подготовки к контрольной работе 2 по разделу «Электроаналитические методы».

1. Основные принципы циклической вольтамперометрии.
2. Форма циклических вольтамперограмм.
3. Геометрия электрода, размер и влияние конвекции в циклической вольтамперометрии.
4. Определение редокс-состояния и числа переносимых электронов методом циклической вольтамперометрии.
5. Изучение гетерогенной кинетики методом циклической вольтамперометрии.
6. Изучение гомогенной кинетики методом циклической вольтамперометрии.
7. Изучение многофазных систем методом циклической вольтамперометрии.
8. Эквивалентность ступенчатой вольтамперометрии и вольтамперометрии с линейной разверткой потенциала.
9. Нормальная импульсная вольтамперометрия.
10. Реверсивная импульсная вольтамперометрия.
11. Дифференциальная импульсная вольтамперометрия.
12. Простые реакции на стационарных плоских электродах.
13. Простые реакции на стационарных сферических электродах и микроэлектродах.
14. Реакции металлов, образующих амальгамы, на тонкопленочных ртутных электродах.
15. Электродные реакции, осложненные адсорбцией деполяризатора и продукта его превращения.
16. Применение квадратно-волновой вольтамперометрии.
17. Теоретические основы хронокулонометрии.
18. Практические проблемы хронокулонометрии.
19. Двухступенчатая хронокулонометрия.
20. Влияние гетерогенной кинетики на хронокулонометрические отклики.
21. Определения, основные соотношения, преобразования Крамера-Кронига.
22. Техника измерений в электрохимической импедансной спектроскопии.
23. Представление данных импеданса.
24. Эквивалентная схема. Постоянный фазовый элемент.

25. Анализ и моделирование данных импеданса.
26. Перенос заряда на электроде – модель Рэндлса.
27. Полубесконечная квазисферическая диффузия в фарадеевских процессах.
28. Конечный импеданс Варбурга.
29. Гомогенная или гетерогенная химическая реакция как скоростьопределяющая стадия. Кинетика нефарадеевских электродных процессов.
30. Принцип метода инверсионной вольтамперометрии.
31. Выделение металлов на твердых электродах, как метод концентрирования в инверсионной вольтамперометрии.
32. Выделение металлов на ртутных электродах, как метод концентрирования в инверсионной вольтамперометрии.
33. Выделение труднорастворимых солей на электродах, как метод концентрирования в инверсионной вольтамперометрии.
34. Адсорбционное концентрирование, как метод концентрирования в инверсионной вольтамперометрии.
35. Концентрирование за счет образования поверхностных комплексов, как метод концентрирования в инверсионной вольтамперометрии.
36. Инверсионная вольтамперометрия с использованием двух несмешивающихся жидких растворов электролитов.

Примерный перечень вопросов для подготовки к контрольной работе 3 по разделу «Электроды и электролиты в вольтамперометрии»

1. Углеродсодержащие индикаторные электроды .
2. Индикаторные электроды из благородных металлов.
3. Пленочные индикаторные электроды.
4. Геометрия индикаторного электрода.
5. Объемное модифицирование электродов.
6. Поверхностное модифицирование электродов.
7. Особенности формирования сигнала-отклика на модифицированных электродах.
8. Мультисенсорные системы в вольтамперометрии.
9. Общие принципы функционирования амперометрических биосенсоров.
10. Ферментные амперометрические биосенсоры.
11. ДНК-сенсоры.
12. Иммуносенсоры.
13. Микробные сенсоры.
14. Тканевые сенсоры.
15. Стандартный водородный электрод – универсальный электрод сравнения.
16. Электроды второго рода как электроды сравнения (ртутные и хлоридсеребряные).
17. рН-чувствительные электроды сравнения.
18. Твердотельные электроды сравнения.
19. Псевдоэлектроды сравнения.
20. Практические проблемы работоспособности электродов сравнения.
21. Ионный транспорт. Водные растворы электролитов.
22. Неводные растворы электролитов.

*Критерии выставления оценок при проведении текущего контроля успеваемости – контрольной работы:*

*оценка «отлично»:* глубокие исчерпывающие знания материала, логически последовательные, полные, правильные и конкретные ответы на вопросы билета; использование в необходимой мере в ответах терминологии дисциплины, представленной в рекомендуемых учебных пособиях и дополнительной литературе;

*оценка «хорошо»:* твёрдые и достаточно полные знания материала, последовательные, правильные, конкретные ответы на поставленные вопросы, могут быть допущены несущественные недочеты в ответах и незначительные нарушения логики изложения материала;

*оценка «удовлетворительно»:* знание и понимание основных материала, наличие несущественных ошибок (не более 50%) при неспособности их последовательного и логического изложения, вызывает затруднение использование терминологии дисциплины;

*оценка «неудовлетворительно»:* непонимание сущности вопросов, грубые существенные ошибки в ответе, отсутствие способности к письменному изложению материала.

#### **Примерный перечень тем рефератов:**

1. Спектроэлектрохимия в УФ-, видимой и ближней ИК-области. Как объединить методы?
2. Амперометрическое и вольтамперометрическое детектирование в потоке. Проточная инверсионная вольтамперометрия.
3. Электрохимическое исследование твердых соединений и материалов. Стратегия эксперимента. Какие соединения и материалы могут быть изучены?
4. Применение индикаторных электродов с полимерным электропроводящим покрытием в вольтамперометрическом анализе объектов окружающей среды.
5. Применение электродов с нанокompозитным покрытием в вольтамперометрическом анализе объектов окружающей среды.
6. Вольтамперометрический метод определения неорганических токсикантов в контроле качества пищевых продуктов.
7. Вольтамперометрический метод определения органических токсикантов в контроле качества пищевых продуктов.
8. Вольтамперометрический метод определения неорганических токсикантов в анализе объектов окружающей среды.
9. Вольтамперометрический метод определения органических токсикантов в анализе объектов окружающей среды.
10. Инверсионная вольтамперометрия в анализе объектов окружающей среды.

#### **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.**

Программа подготовки к экзамену по дисциплине:

1. *Общие вопросы электрохимии.* Измерительная ячейка. Принципы измерения. Электродные процессы. Измеряемый сигнал: диффузионный ток, кинетический и каталитический токи, емкостной и адсорбционный токи. Двойной электрический слой и его структура. Стандартный потенциал. Формальный потенциал. Характеристические потенциалы электроаналитических методов. Кинетика электрохимических реакций.

2. *Циклическая вольтамперометрия.* Основные принципы. Форма циклических вольтамперограмм. Геометрия электрода, размер и влияние конвекции. Определение редокс-состояния и числа переносимых электронов. Гетерогенная кинетика. Гомогенная кинетика. Многофазные системы.

3. *Импульсная вольтамперометрия.* Эквивалентность ступенчатой вольтамперометрии и вольтамперометрии с линейной разверткой потенциала. Нормальная импульсная вольтамперометрия. Реверсивная импульсная вольтамперометрия. Дифференциальная импульсная вольтамперометрия.

4. *Квадратно-волновая вольтамперометрия.* Простые реакции на стационарных плоских электродах. Простые реакции на стационарных сферических электродах и микроэлектродах. Реакции металлов, образующих амальгамы, на тонкопленочных ртутных электродах. Электродные реакции, осложненные адсорбцией деполаризатора и продукта его превращения. Применение квадратно-волновой вольтамперометрии.

5. *Хронокулометрия.* Теоретические основы метода. Практические проблемы. Двухступенчатая хронокулометрия. Влияние гетерогенной кинетики на хронокулометрические отклики.

6. *Электрохимическая импедансная спектроскопия.* Определения, основные соотношения, преобразования Крамера-Кронига. Техника измерений. Представление данных импеданса. Эквивалентная схема. Постоянный фазовый элемент. Анализ и моделирование данных импеданса. Перенос заряда на электроде – модель Рэндлса. Полубесконечная квазисферическая диффузия в фарадеевских процессах. Конечный импеданс Варбурга. Гомогенная или гетерогенная химическая реакция как скорость определяющая стадия. Кинетика нефарадеевских электродных процессов.

7. *Спектроэлектрохимия в УФ-, видимой и ближней ИК-области.* Введение – как объединить методы? Методы в условиях стационарного или переходного состояния. Геометрия ячейки и требования к экспериментальным установкам. Временные ограничения. Пространственное и механическое разрешение. Спектроэлектрохимия в проходящем свете. Спектроэлектрохимия в отраженном свете.

8. *Инверсионная вольтамперометрия.* Принцип метода. Обзор методов концентрирования: выделение металлов на твердых электродах; выделение металлов на ртутных электродах; выделение труднорастворимых солей на электродах; адсорбционное концентрирование; концентрирование за счет образования поверхностных комплексов. Инверсионная вольтамперометрия с использованием двух несмешивающихся жидких растворов электролитов. Особенности инверсионной вольтамперометрии.

9. *Исследования в потоке.* Амперометрическое и вольтамперометрическое детектирование в потоке. Проточная инверсионная вольтамперометрия.

10. *Электрохимическое исследование твердых соединений и материалов.* Стратегия эксперимента. Какие соединения и материалы могут быть изучены? Идентификация фаз и количественный анализ твердых веществ. Изучение электрохимического поведения твердых материалов. Комбинированные (exsitu, insitu) методы.

11. *Индикаторные электроды.* Электродные материалы. Геометрия электрода. Гидродинамические условия.

12. *Модифицированные индикаторные электроды.* Методы модифицирования электродов: объемное модифицирование; поверхностное модифицирование. Особенности

формирования сигнала-отклика на модифицированных электродах. Мультисенсорные системы.

13. *Амперометрические биосенсоры.* Общие принципы функционирования биосенсоров. Ферментные биосенсоры. ДНК-сенсоры. Иммуносенсоры. Микробные сенсоры. Тканевые сенсоры.

14. *Электроды сравнения.* Стандартный водородный электрод. Электроды второго рода как электроды сравнения (ртутные и хлоридсеребряные). рН-чувствительные электроды сравнения. Твердотельные электроды сравнения. Псевдоэлектроды сравнения. Практические проблемы.

15. *Электролиты.* Ионный транспорт. Водные растворы электролитов. Неводные растворы электролитов.

*Критерии выставления оценок на экзамене:*

*оценка «отлично»:* глубокие исчерпывающие знания всего программного материала, логически последовательные, полные, правильные и конкретные ответы на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы; использование в необходимой мере в ответах терминологии дисциплины, представленной в рекомендуемых учебных пособиях и дополнительной литературе;

*оценка «хорошо»:* твёрдые и достаточно полные знания всего программного материала, последовательные, правильные, конкретные ответы на поставленные вопросы при свободном реагировании на замечания по отдельным вопросам;

*оценка «удовлетворительно»:* знание и понимание основных вопросов программы, наличие несущественных ошибок (не более 50%) при неспособности их самостоятельной корректировки;

*оценка «неудовлетворительно»:* непонимание сущности излагаемых вопросов, грубые существенные ошибки в ответе, неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы экзаменатора.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.



Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).**

### **5.1 Основная литература:**

1. Электроаналитические методы. Теория и практика / А.М. Бонд и др.; под ред. Ф. Шольц; пер. с англ. под ред. В.Н. Майстренко. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2006. – 326 с.

2. Будников, Г.К. Модифицированные электроды для вольтамперометрии в химии, биологии и медицине [Электронный ресурс] / Г.К. Будников, Г.А. Евтюгин, В.Н. Майстренко. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 419 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90273>

3. Хенце Г., Полярграфия и вольтамперометрия. Теоретические основы и аналитическая практика [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2017. — 287 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94136>

4. Дамаскин, Б.Б. Электрохимия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 672 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/58166>

### **5.2 Дополнительная литература:**

1. Будников, Г.К. Основы современного электрохимического анализа: Учеб. Пособие для студентов вузов / Г.К. Будников, В.Н. Майстренко, М.Р. Вяселев. – М.: «Мир» БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2003. – 592с.

2. Эггинс Б. Химические и биологические сенсоры: учеб. Пособие/ Б. Эггинс; пер. с англ. М.А. Слинкина с доп. Т.М, Зиминной, В.В. Лучинина.–М.: Техносфера. – 2005.–335 с.

3. Физико-химические методы и приборы экоаналитических исследований: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Р.Ф. Юльметова [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2016. — 75 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91365>

4. Кристиан, Г. Аналитическая химия: в 2т. Т. 2 / Г. Кристиан; пер. с англ. А.В. Гармаша и др. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2009. – 504с.

5. Аналитическая химия: учебник для студентов вузов в 3т. Т. 2 : Методы разделения веществ и гибридные методы анализа / под ред. Л.Н. Москвина. – М.: Академия. – 2008. – 300с.

6. Отто, М. Современные методы аналитической химии / М. Отто, пер. с нем. Под ред. А.В. Гармаша. – М.: Техносфера. – 2008. – 543с.

7. Электрохимические методы анализа. Лабораторный практикум : учебное пособие для академического бакалавриата / Л. К. Неудачина, Ю. С. Петрова, Н. В. Лакиза, Е. Л. Лебедева. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 133 с. — (Серия : Университеты России).

— ISBN 978-5-534-05975-5. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/13775529-EA33-41FA-9C52-6E7192D5B663](http://www.biblio-online.ru/book/13775529-EA33-41FA-9C52-6E7192D5B663)

8. Электрохимические методы исследования биологических объектов: учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс] / А.В. Иванова [и др.]. — Электрон. дан. — Екатеринбург : УрФУ, 2014. — 52 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/9839>

9. Электрохимия. Методика исследования кинетики электродных процессов : учебное пособие для вузов / В. М. Рудой, Т. Н. Останина, И. Б. Мурашова, А. Б. Даринцева. — 2-е изд. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 111 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-06519-0. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/6A1CB436-E5E8-4608-A164-DA47DD11B957](http://www.biblio-online.ru/book/6A1CB436-E5E8-4608-A164-DA47DD11B957).

### 5.3. Периодические издания:

Российские журналы

1. «Журнал аналитической химии»
2. «Заводская лаборатория. Диагностика материалов»
4. Реферативные журналы (РЖХ)

### 6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, необходимые для освоения дисциплины (модуля).

Информационная справочная система нормативно-технической и правовой информации Техэксперт [www.cntd.ru](http://www.cntd.ru)

Поисковая платформа, объединяющая реферативные базы данных публикаций в научных журналах и патентов <http://www.webofscience.com>

Библиографическая и реферативная база данных <https://www.scopus.com>

Сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru>

База данных научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>

Справочно-правовая система «Консультант Плюс» <http://www.consultant.ru>

Информационная справочная система нормативно-технической и правовой информации [www.cntd.ru](http://www.cntd.ru) (национальные стандарты, природоохранные нормативные документы)

Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>

Электронная библиотека масс-спектров от Национального института стандартов и технологий США NIST 17

Электронная библиотека масс-спектров Wiley 8 Mass Spectral Library

База данных спектров органических соединений [https://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/direct\\_frame\\_top.cgi](https://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/direct_frame_top.cgi) Института передовой промышленной науки и технологии (AIST)

Коллекция журналов издательства Elsevier на портале ScienceDirect, сайт [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

### 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).

Успешное освоение дисциплины предполагает активное, творческое участие студента во всех видах аудиторных занятий, а также планомерную повседневную самостоятельную работу.

#### *Общие рекомендации*

Изучение дисциплины следует начинать с проработки рабочей программы, особое внимание уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

#### *Работа с конспектом лекций*

Просмотрите конспект сразу после занятий, отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Регулярно отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

#### *Выполнение лабораторных работ*

На занятии получите у преподавателя график выполнения лабораторных работ. Обзаведитесь всем необходимым методическим обеспечением.

Перед посещением лаборатории изучите теорию вопроса, предполагаемого к исследованию, ознакомьтесь с руководством по соответствующей работе и подготовьте протокол проведения работы, в который занесите:

- название работы;
- заготовки таблиц для заполнения экспериментальными данными наблюдений;
- уравнения химических реакций превращений, которые будут осуществлены при выполнении эксперимента;
- расчетные формулы.

Оформление отчетов должно проводиться после окончания работы в лаборатории.

Для подготовки к защите отчета следует проанализировать экспериментальные результаты, сопоставить их с известными теоретическими положениями или справочными данными, обобщить результаты исследований в виде выводов по работе, подготовить ответы на вопросы, приводимые в методических указаниях к выполнению лабораторных работ.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).**

### **8.1 Перечень информационных технологий.**

- консультирование и предварительная проверка работ посредством электронной почты.
- использование электронных презентаций при проведении лекционных занятий

## 8.2 Перечень необходимого лицензионного программного обеспечения.

Компьютерные программы и экспертные системы: Microsoft Office Professional Plus, Microsoft Windows, расчетная компьютерная программа «Excel».

## 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) (ауд.242С, 332С.)
2.	Лабораторные занятия	Химическая лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения. Анализатор жидкости рН-метр-иономер Эксперт-001 и набор ИСЭ, рН-метр-иономер Экотест-120, магнитные мешалки (напримерLekiMS1), весы аналитические ВЛР-200, 2 класса точности, вольтамперометрический анализатор ВА-5 с датчиком ВЭД, вольтамперометрический анализатор Экотест-ВА, электроплитки марки «Мечта», модель 111Ч/212Ч или другие с аналогичными характеристиками (249С, 252С, 242С)
3.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория (кабинет), оснащенная мебелью, доской меловой (ауд.242с, 252с)
4.	Самостоятельная работа	Кабинет для работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета (Интернетцентр).