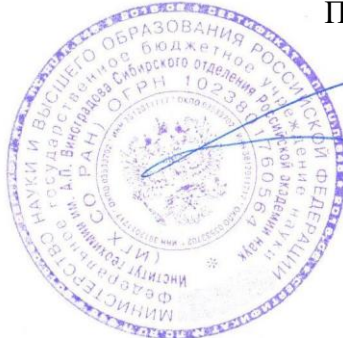


**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геохимии им. А.П. Виноградова  
Сибирского отделения Российской академии наук**

УТВЕРЖДЕНА  
на заседании Ученого совета ИГХ СО РАН  
Протокол № 4 от 10.04.2025г



*Директор*

*А.Б. Перепелов*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.04. Физико-химические методы исследования вещества**

Направление подготовки: 05.04.01 Геология

Направленность подготовки: Геохимия, минералогия и геоэкология

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Иркутск 2025 г.

## Содержание

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО.....	3
3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ .....	6
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов .....	6
4.2. План и перечень тем самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	7
4.3. Содержание учебного материала .....	9
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	13
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	13
5.1 перечень основной и дополнительной литературы .....	13
5.2. периодические издания .....	14
5.3. базы данных, информационно-справочные и поисковые системы .....	14
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	14
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....	14
6.2. Программное обеспечение: .....	15
6.3. Технические и электронные средства обучения:.....	15
7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	15
8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....	15
8.1. Оценочные материалы для текущего контроля .....	18
8.2 Оценочные материалы для промежуточной аттестации.....	19

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель:** ознакомление обучающихся с основами и возможностями физико-химических методов анализа вещества и формирование профессиональных компетенций, позволяющих использовать полученные знания в геолого-геохимических или экологических исследованиях.

### Задачи дисциплины:

- получение представлений о способах отбора проб и порядке обращения с пробой;
- изучение основных понятий и физических принципов, лежащих в основе физико-химических методов анализа вещества;
- формирование понимания возможностей данных методов и овладение навыками самостоятельного выбора метода (методик) анализа применительно к объектам разнообразного состава и генезиса в различных агрегатных состояниях;
- формирование навыков самостоятельной обработки и представления результатов проведенных исследований по установленным формам при выполнении научно-практической работы.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина относится к обязательной части программы.

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, сформированных в рамках изучения фундаментальных естественно-научных и физико-математических дисциплин («Общая физика», «Общая химия», «Высшая математика») бакалавриата высших учебных заведений.

Полученные в рамках изучения данной дисциплины знания, умения и опыт необходимы для освоения таких дисциплин как: «Представление результатов научно-исследовательской деятельности», «Аналитические методы в эколого-геохимических исследованиях», «Организация научно-исследовательских проектов», «Геоэкология», «Геохимия элементов».

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у студента следующих компетенций (элементов компетенций) в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 05.04.01 Геология:

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения
<b>ОПК-2</b> Способен самостоятельно формулировать цели исследований, устанавливать последовательность решения профессиональных задач	<b>ИД-1опк-2</b> Понимает структуру научно-исследовательских работ, определяет научную проблему, формулируя цели и задачи, направленные на ее решение	<b>Знать</b> <b>З-1:</b> теоретические и практические вопросы в области профессиональных задач <b>Уметь</b> <b>У-1:</b> выделять основные проблемы темы исследования <b>У-2:</b> формулировать цель и задачи на основе информации о предмете своего исследования

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения
		<b>Владеть</b> <b>В-1:</b> навыками анализа информации, постановки задач, методами планирования эксперимента
	<b>ИД-2опк-2</b> Сравнивает и выбирает аналитические методы, необходимые для решения поставленных задач	<b>Знать</b> <b>З-1:</b> принципы физико-химических методов анализа вещества и их метрологические характеристики <b>З-2:</b> влияния различных факторов на аналитический сигнал <b>З-3:</b> аналитическое оборудование и области применения методов <b>Уметь</b> <b>У-1:</b> оценить возможность применения конкретных методов анализа к исследуемым объектам в зависимости от поставленных задач <b>Владеть</b> <b>В-1:</b> навыками оценивания и выбора информации
<b>ОПК-3</b> Способен самостоятельно обобщать результаты, полученные в процессе решения профессиональных задач, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию	<b>ИД-1опк-3</b> Интерпретирует результаты выполненных исследований в соответствии с поставленными задачами	<b>Знать</b> <b>З-1:</b> способы обобщения, систематизации и представления результатов исследования <b>Уметь</b> <b>У-1:</b> интерпретировать результаты анализа <b>Владеть</b> <b>В-1:</b> приемами обработки и формами представления результатов исследования
	<b>ИД-2опк-3</b> Понимает области применения результатов исследований, полученных в ходе проведенных работ, в том числе способен формулировать рекомендации по их практическому	<b>Знать</b> <b>З-1:</b> области применения аналитических результатов <b>Уметь</b> <b>У-1:</b> формулировать рекомендации по практическому использованию аналитических данных <b>Владеть</b>

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения
	использованию	<b>В-1:</b> методами обработки данных и формой представления результатов исследования
<b>ПК-2</b> Способен осуществлять сбор и анализ геологической информации и материала, а также проводить их документирование	<b>ИД-1</b> ПК-2 Проводит отбор материала, описание и документирование процедуры отбора	<b>Знать</b> <b>З-1:</b> методы отбора и порядок документирования процедуры <b>З-2:</b> способы подготовки геологического материала к анализу <b>Уметь</b> <b>У-1:</b> проводить отбор проб в разных агрегатных состояниях и документировать процедуру отбора, анализировать геологическую информацию <b>Владеть</b> <b>В-1:</b> навыками анализировать геологическую информацию
	<b>ИД-2</b> ПК-2 Выполняет необходимые процедуры по подготовке проб для проведения аналитических исследований	<b>Знать</b> <b>З-1:</b> особенности и способы пробоподготовки для различных физико-химических методов анализа <b>Уметь</b> <b>У-1:</b> подготавливать пробы для различных физико-химических методов анализа <b>Владеть</b> <b>В-1:</b> основными методиками пробоподготовки материала

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц, что составляет 180 академических часов, в том числе 6 академических часов на зачет.

Форма промежуточной аттестации: зачет в первом и втором семестрах (выбрать нужное и указать в каком семестре)

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы,				Контроль самостоятельной работы (КСР)	Формы текущего контроля успеваемости / форма промежуточной аттестации
					включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость					
					(в часах)					
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа		
					Лекции	Семинарские/практические/лабораторные занятия	Консультации			
1	Общие вопросы и основные понятия химического анализа вещества. Стандартные образцы.	1	18,25			6		6	0,25	5
2	Отбор и подготовка проб различного состава к анализу.	1	11,3		4	4		5	0,3	Собеседование
3	Общие вопросы и основы физико-химических методов анализа.	1	8,2		4			4	0,2	Устный опрос
4	Рентгеновские методы анализа	1	26,75		10	10	0,25	6	0,5	Устный опрос
5	Методы атомной спектроскопии. Атомно-эмиссионный и атомно-абсорбционный анализ.	1	21,5		6	10	0,25	5	0,25	Устный опрос
6	Методы масс-спектрометрии	1	17,75		6	6	0,25	5	0,25	Устный опрос
Всего за первый семестр		1	108		36	36	1	30	2	3
7	Методы молекулярной оптической спектроскопии	2	25		12	8	0,5	4	0,5	Устный опрос
8	Хроматография. Хромато-масс-спектрометрия.	2	18		10	4	0,25	3	0,75	Устный опрос
9	Электрохимические методы анализа, капиллярный электрофорез	2	20,75		10	6	0,25	4	0,5	Устный опрос
10	Сравнение аналитических методов и выбор оптимальных методов для решения исследовательских задач	2	5,25		4			1	0,25	Собеседование
Всего за второй семестр		2	72		36	18	1	12	2	3
Всего за курс			180		72	54	2	42	4	6

#### 4.2. План и перечень тем самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Название раздела, темы	Вид самостоятельной работы	Оценочное средство	Формируемый индикатор достижения компетенции	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы	Трудоемкость, часов
1	Общие вопросы и основные понятия химического анализа вещества. Стандартные образцы.	Работа с учебной литературой и периодическими изданиями, электронными информационными ресурсами с целью закрепления материала по изучаемой теме	Устный опрос	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>	Основная и дополнительная литература, периодические издания, информационно-справочные и поисковые системы	5
2	Отбор и подготовка проб различного состава к анализу.		Устный опрос	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>		5
3	Общие вопросы и основы физико-химических методов анализа.		Устный опрос	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>		4
4	Рентгеновские методы анализа.		Устный опрос	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub>		6
5	Методы атомной спектроскопии. Атомно-эмиссионный и атомно-абсорбционный анализ.		Устный опрос	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>		5
6	Методы масс-спектрометрии.		Устный опрос	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub>		5

				ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>		
7	Методы молекулярной оптической спектроскопии.		Устный опрос	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>		4
8	Хроматография. Хромато-масс-спектрометрия.		Устный опрос	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>		3
9	Электрохимические методы анализа, капиллярный электрофорез.		Устный опрос	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>		4
10	Сравнение аналитических методов и выбор оптимальных методов для решения исследовательских задач.		Устный опрос	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>		1
	<b>Всего</b>					<b>42</b>



### **4.3. Содержание учебного материала**

#### **Раздел 1. Общие вопросы и основные понятия химического анализа вещества.**

Объекты химического анализа. Общие требования к анализу проб различного состава.

Качественный и количественный анализ.

Аналитический цикл и стадии анализа.

Принцип метода, методика, метрологические характеристики методик.

Стандартные образцы, их назначение и применение.

#### **Раздел 2. Отбор и подготовка проб различного состава к анализу.**

Особенности отбора проб разного агрегатного состояния. Правила и методики отбора проб. Понятие представительности пробы.

Порядок обращения с пробой: документирование процедуры отбора проб, транспортировка и хранение проб. Оборудование для отбора проб.

Пробоподготовка вещества к химическому анализу. Методы разделения и концентрирования. Химическая пробоподготовка. Требования к реактивам для анализа.

#### **Раздел 3. Общие вопросы и основы физико-химических методов анализа.**

Классификация физико-химических методов анализа вещества по принципу получения аналитического сигнала.

Получение, регистрация и обработка аналитических сигналов.

Общие вопросы выбора методов исследования вещества в соответствии с изучаемыми задачами геохимии и экологии.

#### **Раздел 4. Рентгеновские методы анализа**

Природа и общие свойства рентгеновского излучения. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Характеристический рентгеновский спектр. Интенсивность рентгеновского флуоресцентного излучения.

Рентгеновская флуоресценция порошковых материалов. Способы рентгенофлуоресцентного анализа. Аппаратура для рентгенофлуоресцентного анализа.

Подготовка проб. Рентгенофлуоресцентный силикатный анализ.

Рентгенофлуоресцентный анализ с полным внешним отражением.

Метод электронно-зондового рентгеноспектрального микроанализа. Подготовка образцов. Матричные эффекты при электронно-зондовом рентгеноспектральном микроанализе.

#### **Раздел 5. Методы атомной спектromетрии.**

Атомно-эмиссионный анализ. Атомные спектры эмиссии, поглощения и флуоресценции. Резонансное поглощение, самопоглощение, ионизация. Аналитический сигнал, его измерение и обработка.

Атомно-эмиссионная спектromетрия. Источники атомизации и возбуждения. Диспергирующие и регистрирующие устройства. Способы введения проб в термический разряд в зависимости от агрегатного состояния. Спектральные и несектральные помехи, способы их коррекции. Метрологические характеристики и области применения метода.

Атомно-абсорбционная спектromетрия. Источники излучения. Пламенная атомизация. Электротермическая атомизация и типы электротермических атомизаторов. Помехи и способы их снижения. Аналитическое оборудование. Метрологические характеристики метода и области применения.

#### **Раздел 6. Методы масс-спектротметрии**

Основы масс-спектрального анализа веществ. Источники ионов, детекторы, типы масс-спектротметров. Метрологические характеристики и области применения. Качественный и количественный анализ. Способы подготовки проб к анализу.

Методы определения изотопного состава веществ. Метод изотопного разбавления.

### **Раздел 7. Методы молекулярной оптической спектроскопии**

Методы молекулярной оптической спектроскопии. Молекулярные спектры поглощения, испускания и рассеяния света. Способы измерения аналитического сигнала. Качественный и количественный анализ. Помехи и их коррекция. Метрологические характеристики и области применения.

Колориметрия. Спектрофотометрия. Нефелометрия, турбидиметрия. Аналитическое оборудование. Метрологические характеристики методов и области применения.

Люминесцентный анализ. Виды люминесценции. Спектры люминесценции. Качественный и количественный анализ. Оборудование для люминесцентного анализа и области применения методов.

Инфракрасная спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния, Рамановская спектроскопия, спектроскопия диффузного отражения. Приборы и методика регистрации спектров. Области применения методов.

Магнитная резонансная спектроскопия: спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР), электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Приборы и области применения методов.

### **Раздел 8. Хроматография**

Хроматографические процессы в природе, их применение для разделения веществ в лабораторной практике. Основы процесса хроматографического разделения. Виды хроматографии (газовая, жидкостная, ионная, афинная, препаративная, тонкослойная). Используемые детекторы. Обработка хроматограмм. Метрологические характеристики и области применения методов.

Хромато-масс-спектрометрия как метод исследования природных сред. Библиотеки спектров индивидуальных соединений. Идентификация соединений. Применение изотопно меченных соединений для количественного анализа.

### **Раздел 9. Электрохимические методы анализа. Капиллярный электрофорез**

Основы электрохимических процессов. Классификация электрохимических методов анализа. Аналитическое оборудование, метрологические характеристики и области применения методов (потенциометрия, кондуктометрия, вольтамперометрия, полярография, амперометрия, кулонометрия).

Основы электрофоретического разделения компонентов смеси. Капиллярный электрофорез. Оборудование, метрологические характеристики метода и области применения.

### **Раздел 10. Сравнение аналитических методов и выбор оптимального метода или комплекса физико-химических методов для решения исследовательских задач.**

Требования к качеству аналитических работ в геоанализе и нормативные документы.

Методические и метрологические стандарты, рекомендации, руководства в области физико-химических методов анализа геологических проб и объектов окружающей среды.

Аналитические характеристики и статистические оценки. Критерии сравнения аналитических возможностей различных методов и выбора наиболее соответствующего цели исследования.

### Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ Раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)
			Всего часов		
1	1	Расчёт метрологических показателей результатов измерений конкретной методики (предел обнаружения, повторяемость, характеристика погрешности). Сравнение результатов двух параллельных измерений, полученных разными методами.	6	Отчет	ИД-1опк-3 ИД-2опк-3
2	2	Знакомство с процедурой подготовки пробы (вода, почва, горные породы) к анализу с документированием процедуры. Знакомство с процедурами химической подготовки проб к анализу.	4	Отчет	ИД-1пк-2 ИД-2пк-2
3	4	Знакомство с работой волнодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра. Приближенно-количественный рентгенофлуоресцентный анализ.	1	Отчет	ИД-1опк-2 ИД-2опк-2 ИД-1опк-3 ИД-2опк-3 ИД-1пк-2
4	4	Знакомство с алгоритмом проведения количественного рентгенофлуоресцентного анализа. Способы подготовки проб к РФА	2	Отчет	ИД-1опк-2 ИД-2опк-2 ИД-1опк-3 ИД-2опк-3 ИД-1пк-2 ИД-2пк-2
5	4	Знакомство с работой электронно-зондового рентгеноспектрального микроанализатора. Пример проведения количественного рентгеноспектрального микроанализа.	4	Отчет	ИД-1опк-2 ИД-2опк-2 ИД-1опк-3 ИД-2опк-3 ИД-1пк-2 ИД-2пк-2
6	4	Знакомство с работой на энергодисперсионном рентгеновском спектрометре. Примеры проведения измерения и обработки спектров.	4	Отчет	ИД-1опк-2 ИД-2опк-2 ИД-1опк-3 ИД-2опк-3 ИД-1пк-2 ИД-2пк-2
7	5	Определение валовых содержаний химических элементов в природных объектах (вода, почва, горные породы) методом атомно-эмиссионной спектроскопии с разными источниками возбуждения (со специалистом). Обработка результатов измерения.	4	Отчет	ИД-1опк-2 ИД-2опк-2 ИД-1опк-3 ИД-2опк-3 ИД-1пк-2 ИД-2пк-2
8	5	Определение щелочных металлов в растворах проб методом пламенной атомно-эмиссионной спектроскопии (со специалистом). Обработка результатов.	2	Отчет	ИД-1опк-2 ИД-2опк-2 ИД-1опк-3 ИД-2опк-3 ИД-1пк-2 ИД-2пк-2
9	5	Определение металлов методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной или электротермической атомизацией (со специалистом). Обработка результатов.	4	Отчет	ИД-1опк-2 ИД-2опк-2 ИД-1опк-3 ИД-2опк-3

№ п/п	№ Раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Оценоч- ные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)
			Всего часов		
		Определение ртути в природных объектах (вода, почвы, горные породы) методом непламенной атомно-абсорбционной спектроскопии.			ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>
10	6	Знакомство с выполнением измерений на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой (со специалистом).  Обработка результатов анализа.	6	Отчет	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>
11	7	Выполнение измерений на спектрофотометре (со специалистом), обработка результатов.	4	Отчет	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>
12	7	Люминесцентный анализ монокристаллов.  Обработка результатов по спектрам люминесценции (со специалистом).	2	Отчет	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>
13	7	Знакомство с выполнением измерений на ИК спектрометре (со специалистом).	2	Отчет	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>
14	8	Знакомство с методом газовой хроматографии (со специалистом).  Работа с хроматограммой.  Качественный и количественный анализ.	4	Отчет	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>
15	9	Анализ проб воды методом капиллярного электрофореза (со специалистом).  Обработка электрофореграмм.	2	Отчет	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>
16	9	Измерение потенциометрическим методом (со специалистом) водородного показателя (рН) проб воды  или Измерение массовой концентрации фтора методом потенциометрии.	2	Отчет	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>
17	9	Определение удельной электрической проводимости (со специалистом) в пробах воды с помощью кондуктометра.	2	Отчет	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> ИД-1 <sub>ПК-2</sub> ИД-2 <sub>ПК-2</sub>

#### **4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов**

**Виды самостоятельной работы:** проработка разделов теоретического курса, работа с литературой и подготовка к устному опросу или собеседованию.

**Цель:** закрепление и более углубленная проработка изучаемого материала, систематизация знаний и получение практических навыков для решения задач профессиональной деятельности.

**Задачи:** изучить лекционный материал, учебную литературу и периодические издания; выполнить поиск дополнительной информации с помощью электронных ресурсов; обобщить и провести анализ полученной информации; применить способы обработки полученных данных для конкретных исследовательских задач.

**Критерии оценивания:** степень понимания вопроса, правильность применения терминологии и полнота ответа, способность произвести необходимые расчеты, изложение дополнительной информации по теме изученного материала.

### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **5.1 перечень основной и дополнительной литературы**

##### основная литература

1. Отто М. Современные методы аналитической химии. В 2-х т. М.: Техносфера, 2003. – 416 с.
2. Вершинин В. И., Власова И. В., Никифорова И. А. Аналитическая химия. СПб.: Изд-во "Лань", 2022. – 428 с
3. Карпов Ю.А., Савостин А.П. Методы пробоотбора и пробоподготовки. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2003. – 243 с.
4. Спектральные методы анализа. Практическое руководство: учебное пособие/ В.И. Васильева, О.Ф. Стоянова, И.В. Шкутина, С.И. Карпов. – СПб.: Лань, 2022. – 416 с. – ISBN 978-5-8114-1638-7. – Текст: электронный// Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/211631> (дата обращения: 22.04.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Ганеев А.А., Шолупов С.Е., Пупышев А.А., Большаков А.А., Погарев С.Е. Атомно-абсорбционный анализ. СПб: Изд-во "Лань", 2011. – 314 с.
6. Бёккер Ю. Спектроскопия. Техносфера, 2009. – 528 с.
7. Конюхов В. Ю. Хроматография: учебник. СПб: Изд-во «Лань», 2022. – 224 с.
8. Лосев Н.Ф., Смагунова А.Н. Основы рентгеноспектрального флуоресцентного анализа. – М.: Химия, 1982. – 208 с.
9. Количественный электронно-зондовый микроанализ: Перевод с англ./ Под. Ред. В. Лава, Г. Скотта. – М.: Мир, 1986. – 352 с.
10. Терещенко А.Г., Пикула Н.П., Толстихина Т.В. Внутрилабораторный контроль качества результатов анализа с использованием лабораторной информационной системы. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 312 с.

##### дополнительная литература

1. Кристиан Г. Аналитическая химия: в 2 т. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. (серия «Лучший зарубежный учебник»).
2. Методы и достижения современной аналитической химии /Г.К. Будников, В.И. Вершинин, Г.А. Евтюгин и др.– СПб.: Лань, 2021. – 588 с. Режим доступа: <https://reader.lanbook.ru/book/169809#1>
3. Шачнева Е.Ю. Хемометрика. Базовые понятия. Изд-во: "Лань", 2016. – 160 с. [https://e.lanbook.com/book/90051?category\\_pk=3866#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/90051?category_pk=3866#book_name)

4. Долгоносов А. М., Рудаков О. Б., Прудковский А. Г. Колоночная аналитическая хроматография: практика, теория, моделирование. Изд-во "Лань", 2022, – 468 с.
5. Блюм Б. Основы ЯМР. М.: Техносфера, 2011. – 256 с.
6. Пупышев А.А. Атомно-абсорбционный анализ. М.: Техносфера, 2009. [https://e.lanbook.com/book/5108?category\\_pk=3866#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/5108?category_pk=3866#book_name)
7. Сычев С. Н., Гаврилина В. А. Высокоэффективная жидкостная хроматография: аналитика, физическая химия, распознавание многокомпонентных систем. Изд-во: "Лань", 2013. – 256 с. [https://e.lanbook.com/book/5108?category\\_pk=3866#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/5108?category_pk=3866#book_name)
8. Бахтиаров А.В. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ в геологии и геохимии. М.: Недра, 1985. – 144 с.
9. Ревенко А.Г. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ природных материалов. ВО "Наука", Новосибирск, 1994. – 264 с.
10. Рид С. Дж. Б. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии: пер. с англ. / под ред. Д. Б. Петрова, И.М. Романенко, В.А. Ревенко. М.: Техносфера, 2008. – 232 с.

## 5.2. периодические издания

Журнал Аналитической химии (<http://www.zhakh.ru>)

Журнал «Заводская лаборатория. Диагностика материалов» (<https://www.zldm.ru/jour>)

Журнал «Аналитика и контроль» (<https://journals.urfu.ru/index.php/analitika>)

Журнал «X-ray spectrometry»

(<https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/journal/10974539>)

Журнал «Разведка и охрана недр» (<http://rion-journal.com/>)

## 5.3. базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная электронная библиотека: <http://elibrary.ru>

2. Электронная библиотека – раздел информационного ресурса Научной библиотеки Иркутского государственного университета: <http://library.isu.ru/>

3. Доступ к сайту "Аналитическая химия в России": <http://rusanalytchem.org>

4. Экологический портал России и стран СНГ: <http://www.ecologysite.ru>

5. Physical Reference Data, X-Ray and Gamma-Ray Data

<http://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayTrans/Html/search.html>

6. X-ray Data Booklet <http://xdb.lbl.gov/>

7. Поисковая интернет-платформа Web of Science

<https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>

8. Библиографическая и реферативная база данных «Scopus» <https://www.scopus.com/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

В ИГХ СО РАН оборудована аудитория, которая оснащена ноутбуком, мультимедийным проектором и проекционным экраном. Для проведения занятий используется иллюстрационный материал в виде презентаций. В аудитории имеется доступ к сети интернет.

При выполнении лабораторных работ студенты используют следующее аналитическое оборудование.

1. Масс-спектрометр высокого разрешения с двойной фокусировкой ICP/HRMS ELEMENT 2 (Thermo Scientific, Германия)
2. Оптический эмиссионный спектрометр с индуктивно связанной плазмой iCAP 6300 Duo (Thermo Scientific, США)
3. Атомно-эмиссионный спектрографДФС-458 с МАЭС, генератором «Шаровая молния» и установкой «Поток», (ВМК-Оптоэлектроника, Новосибирск, Россия)

4. Атомно-эмиссионный спектрограф ДФС-458 с МАЭС и генератором «Везувий» (ВМК-Оптоэлектроника, Новосибирск, Россия)
5. Оптический спектрофотометр Lambda 950 (Perkin Elmer, США)
6. Спектрометр атомно-абсорбционный AAnalyst 800 с электротермическим и пламенным атолизаторами (Perkin Elmer, США)
7. Спектрометр атомно-абсорбционный модель 403 с пламенным атолизатором (Perkin Elmer, США)
8. Хромато-масс-спектрометрический комплекс «Кристалл 5000» (Хроматэк, Россия)
9. Рентгеновский флуоресцентный спектрометр VRA-20 («Карл Цейс», Германия)
10. Рентгеновский флуоресцентный спектрометр VRA-30 («Карл Цейс», Германия)
11. Волнодисперсионный флуоресцентный спектрометр S4 Pioneer (Bruker AXS, Германия).
12. Настольный энергодисперсионный рентгеновский спектрометр X-Supreme 800 (Hitachi, Япония)
13. Электронно-зондовый микроанализатор JXA 8200 (JEOL, Япония).
14. Ртутный анализатор РА-915М с приставками РП-92 и ПИРО-915+
15. Система капиллярного электрофореза КАПЕЛЬ-105М
16. Пламенный спектрофотометр ДФС-12
17. Дробильно-истирательное оборудование Pulverisette (Fritsch, Германия)

## 6.2. Программное обеспечение:

Компьютерное оборудование имеет программное обеспечение MS Office. Используемое аналитическое оборудование оснащено компьютерами с индивидуальным программным обеспечением отечественного и зарубежного производства.

## 6.3. Технические и электронные средства обучения:

Мультимедийный компьютер (графическая операционная система, аудио- и видео, возможность выхода в Интернет; пакет прикладных программ). Мультимедийные проектор и проекционный экран.

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе реализации данной дисциплины используются следующие формы обучения: лекционно-семинарские занятия, лабораторные работы, собеседования, технология профессионально-ориентированного обучения.

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### Этапы формирования компетенций (индикаторов достижения компетенций) и их показателей (дескрипторов)

Наименование раздела / темы (в соответствии с таблицей п.4.1)	Компетенция ОПК-2					ИД-2опк-2				
	ИД-1опк-2					З-1	З-2	З-3	У-1	В-1
Общие вопросы и основные понятия химического анализа вещества. Стандартные образцы.	+	+	+	+	+				+	
Отбор и подготовка проб различного состава к анализу.	+	+	+	+		+			+	+
Общие вопросы и основы физико-химических методов анализа.	+	+	+	+	+	+			+	+
Рентгеновские методы анализа	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Методы атомной спектроскопии. Атомно-эмиссионный и атомно-	+	+	+	+	+	+	+	+		+

абсорбционный анализ.									
Методы масс-спектрометрии	+	+	+	+	+	+	+		+
Методы молекулярной оптической спектрометрии	+	+	+	+	+	+	+		+
Хроматография. Хромато-масс-спектрометрия.	+	+	+	+	+	+	+		+
Электрохимические методы анализа, капиллярный электрофорез	+	+	+	+	+	+	+		+
Сравнение аналитических методов и выбор оптимальных методов для решения исследовательских задач	+	+	+	+	+	+		+	+

### Компетенция ОПК-3

Наименование раздела / темы (в соответствии с таблицей п.4.1)	ИД-1опк-3			ИД-2опк-3		
	З-1	У-1	В-1	З-1	У-1	В-1
Общие вопросы и основные понятия химического анализа вещества. Стандартные образцы.	+			+	+	+
Отбор и подготовка проб различного состава к анализу.						
Общие вопросы и основы физико-химических методов анализа.	+		+	+	+	+
Рентгеновские методы анализа	+	+	+	+	+	+
Методы атомной спектрометрии. Атомно-эмиссионный и атомно-абсорбционный анализ.	+	+	+	+	+	+
Методы масс-спектрометрии	+	+	+	+	+	+
Методы молекулярной оптической спектрометрии	+	+	+	+	+	+
Хроматография. Хромато-масс-спектрометрия.	+	+	+	+	+	+
Электрохимические методы анализа, капиллярный электрофорез	+	+	+	+	+	+
Сравнение аналитических методов и выбор оптимальных методов для решения исследовательских задач	+	+	+	+	+	+

### Компетенция ПК-2

Наименование раздела / темы (в соответствии с таблицей п.4.1)	ИД-1пк-2				ИД-2пк-2		
	З-1	З-2	У-1	В-1	З-1	У-1	В-1
Общие вопросы и основные понятия химического анализа вещества. Стандартные образцы.							
Отбор и подготовка проб различного состава к анализу.	+	+	+		+	+	+
Общие вопросы и основы физико-химических методов анализа.							
Рентгеновские методы анализа		+			+	+	+
Методы атомной спектрометрии. Атомно-эмиссионный и атомно-абсорбционный анализ.		+			+	+	+
Методы масс-спектрометрии		+			+	+	+
Методы молекулярной оптической спектрометрии		+			+	+	+
Хроматография. Хромато-масс-спектрометрия.					+	+	



Электрохимические методы анализа, капиллярный электрофорез		+			+	+	+
Сравнение аналитических методов и выбор оптимальных методов для решения исследовательских задач		+	+		+	+	+

**Соотнесение оценочных материалов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации с результатами обучения**

Индекс компетенции	Индекс индикатора достижения компетенции	Индекс дескриптора индикатора достижения компетенции (в соответствии с разделом 3 настоящей РПД)	Номера заданий / вопросов, из оценочных материалов контроля текущей успеваемости, позволяющих оценить степень сформированности дескриптора компетенции	Номера вопросов из оценочных материалов промежуточной аттестации, позволяющих оценить степень сформированности дескриптора компетенции	
				семестр 1	семестр 2
<b>ОПК-2</b>	<b>ИД-1<sub>ОПК-2</sub></b>	<b>З-1</b>	1- 5, 12, 35	2, 4, 5, 8-10	1-8, 10
		<b>У-1</b>	1, 35	9, 10	2, 3, 6, 7
		<b>У-2</b>	1, 3, 12	2, 4, 6, 8-10	5-8, 10
		<b>В-1</b>	1, 3, 4, 5	6, 9, 10	3, 7, 8
	<b>ИД-2<sub>ОПК-2</sub></b>	<b>З-1</b>	2, 3, 12, 18, 19, 22, 23-29, 33, 34, 36, 37	1, 4-10	2, 4-8, 10
		<b>З-2</b>	12-14, 18, 19, 22-30, 33, 34, 36, 37	3, 6-10	2-5, 7, 8, 10
		<b>З-3</b>	12, 18, 19, 20-24, 26-28, 30, 32-37, 39	1, 3, 5, 7-10	2-8, 10
		<b>У-1</b>	1, 3, 12, 16, 20, 21, 38, 39	1, 4, 7-10	1- 9
		<b>В-1</b>	1, 3, 12, 16, 20, 21, 38, 39	1, 6-10	2-10
<b>ОПК-3</b>	<b>ИД-1<sub>ОПК-3</sub></b>	<b>З-1</b>	1, 3, 16, 38, 39	4, 6, 9	2, 7, 9
		<b>У-1</b>	1, 3, 16, 38, 39	6, 9	2, 5, 7, 9
		<b>В-1</b>	1, 3, 16, 38, 39	6, 7	5, 7, 9
	<b>ИД-2<sub>ОПК-3</sub></b>	<b>З-1</b>	1, 3, 16, 38, 39	9, 10	1- 9
		<b>У-1</b>	1, 3, 16, 38, 39	9, 10	2, 5, 7- 9
		<b>В-1</b>	1, 3, 16, 38, 39	6, 7	5, 7- 9
<b>ПК-2</b>	<b>ИД-1<sub>ПК-2</sub></b>	<b>З-1</b>	4-9	7, 9	8
		<b>З-2</b>	5, 7, 8	5, 7, 10	3, 7, 8, 10
		<b>У-1</b>	4-9	7	7, 8
		<b>В-1</b>	1, 4-8	10	2, 3, 7, 8
	<b>ИД-2<sub>ПК-2</sub></b>	<b>З-1</b>	1, 10, 11, 18, 19, 21, 22-24, 26-37	3, 5, 7, 9, 10	3, 7, 8, 10
		<b>У-1</b>	1, 10, 11, 18, 19, 21, 22-24, 26-37	7, 9, 10	3, 7, 8, 10
		<b>В-1</b>	8, 10, 11	3, 10	3, 7, 8, 10

## 8.1. Оценочные материалы для текущего контроля

### Материалы для проведения текущего контроля знаний студентов:

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Индикаторы достижения компетенций (компоненты), которые контролируются
1	Устный опрос/ собеседование	1-10	ИД-1опк-2 ИД-2опк-2 ИД-1опк-3 ИД-2опк-3 ИД-1пк-2 ИД-2пк-2
2	Отчет	1-2, 4-9	

#### Примерный перечень вопросов для устных опросов по пройденному материалу:

1. Общие требования к анализу проб различного состава.
2. Принцип метода, методика анализа.
3. Метрологические характеристики методик.
4. Схема аналитического процесса, стадии анализа.
5. Правила отбора проб.
6. Методики и оборудование для отбора проб.
7. Документирование процедуры отбора проб.
8. Схема пробоподготовка горных пород к химическому анализу.
9. Отбор воды. Используемое оборудование, посуда, реагенты, способы концентрирования.
10. Способы химической пробоподготовки. Требования к реактивам для анализа.
11. Методы разделения и концентрирования.
12. Классификация методов анализа вещества по способу получения аналитического сигнала.
13. Аналитический сигнал в химическом анализе, его статистические оценки и способы обработки.
14. Разрешение аналитических сигналов. Способы снижения отношения сигнал/шум.
15. Построение градуировочных зависимостей в химическом анализе. Нахождение содержания вещества по градуировочной зависимости.
16. Оценивание метрологических характеристик методик анализа (предела обнаружения, характеристика погрешности результата, неопределённость измерения).
17. Стандартные образцы, применение для градуировки методик и контроля точности результатов анализа.
18. Рентгенофлуоресцентный анализ. Области применения, метрологические характеристики метода.
19. Электронно-зондовый микроанализ. Области применения и метрологические характеристики метода.
20. Какие профессиональные задачи могут быть решены с помощью метода рентгенофлуоресцентного анализа?
21. При решении каких задач требуется определение химического состава в тонком слое образца, а когда анализ в малой локальной области образца?
22. Методы рентгеноструктурного и рентгенофазового анализа. Аналитическое оборудование. Области применения и метрологические характеристики методов.
23. Атомно-эмиссионная спектрометрия. Аналитическое оборудование. Области применения и метрологические характеристики метода.
24. Атомно-абсорбционная спектрометрия. Аналитическое оборудование. Области применения и метрологические характеристики метода.
25. Теоретические основы молекулярно-абсорбционной спектрометрии. Основной закон

свопоглощения.

26. Спектрофотометрия. Область применения и метрологические характеристики метода.
27. Инфракрасная спектрометрия. Качественный и количественный анализ.
28. Люминесцентный анализ. Принцип метода и области его применения.
29. Теоретические основы масс-спектральных методов анализа веществ.
30. Источники ионов, детекторы, типы масс-спектрометров и области их применения.
31. Способы подготовки проб к масс-спектрометрическому анализу.
32. Метод изотопного разбавления.
33. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Элементный анализ.
34. Основы процесса хроматографического разделения.
35. Виды хроматографии. Используемые материалы и оборудование. Области применения.
36. Капиллярный электрофорез. Оборудование и области применения метода.
37. Электрохимические методы анализа. Оборудование и области применения.
38. Нормативные документы, рекомендации и руководства в области анализа объектов окружающей среды.
39. Критерии выбора физико-химических методов для решения поставленной задачи исследования.

**Критерием оценки устного опроса** являются: полнота ответа, четкость формулировок, способность выделять основные положения или обобщать информацию по пройденному материалу, делать выводы и приводить примеры. По представленному студентом ответу преподаватель делает заключение об удовлетворительности (неудовлетворительности) полученных знаний.

**Отчет по практической (лабораторной) работе** составляется в письменной форме, содержит основные пункты выполненной практической работы, необходимые расчеты, результаты в установленном виде и выводы.

**Критерии оценки отчета:**

- отчет **принимается**, если он выполнен в полном объеме в соответствии с заданием, в нем приводятся краткое описание, все необходимые расчёты, результаты и выводы;
- отчёт **не принимается**, если он выполнен не в полном объеме, не в соответствии с заданием или имеются существенные недочеты.

## 8.2 Оценочные материалы для промежуточной аттестации

### Спецификация тестовых заданий для промежуточной аттестации в 1 семестре

Для проведения зачета по дисциплине «Физико-химические методы исследования вещества» используется комплект тестовых заданий, которые содержат 4 задания базового уровня сложности, 3 задания повышенного уровня сложности, 3 задания высокого уровня сложности и направлены на оценку сформированности следующих компетенций (индикаторов достижения компетенций) ОПК-2 (ИД-1<sub>ОПК-2</sub>, ИД-2<sub>ОПК-2</sub>), ОПК-3 (ИД-1<sub>ОПК-3</sub>, ИД-2<sub>ОПК-3</sub>), ПК-2 (ИД-1<sub>ПК-2</sub>, ИД-2<sub>ПК-2</sub>).

Время на выполнение тестовых заданий для зачета 40 минут.

Максимальная сумма баллов за правильное выполнение всех тестовых заданий 26 (вариант 1) / 24 (вариант 2).

№ тестового задания	Тип тестового задания	Сценарий выполнения тестового задания*	Уровень сложности	Контролируемый ИДК	Балл*
---------------------	-----------------------	--	-------------------	--------------------	-------

1	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде буквы в поле ответа.	Базовый	ИД-2ОПК-2, ИД-2ОПК-3	1
2	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде буквы в поле ответа.	Базовый	ИД-1ОПК-2, ИД-2ОПК-2, ИД-2ОПК-3	1
3	Закрытого типа на выбор двух правильных ответов	Выбрать два правильных ответа из приведенных вариантов. Ответ записать в виде букв в поле ответа.	Базовый	ИД-1ОПК-2, ИД-1ПК-2, ИД-2ПК-2 (для варианта 2)	1
4	Закрытого типа на установление соответствия	Установить соответствие. Ответ записать в виде комбинации цифр и букв	Повышенный	ИД-2ОПК-2, ИД-2ОПК-3	2/1*
5	Закрытого типа на установление последовательности	Установить правильную последовательность. Ответ записать в виде последовательности букв, соответствующих предложенным вариантам	Повышенный	ИД-1ОПК-2, ИД-2ОПК-2, ИД-2ОПК-3	4/1*
6	Комбинированного типа с выбором одного или нескольких правильных вариантов ответа с его аргументацией	Выберите правильные варианты ответа и дайте краткую аргументацию. Ответ записать в виде букв, отвечающих правильным вариантам, в первое поле ответа, краткую аргументацию – во второе поле ответа	Повышенный	ИД-2ОПК-2, ИД-1ОПК-3, ИД-2ОПК-3	4/2*
7 (вариант 1)	Открытого типа с кратким ответом (перечислением)	Перечислите варианты... Ответ запишите в поле ответа	Базовый	ИД-2ОПК-2	3/1*
7 (вариант 2)	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде буквы в поле ответа.	Базовый	ИД-1ПК-2	1
8	Открытого типа с кратким ответом	Назовите основные источники...(вар. 1)/ Что лежит в основе метода... (вар. 2) Ответ запишите в поле ответа	Высокий	ИД-2ОПК-2	2/1*
9	Открытого типа с развернутым ответом	Опишите принципы методов...(вар. 1)/ Опишите роль и основные типы...(вар. 2) Ответ запишите в поле ответа	Высокий	ИД-2ОПК-2	4/2*
10	Открытого типа с развернутым ответом	Опишите требования и способы подготовки образцов... (вар. 1) / Перечислите основные типы...(вар. 2) Ответ записать в поле ответа	Высокий	ИД-2ОПК-2, ИД-2ПК-2	4/2*

Примечание:

\* балл за неполный или частично правильный вариант ответа на тестовое задание.

**Критерии оценивания зачета:**

Оценка	Суммарный балл за выполнение тестовых заданий
зачтено	вариант 1: 13-26; вариант 2: 13- 24
незачтено	менее 13

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАЧЕТА В 1 СЕМЕСТРЕ**

**Вариант 1**

**1. Для атомов каких элементов принципиально невозможно образование рентгеновского спектра? Выберите верный вариант ответа.**

- А) Литий и бериллий
- Б) Гелий и водород
- В) Все инертные газы

**Ответ:** \_\_\_\_

**2. К какому виду анализа относится определение массовой доли золота в пробе? Выберите верный вариант ответа.**

- А. Изотопный анализ
- Б. Элементный анализ
- В. Вещественный анализ
- Г. Фазовый анализ

**Ответ:** \_\_\_\_

**3. Какие типы ламп используются в качестве источников излучения в атомно-абсорбционной спектроскопии? Выберите два верных варианта ответа.**

- А. Лампа накаливания
- Б. Безэлектродная разрядная лампа
- В. Дейтериевая лампа
- Г. Лампа с полым катодом

**Ответ:** \_\_\_\_

**4. Установите соответствие между понятиями химического анализа, приведенными в столбцах. Ответ запишите в поле ответа в виде цифр, соотносимых с утверждением.**

А. Атомно-абсорбционная спектроскопия	1. Принцип метода
Б. Определение массовой доли марганца в рудном и нерудном минеральном сырье.	2. Методика анализа
В. Поглощение электромагнитного излучения невозбужденными свободными атомами	3. Метод анализа

**Ответ:**

А	Б	В

**5. Расположите в правильной последовательности этапы масс-спектрометрического анализа пробы:**

А – детектирование ионов,

Б – ввод пробы в прибор,

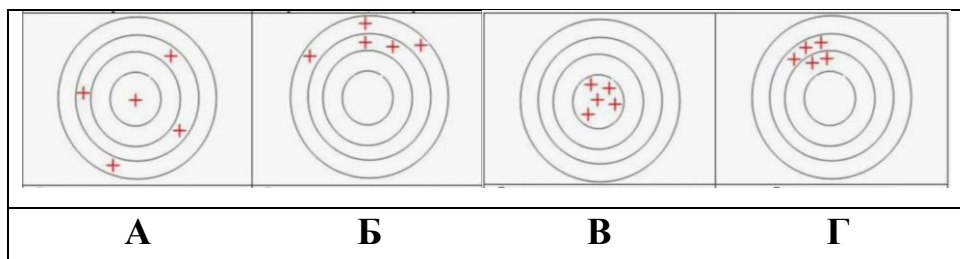
В – обработка результатов,

Г – ионизация,

Д – разделение и сортировка ионов по соотношению  $m/z$ .

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**6. На рисунке схематично показаны варианты результатов измерений определяемой величины. В каком случае результаты анализа имеют высокую воспроизводимость? Выберите два верных варианта ответа и аргументируйте свой ответ.**



**Ответ:** \_\_\_\_

**7. Перечислите три основных способа определения концентрации элемента в пробе?**

**Ответ:**

**8. Назовите основные источники возбуждения в атомно-эмиссионном анализе и чем они различаются.**

**Ответ:**

**9. Какие аналитические методы, основанные на взаимодействии рентгеновского излучения с веществом, используются в геохимии? Кратко опишите принципы этих методов и задачи, которые решаются с их помощью.**

**Ответ:**

**10. Каким образом готовят образцы для исследования методом рентгеноспектрального электронно-зондового микроанализа, и каковы требования, предъявляемые к поверхности исследуемых объектов?**

**Ответ:**

### **Вариант 2**

**1. Укажите длину волны рентгеновского излучения? Выберите верный вариант ответа.**

А) от  $\sim 10^{-5}$  до  $\sim 10^{-3}$  нм

Б) от  $\sim 10^2$  до  $\sim 10^{-3}$  нм

В) от  $\sim 10^2$  до  $\sim 10^5$  нм

Г) от  $\sim 10^5$  до  $\sim 10^{10}$  нм

**Ответ:** \_\_\_\_

**2. К какому виду анализа относится определение в пробе соотношения  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ? Выберите верный вариант ответа.**

А. Изотопный анализ

Б. Элементный анализ

В. Вещественный анализ

Г. Фазовый анализ

**Ответ:** \_\_\_\_

**3. Укажите способы химической пробоподготовки? Выберите два верных варианта ответа.**

А. Сплавление

Б. Истирание

В. Кислотное разложение

Г. Квартование

**Ответ:** \_\_\_\_

**4. Соотнесите понятиями химического анализа, приведенные в столбцах. Ответ запишите в поле ответа в виде цифр, соотносимых с утверждением.**

А. Испускание квантов света возбужденными атомами	1. Принцип метода
Б. Атомно-эмиссионная спектроскопия	2. Методика анализа

**В. Атомно-эмиссионное определение массовой доли хрома в горных породах**

**3. Метод анализа**

**Ответ:**

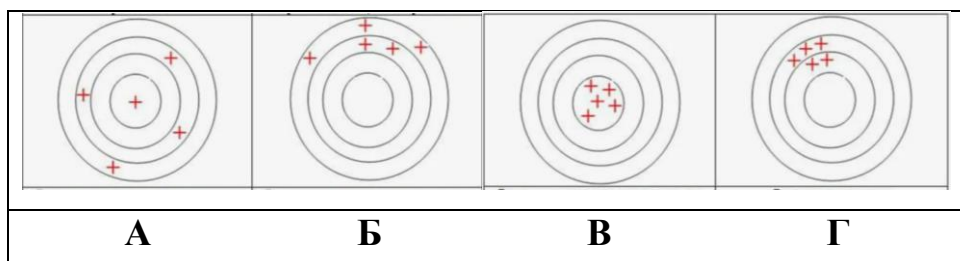
А	Б	В

**5. Последовательно расположите этапы аналитического исследования образца горной породы:**

- А – измельчение,
- Б – химическая деструкция,
- В – пробоотбор,
- Г – измерение аналитического сигнала,
- Д – обработка результатов

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**6. На рисунке схематично показаны варианты результатов измерений определяемой величины. На каком из них показаны наиболее точные результаты анализа? Выберите верный вариант ответа и аргументируйте свой выбор.**



**Ответ:** \_\_\_\_\_

**7. Какую пробу называют представительной? Выберите верный вариант ответа.**

- А. Идентична по составу, свойствам и/или структуре исследуемому материалу
- Б. Имеет значительную массу (объем) вещества
- В. Отражает общий тип анализируемого материала

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**8. Что лежит в основе метода рентгеноспектрального электронно-зондового микроанализа? Как происходит возбуждение рентгеновского излучения при рентгеноспектральном электронно-зондовом микроанализе?**

**Ответ:**



9. В чем состоит роль атомизатора в атомно-абсорбционном анализе, какие основные типы атомизаторов используются? Кратко опишите их.

Ответ:

10. По какому принципу классифицируют рентгенофлуоресцентные спектрометры? Перечислите основные типы рентгенофлуоресцентных спектрометров.

Ответ:

#### КЛЮЧИ ПРАВИЛЬНЫХ ОТВЕТОВ К ТЕСТОВЫМ ЗАДАНИЯМ

Номер тестового задания	Правильные ответы	
	Вариант 1	Вариант 2
1	Б	Б
2	Б	А
3	Б, Г	А, В
4	А3, Б2, В1	А1, Б3, В2
5	Б, Г, Д, А, В	В, А, Б, Г, Д
6	<p><b>В, Г</b></p> <p>Воспроизводимость – степень близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в конкретных регламентируемых условиях.</p> <p><b>Скопление точек</b> показывает близость значений результатов между собой.</p>	<p><b>В</b></p> <p>Результат анализа считают точным, если он одновременно правильный и воспроизводимый (т.е. составляющие систематической и случайной погрешности близки к нулю).</p> <p><b>Скопление точек в центре круга</b> (мишени) указывает на высокую точность результатов анализа.</p>
7	<p>- Метод градуировочного графика</p> <p>- Метод ограничивающих стандартов</p> <p>- Метод добавок</p>	А
8	<p>Пламя, электрическая дуга, высоковольтная искра, индуктивно связанная плазма, лазер.</p> <p>Источники различаются по температуре.</p> <p><i>Пламя является самым низко температурным источником (2000-3000 К), дуга (4000-6000 К), плазма (до</i></p>	<p>В основе метода РСМА лежит регистрация первичных рентгеновских спектров.</p> <p>Возбуждение рентгеновского излучения происходит с помощью электронного зонда, при взаимодействии сфокусированного электронного пучка с анализируемым веществом.</p>

	<i>10 000 K), искра (10 000-20 000 K).</i>	
9	<p>Основные методы, основанные на взаимодействии рентгеновского излучения с веществом, которые используются в геохимии – рентгенофлуоресцентный анализ, электронно-зондовый микроанализ и рентгеновская дифракция.</p> <p><u>Рентгенофлуоресцентный анализ</u> основан на измерении вторичного рентгеновского излучения, возбуждаемого в образце первичным рентгеновским излучением, и позволяет проводить качественный и количественный элементный анализ.</p> <p><u>Метод электронно-зондового микроанализа</u> основан на возбуждении рентгеновского излучения в исследуемом образце с помощью тонкого электронного пучка и используется для изучения локальных областей геологических объектов.</p> <p><u>Метод рентгеновской дифракции</u> основан на способности рентгеновских лучей отражаться от плоскостей, образуемых атомами в кристаллической решетке, он используется как для определения качественного и полуколичественного определения фазового состава, так и для определения параметров элементарной ячейки и расположения в ней атомов.</p>	<p>Роль атомизатора – перевод пробы в атомарное состояние.</p> <p>В атомно-абсорбционном анализе используются два основных типа атомизаторов: пламенные и электротермические.</p> <p>Пламенные атомизаторы представляют собой горелку, в которой горит пламя (смесь горючих газов). Эти атомизаторы используются в анализе жидких проб. Раствор пробы подается по капилляру и впрыскивается в пламя. Достоинство пламенного атомизатора – простота, стабильность и высокая воспроизводимость результатов.</p> <p>Электротермические атомизаторы представляют собой графитовые трубки (трубчатая печь), нагреваемые электрическим током. Капля пробы помещается в атомизатор, испаряется и переходит в атомный пар. Сквозь атомизатор пропускают свет переделённой длины волны от внешнего источника селективного излучения и измеряют аналитический сигнал. Преимущества: более высокая чувствительность, селективность, малый объем пробы (микролитры).</p>
10	<p>Образцы готовят в виде полированных шлифов, полированных аншлифов или запрессовки исследуемых объектов в эпоксидную смолу.</p> <p>Образцы порошкового материала наклеивают на металлическую подложку с помощью углеродного скотча.</p> <p>Поверхность образцов при РСМА должна быть плоско полированной, электропроводящей, устойчивой в вакууме и не разрушающейся под действием электронного пучка в течение времени анализа.</p>	<p>Рентгенофлуоресцентные спектрометры классифицируют исходя из:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>источника рентгеновского излучения</u> (радиоактивный источник, рентгеновская трубка, синхротрон),</li> <li>- <u>способа детектирования излучения</u> (энергодисперсионные и волнодисперсионные),</li> <li>- <u>особенностей конструкции</u> (с классической геометрией, с полным внешним отражением).</li> </ul>

### Спецификация тестовых заданий для промежуточной аттестации во 2 семестре

Для проведения зачета по дисциплине «Физико-химические методы исследования вещества» используется комплект тестовых заданий, которые содержат 6 заданий

базового уровня сложности, 2 задания повышенного уровня сложности, 2 задания высокого уровня сложности и направлены на оценку сформированности следующих компетенций (индикаторов достижения компетенций) ОПК-2 (ИД-1ОПК-2, ИД-2ОПК-2), ОПК-3 (ИД-1ОПК-3, ИД-2ОПК-3), ПК-2 (ИД-1ПК-2, ИД-2ПК-2).

Время на выполнение тестовых заданий для зачета 30-40 минут.

Максимальная сумма баллов за правильное выполнение всех тестовых заданий 22.

№ тестового задания	Тип тестового задания	Сценарий выполнения тестового задания*	Уровень сложности	Контролируемый ИДК	Балл*
1	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде буквы в поле ответа.	Базовый	ИД-1ОПК-2, ИД-2ОПК-2, ИД-2ОПК-3	1
2	Закрытого типа на выбор нескольких правильных ответов	Выбрать три правильных ответа из приведенных вариантов. Ответ записать в виде букв в поле ответа.	Базовый	ИД-1ОПК-2, ИД-2ОПК-2, ИД-2ОПК-3	1
3	Закрытого типа на выбор одного или нескольких правильного ответа	Выбрать один (вар. 1) или пять (вар. 2) правильных ответов из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-1ОПК-2, ИД-1ПК-2, ИД-2ПК-2	1
4	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов.	Базовый	ИД-2ОПК-2, ИД-2ОПК-3	1
5	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Ответ записать в виде буквы в поле ответа.	Базовый	ИД-1ОПК-2, ИД-2ОПК-2, ИД-2ОПК-3	1
6	Закрытого типа на выбор нескольких правильных ответов	Выбрать один (вар. 1) или два (вар. 2) правильных ответа из приведенных вариантов. Ответ записать в виде букв в поле ответа.	Базовый	ИД-2ОПК-2, ИД-1ОПК-3, ИД-2ОПК-3	1
7	Закрытого типа на установление соответствия	Установить соответствие. Ответ записать в виде комбинации цифр и букв	Повышенный	ИД-2ОПК-2, ИД-2ОПК-3	4/2*
8	Закрытого типа на установление последовательности	Установить правильную последовательность. Ответ записать в виде последовательности букв, соответствующих предложенным вариантам	Повышенный	ИД-1ОПК-2, ИД-2ОПК-2, ИД-2ОПК-3, ИД-2ПК-2	4/2*
9	Открытого типа с развернутым ответом	Дайте определение понятиям. Ответ запишите в поле ответа	Высокий	ИД-1ОПК-2, ИД-2ОПК-2, ИД-2ОПК-3	4/2*
10	Открытого типа с развернутым ответом	Опишите... Ответ записать в поле ответа	Высокий	ИД-1ОПК-2, ИД-2ОПК-2, ИД-2ОПК-3	4/2*

Примечание:

*\* балл за неполный или частично правильный вариант ответа на тестовое задание.*

**Критерии оценивания зачета:**

Оценка	Суммарный балл за выполнение тестовых заданий
зачтено	14-22
незачтено	менее 14

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАЧЕТА ВО ВТОРОМ СЕМЕСТРЕ**

**Вариант 1**

**1. Что означает сокращение КРС спектр? Выберите верный вариант ответа**

- А. Комбинационное рассеяние света
- Б. Колебательное рассеяние света
- В. Рамановское рассеяние света
- Г. Конечно-разностный спектр

**Ответ:** \_\_\_\_

**2. Какие виды инфракрасной спектроскопии могут быть использованы в минералогии? Выберите три варианта ответа**

- А. Спектроскопия пропускания
- Б. Резонансная ИК спектроскопия
- В. Спектроскопия с нарушенным полным внутренним отражением
- Г. Спектроскопия отражения
- Д. Атомно-числовая ИК спектроскопия

**Ответ:** \_\_\_\_

**3. Какие факторы могут помешать измерить ИК спектр поглощения? Выберите верный вариант ответа**

- А. Люминесценция
- Б. Непрозрачность образца
- В. Зеркальная поверхность
- Г. Графитовое напыление
- Д. Образец прозрачный в видимой области
- Е. Образец имеет решетку типа NaCl
- Ж. Образец разрушается при небольшом нагреве

**Ответ:** \_\_\_\_

**4. Выберите верный вариант ответа. На чем основаны фотометрические методы анализа?**

- А. на избирательном поглощении света раствором
- Б. на преломлении света исследуемым образцом
- В. на отражении света от анализируемого вещества

**Ответ:** \_\_\_\_

**5. По какому параметру идентифицируют вещества в газовой хроматографии? Выберите верный вариант ответа.**

- а) по температуре кипения

- б) по площади хроматографического пика
- в) по времени удерживания компонента
- г) по высоте хроматографического пика

Ответ: \_\_\_\_

**6. Какой метод анализа применяют для определения отдельных изотопов и элементов? Выберите верный вариант ответа**

- А. Хроматография
- Б. Спектрофотометрия
- В. Масс-спектрометрия

Ответ: \_\_\_\_

**7. Установите соответствие между названием и принципом метода анализа. Ответ запишите в поле ответа в виде цифр, соотносимых с утверждением.**

<b>А.</b> Метод разделения и анализа компонентов сложных смесей, основанный на распределении веществ между двумя фазами – неподвижной и подвижной	<b>1.</b> Капиллярный электрофорез
<b>Б.</b> Метод разделения и анализа, основанный на различиях в электрофоретических подвижностях заряженных частиц (на разной скорости миграции заряженных частиц в постоянном электрическом поле)	<b>2.</b> Спектрофотометрия
<b>В.</b> Метод, основанный на измерении поглощения окрашенными веществами в ВО и УФ областях	<b>3.</b> Хроматография

Ответ:

<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>

**8. Расположите в правильной последовательности этапы проведения определения щелочных элементов в горной породе методом атомно-эмиссионной пламенной спектрофотометрии:**

- А** – измерение оптической плотности исследуемых растворов,
- Б** – установление градуировочной зависимости и расчет результата анализа,
- В** – химическая пробоподготовка (переведение образца в раствор, разбавление),
- Г** – пробоподготовка (измельчение, истирание)

Ответ: \_\_\_\_

**9. Опишите понятие «погрешность измерения». Как в данном случае будет записан результат анализа, если получено содержание элемента  $X_{\text{ср}}$ .**

Ответ:

**10. Что собой представляют спектральные помехи и каковы основные приемы их устранения?**

Ответ:

**Вариант 2**

**1. К какому типу анализа относятся ИК и КРС спектроскопия? Выберите верный вариант ответа**

- А. Структурному
- Б. Элементному
- В. Электронному
- Д. Оптическому

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**2. Колебания каких молекул и анион-радикалов будет активно в ИК поглощении? Выберите три варианта ответа**

- А.  $\text{H}_2\text{O}$
- Б.  $\text{H}_2$
- В.  $(\text{S}_2)^-$
- Д.  $(\text{S}_3)^-$
- Е.  $\text{CO}_2$

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**3. Какие факторы могут помешать измерить КРС спектр? Выберите несколько вариантов ответа**

- А. Люминесценция
- Б. Непрозрачность образца
- В. Зеркальная поверхность
- Г. Графитовое напыление
- Д. Образец прозрачный в видимой области
- Е. Образец имеет решетку типа NaCl
- Ж. Образец разрушается при небольшом нагреве

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**4. Какая зависимость лежит в основе закона Бугера-Ламберта-Бера? Выберите верный вариант ответа.**

- а) снижение интенсивности полихроматического света, прошедшего через раствор, от концентрации раствора и толщины поглощающего слоя
- б) снижение интенсивности отраженного света от концентрации раствора
- в) снижение интенсивности монохроматического света, прошедшего через раствор, от концентрации раствора и толщины поглощающего слоя

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**5. Выберите верный вариант ответа. Что характеризует площадь хроматографического пика?**

- а) качественный состав пробы
- б) полноту разделения
- в) количественное содержание компонента в пробе
- г) последовательность выхода компонентов из колонки

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**6. Какие из перечисленных методов относятся к методам разделения? Выберите два варианта ответа.**

- А. Спектрофотометрия
- Б. Хроматография
- В. Капиллярный электрофорез
- Г. Потенциометрия

Ответ: \_\_\_\_

**7. Установите соответствие между названием и принципом метода анализа. Ответ запишите в поле ответа в виде цифр, соотносимых с утверждением.**

А. Метод разделения и анализа компонентов сложных смесей, основанный на распределении веществ между двумя фазами – неподвижной и подвижной	1. Капиллярный электрофорез
Б. Метод разделения и анализа, основанный на различиях в электрофоретических подвижностях заряженных частиц (на разной скорости миграции заряженных частиц в постоянном электрическом поле)	2. Масс-спектрометрия
В. Метод исследования вещества, основанный на разделении ионов по массе и заряду ( $m/z$ )	3. Хроматография

Ответ:

А	Б	В

Ответ:

**8. Расположите в правильной последовательности этапы спектрофотометрического определения элемента в горной породе:**

- А – измерение оптической плотности исследуемых растворов,
- Б – установление градуировочной зависимости и расчет результата анализа,
- В – химическая пробоподготовка (получение окрашенного соединения),
- Г – химическая пробоподготовка (переведение образца в раствор),
- Д – пробоподготовка (измельчение, истирание)

Ответ:

**9. Опишите понятие «неопределенность измерения». Как в данной концепции будет записан результат анализа, если получено содержание элемента  $X_{cp}$  и оценена расширенная неопределенность измерения  $U$ .**

Ответ:

**10. Назовите основные требования для выполнения анализа растворов проб горных пород методом МС-ИСП.**

Ответ:

--

### КЛЮЧИ ПРАВИЛЬНЫХ ОТВЕТОВ К ТЕСТОВЫМ ЗАДАНИЯМ

Номер тестового задания	Правильные ответы	
	Вариант 1	Вариант 2
1	А	А
2	А, В, Г	А, Д, Е
3	Б	А, Б, Г, Е, Ж
4	А	В
5	В	В
6	В	Б, В
7	А3, Б1, В2	А3, Б1, В2
8	Г, В, А, Б	Д, Г, В, А, Б
9	<p>Погрешность измерения – отклонение результата измерения от истинного (опорного) значения измеряемой величины.</p> <p>Результат записывается как <math>X_{cp} \pm \Delta</math> (<math>P=0,95</math>), где <math>\Delta</math> – абсолютная приписанная характеристика погрешности.</p>	<p>Неопределенность измерений – параметр, связанный с результатом измерения и характеризующий рассеяние значений, которые можно обосновано приписать измеряемой величине.</p> <p>Результат записывается как <math>X_{cp} \pm U</math> (<math>k=2</math>), где <math>U</math> – значение расширенной неопределённости при коэффициенте охвата <math>k=2</math>, соответствующее результату анализа.</p>
10	<p>Спектральные помехи – помехи, которые возникают при наложении спектральных линий различных элементов.</p> <p>Способы устранения спектральных помех:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•химические – отделение мешающих компонентов или их маскирование;</li> <li>•инструментальные – разделение сигналов определяемого и мешающих компонентов инструментальными средствами;</li> <li>•математические – разделение вкладов компонентов в общую величину аналитического сигнала математическими средствами.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проведение анализа в условиях особой чистоты: атмосфера, мебель, посуда.</li> <li>2. Использование реагентов особой чистоты (либо очищенные).</li> <li>3. Содержание солей в растворе не более 0,1 %.</li> <li>4. Кислотность растворов – 2-3 % по <math>HNO_3</math>.</li> <li>5. Учет инструментального дрейфа прибора с помощью внутреннего стандарта.</li> </ol>



**Авторы-составители рабочей программы:**

д.х.н Васильева И.Е.

к.х.н Сокольникова Ю.В.

к.х.н Чубаров В.М.

к.х.н Белозерова О.Ю

к.ф.-м.н Шендрик Р.Ю.

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения отдела аспирантуры и магистратуры ИГХ СО РАН.*