

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 № 9 от 18 марта 2022 г.

Директор

ИГХ СО РАН

д.г.-м.н. А.Б. Перепелов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

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

Направление подготовки: 05.04.01 Геология

направленность "Геохимия, минералогия и геоэкология"

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очная

**Авторы-составители рабочей программы дисциплины:**

Васильева И.Е. / [подпись] / " 18 " 03 2022 г.

Сокольникова Ю.В. / [подпись] / " 18 " 03 2022 г.

Чубаров В.М. / [подпись] / 18 03 2022 г.

**Заведующий аспирантурой:**

Шалаев А.А. / [подпись] / " 18 " 03 2022 г.

Иркутск 2022 г.

## Содержание

1. Цели и задачи дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Требования к результатам освоения дисциплины
4. Содержание и структура дисциплины
  - 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов
  - 4.2 План и перечень тем самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
  - 4.3 Содержание учебного материала
  - 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной литературы
  - 5.2. Периодические издания
  - 5.3. Базы данных, поисково-справочные и информационные системы
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины
  - 6.1. Учебно-лабораторное оборудование
  - 6.2. Программное обеспечение
  - 6.3. Технические и электронные средства обучения
7. Образовательные технологии
8. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации
  - 8.1. Оценочные средства для текущего контроля
  - 8.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации

## 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-1</b> опк-2 Понимает структуру научно-исследовательских работ, определяет научную проблему, формулируя цели и задачи, направленные на ее решение	<b>Знать:</b> теоретические и практические вопросы в области профессиональных задач <b>Уметь:</b> выделять основные проблемы и формулировать цель и задачи на основе информации о предмете своего исследования <b>Владеть:</b> навыками анализа информации и постановки задач, методами планирования эксперимента
	<b>ИД-2</b> опк-2 Сравнивает и выбирает аналитические методы, необходимые для решения поставленных задач	<b>Знать:</b> принципы физико-химических методов анализа вещества, возможные влияния различных факторов на аналитический сигнал,

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения
		<p>аналитическое оборудование, метрологические характеристики и области применения методов</p> <p><b>Уметь:</b> оценить возможность применения конкретных методов анализа к исследуемым объектам в зависимости от поставленных задач</p> <p><b>Владеть:</b> навыками оценивания и выбора информации</p>
<p><b>ОПК-3</b> Способен самостоятельно обобщать результаты, полученные в процессе решения профессиональных задач, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию</p>	<p><b>ИД-1</b>опк-3 Интерпретирует результаты выполненных исследований в соответствии с поставленными задачами</p>	<p><b>Знать:</b> способы обобщения, систематизации и представления результатов исследования</p> <p><b>Уметь:</b> интерпретировать результаты анализа</p> <p><b>Владеть:</b> приемами обработки и формами представления результатов исследования</p>
	<p><b>ИД-2</b>опк-3 Понимает области применения результатов исследований, полученных в ходе проведенных работ, в том числе способен формулировать рекомендации по их практическому использованию</p>	<p><b>Знать:</b> области применения аналитических результатов</p> <p><b>Уметь:</b> формулировать рекомендации по практическому использованию аналитических данных</p> <p><b>Владеть:</b> методами обработки результатов измерений и формой представления результатов исследования</p>
<p><b>ПК-2</b> Способен осуществлять сбор и анализ геологической информации и материала, а также проводить их документирование</p>	<p><b>ИД-1</b>пк-2 Проводит отбор материала, описание и документирование процедуры отбора</p>	<p><b>Знать:</b> методы отбора, порядок документирования процедуры и способы подготовки геологического материала к анализу</p> <p><b>Уметь:</b> проводить отбор проб в разных агрегатных состояниях и документировать процедуру отбора, анализировать геологическую информацию</p> <p><b>Владеть:</b> навыками анализировать геологическую информацию</p>
	<p><b>ИД-2</b>пк-2 Выполняет необходимые процедуры по подготовке проб для проведения аналитических исследований</p>	<p><b>Знать:</b> особенности и способы пробоподготовки для различных физико-химических методов анализа</p> <p><b>Уметь:</b> подготавливать пробы для различных физико-химических методов анализа</p> <p><b>Владеть:</b> основными методиками пробоподготовки материала</p>

#### 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	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Контроль	Формы текущего контроля успеваемости / форма промежуточной аттестации
				Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа		
				Лекции	Семинар-ие практич-ие лаборатор.	Консультации			
1	Общие вопросы и основные понятия химического анализа вещества. Стандартные образцы. Аккредитация аналитических лабораторий.	1		6	2	1	4	2	Устный опрос
2	Отбор и подготовка проб различного состава к анализу.	1		4	6		2		Устный опрос
3	Общие вопросы и основы физико-химических методов анализа.	1		4			2		Устный опрос
4	Рентгеновские методы анализа	1		10	12		10		Устный опрос
5	Методы атомной спектроскопии. Атомно-эмиссионный и атомно-абсорбционный анализ.	1		8	10		8		Устный опрос
6	Методы масс-спектрометрии	1		4	6		4		Устный опрос
<b>Всего за первый семестр</b>		<b>1</b>	<b>108</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>1</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
7	Методы молекулярной оптической спектроскопии	2		6	6	1	10	2	Устный опрос
8	Хроматография. Хромато-масс-спектрометрия.	2		6	8		10		Устный опрос
9	Электрохимические методы анализа, капиллярный электрофорез	2		4	4		6		Устный опрос
10	Сравнение аналитических методов и выбор оптимального метода или комплекса физико-химических методов для решения исследовательских задач	2		2			4		Устный опрос
<b>Всего за второй семестр</b>		<b>2</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Всего за курс</b>			<b>180</b>	<b>54</b>	<b>54</b>	<b>2</b>	<b>60</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

#### 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.	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	4
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>		2
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>		2
5	Рентгеновские методы анализа. Природа и общие свойства рентгеновского излучения.		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>		10
11	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>		8

12	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>		10
14	Методы масс-спектрометрии.		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
15	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>		10
16	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>		6
	Сравнение аналитических методов и выбор оптимального метода или комплекса физико-химических 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>		4
	<b>Всего</b>					<b>60</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 применение и значение. Аккредитация аналитических лабораторий.

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

Особенности отбора проб в разных агрегатных состояниях. 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 метода(ов) 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 метода и области применения. Примеры применения метода.

Атомно-абсорбционный анализ. Атомно-абсорбционная спектromетрия. Источники излучения. Пламенная атомизация. Электротермическая атомизация и типы электротермических атомизаторов. Помехи: химические и физические. Способы снижения помех. Аналитическое оборудование. Метрологические характеристики метода и области применения.

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

Основы масс-спектрального анализа органических и неорганических веществ. Источники ионов, детекторы и типы масс-спектрromетров. Метрологические



характеристики методов 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.

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

Инфракрасная спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния, Рамановская спектроскопия, спектроскопия диффузного отражения. Приборы и методика регистрации спектров. 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 и техногенных 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 электрохимических 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. Российские и международные 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/н	№ Раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоёмкость (час.)	Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)
			Всего часов		
1	1	Расчёт метрологических показателей результатов измерений (предел обнаружения, повторяемость, воспроизводимость, точность). Сравнение результатов двух параллельных измерений, полученных разными методами.	2	Отчет	ИД-1 <sub>опк-3</sub> ИД-2 <sub>опк-3</sub>
2	2	Подготовка аналитической пробы горной породы к анализу с описанием и документированием процедуры.	6	Отчет	ИД-1 <sub>пк-2</sub> ИД-2 <sub>пк-2</sub>
3	4	Знакомство с работой волнодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра. Приближенно-количественный рентгенофлуоресцентный анализ.	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>
4	4	Знакомство с алгоритмом проведения количественного рентгенофлуоресцентного анализа. Способы подготовки проб к РФА	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>
5	4	Знакомство с работой электронно-зондового рентгеноспектрального микроанализатора. Пример проведения количественного рентгеноспектрального микроанализа.	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>
6	4	Знакомство с работой на рентгеновском спектрометре с полным внешним отражением. Примеры проведения измерения и обработки спектров.	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>
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.	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>
8	5	Определение щелочных металлов в растворах проб методом пламенной атомно-эмиссионной спектроскопии (со специалистом). Обработка результатов.	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>
9	5	Определение металлов методом атомно-абсорбционной спектроскопии с	2	Отчет	ИД-1 <sub>опк-2</sub> ИД-2 <sub>опк-2</sub>

№ п/п	№ Раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)
			Всего часов		
		пламенной или электротермической атомизацией (со специалистом). Обработка результатов.			ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> 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	Знакомство с работой на спектрофотометре и обработкой результатов (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>
12	7	Люминесцентный анализ монокристаллов. Обработка результатов по спектрам люминесценции (со специалистом).	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>
17	8	Знакомство с методом газовой хроматографии (со специалистом). Работа с хроматограммой. Качественный и количественный анализ.	8	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	9	Анализ проб воды методом капиллярного электрофореза (со специалистом). Обработка электрофореграмм.	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>
14	9	Определение рН (или фтора) в воде методом потенциометрии (со специалистом). Обработка результатов анализа.	3	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</sub>
15	10	Сравнение аналитических методов и выбор оптимального метода или комплекса физико-химических методов для решения исследовательских задач.	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</sub>

**4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов**  
*(Описывается организация каждого вида самостоятельной работы, указанного в таблице 4.2, указываются требования к выполнению каждой работы, критерии оценки и др.)*

**Виды самостоятельной работы:** подготовка к устному опросу.

**Цель:** закрепление и проработка изучаемого материала, систематизация знаний и получение практических навыков для решения профессиональных задач.

**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.
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. ГОСТ Р ИСО 5725–2002. Точность (Правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Части 1-6. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002

#### дополнительная литература

1. Кристиан Г. Аналитическая химия: в 2 т. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. (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. Блюмих Б. Основы ЯМР. М.: Техносфера, 2011.
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.

## 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 «Аппаратура и методы рентгеновского анализа»  
 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/ru/resources/electrical.html>
3. Российский Фонд Фундаментальных исследований: <http://www.rffi.ru/>
4. Доступ к сайту "Аналитическая химия в России": <http://rusanalytchem.org>
5. Доступ к журналам издательства Elsevier («Эльзевир»): <http://www.sciencedirect.com>  
<https://elsevierscience.ru/>
6. Доступ к журналам издательства Springer: <http://www.springer.com/>
7. Библиографическая и реферативная база данных «Scopus» <https://www.scopus.com/>
8. Поисковая интернет-платформа Web of Science  
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>
9. Доступ к журналам издательства Wiley: <http://onlinelibrary.wiley.com/>
10. Единое окно доступа к образовательным ресурсам:  
[http://window.edu.ru/library?p\\_rubr=2.2.74.9.13](http://window.edu.ru/library?p_rubr=2.2.74.9.13)
11. Экологический портал России и стран СНГ: <http://www.ecologysite.ru>
12. Общепрофессиональные порталы и сайты: <http://www.alleng.ru/>
13. Экологический портал, социальная экологическая сеть: <http://naveki.ru/>
14. Единое окно доступа к образовательным ресурсам сайта Министерства образования и науки РФ: <http://window.edu.ru>
15. Physical Reference Data, X-Ray and Gamma-Ray Data  
<http://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayTrans/Html/search.html>
16. X-ray Data Booklet <http://xdb.lbl.gov/>

## 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 для высокоточного элементного анализа ICP/HRMS ELEMENT 2 (Thermo Scientific, Германия)
2. Оптический эмиссионный спектрометр с индуктивно связанной плазмой iCAP 6300 Duo (Thermo Scientific, США)
3. Атомно-эмиссионный спектрограф ДФС-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 атомизаторами (Perkin Elmer, США)
7. Спектрометр атомно-абсорбционный модель 403 с пламенным атомизатором (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. Электронно-зондовый микроанализатор JXA 8200 (JEOL, Япония).
13. Ртутный анализатор РА-915М с приставками РП-92 и ПИРО-915+
14. Система капиллярного электрофореза КАПЕЛЬ-105М
15. Пламенный спектрофотометр ДФС-12
16. 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.

### **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. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **8.1. Оценочные материалы для текущего контроля:**

<b>№ п/п</b>	<b>Вид контроля</b>	<b>Контролируемые темы (разделы)</b>	<b>Индикаторы достижения компетенций (компоненты), которые контролируются</b>
1	Устный опрос	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 и метрологические характеристики методик.
3. Схема аналитического процесса, стадии анализа.
4. Правила и методики отбора проб.
5. Оборудование для отбора проб.
6. Документирование процедуры отбора проб.
7. Схема пробоподготовка горных пород к химическому анализу.
8. Методы разделения и концентрирования.
9. Способы химической пробоподготовки. Требования к реактивам для анализа.
10. Классификация методов анализа вещества по способу получения аналитического сигнала.
11. Аналитический сигнал в химическом анализе, его статистические оценки и способы обработки.
12. Разрешение аналитических сигналов. Способы снижения отношения сигнал/шум.
13. Построение градуировочных зависимостей в химическом анализе. Нахождение содержания вещества по градуировочной зависимости.
14. Оценивание предела обнаружения, нижняя и верхняя границы определяемых содержаний, их статистическая оценка.
15. Стандартные образцы, применение для градуировки методик и контроля точности результатов анализа.
16. Рентгенофлуоресцентный анализ. Области применения и метрологические характеристики метода.
17. Электронно-зондовый микроанализ. Области применения и метрологические характеристики метода.
18. Какие профессиональные задачи могут быть решены с помощью метода рентгенофлуоресцентного анализа.
19. При решении каких задач требуется определение химического состава в тонком слое образца, а когда анализ в малой локальной области образца?
20. Методы рентгеноструктурного и рентгенофазового анализа. Аналитическое оборудование. Области применения и метрологические характеристики методов.
21. Атомно-эмиссионная спектрометрия. Аналитическое оборудование. Области применения и метрологические характеристики метода.
22. Атомно-абсорбционная спектрометрия. Аналитическое оборудование. Области применения и метрологические характеристики метода.
23. Спектрофотометрия. Область применения и метрологические характеристики метода.
24. Теоретические основы масс-спектральных методов анализа органических и неорганических веществ.
25. Источники ионов, детекторы, типы масс-спектрометров и области их применения.
26. Способы подготовки проб к масс-спектрометрическому анализу.
27. Метод изотопного разбавления.
28. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Элементный и компонентный анализ.
29. Основы процесса хроматографического разделения.
30. Виды хроматографии. Используемые материалы и оборудование. Области применения.
31. Капиллярный электрофорез. Оборудование и области применения метода.
32. Электрохимические методы анализа. Оборудование и области применения.
33. Методические и метрологические стандарты, рекомендации, руководства в области анализа геологических проб и объектов окружающей среды.
34. Критерии выбора комплекса физико-химических методов для решения поставленной

задачи междисциплинарного исследования.  
35. Деятельность аккредитованной лаборатории.

**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** должен быть составлен в письменной форме и содержать 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, а также 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**

Зачёт проводится в устной форме.

Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету.

1. Охарактеризуйте объекты химического анализа и назовите требования к анализу проб различного состава.
2. Принцип метода. Методика и ее метрологические характеристики. Аналитический цикл и стадии анализа.
3. Особенности отбора проб в разных агрегатных состояниях. Правила и методики отбора проб. Оборудование для отбора проб. Порядок обращения с пробой: документирование процедуры отбора проб, транспортировка и хранение проб.
2. Пробоподготовка вещества к химическому анализу. Понятие представительности пробы.
3. Методы разделения и концентрирования. Химическая пробоподготовка. Требования к реактивам для анализа.
4. Классификация физико-химических методов анализа вещества по принципу получения аналитического сигнала. Получение, регистрация и обработка аналитических сигналов.
5. Общие вопросы выбора метода(ов) исследования вещества в соответствии с изучаемыми задачами геохимии и экологии.
6. Погрешности анализа. Предел обнаружения и диапазон определяемых содержаний. Статистическая обработка результатов анализа.
7. Области применения рентгеновского излучения для анализа вещества. Методы рентгеноспектрального анализа и задачи, решаемые с их помощью.
8. Зависимость интенсивности рентгеновской флуоресценции от химического состава образца. Зависимость интенсивности флуоресценции от толщины и массы анализируемого образца.
9. Детекторы рентгеновского излучения: сцинтилляционные детекторы, газонаполненные пропорциональные детекторы, полупроводниковые детекторы (принципы работы, области применения. энергетическое разрешение).
10. Схема и основные аппаратные компоненты кристалл-дифракционного рентгенофлуоресцентного спектрометра. Многоканальные и сканирующие кристалл-дифракционные спектрометры.
11. Источники возбуждения рентгеновской флуоресценции: рентгеновские трубки; радиоизотопные источники, синхротронное излучение.



12. Схема и основные аппаратные компоненты энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра с полным внешним отражением. Области применения. Энергетическое разрешение и эффективность полупроводниковых детекторов.
13. Эффект микроабсорбционной неоднородности при рентгенофлуоресцентном анализе. Характеристика порошковых образцов «тонкого», «грубого» помола по отношению к рентгеновскому излучению.
14. Приёмы учёта, устранения или уменьшения влияния микроабсорбционной неоднородности излучателя на результаты РФА.
15. Компоненты фона в коротковолновой и длинноволновой областях рентгеновского флуоресцентного спектрометра. Оценка статистической погрешности счёта при определении малых концентраций элементов и предела обнаружения.
16. Способы анализа: способ внешнего стандарта, способ внутреннего стандарта, способ стандарта – фона.
17. Подготовка проб к РФА. Препарирование порошковых материалов. Препарирование металлов и сплавов. Препарирование растворов и суспензий.
18. Рентгенофлуоресцентный анализ силикатных горных пород. Гомогенизация образцов сплавлением с флюсами. Особенности определения легких элементов ( $Z < 20$ ).

Преподаватель оценивает усвоенные знания и навыки по изученному материалу и делает выводы о получении студентом зачета, если ответ удовлетворительный, и незачете, в случае неудовлетворительного ответа.

**Удовлетворительным** признается полный ответ, в котором студент на основе изученного материала выделяет основные положения, обобщает информацию, делает выводы и подтверждает ответ примерами.

Допустимо в изложении допустить незначительные ошибки, ответ на которые будет получен после наводящих вопросов преподавателя и аргументирован.

Ответ признается **неудовлетворительным**, когда студент не владеет в полной мере теоретическими знаниями по основам физико-химических методов анализа, не знает способы подготовки материала исследования к анализу; не владеет терминологией по теме изученного материала; не может привести примеры; преподавателем выявлены недостаточные навыки анализировать полученную информацию с целью возможности ее применения в профессиональной деятельности студента. Не может ответить на вопросы преподавателя, даже при использовании наводящих вопросов.

#### **Авторы-составители рабочей программы:**

Главный научный сотрудник,  
доктор технических наук

  
Подпись

Васильева Ирина Евгеньевна

Старший научный сотрудник,  
кандидат химических наук

  
Подпись

Сокольникова Юлия Владимировна

Старший научный сотрудник,  
кандидат химических наук

  
Подпись

Чубаров Виктор Маратович

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