

**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 № 5 от 26.04.2024 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

Иркутск 2024 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
ОПК-2 Способен самостоятельно формулировать цели исследований, устанавливать последовательность решения профессиональных задач	ИД-1 опк-2 Понимает структуру научно-исследовательских работ, определяет научную проблему, формулируя цели и задачи, направленные на ее решение	Знать: теоретические и практические вопросы в области профессиональных задач Уметь: выделять основные проблемы и формулировать цель и задачи на основе информации о предмете своего исследования Владеть: навыками анализа информации и постановки задач, методами планирования эксперимента
	ИД-2 опк-2 Сравнивает и выбирает аналитические методы, необходимые для решения поставленных задач	Знать: 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>Уметь: оценить возможность применения конкретных методов анализа к исследуемым объектам в зависимости от поставленных задач</p> <p>Владеть: навыками оценивания и выбора информации</p>
<p>ОПК-3 Способен самостоятельно обобщать результаты, полученные в процессе решения профессиональных задач, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию</p>	<p>ИД-1оПК-3 Интерпретирует результаты выполненных исследований в соответствии с поставленными задачами</p>	<p>Знать: способы обобщения, систематизации и представления результатов исследования</p> <p>Уметь: интерпретировать результаты анализа</p> <p>Владеть: приемами обработки и формами представления результатов исследования</p>
	<p>ИД-2оПК-3 Понимает области применения результатов исследований, полученных в ходе проведенных работ, в том числе способен формулировать рекомендации по их практическому использованию</p>	<p>Знать: области применения аналитических результатов</p> <p>Уметь: формулировать рекомендации по практическому использованию аналитических данных</p> <p>Владеть: методами обработки результатов измерений и формой представления результатов исследования</p>
<p>ПК-2 Способен осуществлять сбор и анализ геологической информации и материала, а также проводить их документирование</p>	<p>ИД-1ПК-2 Проводит отбор материала, описание и документирование процедуры отбора</p>	<p>Знать: методы отбора, порядок документирования процедуры и способы подготовки геологического материала к анализу</p> <p>Уметь: проводить отбор проб в разных агрегатных состояниях и документировать процедуру отбора, анализировать геологическую информацию</p> <p>Владеть: навыками анализировать геологическую информацию</p>
	<p>ИД-2ПК-2 Выполняет необходимые процедуры по подготовке проб для проведения аналитических исследований</p>	<p>Знать: особенности и способы пробоподготовки для различных физико-химических методов анализа</p> <p>Уметь: подготавливать пробы для различных физико-химических методов анализа</p> <p>Владеть: 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
Всего за первый семестр		1	108	36	36	1	30	2	3
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
Всего за второй семестр		2	72	18	18	1	30	2	3
Всего за курс			180	54	54	2	60	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.	Работа с учебной литературой и периодическими изданиями, электронными информационными ресурсами с целью закрепления материала по изучаемой теме	Устный опрос	ИД-1 _{ОПК-2} ИД-2 _{ОПК-2} ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3} ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2}	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 _{ОПК-2} ИД-2 _{ОПК-2} ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3} ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2}		2
3	Общие вопросы и основы физико-химических методов анализа.		Устный опрос	ИД-1 _{ОПК-2} ИД-2 _{ОПК-2} ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3} ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2}		2
5	Рентгеновские методы анализа. Природа и общие свойства рентгеновского излучения.		Устный опрос	ИД-1 _{ОПК-2} ИД-2 _{ОПК-2} ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3}		10
11	Методы атомной спектроскопии. Атомно-эмиссионный и атомно-абсорбционный анализ.		Устный опрос	ИД-1 _{ОПК-2} ИД-2 _{ОПК-2} ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3} ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2}		8

12	Методы молекулярной оптической спектроскопии.		Устный опрос	ИД-1 _{ОПК-2} ИД-2 _{ОПК-2} ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3} ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2}		10
14	Методы масс-спектрометрии.		Устный опрос	ИД-1 _{ОПК-2} ИД-2 _{ОПК-2} ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3} ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2}		4
15	Хроматография. Хромато-масс-спектрометрия.		Устный опрос	ИД-1 _{ОПК-2} ИД-2 _{ОПК-2} ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3} ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2}		10
16	Электрохимические методы анализа, капиллярный электрофорез.		Устный опрос	ИД-1 _{ОПК-2} ИД-2 _{ОПК-2} ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3} ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2}		6
	Сравнение аналитических методов и выбор оптимального метода или комплекса физико-химических методов для решения исследовательских задач.		Устный опрос	ИД-1 _{ОПК-2} ИД-2 _{ОПК-2} ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3} ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2}		4
	Всего					60

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 спектрометрии.

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

Основы масс-спектрального анализа органических и неорганических веществ. Источники ионов, детекторы и типы масс-спектрометров. 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-1опк-3 ИД-2опк-3
2	2	Подготовка аналитической пробы горной породы к анализу с описанием и документированием процедуры.	6	Отчет	ИД-1пк-2 ИД-2пк-2
3	4	Знакомство с работой волнодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра. Приближенно-количественный рентгенофлуоресцентный анализ.	2	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 рентгеновском спектрометре с полным внешним отражением. 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.	6	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	2	Отчет	ИД-1опк-2 ИД-2опк-2

№ п/п	№ Раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоёмкость (час.)	Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)
			Всего часов		
		пламенной или электротермической атомизацией (со специалистом). Обработка результатов.			ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3} ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2}
10	6	Знакомство с выполнением измерений на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой (со специалистом). Обработка результатов анализа.	6	Отчет	ИД-1 _{ОПК-2} ИД-2 _{ОПК-2} ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3} ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2}
11	7	Знакомство с работой на спектрофотометре и обработкой результатов (со специалистом).	2	Отчет	ИД-1 _{ОПК-2} ИД-2 _{ОПК-2} ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3} ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2}
12	7	Люминесцентный анализ монокристаллов. Обработка результатов по спектрам люминесценции (со специалистом).	4	Отчет	ИД-1 _{ОПК-2} ИД-2 _{ОПК-2} ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3} ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2}
17	8	Знакомство с методом газовой хроматографии (со специалистом). Работа с хроматограммой. Качественный и количественный анализ.	8	Отчет	ИД-1 _{ОПК-2} ИД-2 _{ОПК-2} ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3} ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2}
13	9	Анализ проб воды методом капиллярного электрофореза (со специалистом). Обработка электрофореграмм.	4	Отчет	ИД-1 _{ОПК-2} ИД-2 _{ОПК-2} ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3} ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2}
14	9	Определение рН (или фтора) в воде методом потенциометрии (со специалистом). Обработка результатов анализа.	3	Отчет	ИД-1 _{ОПК-2} ИД-2 _{ОПК-2} ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3} ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК}
15	10	Сравнение аналитических методов и выбор оптимального метода или комплекса физико-химических методов для решения исследовательских задач.	2	Отчет	ИД-1 _{ОПК-2} ИД-2 _{ОПК-2} ИД-1 _{ОПК-3} ИД-2 _{ОПК-3} ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК}

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. Конохов 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
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

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
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
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:

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Индикаторы достижения компетенций (компоненты), которые контролируются
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 спектроскопия. Аналитическое оборудование. Области применения и метрологические характеристики метода.
22. Атомно-абсорбционная спектроскопия. 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

Васильева Ирина Евгеньевна

Старший научный сотрудник,
кандидат химических наук

Сокольникова Юлия Владимировна

Старший научный сотрудник,
кандидат химических наук

Чубаров Виктор Маратович

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