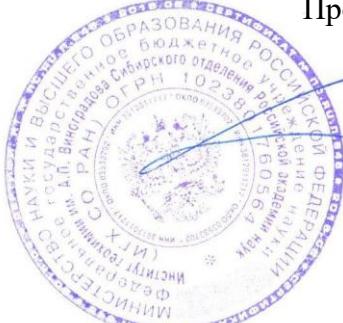


**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки**  
**Институт геохимии им. А.П. Виноградова**  
**Сибирского отделения Российской академии наук**

УТВЕРЖДЕНА  
на заседании Ученого совета ИГХ СО РАН  
Протокол № 5 от 26.04.2024



Директор

А.Б. Перепелов

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.09 Интерпретация геохимических данных**

Направление подготовки: 05.04.01 Геология

Направленность подготовки: Геохимия, минералогия и геоэкология

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Иркутск 2024 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....	10
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	11
5.1. Перечень основной и дополнительной литературы .....	11
5.2. Периодические издания .....	11
5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы .....	11
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	12
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....	12
6.2. Программное обеспечение:.....	12
6.3. Технические и электронные средства обучения:.....	12
7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	12
8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....	13
8.1. Оценочные материалы для текущего контроля: .....	14
8.2 Оценочные материалы для промежуточной аттестации.....	16

## **1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цель изучения дисциплины – освоение методов использования, анализа и интерпретации геохимической информации для постановки и проведения научно-исследовательской работы.

### **Задачи:**

Сформулировать навыки получения, качественной оценки и сравнительного анализа геохимических данных в рамках научно-исследовательской работы.

Ознакомить студентов с принципами интерпретации данных по распределению главных и редких элементов в горных породах.

Освоить принципы применения дискриминационных диаграмм для реконструкций палеогеодинамических условий формирования горных пород.

Показать особенности численного моделирования геологических процессов с использованием изотопно-геохимических данных.

Обучить принципам и способам построения геохимических диаграмм.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Учебная дисциплина относится к части формируемой участниками образовательных отношений.

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, сформированных следующими предшествующими дисциплинами: «Общая геохимия», «Современные проблемы геологии», «Минералогия и процессы минералообразования», «Геохимия элементов», «Геохимия магматических и метаморфических процессов», «Иностранный язык в сфере профессиональной коммуникации». Эти знания необходимы для формирования навыков комплексного анализа геохимических данных в рамках изучаемой дисциплины.

Полученные в рамках изучения данной дисциплины знания, умения и опыт необходимы для освоения таких дисциплин как: «Петрология», «Изотопная геология и геохронология», «Геохимические индикаторы геодинамических обстановок», «Представление результатов научно-исследовательской деятельности».

## **3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у студента следующих компетенций (элементов следующих 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>ПК-3</b> Способен выбирать и определять оптимальные технические средства и необходимое оборудование при постановке научных исследований, подготавливать и проводить исследования, эксперименты,	<b>ИД-1пк-3</b> Выбирает и определяет оптимальные технические средства и необходимое оборудование при постановке и проведении научных исследований или эксперимента	<b>Знать:</b> <b>3-1</b> Основные методы анализа вещества. <b>Уметь:</b> <b>У-1</b> Определять комплекс технических средств для решения поставленной задачи. <b>Владеть:</b> <b>В-1</b> Базовыми понятиями геохимии.
	<b>ИД-2пк-3</b>	<b>Знать:</b>

	наблюдения, измерения, составлять их описание, выполнять их интерпретацию и формулировать выводы	Подготавливает и проводит исследования, эксперименты, наблюдения, измерения, составляет их описание, выполняет их интерпретацию и формулирует выводы	<p><b>З-1</b> Применение экспериментальных и теоретических методов для решения различных геохимических задач.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p><b>У-1</b> Описывать результаты наблюдений.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p><b>В-1</b> Навыками интерпретации полученных данных.</p>
<p><b>ПК-4</b> Способен изучать и использовать научно-техническую информацию, применять отечественный и зарубежный опыт при выполнении задач в научно-исследовательской работе</p>	<p><b>ИД-1пк-4</b> Использует учебную, справочную, периодическую, фондовую литературу и информационные ресурсы геологического, геохимического и экологического профиля при выполнении научно-исследовательских работ</p>	<p><b>Знать:</b></p> <p><b>З-1</b> Источники получения геохимической информации.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p><b>У-1</b> Проводить сопоставление данных.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p><b>В-1</b> Навыками обработки необходимой информации для выполнения научно-исследовательской работы.</p>	
	<p><b>ИД-2пк-4</b> Ориентируется в структуре современных информационных источников, ресурсов и литературе для поиска и подбора актуальной информации или углубления знаний в рамках решения конкретной профессиональной задачи</p>	<p><b>Знать:</b></p> <p><b>З-1</b> Основные информационные ресурсы и литературу</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p><b>У-1</b> Находить и извлекать актуальную информацию, необходимую для сравнительного анализа</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p><b>В-1</b> Навыками поиска и обработки геохимической информации в поисковых системах, базах данных и литературных источниках.</p>	
<p><b>ПК-5</b> Способен составлять графические материалы, характеризующие объект исследования</p>	<p><b>ИД-1пк-5</b> Разбирается в видах, назначении, принципах построения диаграмм, схем, карт и других графических материалов, характеризующих аналитические данные, природные процессы, модели и объект исследований</p>	<p><b>Знать:</b></p> <p><b>З-1</b> Основные принципы построения геохимических диаграмм и других графических материалов.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p><b>У-1</b> Использовать подходящие виды графики для выполнения задачи.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p><b>В-1</b> Навыками представления геохимических данных.</p>	

	<p>технические средства и программные продукты для подготовки графических материалов</p>	<p>для работы с геохимическими данными.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p><b>У-1</b> Строить диаграммы с применением современных технических средств.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p><b>В-1</b> Программами для построения геохимических диаграмм.</p>
--	--	---

## 4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет **4** зачетных единиц, что составляет **144** академических часов, в том числе **3** академических часа на зачет. Из них **40** часов – практическая подготовка. Форма промежуточной аттестации: зачет в третьем 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, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Контроль самостоятельной работы (КСР)	Формы текущего контроля успеваемости / форма промежуточной аттестации		
					Контактная работа преподавателя с обучающимися						
					Лекции	Практические занятия	Консультации				
1	Базовые определения геохимии		6	2	2	2		2	0,1	Собеседование	
2	Получение и анализ геохимических данных		12	4	4	4		4	0,1	Собеседование	
3	Графическое представление геохимических данных		12	4	4	4		4	0,2	Собеседование	
4	Расчет формул минералов и оценка условий их формирования		8	2	2	2		4	0,2	Собеседование	
5	Распределение главных элементов в горных породах		12	4	4	4		4	0,2	Собеседование	
6	Распределение редких элементов в магматических горных породах		14	4	4	4		6	0,2	Собеседование	

<b>7</b>	Численное моделирование магматических процессов		<b>14</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	<b>0,2</b>	Собеседование	
<b>8</b>	Интерпретация состава осадочных горных пород		<b>14</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	<b>0,2</b>	Собеседование	
<b>9</b>	Интерпретация состава метаморфических горных пород		<b>14</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	<b>0,2</b>	Собеседование	
<b>10</b>	Изотопный состав основных геохимических резервуаров		<b>16</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>8</b>	<b>0,2</b>	Собеседование	
<b>11</b>	Обработка и интерпретация геохронологических данных		<b>16</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>8</b>	<b>0,2</b>	Собеседование	
<b>Всего</b>			<b>3</b>	<b>144</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>1</b>	<b>58</b>	<b>2</b>	зачет – 3,0 часа

#### 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
<b>1</b>	<b>Базовые определения геохимии</b>	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1ПК-3 ИД-2ПК-3	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3)	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Получение и анализ геохимических данных</b>	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1ПК-3 ИД-2ПК-3 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3)	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Графическое представление геохимических данных</b>	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3) Программы (п. 6.2)	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Расчет формул минералов и оценка условий их формирования</b>	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-2ПК-3 ИД-2ПК-5	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3)	<b>4</b>

					Программы (п. 6.2)	
5	<b>Распределение главных элементов в горных породах</b>	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3) Программы (п. 6.2)	4
6	<b>Распределение редких элементов в магматических горных породах</b>	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3) Программы (п. 6.2)	6
7	<b>Численное моделирование магматических процессов</b>	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3) Программы (п. 6.2)	6
8	<b>Интерпретация состава осадочных горных пород</b>	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3) Программы (п. 6.2)	6
9	<b>Интерпретация состава метаморфических горных пород</b>	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3) Программы (п. 6.2)	6
10	<b>Изотопный состав основных геохимических резервуаров</b>	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3) Программы (п. 6.2)	8
11	<b>Обработка и интерпретация геохронологических данных</b>	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3)	8

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

**1. Базовые определения геохимии.** Главные элементы (компоненты). Летучие компоненты. Редкие и малые элементы. Геохимические группы элементов: LILE, REE, HFSE, HSE, FME. Коэффициенты распределения. Совместимые и несовместимые элементы. Средние составы пород мантии и континентальной коры.

**2. Получение и анализ геохимических данных.** Аналитические методы в геохимии (валовые, локальные), элементный, изотопный анализ. Применение различных методов анализа. Пределы обнаружения и погрешности измерений. Структурирование информации в таблицах. Статистическая обработка. Сравнительный анализ. Получение информации в интернете с помощью поисковых систем (например, Google) и баз данных (например, GEOROC).

**3. Графическое представление геохимических данных.** Виды диаграмм и способы их построения. Нормализация для мультиэлементных диаграмм. Программы для построения геохимических диаграмм.

**4. Расчет формул минералов и оценка условий их формирования.** Классификационные диаграммы. Параметры химизма минералов ( $Mg\#$ ,  $Cr\#$ ) и их зависимость от условий формирования. Типохимизм минералов. Программы и таблицы для расчета формул минералов и Р-Т условий их формирования.

**5. Распределение главных элементов в горных породах.** Классификации горных пород. Вариационные диаграммы для главных компонентов. Баланс масс и вклад минералов в состав горных пород. Расчет минерального состава породы методом наименьших квадратов.

**6. Распределение редких элементов в магматических горных породах.** Мультиэлементные диаграммы, нормировочный фактор. Значение аномалий содержаний элементов на нормированных диаграммах. Дискриминантные диаграммы для базальтов. Дискриминантные диаграммы для гранитоидов. Классификационные диаграммы на основе редких элементов.

**7. Численное моделирование магматических процессов.** Частичное плавление: равновесное, фракционное, динамическое, плавление в открытой системе; модальное, немодальное плавление. Моделирование состава расплавов. Кристаллизация: равновесная, фракционная. Коровая контаминация (ассимиляция – фракционная кристаллизация).

**8. Интерпретация состава осадочных горных пород.** Классификационные и дискриминантные диаграммы для осадочных горных пород. Нормативный состав осадочных пород. Петрохимические модули. Химизм детритовых минералов. Состав источников сноса.

**9. Интерпретация состава метаморфических горных пород.** Поведение химических элементов при метаморфизме. Определение первичной природы протолита (магматическая, осадочная порода) по геохимическим данным. Моделирование Р-Т условий метаморфизма. Частичное плавление пород океанической и континентальной коры. Метасоматоз.

**10. Изотопный состав основных геохимических резервуаров.** Радиогенные изотопы в геологии. Оценка состава источников магматических пород. Изотопная систематика двухкомпонентных смесей. Источники осадочных пород по изотопным данным. Поведение различных изотопных систем при метаморфизме. Систематика стабильных изотопов.

**11. Обработка и интерпретация геохронологических данных.** Изохронные методы датирования на примере Rb-Sr и Sm-Nd изотопных систем. U-Th-Pb изотопная систематика цирконов и других акцессорных минералов. Датирование детритовых цирконов.

## Перечень практических занятий

№ п/н	№ Раздела и темы	Наименование практической работы	Трудоемкость (час.)	Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)
1	1	Ознакомление с коэффициентами распределения и средними составами мантии и земной коры.	2	Собеседование	ИД-1ПК-3 ИД-2ПК-3
2	2	Работа с геохимическими данными в таблицах	4	Собеседование	ИД-1ПК-3 ИД-2ПК-3 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4
3	3	Построение бинарных, тройных, мультиэлементных диаграмм	4	Собеседование	ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5
4	4	Расчет формул и Р-Т условий образования пироксенов, амфиболов	2	Собеседование	ИД-2ПК-3 ИД-2ПК-5
5	5	Построение классификационных диаграмм для серий магматических горных пород	4	Собеседование	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5
6	6	Построение дискrimинантных диаграмм для базальтов и гранитоидов	4	Собеседование	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5
7	7	Моделирование частичного плавления и кристаллизации	4	Собеседование	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5
8	8	Построение классификационных и дискrimинантных диаграмм для серии обломочных осадочных горных пород	4	Собеседование	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5
9	9	Построение геохимических диаграмм для серии метаморфических горных пород	4	Собеседование	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5
10	10	Построение диаграмм изотопных отношений Nd и Sr в горных породах	4	Собеседование	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5
11	11	Построение изохронных диаграмм и диаграмм с конкордией	4	Собеседование	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5

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

Самостоятельная работа обучающихся с учебно-методическими производится с материалами из списка рекомендованной литературы (п. 5.1) и научными статьями из рекомендованных периодических изданий (п. 5.2). При самостоятельной работе используются базы данных и поисковыми системами (п. 5.3), с использованием

программного обеспечения для обработки и графической визуализации геохимических данных (п. 6.1).

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень основной и дополнительной литературы

#### основная литература

5.1.1. Интерпретация геохимических данных : учебное пособие / Е. В. Скляров, Д. П. Гладкочуб, Т.В. Донская [и др.]. Под ред. Е.В. Склярова. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – 288 с.

5.1.2. Яковлев, Дмитрий Анатольевич. Общая геохимия : учебное пособие / Д. А. Яковлев, Т. А. Радомская, А. А. Воронцов, [и др.]. — 2-е изд., доп. — Иркутск : Издательство ИГУ, 2019. — 301 с.

5.1.3. Антипов, Виктор Сергеевич. Геохимия эндогенных процессов : учеб. пособие / В. С. Антипов, В. А. Макрыгина ; Иркутский гос. ун-т, Рос. акад. наук, Сибирское отделение, Ин-т геохимии им. А. П. Виноградова. - 2-е изд., испр. и доп. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2008. - 363 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 357-363. - ISBN 978-5-9624-0306-9

5.1.4. Рассказов, Сергей Васильевич. Радиоизотопные методы хронологии геологических процессов [Текст] : учеб. пособие / С. В. Рассказов, И. С. Чувашова ; рец.: С. П. Примина, С. И. Дриль ; Иркутский гос. ун-т, Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т земной коры. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - 300 с. : ил. ; 25 см. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-9624-0689-3.

#### дополнительная литература

5.1.5. Козлов, Валерий Дмитриевич. Введение в геохимию [Текст] : учеб. пособие / В. Д. Козлов ; Иркутский гос. ун-т. - 2-е изд., испр. и доп. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2007. - 219 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 211-215. - ISBN 978-5-9624-0153-9

5.1.6. Макрыгина, Валентина Алексеевна. Геохимия отдельных элементов [Текст] : учеб. пособие / В. А. Макрыгина ; ред. В. С. Антипов; Рос. акад. наук, Сиб. отд., Ин-т геохим. им. А. П. Виноградова, Иркутский гос. ун-т, Науч.-образовательный центр "Байкал - геохимия". - Новосибирск : Гео, 2011. - 195 с. : ил., [16] вкл. л. цв. ил. ; 25 см. - Библиогр.: с. 191-193. - ISBN 978-5-904682-49-1

### 5.2. Периодические издания

Издания, доступные на сайте Электронной научной библиотеки <https://www.elibrary.ru/>:

5.2.1. Журнал «Петрология»

5.2.2. Журнал «Геохимия»

5.2.3. Журнал «Доклады Российской академии наук. Науки о Земле»

5.2.4. Журнал «Геология и геофизика».

Издания, доступные на сайте издательства Elsevier <https://www.sciencedirect.com/>:

5.2.5. Журнал «Lithos»

5.2.6. Журнал «Journal of Asian Earth Sciences»

5.2.7. Журнал «Gondwana Research»

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

5.3.1. База данных составов основных геохимических резервуаров и коэффициентов распределения (Geochemical Earth Reference Model) <https://earthref.org/GERM/>

5.3.2. База данных GEOROC (Геохимия пород океанов и континентов) <https://georoc.eu/georoc/new-start.asp>

5.3.3. Система поиска научной информации ScienceDirect  
<https://www.sciencedirect.com/>

5.3.4. Геологический портал «Геокнига»: <https://www.geokniga.org/>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

- демонстрационный материал в виде презентаций для лекций и практических занятий
- персональный компьютер
- мультимедийный проектор

Занятия проводятся в специализированной аудитории ИГХ СО РАН.

### **6.2. Программное обеспечение:**

MS Office Excel 2007

MS Office Word 2007

MS Office Power Point 2007

PETROMODELER: Программа для численного моделирования магматических процессов – частичного плавления, фракционирования, контаминации.  
[https://www.researchgate.net/publication/318470525\\_PETROMODELER\\_v4](https://www.researchgate.net/publication/318470525_PETROMODELER_v4)

GeoChemical Data toolkit (GCDkit): Программа на языке программирования R для интерпретации геохимических данных по магматическим породам:

<http://www.gcdkit.org/>

IsoplotR: Программа для построения изотопных диаграмм

<https://www.ucl.ac.uk/~ucfbpve/isoplotr/home/index.html>

WinPyrox: программа для расчета формул и Р-Т условий формирования пироксенов  
<https://code.google.com/archive/p/winpyrox/>

WinAmptb: программа для расчета формул и Р-Т условий формирования амфиболов

[https://www.researchgate.net/publication/319417634\\_WinAmptb\\_A\\_Windows\\_program\\_for\\_calcic\\_amphibole\\_thermobarometry](https://www.researchgate.net/publication/319417634_WinAmptb_A_Windows_program_for_calcic_amphibole_thermobarometry)

### **6.3. Технические и электронные средства обучения:**

Концепцией преподавания предусмотрено использование презентаций с лекциями и заданиями для практических занятий. Кроме того, для практических занятий предусмотрено использование материалов из баз данных и статей в рекомендуемых периодических изданиях для построения диаграмм химического состава пород и минералов.

## **7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При освоении дисциплины используются виды учебной работы: на лекционных занятиях – дискуссии, индивидуальное обучение, обучение на основе опыта; на практических занятиях – дискуссии, индивидуальное обучение, обучение на основе опыта.

В ходе преподавания дисциплины реализуются следующие средства и способы обучения:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях;
- закрепление теоретического материала на практических занятиях с использованием литературы и баз данных, программного обеспечения, графическое представление данных;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием рекомендуемой литературы, информационных баз.

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

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

### Компетенция ПК-3

Наименование раздела / темы (в соответствии с таблицей п.4.1)	ИД-1пкз			ИД-2пкз		
	3-1	У-1	В-1	3-1	У-1	В-1
<b>Базовые определения геохимии</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Получение и анализ геохимических данных</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Графическое представление геохимических данных</b>						
<b>Расчет формул минералов и оценка условий их формирования</b>				+	+	+
<b>Распределение главных элементов в горных породах</b>						
<b>Распределение редких элементов в магматических горных породах</b>						
<b>Численное моделирование магматических процессов</b>						
<b>Интерпретация состава осадочных пород</b>						
<b>Интерпретация состава метаморфических пород</b>						
<b>Изотопный состав основных геохимических резервуаров</b>						
<b>Обработка и интерпретация геохронологических данных</b>						

### Компетенция ПК-4

Наименование раздела / темы (в соответствии с таблицей п.4.1)	ИД-1пк4			ИД-2пк4		
	3-1	У-1	В-1	3-1	У-1	В-1
<b>Базовые определения геохимии</b>						
<b>Получение и анализ геохимических данных</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Графическое представление геохимических данных</b>						
<b>Расчет формул минералов и оценка условий их формирования</b>						
<b>Распределение главных элементов в горных породах</b>	+	+	+			
<b>Распределение редких элементов в магматических горных породах</b>	+	+	+			
<b>Численное моделирование магматических процессов</b>	+	+	+			
<b>Интерпретация состава осадочных пород</b>	+	+	+			
<b>Интерпретация состава метаморфических пород</b>	+	+	+			
<b>Изотопный состав основных геохимических резервуаров</b>	+	+	+			
<b>Обработка и интерпретация геохронологических данных</b>	+	+	+			

### Компетенция ПК-5

Наименование раздела / темы (в соответствии с таблицей п.4.1)	ИД-1пк5			ИД-2пк5		
	3-1	У-1	В-1	3-1	У-1	В-1
<b>Базовые определения геохимии</b>						
<b>Получение и анализ геохимических данных</b>						

<b>Графическое представление геохимических данных</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Расчет формул минералов и оценка условий их формирования</b>						
<b>Распределение главных элементов в горных породах</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Распределение редких элементов в магматических горных породах</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Численное моделирование магматических процессов</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Интерпретация состава осадочных пород</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Интерпретация состава метаморфических пород</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Изотопный состав основных геохимических резервуаров</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Обработка и интерпретация геохронологических данных</b>	+	+	+	+	+	+

**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 / вопросы, 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
ПК-3	ИД-1пкз	<b>3-1</b>	1,2	1,7,13-15
		<b>У-1</b>	1,2	1,7,13-15
		<b>В-1</b>	1,2	1,7,13-15
	ИД-2пкз	<b>3-1</b>	1,2,4	1,2,7,13-15
		<b>У-1</b>	1,2,4	1,2,7,13-15
		<b>В-1</b>	1,2,4	1,2,7,13-15
ПК-4	ИД-1пк4	<b>3-1</b>	2,5-11	3,8-12,14,15
		<b>У-1</b>	2,5-11	3,8-12,14,15
		<b>В-1</b>	2,5-11	3,8-12,14,15
	ИД-2пкз	<b>3-1</b>	2	5
		<b>У-1</b>	2	5
		<b>В-1</b>	2	5
ПК-5	ИД-1пк5	<b>3-1</b>	3,5-11	3-5,8-12,14,15
		<b>У-1</b>	3,5-11	3-5,8-12,14,15
		<b>В-1</b>	3,5-11	3-5,8-12,14,15
	ИД-2пк5	<b>3-1</b>	3-11	2-5, 8-12,14,15
		<b>У-1</b>	3-11	2-5, 8-12,14,15
		<b>В-1</b>	3-11	2-5, 8-12,14,15

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

**Материалы для проведения текущего контроля знаний студентов:**

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Индикаторы
---	--------------	-------------------------------	------------

п/н			достижения компетенций (компоненты), которые контролируются
1	Собеседование	Базовые определения геохимии	ИД-1ПК-3 ИД-2ПК-3
2	Собеседование	Получение и анализ геохимических данных	ИД-1ПК-3 ИД-2ПК-3 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4
3	Собеседование	Графическое представление геохимических данных	ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5
4	Собеседование	Расчет формул минералов и оценка условий их формирования	ИД-2ПК-3 ИД-2ПК-5
5	Собеседование	Распределение главных элементов в горных породах	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5
6	Собеседование	Распределение редких элементов в магматических горных породах	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5
7	Собеседование	Численное моделирование магматических процессов	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5
8	Собеседование	Интерпретация состава осадочных пород	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5
9	Собеседование	Интерпретация состава метаморфических пород	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5
10	Собеседование	Изотопный состав основных геохимических резервуаров	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5
11	Собеседование	Обработка и интерпретация геохронологических данных	ИД-1ПК-4 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5

**Примерный перечень вопросов при собеседовании для текущего контроля:**

1. Назовите геохимические группы несовместимых элементов.
2. Назовите основные геохимические базы данных.
3. Перечислите виды геохимических диаграмм.

4. Приведите примеры программ для расчета формул минералов.
5. Охарактеризуйте классификационные диаграммы для магматических горных пород на основе главных компонентов.
6. Объясните, как проводится построение мультиэлементных диаграмм, принципы выбора нормировочного фактора.
7. Перечислите программы для моделирования процессов частичного плавления и кристаллизации.
8. Приведите примеры петрохимических диаграмм для осадочных пород.
9. Охарактеризуйте поведение химических элементов при метаморфизме.
10. Назовите принципы расчета изотопной систематики двухкомпонентных смесей.
11. Объясните принципы изохронных методов изотопного датирования.

## 8.2 Оценочные материалы для промежуточной аттестации

### Спецификация тестовых заданий для промежуточной аттестации

Для проведения зачета по дисциплине «Интерпретация геохимических данных» используется комплект тестовых заданий, которые содержат 6 заданий базового уровня сложности, 6 заданий повышенного уровня сложности, 3 задания высокого уровня сложности и направлены на оценку сформированности следующих компетенций (индикаторов достижения компетенций): **ПК-3 (ИД-1пкз, ИД-2пкз), ПК-4 (ИД-1пк4, ИД-2пк4), ПК-5 (ИД-1пк5, ИД-2пк5).**

Время на выполнение тестовых заданий 40 минут.

Максимальная сумма баллов за правильное выполнение всех тестовых заданий 30.

№ 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	<b>ИД-1пкз ИД-2пкз</b>	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	<b>ИД-2пкз ИД-2пк5</b>	1
3	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде буквы в поле ответа.	Базовый	<b>ИД-1пк4 ИД-1пк5 ИД-2пк5</b>	1
4	Закрытого типа на выбор двух правильных ответов	Выбрать два правильных ответа из приведенных вариантов. Ответ записать в виде последовательности букв без пробелов и	Базовый	<b>ИД-1пк5 ИД-2пк5</b>	1

		знаков препинания в поле ответа			
5	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде буквы в поле ответа.	Базовый	<b>ИД-2пк4 ИД-1пк5 ИД-2пк5</b>	1
6	Закрытого типа на установление соответствия	Установить соответствие между данными. Ответ записать в виде комбинации цифр и букв	Базовый	<b>ИД-1пк3 ИД-2пк3</b>	1
7	Закрытого типа на выбор двух правильных ответов	Выбрать два правильных ответа из приведенных вариантов. Ответ записать в виде последовательности букв без пробелов и знаков препинания в поле ответа	Повышенный	<b>ИД-1пк3 ИД-2пк3</b>	2/1*
8	Закрытого типа на установление последовательности	Установить правильную последовательность. Ответ запишите в виде последовательности цифр, соответствующих предложенным вариантам в поле ответов	Повышенный	<b>ИД-1пк4 ИД-1пк5 ИД-2пк5</b>	2/1
9	Закрытого типа на выбор двух правильных ответов	Выбрать два правильных ответа из приведенных вариантов. Ответ записать в виде последовательности букв без пробелов и знаков препинания в поле ответа	Повышенный	<b>ИД-1пк4 ИД-1пк5 ИД-2пк5</b>	2/1
10	Закрытого типа на установление последовательности	Установить правильную последовательность. Ответ запишите в виде последовательности букв, соответствующих предложенным вариантам в поле ответов	Повышенный	<b>ИД-1пк4 ИД-1пк5 ИД-2пк5</b>	2/1
11	Комбинированного типа с выбором одного правильного варианта ответа с его аргументацией	Выберите один правильный вариант и дайте краткую аргументацию. Ответ записать в виде буквы, отвечающей	Повышенный	<b>ИД-1пк4 ИД-1пк5 ИД-2пк5</b>	2/1

		правильному варианту в первое поле ответа и краткую аргументацию во второе поле ответа			
12	Комбинированного типа с выбором двух правильных вариантов ответа с его аргументацией	Выберите два правильных варианта и дайте краткую аргументацию. Ответ записать в виде букв, отвечающих правильным вариантам в первое поле ответа и краткую аргументацию во второе поле ответа	Повышенный	<b>ИД-1пк4 ИД-1пк5 ИД-2пк5</b>	2/1
13	Открытого типа с развернутым ответом	Дать определение	Высокий	<b>ИД-1пкз ИД-2пкз</b>	4/2
14	Открытого типа с развернутым ответом	Сформулировать ответ, подкрепленный несколькими аргументами на поставленный вопрос / задачу. Ответ записать в поле ответа	Высокий	<b>ИД-1пкз ИД-2пкз ИД-1пк4 ИД-1пк5 ИД-2пк5</b>	4/2
15	Открытого типа с развернутым ответом	Сформулировать ответ, подкрепленный несколькими аргументами на поставленный вопрос / задачу. Ответ записать в поле ответа	Высокий	<b>ИД-1пкз ИД-2пкз ИД-1пк4 ИД-1пк5 ИД-2пк5</b>	4/2

\* первая цифра за полный, вторая за частично правильный вариант ответа на тестовое задание.

Описание дополнительных материалов и оборудования, необходимых для выполнения тестовых заданий:

Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева.

**Критерии оценивания:**  
*Для зачета*

Оценка	Суммарный балл за выполнение тестовых заданий
зачтено	15-30
незачтено	<15

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАЧЕТА

### Вариант 1

**1. Назовите аббревиатуру для обозначения крупноионных литофильных элементов. Ответ запишите в виде буквы в поле ответа.**

- A. LILE.
- Б. HFSE
- В. HREE
- Г. LREE

**Ответ:**

**2. По какой формуле производится расчет магнезиальности ( $Mg\#$ ) минералов?**

**Ответ запишите в виде буквы в поле ответа.**

- A.  $Fe^{2+}/(Fe^{2+} + Mg)$
- Б.  $Mg/(Mg + Fe^{2+})$
- В.  $Mn/(Mn + Fe^{2+})$
- Г.  $Ca/(Ca + Al)$

**Ответ:**

**3. Назовите основную диаграмму для классификации магматических горных пород по главным элементам. Ответ запишите в виде буквы в поле ответа.**

- A.  $SiO_2 - (Na_2O + K_2O)$
- Б.  $SiO_2 - MgO$
- В.  $Al_2O_3 - TiO_2$
- Г.  $Nb/Yb - Th/Yb$

**Ответ:**

**4. Выберите два правильных варианта ответа, которые представляют бинарную диаграмму. Запишите ответ в виде последовательности букв без пробелов и знаков препинания в поле ответа.**

- A.  $SiO_2 - (Na_2O + K_2O)$
- Б.  $MgO - Yb$
- В. AFM
- Г. An - Ab - Or

**Ответ:**

--	--

**5. На состав какого геохимического резервуара обычно нормируются содержания редких элементов (включающих REE, LILE, HFSE) для построения графика нормированного распределения редких элементов в магматических горных породах? Запишите ответ в виде буквы в поле ответа.**

- А. На состав континентальной коры
- Б. На состав примитивной мантии
- В. На состав углистых хондритов типа C1
- Г. На средний состав постархейских глинистых станцев.

**Ответ:**

**6. Найдите соответствие между указанными химическими элементами и группой несовместимых редких элементов, к которой они принадлежат. Ответ запишите в поле ответа в виде цифр, соотносимых с утверждением.**

- |       |         |
|-------|---------|
| A. Rb | 1. HREE |
| B. La | 2. HFSE |
| C. Hf | 3. LILE |
| D. Yb | 4. LREE |

**Ответ:**

A	Б	В	Г

**7. Выберите два правильных варианта утверждения, характеризующие резервуар «примитивная мантия». Запишите ответ в виде последовательности букв без пробелов и знаков препинания в поле ответа.**

- А. Это силикатная Земля в целом (BSE).
- Б. Это ядро + мантия Земли.
- В. Это часть Земли, сформировавшаяся после выделения ядра, но до выделения земной коры.
- Г. Примитивная мантия отвечает составу хондриевых метеоритов.

**Ответ:**

--	--

**8. Расположите магматические породы в последовательности, соответствующей их появлению при фракционной кристаллизации единого расплава. Запишите ответ в виде последовательности букв, соответствующих предложенным вариантам в поле ответов.**

- А. Андезит
- Б. Базальт
- В. Риолит
- Г. Дацит

**Ответ:**

--	--	--

**9. Назовите крайние варианты моделей частичного плавления, которые используются при численном моделировании образования магматических расплавов по редким элементам. Выберите два правильных ответа из четырех вариантов, запишите их в виде последовательности букв без пробелов и знаков препинания.**

- А. Динамическое плавление
- Б. Равновесное плавление
- В. Фракционное (рэлеевское) плавление
- Г. Критическое плавление

**Ответ:**

--	--

**10. Расположите выбранные несовместимые редкие элементы в порядке уменьшения их несовместимости и увеличения коэффициентов распределения в системе перidotит-базальт. Запишите ответ в виде последовательности букв, соответствующих предложенным вариантам в поле ответов.**

- А. Gd
- Б. Rb
- В. Sr
- Г. Nb
- Д. Yb

**Ответ:**

--	--	--	--	--

**11. Какие геохимические диаграммы (из перечисленных) используются для определения палеогеодинамических обстановок формирования обломочных осадочных горных пород? Выберите один правильный ответ и запишите в виде буквы в поле ответа, а также запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.**

- А. Диаграммы М.Р. Бхатия
- Б. Диаграмма  $\text{SiO}_2 - \text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$
- В. Диаграмма  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$
- Г. Диаграмма  $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ .

<b>Ответ</b>	
<b>Обоснование ответа</b>	

**12. Какие из перечисленных изотопных методов используются для изотопного датирования методом изохрон? Выберите два правильных ответа и запишите их в виде последовательности букв без пробелов и знаков препинания, а также запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.**

- А. Sm-Nd метод
- Б. Sr-хемостратиграфия
- В. Rb-Sr метод
- Г. U-Pb метод

<b>Ответ</b>	
<b>Обоснование ответа</b>	

**13.** Дайте определение термину «коэффициент минерал/расплав». Каким образом получают значения коэффициентов распределения? Запишите ответ в поле ответа.

<b>Ответ</b>	
--------------	--

**14.** Охарактеризуйте поведение главных химических элементов в горных породах на прогрессивном этапе метаморфизма. Запишите ответ в поле ответа.

<b>Ответ</b>	
--------------	--

**15.** Опишите особенности нормированного распределения несовместимых редких элементов в океанических базальтах из разных геодинамических обстановок. Запишите ответ в поле ответа.

<b>Ответ</b>	
--------------	--

## Вариант 2

**1. Назовите аббревиатуру для обозначения высокозарядных элементов. Ответ запишите в виде буквы в поле ответа.**

- A. HREE.
- Б. HFSE
- В. LILE
- Г. LREE

**Ответ:**

**2. По какой формуле производится расчет хромистости (Cr#) минералов?**

**Ответ запишите в виде буквы в поле ответа.**

- A. Cr/(Cr + Al)
- Б. Al/(Al + Fe<sup>3+</sup>)
- В. Fe<sup>3+</sup>/(Al + Cr)
- Г. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

**Ответ:**

**3. Среди перечисленных диаграмм укажите диаграмму, которая используется для определения палеогеодинамической обстановки формирования магматических пород. Ответ запишите в виде буквы в поле ответа.**

- A. SiO<sub>2</sub> – (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)
- Б. Nb/Yb – Th/Yb
- В. AFM
- Г. SiO<sub>2</sub> – K<sub>2</sub>O

**Ответ:**

**4. Выберите два правильных варианта ответа, которые характеризуют треугольную диаграмму. Запишите ответ в виде последовательности букв без пробелов и знаков препинания в поле ответа.**

- А. Al – (Fe + Ti) – Mg
- Б. Yb – Cr
- В. Th – Hf/3 – Ta
- Г. Th – Co

**Ответ:**

--	--

**5. На состав какого геохимического резервуара обычно нормируются содержания редкоземельных элементов для построения графика нормированного распределения REE в горных породах? Запишите ответ в виде буквы в поле ответа.**

- А. На состав углистых хондритов типа C1
- Б. На состав примитивной мантии
- В. На состав континентальной коры
- Г. На средний состав постархейских глинистых сланцев.

**Ответ:**

**6. Найдите соответствие между группой несовместимых редких элементов и тем редким элементом, который входит в эту группу. Ответ запишите в поле ответа в виде цифр, соотносимых с утверждением.**

- |         |       |
|---------|-------|
| A. HFSE | 1. Lu |
| B. LREE | 2. Ti |
| C. LILE | 3. Sr |
| D. HREE | 4. Ce |

**Ответ:**

A	Б	В	Г

**7. Выберите два правильных варианта утверждения, характеризующие резервуар «деплетированная мантия». Запишите ответ в виде последовательности букв без пробелов и знаков препинания в поле ответа.**

- А. Является источником базальтов срединно-океанических хребтов (MORB).
- Б. Обеднена наиболее несовместимыми элементами.
- В. Обогащена сильно несовместимыми элементами.
- Г. Имеет такое же распределение редких элементов, как и «примитивная мантия».

**Ответ:**

--	--

**8. Расположите темноцветные минералы магматических пород в порядке их кристаллизации (ряд Боуэна) из единого расплава. Запишите ответ в виде последовательности букв, соответствующих предложенным вариантам в поле ответов.**

- А. Пироксен
- Б. Оливин
- В. Амфибол

**Ответ:**

--	--	--

**9. Назовите крайние варианты моделей кристаллизации магматических пород (не сопровождающиеся контаминацией), которые используются при численном моделировании по редким элементам. Выберите два правильных ответа из четырех вариантов, запишите их в виде последовательности букв без пробелов и знаков препинания.**

- А. Фракционная кристаллизация (рэлеевское фракционирование).
- Б. Динамическая кристаллизация.
- В. Равновесная кристаллизация.
- Г. Ассимиляция – фракционная кристаллизация.

**Ответ:**

--	--

**10. Расположите выбранные несовместимые редкие элементы в порядке увеличения их несовместимости и уменьшения коэффициентов распределения в системе перidotит-базальт. Запишите ответ в виде последовательности букв, соответствующих предложенным вариантам в поле ответов.**

- А. Y
- Б. Ti
- В. Lu
- Г. Zr
- Д. Ba

**Ответ:**

--	--	--	--	--

**11. Какой метод изотопного датирования (среди перечисленных) используется для датирования морских карбонатных осадочных пород? Выберите один правильный ответ и запишите в виде буквы в поле ответа, а также запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.**

- А. Sm-Nd метод
- Б. Rb-Sr метод
- В. Sr-хемостратиграфия
- Г. Lu-Hf метод

<b>Ответ</b>	
<b>Обоснование ответа</b>	

**12. Изотопный состав каких элементов (среди перечисленных) наиболее часто используется в геохимии для характеристики источников магматических пород? Выберите два правильных ответа и запишите их в виде последовательности букв без пробелов и знаков препинания, а также запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.**

- А. Sr
- Б. Nd
- В. Ca
- Г. Mg

<b>Ответ</b>	
<b>Обоснование ответа</b>	

**13. Какова зависимость коэффициентов распределения минерал/расплав от состава расплава? Приведите примеры концентрирования групп несовместимых элементов в определенных минералах. Запишите ответ в поле ответа.**

<b>Ответ</b>	
--------------	--

**14. Охарактеризуйте поведение главных элементов при регрессивном метаморфизме.**

<b>Ответ:</b>	
---------------	--

**15. Объясните принципы построения дискриминантных диаграмм для определения палеогеодинамических обстановок формирования магматических пород.**

<b>Ответ:</b>	
---------------	--

## КЛЮЧИ ПРАВИЛЬНЫХ ОТВЕТОВ К ТЕСТОВЫМ ЗАДАНИЯМ

*Пример ключа к тестовым заданиям:*

Номер тестового задания	Правильные ответы	
	Вариант 1	Вариант 2
1	А	Б
2	Б	А
3	А	Б
4	АБ	АВ
5	Б	А
6	А3 Б4 В2 Г1	А2 Б4 В3 Г1
7	АВ	АБ
8	БААВ	БАВ
9	БВ	АВ
10	БГВАД	ВАБГД
11	<p style="text-align: center;">А</p> <p><b>Обоснование ответа:</b> Треугольные и бинарные диаграммы М.Р. Бхатия с полями составов терригенных осадков из разных геодинамических обстановок используются для определения палеогеодинамических обстановок формирования обломочных осадочных пород.</p>	<p style="text-align: center;"><b>В.</b></p> <p><b>Обоснование ответа:</b> Sr-хемостратиграфия используется для датирования морских осадков. Изотопное отношение Sr в морской воде Мирового океана одинаково, вследствие быстрого (в геологических масштабах) изотопного обмена Sr при перемешивании океанических вод. Изотопное отношение Sr в морских карбонатных осадках одного возраста одинаково, и зависит от геологического периода и тектонических событий (интенсивное горообразование или раскол континентов). Анализ изотопных отношений Sr в карбонатных породах позволяет выявить возраст их формирования с помощью Sr-хемостратиграфической шкалы для фанерозойских морских карбонатов.</p>
12	<p style="text-align: center;">АВ</p> <p><b>Обоснование ответа:</b> Для изохронного датирования используются образцы минералов или горных пород, связанные друг с другом единым процессом формирования и сохранившие замкнутой соответствующую изотопную систему. Другим критерием для выбора изохронного метода является значительная разница в отношении радиогенного и дочернего изотопов в серии</p>	<p style="text-align: center;">АБ</p> <p><b>Обоснование ответа:</b> Для определения источников магматических пород наиболее часто используется диаграмма изотопного состава Sr – изотопного состава Nd, на которой выделяются обедненные и обогащенные мантийные источники, и источники в земной коре.</p>

	<p>образцов. Этим требованиям отвечают Sm-Nd и Rb-Sr методы, которые используются для изотопного датирования с помощью изохроны.</p>	
13	<p><b>Ответ:</b> коэффициент распределения минерал/расплав – это отношение содержания редкого элемента в минерале к содержанию этого же элемента в сосуществующем расплаве. Значения коэффициентов распределения получают несколькими способами. Эмпирический способ – непосредственное измерение содержаний элемента в минералах-вкрапленниках и в основной массе вулканических пород. Экспериментальный способ – посредством экспериментов по плавлению и кристаллизации, воспроизводящих процессы при высоких температурах и давлениях. Расчетный способ – расчет с использованием химического состава минерала и его кристаллохимических параметров.</p>	<p><b>Ответ:</b> коэффициенты распределения минерал/расплав для данного минерала в общих случаях увеличиваются с ростом содержания SiO<sub>2</sub> в расплаве, а для Fe-Mg силикатных минералов уменьшаются с уменьшением значений Mg#.</p> <p>Элементы группы HREE концентрируются в большей степени в клинопироксене, амфиболе, гранате, цирконе. Элементы группы LREE концентрируются в апатите. Элементы группы LILE концентрируются в полевых шпатах и слюдах. Элементы группы HFSE концентрируются в амфиболах, слюдах, и Ti-оксидных минералах.</p>
14	<p><b>Ответ:</b> На прогрессивном этапе метаморфизма умеренных температур и давлений в породах происходит уменьшение содержаний летучих компонентов (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>). В то же время, содержания главных элементов остаются неизменными или меняются незначительно. Это подтверждается изучением слоев пород одного состава, которые в зональных метаморфических комплексах пересекают изограды различных фаций метаморфизма</p>	<p><b>Ответ:</b> При регрессивном метаморфизме (с уменьшением температуры и давления), при привносе водного флюида в породу возможно подвижное поведение главных элементов. При этом наиболее подвижны элементы, растворимые в водном флюиде: Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, CaO. В отдельных случаях возможно подвижное поведение SiO<sub>2</sub>, FeO, MgO. При регрессивном метаморфизме с привносом большого количества флюида, высокозарядные элементы наиболее инертны: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.</p>
15	<p><b>Ответ:</b> Нормированные содержания – это содержания элемента в образце, поделенные на содержания этого же элемента в каком-либо геохимическом резервуаре (хондритовые метеориты, примитивная мантия). На диаграммах нормированных содержаний показывают редкие и редкоземельные элементы. Среди</p>	<p><b>Ответ:</b> При создании дискриминантных диаграмм рассматриваются особенности распределения несовместимых редких элементов в породах близкого химического состава (базальты, граниты). При этом породы разных современных геодинамических обстановок обладают разным распределением редких элементов.</p>

	<p>океанических базальтов выделяются базальты срединно-океанических хребтов нормального типа (N-MORB) и обогащенного типа (E-MORB), а также базальты океанических островов (OIB), и базальты островных дуг (IAB). Базальты типа N-MORB обеднены наиболее несовместимыми элементами. Базальты типа E-MORB умеренно обогащены наиболее несовместимыми элементами. Базальты типа IAB в различной степени обогащены наиболее несовместимыми элементами, имеют отрицательные аномалии Nb, Ta, и положительные аномалии Sr и Pb.</p>	<p>Эта особенность является основой для создания дискриминантных диаграмм для выявления палеогеодинамических обстановок формирования магматических пород в складчатых поясах. На таких диаграммах используются как содержания, так и отношения редких элементов. Для дискриминантных диаграмм как правило используются элементы, немобильные при вторичных изменениях – группы HFSE и REE. Наиболее распространены дискриминантные диаграммы для базальтов и гранитоидов.</p>
--	--	---

#### **Автор-составитель рабочей программы:**

к.г-м.н. Беляев В.А.

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