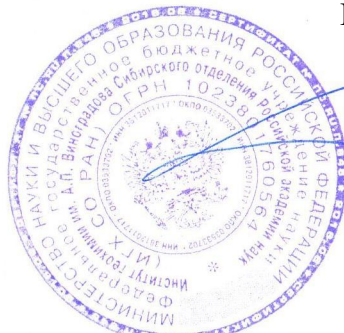


**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геохимии им. А.П. Виноградова
Сибирского отделения Российской академии наук**

УТВЕРЖДЕНА
на заседании Ученого совета ИГХ СО РАН
Протокол № 2 от 28.04.2026



Директор

А.Б. Перепелов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.06 Общая геохимия

Направление подготовки: 05.04.01 Геология

Направленность подготовки: Геохимия, минералогия и геоэкология

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Иркутск 2026 г.

Содержание

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО.....	3
3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5
4.2. План и перечень тем самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	6
4.3. Содержание учебного материала	9
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы	12
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	13
5.1. Перечень основной и дополнительной литературы.....	13
5.2. Периодические издания	13
5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.....	13
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	14
6.1. Учебно-лабораторное оборудование	14
6.2. Программное обеспечение.....	14
6.3. Технические и электронные средства обучения:	14
7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	14
8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	14
8.1. Оценочные материалы для текущего контроля.....	16
8.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации.....	18

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины «Общая геохимия» - сформировать у магистрантов представления о теоретических основах геохимии, представить современные знания о распространенности и распределении химических элементов в геологических объектах Земли и о поведении химических элементов в различных геологических процессах.

Задачи курса:

- освоить систему понятий и определений в геохимии;
- изучить фундаментальные законы геохимии;
- заложить представления о роли и поведении химических элементов в геологических процессах;
- научить интерпретировать геохимическую информацию.

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 при изучении дисциплин ранее пройденных фундаментальных физико-математических и естественно-научных дисциплин на уровне бакалавриата, таких как «Физика», «Химия», «Общая геология», «Кристаллография», «Минералогия», «Петрография», «Литология». Материал дисциплины и приобретенные навыки необходимы для освоения последующих дисциплин, таких как «Петрология магматических и осадочных пород», «Изотопная геология и геохронология», «Геохимические индикаторы геодинамических обстановок», «Представление результатов научно-исследовательской деятельности», «Поисковая геохимия и представление данных на основе геоинформационных систем».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у студента следующих компетенций (элементов следующих компетенции) 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
ПК-1 Способен использовать фундаментальные теоретические знания при решении научно-исследовательских задач в области геологии	ИД-1пк-1 Использует современные положения фундаментальных геологических дисциплин на разных этапах осуществления и сопровождения научно-исследовательских работ	Знать З-1: основные методы анализа вещества. Уметь У-1: определять комплекс технических средств для решения поставленной задачи. Владеть В-1 базовыми понятиями геохимии.
	ИД-2пк-1 Воспринимает фундаментальные теоретические знания как способ получения	Знать З-1: применение экспериментальных и теоретических методов для решения различных

	фактической информации и инструмент для создания моделей и интерпретации результатов научных исследований	геохимических задач. Уметь У-1: описывать результаты наблюдений. Владеть В-1: навыками интерпретации полученных данных.
ПК-4 Способен изучать и использовать научно-техническую информацию, применять отечественный и зарубежный опыт при выполнении задач в научно-исследовательской работе	ИД-1пк-4 Использует учебную, справочную, периодическую, фондовую литературу и информационные ресурсы геологического, геохимического и экологического профиля при выполнении научно-исследовательских работ	Знать З-1: источники получения геохимической информации. Уметь У-1: находить информацию по конкретной геохимической проблеме и тематике в учебной, справочной, периодической литературе и электронных информационных ресурсах; Владеть В-1: навыками обработки необходимой информации для выполнения научно-исследовательской работы.
	ИД-2пк-4 Ориентируется в структуре современных информационных источников, ресурсов и литературе для поиска и подбора актуальной информации или углубления знаний в рамках решения конкретной профессиональной задачи	Знать З-1: основные информационные ресурсы и литературу Уметь У-1: находить и извлекать актуальную информацию, необходимую для сравнительного анализа Владеть В-1: навыками поиска и обработки геохимической информации в поисковых системах, базах данных и литературных источниках.

4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц, что составляет 216 академических часов, в том числе 6 академических часа на зачет и зачет с оценкой. Форма промежуточной аттестации: зачет в первом семестре, зачет с оценкой во втором 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)			Самостоятельная работа	Контроль самостоятельной работы (в часах)	Формы текущего контроля успеваемости / форма промежуточной аттестации
					Лекции	Практические занятия	Консультации			
1	Объект, направления и методы исследования геохимии.	1	8,25		4	2		2	0,25	Устный опрос
2	Космическая распространенность элементов. Распространенность элементов в метеоритах и планетах.		12,25		4	4		4	0,25	Собеседование
3	Радиогенные изотопы в геологии. Стабильные изотопы в геологии.		18,25		6	8		4	0,25	Собеседование
4	Геохимические классификации элементов. Изоморфизм. Основные законы миграции химических элементов.		12,25		4	4		4	0,25	Собеседование

5	Геохимия мантии.	2	22,5	8	8	6	0,5	Собеседование	
6	Геохимия земной коры.		29,5	10	10	1	8	0,5	Собеседование
7	Геохимия атмосферы и гидросферы. Геохимия биосферы. Органическая геохимия.		14,5	4	4	6	0,5		
8	Геохимия магматического процесса.		28,5	10	10	8	0,5	Собеседование	
9	Геохимия процесса метаморфизма.		24,5	8	8	8	0,5	Собеседование	
10	Геохимия гидротермального процесса. Геохимия процессов выветривания и осадкообразования.		22,25	8	8	6	0,25	Собеседование	
11	Геохимические циклы элементов. Геохимическая эволюция Земли.		17,25	6	6	1	4	0,25	Собеседование
Всего			216	72	72	2	60	4	зачет в 1 семестре – 3 часа, зачет с оценкой 3 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
1	Объект, направления и методы исследования геохимии.	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3)	2
2	Космическая распространенность элементов. Распространенность элементов в метеоритах и планетах	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3)	4
3	Радиогенные изотопы в геологии. Стабильные изотопы в геологии.	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1пк-1 ИД-2пк-4	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3) Программы (п. 6.2)	4

4	Геохимические классификации элементов. Изоморфизм. Основные законы миграции химических элементов.	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1ПК-1 ИД-1ПК-4	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3) Программы (п. 6.2)	4
5	Геохимия мантии.	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3) Программы (п. 6.2)	6
6	Геохимия земной коры.	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3) Программы (п. 6.2)	8
7	Геохимия атмосферы и гидросферы. Геохимия биосферы. Органическая геохимия.	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3) Программы (п. 6.2)	6
8	Геохимия магматического процесса.	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3) Программы (п. 6.2)	8
9	Геохимия процесса метаморфизма.	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3) Программы (п. 6.2)	8
10	Геохимия гидротермального процесса. Геохимия процессов выветривания и	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3)	6

	осадкообразования.			ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}	Программы (п. 6.2)	
11	Геохимические циклы элементов. Геохимическая эволюция Земли.	Работа с учебно-методическими материалами	Собеседование	ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}	Литература (п. 5.1, 5.2) Базы данных (п. 5.3)	4

4.3. Содержание учебного материала

Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость, часов	Оценочное средство	Формируемый индикатор достижения компетенции
1		Описание различных методов, используемых в геохимии. Выбор метода, исходя из цели исследования.	2	Устный опрос	ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1}
2		Анализ и обсуждение данных о распространении элементов в планетах Солнечной системы. Строение атомных ядер, изотопы, стабильность ядер, распространенность элементов	4	Собеседование	ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}
3		Радиогенные изотопы в геологии. Методы изотопного датирования (Rb-Sr, Sm-Nd, Th-U-Pb, Lu-Hf, K-Ar, Ar-Ar). Изохронный метод определения возраста пород. Радиоуглеродный метод датирования. Стабильные изотопы в геохимии.	8	Собеседование	ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-4}
4		Изоморфизм. Примеры изоморфизма в природных системах. Коэффициенты распределения.	4	Собеседование	ИД-1 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-4}
5		Геохимия мантии. Анализ данных о гетерогенности мантии по данным о геохимии базальтов СОХ и океанических островов.	8	Собеседование	ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-4}
6		Геохимия земной коры. Модели состава и эволюции континентальной коры. Сравнение строения и состава океанической и континентальной земной коры. Геохимическая классификация гранитоидов.	10	Собеседование	ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}
7		Геохимия атмосферы и гидросферы. Главные и рассеянные элементы в морской воде, формы их нахождения, привнос и вынос вещества.	4	Собеседование	ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}
8		Геохимия магматического процесса. Построение	10	Собеседование	ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1}

		TAS диаграммы классификации магматических пород. Петрохимические серии магматических пород Геохимия ультраосновных, основных, средних, кислых магматических пород. Эволюция магматических расплавов и геохимические индикаторы петрогенетических процессов Геохимическая типизация базальтов.			ИД-1пк-4 ИД-2пк-4
9		Геохимия процесса метаморфизма. Метаморфические реакции и перераспределение химических элементов в протолите в зависимости от термодинамических условий. Использование геохимических данных для реконструкции протолитов метаморфических пород.	8	Собеседование	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4
10		Геохимия гидротермального процесса. Моделирование процесса формирования гидротермальных месторождений	8	Собеседование	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4
11		Хондритовая модель Земли. Роль дифференциации мантии в формировании земной коры и эволюции состава геосфер Земли	6	Собеседование	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4

Раздел 1. Введение.

1.1. Объект, направления и методы исследования геохимии. Определение геохимии, ее место в системе наук о Земле. Возникновение геохимии. основополагающие работы Ф.У.Кларка, В.И.Вернадского, В.М. Гольдшмидта, А.Е.Ферсмана. Основные проблемы и направления геохимии. Кларки. Методы геохимии: химические и физические методы изучения распределения и форм нахождения элементов, методы термодинамики и кристаллохимии. Типы геохимических задач. Цели и методы опробования, представительный вес проб. Выбор аналитических средств, характеристики аналитических методов (чувствительность, точность, воспроизводимость), аналитические стандарты.

Раздел 2. Космогеохимия

2.1. Космическая распространенность элементов

Понятие “космической” распространенности элементов, основные закономерности распространенности ядер в зависимости от атомного номера. Закон Оддо-Гаркинса. Происхождение химических элементов.

2.2. Распространенность элементов в метеоритах и планетах

Метеориты, их минеральный и химический состав. Две группы планет Солнечной системы, различия в их строении и составе. Основные факторы, определяющие различия в составе планет. Гипотеза об аналогии твердого вещества планет и метеоритов

Раздел 3. Изотопная геохимия

3.1. Радиогенные изотопы в геологии. Радиоактивность и ее виды, закон радиоактивного распада, уравнение определения возраста. Методы изотопного датирования (Rb-Sr, Sm-Nd), особенности и области применения.

3.2. Стабильные изотопы в геологии. Причины изотопного фракционирования. Изотопы кислорода. Изотопы серы. Изотопы углерода.

Раздел 4. Общая геохимия

4.1. Геохимические классификации элементов. Геохимическая классификация В.М.Гольдшмидта: атмосферные, сидерофильные, халькофильные, литофильные элементы, принципы выделения в группы. Петрогенные и редкие элементы. Понятия о редких когерентных и некогерентных элементах, коэффициенты распределения.

4.2. Изоморфизм. Явление изоморфизма и его геохимическое значение. Основные типы изоморфизма, эмпирические правила изоморфизма, зависимость от температуры и давления. Изоморфизм и ассоциации элементов; изоморфные ряды В.И.Вернадского, диагональные ряды А.Е.Ферсмана. Изоморфизм как механизм рассеяния, концентрирования и разделения элементов.

4.3. Основные законы миграции химических элементов. Периодический закон Д.И.Менделеева. Основные свойства атомов и ионов, определяющие их поведение в природных системах. Состояние (формы нахождения) элементов в природе. Понятие о миграции; внутренние и внешние факторы миграции. Геохимические барьеры

Раздел 5. Распространенность химических элементов в Земле и ее оболочках

5.1. Геохимия мантии. Источники сведений о составе и строении мантии. Минеральный состав мантии и его изменение с глубиной. Химический состав верхней мантии. Представление о примитивной мантии. Представления о гетерогенности мантии по данным о геохимии базальтов СОХ и океанических островов. Представления о происхождении мантийных резервуаров, влияние метасоматоза, рециклинга корового и мантийного вещества на формирование мантийной гетерогенности.

5.2. Геохимия земной коры. Два типа земной коры: океаническая и континентальная. Химический состав океанической коры и механизмы ее формирования. Различия в составе континентальной коры платформ и складчатых областей. Представления о строении и составе земной коры по вертикали. Распространенность элементов в земной коре, методы оценки. Особенности состава континентальной коры в целом, механизмы образования континентальной коры.

5.3. Геохимия атмосферы и гидросферы. Строение и химический состав атмосферы, ее уникальность. Состав гидросферы. Главные и рассеянные элементы в морской воде, формы их нахождения, привнос и вынос вещества. Материковые воды: источники минерализации, особенности состава вод рек и озер, подземных вод. Эволюция состава атмосферы и гидросферы в геологической истории Земли.

5.4. Геохимия биосферы. Определение биосферы. Количество и химический состав живого вещества, ассоциации элементов живого вещества Понятие о биогеохимических процессах; прямое и косвенное влияние организмов на геологические процессы; геохимические функции организмов; организмы-концентраторы. Биогеохимические провинции. Связь условий жизнедеятельности организмов с химическим составом среды; понятие эндемии. Факторы формирования биогеохимических провинций. Значение биогеохимических провинций в хозяйственной деятельности человека

5.5. Органическая геохимия. Органическое вещество в геохимии. Распространенность и формы накопления органического вещества. Состав органического вещества осадков и осадочных пород; ассоциации элементов, накапливающихся в связи с органическим веществом; органическое вещество как фактор концентрирования элементов.

Раздел 6. Геохимия процессов

6.1. Геохимия магматического процесса. Химическая классификация магматических пород. Закономерности изменения распространенности элементов в магматических породах в зависимости от содержания кремнезема. Ассоциации элементов ультраосновных, основных, кислых и щелочных пород. Идея об основополагающей роли кристаллизационной дифференциации как механизма разделения элементов в магматическом процессе. Основные факторы, определяющие редкоэлементный состав магм. Относительная распространенность типов магматических пород. Геохимические классификации наиболее распространенных магматических пород - гранитов и базальтов.

6.2. Геохимия процесса метаморфизма. Главные факторы, определяющие минеральный и химический состав метаморфических пород. Миграция элементов при региональном метаморфизме: инертные и подвижные элементы. Использование геохимических данных для реконструкции протолитов метаморфических пород.

6.3. Геохимия гидротермального процесса. Источники воды, вещества, формы переноса вещества, причины образования оруденения.

6.4. Геохимия процессов выветривания и осадкообразования. Основные агенты и химические процессы в зоне гипергенеза. Основные реакции при химическом выветривании, продукты выветривания. Дифференциация вещества в процессах выветривания, эрозии, переноса и отложения осадков. Состав основных типов осадочных пород. Специфика состава глубоководных океанических осадков. Роль органического вещества в концентрации микроэлементов в осадках. Геохимические индикаторы областей сноса терригенных пород.

Раздел 7. Заключение

7.1. Геохимические циклы элементов

7.2. Геохимическая эволюция Земли. Гипотезы эволюции протовещества Солнечной системы. Хондритовая модель Земли. Роль дифференциации мантии в формировании земной коры и эволюции состава геосфер Земли

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы

Самостоятельная работа обучающихся заключается в проработке разделов теоретического курса, работе с литературой и источниками информации и подготовка к устному опросу. Целью самостоятельной работы является Приобретение необходимо уровня теоретических знаний для достижения способности использовать теоретические основы специальных и новых разделов дисциплины «Изотопная геология и геохронология» при решении задач профессиональной деятельности.

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 системы (п. 5.3), с использованием программного обеспечения для обработки и графической визуализации геохимических данных (п. 6.1).

Рекомендации по выполнению задания: необходимо внимательно ознакомиться с перечнем вопросов для подготовки к устному опросу по соответствующему разделу, прочитать конспект лекции по теме, составить план поиска дополнительной информации, найти и систематизировать дополнительную информацию, составить краткий конспект по

вопросам, не рассмотренным на лекциях. Качество самостоятельной работы оценивается полнотой и правильностью ответа на устном опросе, степенью осознанности и понимания изученного, языковым оформлением ответа.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Перечень основной и дополнительной литературы

основная литература

1. Яковлев Д.А., Радомская Т.А., Воронцов А.А., Фёдоров А.М., Будяк А.Е. Общая геохимия. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2019. – 301 с.
2. Интерпретация геохимических данных : учебное пособие / Е. В. Скляр, Д. П. Гладкочуб, Т.В. Донская [и др.]. Под ред. Е.В. Склярова. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – 288 с.
3. Макрыгина В. А. Геохимия отдельных элементов. – Новосибирск : Гео, 2011. – 195 с.
4. Козлов В.Д. Введение в геохимию. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2007. - 219 с.

дополнительная литература

1. Перельман А.И. Геохимия – М. : Высш. шк., 1989. - 528 с.
2. Сауков, А.А. Геохимия – М. : Наука, 1966. - 487 с.
3. Гаврусевич Б.А. Основы общей геохимии – М. : Недра, 1968. – 328 с.
4. Антипин В.С., Макрыгина В.А. Геохимия эндогенных процессов – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2008. – 363 с.

5.2. Периодические издания

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

- Петрология
- Геохимия
- Доклады Российской академии наук. Науки о Земле.
- Геология и геофизика

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

- Lithos
- Journal of Asian Earth Sciences
- Gondwana Research

5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

База данных составов основных геохимических резервуаров и коэффициентов распределения (EarthRef) <https://earthref.org/>

База данных GEOROC (Геохимия пород океанов и континентов) <http://georoc.mpch-mainz.gwdg.de/georoc/Start.asp>

Система поиска научной информации Web of Science
<https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование

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

6.2. Программное обеспечение

MS Office Excel 2007

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 P-T условий формирования пироксенов

<https://code.google.com/archive/p/winpyrox/>

WinAmptb: программа для расчета формул и P-T условий формирования амфиболов

https://www.researchgate.net/publication/319417634_WinAmptb_A_Windows_program_for_calculating_amphibole_thermobarometry

6.3. Технические и электронные средства обучения:

Концепцией преподавания предусмотрено использование презентаций с лекциями и заданиями для самостоятельной работы.

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации данной программы применяются информационно-коммуникационные технологии (использование вычислительной техники и телекоммуникационных средств для реализации информационных процессов с целью оперативной и эффективной работы с информацией).

Кроме того, при реализации программы «Изотопная геология и геохронология» применяются такие способы подачи материала, как дискуссия, обучение на основе результатов научных исследований, проводимых Институтом геохимии им. А.П. Виноградова.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

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

Наименование раздела / темы (в соответствии с таблицей п.4.1)	Компетенция ПК-1						Компетенция ПК-4					
	ИД-1ПК-1			ИД-2ПК-1			ИД-1ПК-4			ИД-2ПК-4		
	З-1	У-1	В-1	З-1	У-1	В-1	З-1	У-1	В-1	З-1	У-1	В-1
1. Объект, направления и методы исследования геохимии.	+		+				+			+	+	
2. Космическая распространенность элементов. Распространенность элементов в метеоритах и планетах.	+		+			+	+	+	+	+	+	+
3. Радиогенные изотопы в геологии. Стабильные изотопы в геологии.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4. Геохимические классификации элементов. Изоморфизм. Основные законы миграции химических элементов.	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	
5. Геохимия мантии.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6. Геохимия земной коры.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7. Геохимия атмосферы и гидросферы. Геохимия биосферы. Органическая геохимия.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8. Геохимия магматического процесса.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9. Геохимия процесса метаморфизма.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10. Геохимия гидротермального процесса. Геохимия процессов выветривания и осадкообразования.	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
11. Геохимические циклы элементов. Геохимическая эволюция Земли.			+				+	+		+	+	

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

Индекс компетенции	Индекс индикатора достижения компетенции	Индекс дескриптора индикатора достижения компетенции (в соответствии с разделом 3 настоящей РПД)	Номера заданий / вопросов, из оценочных материалов контроля текущей успеваемости, позволяющих оценить степень сформированности дескриптора компетенции	Номера вопросов из оценочных материалов промежуточной аттестации, позволяющих оценить степень сформированности дескриптора компетенции	
				зачет	зачет с оценкой
ПК-1	ИД-1ПК-1	З-1	2,8	7	
		У-1	8	7	
		В-1	3,4,5,6,10,11,12,17	4,6,8,9	4,6,8
	ИД-2ПК-1	З-1	7,9,11,12,13,14,15,16,17, 30	2,3,10	5,10
		У-1	9, 29, 30, 33	11	7,9
		В-1	9, 29, 30, 33	5,11	7,9,11
ПК-4	ИД-1ПК-4	З-1	8,18-28	10	9,11
		У-1	1,18-28, 32	7	9,11
		В-1	18-28, 32	7	9,11
	ИД-2ПК-4	З-1	8,9,11,13,14,15,16	1	3,10
		У-1	10,11,13,14,15,16	10	1,2,10
		В-1	10,11,18-28, 32	11	10

8.1. Оценочные материалы для текущего контроля

Материалы для проведения текущего контроля знаний студентов

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Индикаторы достижения компетенций (компоненты), которые контролируются
1	Устный опрос	Объект, направления и методы исследования геохимии.	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1
2	Собеседование	Космическая распространенность элементов. Распространенность элементов в метеоритах и планетах	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4
3	Собеседование	Радиогенные изотопы в геологии. Стабильные изотопы в геологии.	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-4
4	Собеседование	Геохимические классификации элементов. Изоморфизм. Основные законы миграции химических элементов.	ИД-1ПК-1 ИД-1ПК-4
5	Собеседование	Геохимия мантии.	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1

			ИД-1пк-4
6	Собеседование	Геохимия земной коры.	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4
7	Собеседование	Геохимия атмосферы и гидросферы. Геохимия биосферы. Органическая геохимия.	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4
8	Собеседование	Геохимия магматического процесса.	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4
9	Собеседование	Геохимия процесса метаморфизма.	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4
10	Собеседование	Геохимия гидротермального процесса. Геохимия процессов выветривания и осадкообразования.	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4
11	Собеседование	Геохимические циклы элементов. Геохимическая эволюция Земли.	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4

Примерный перечень вопросов при собеседовании для текущего контроля:

1. Основные этапы развития геохимии.
2. Методы геохимических исследований.
3. Распространенность элементов в Солнечной системе.
4. Понятие “космической” распространенности элементов, основные закономерности распространенности ядер в зависимости от атомного номера.
5. Закон Оддо-Гаркинса.
6. Происхождение химических элементов.
7. Строение атомного ядра. Изотопы.
8. Методы изотопного датирование пород и минералов.
9. Изохронный метод.
10. Геохимические классификации элементов (В. М. Гольдшмидта, А. Е. Ферсмана, В. И. Вернадского, А. Н. Заварицкого).
11. Коэффициенты распределения химических элементов.
12. Совместимые и несовместимые элементы.
13. Геохимия ультраосновных пород.
14. Геохимия основных пород.
15. Геохимия средних пород.
16. Геохимия кислых пород.
17. Типы геодинамических обстановок.
18. Внутриплитные геодинамические обстановки и геохимические индикаторы.
19. Геохимические индикаторы магматизма океанических плато.
20. Геохимия магматизма вулканических островов.
21. Трапповый магматизм на континентах.
22. Щелочной магматизм на континентах.
23. Геодинамические обстановки дивергентных границ (зоны спрединга).
24. Магматизм срединно-океанических хребтов.
25. Магматизм континентальных рифтов.
26. Геодинамические обстановки конвергентных границ.

27. Магматизм коллизионных орогенов.
28. Магматизм зон субдукции (островная дуга, активная континентальная окраина).
29. Построение двойных и тройных диаграмм.
30. Петрогенные и рассеянные элементы.
31. Классификация магматических горных пород на химической основе (TAS).
32. Химический состав континентальной коры.
33. Приемы интерпретации спектров редких и редкоземельных элементов.

8.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Зачет в первом семестре и зачет с оценкой во втором семестре проходит в форме тестовых заданий в письменном виде. Каждый тест состоит из 11 тестовых заданий закрытого и открытого типа разных уровней сложности, обозначенных в спецификации. На задания 1-5 магистранту необходимо выбрать один правильный ответ и вписать его в поле для ответов. При выполнении задания 6 необходимо установить соответствие и вписать последовательность правильных цифр в поле для ответа. Задание 7 предусматривает вопрос, при ответе на который необходимо выбрать не менее 2 правильных ответов и вписать их в соответствующее поле. Задания 8-11 относятся к заданиям открытого типа, ответ на которые магистранту необходимо самостоятельно сформулировать и вписать в поле для ответа. Время на выполнение тестовых заданий *60 минут*. Максимальная сумма баллов за правильное выполнение всех тестовых заданий 100.

Спецификация тестовых заданий для промежуточной аттестации для проведения зачета в 1 семестре

№ 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 цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-2 _{ПК-4}	5
2	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-2 _{ПК-1}	5
3	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-2 _{ПК-1}	5
4	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле	Базовый	ИД-1 _{ПК-1}	5

		ответа.			
5	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-2ПК-1	5
6	Закрытого типа на установление соответствия	Установить соответствие между значениями колонки 1 (обозначены буквами) и 2 (обозначены римскими цифрами) Ответ записать в виде комбинации цифр напротив вариантов, , обозначенных буквами а, б, в, г.	Повышенный	ИД-1ПК-1	10
7	Закрытого типа на множественный выбор не более 2 правильных ответов	Выбрать не более 2 правильных ответов из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифр(ы) в поле ответа.	Повышенный	ИД-1ПК-1 ИД-1ПК-4	10
8	Открытого типа с развернутым ответом	Сформулируйте ответ на поставленный вопрос. Ответ запишите в поле ответа	Высокий	ИД-1ПК-1	10
9	Открытого типа с ответом в виде значения	Сформулируйте ответ на поставленный вопрос. Ответ запишите в поле ответа	Высокий	ИД-1ПК-1	10
10	Открытого типа с развернутым ответом	Сформулируйте ответ на поставленный вопрос. Ответ запишите в поле ответа	Высокий	ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-1 ИД-2ПК-4	10
11	Открытого типа с развернутым ответом	Сформулируйте ответ на поставленный вопрос. Ответ запишите в поле ответа	Высокий	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-4	10

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАЧЕТА

ВАРИАНТ 1

1. Кто впервые употребил термин “геохимия” для обозначения новой науки?

- (а) В.И. Вернадский
- (б) К.Ф. Шёнбейн
- (в) В.М. Гольдшмидт
- (г) Ф.У. Кларк

Ответ	
-------	--

2. К какому классу метеоритов относятся хондриты?

- (а) Железокаменные
- (б) Каменные
- (в) Железные
- (г) Хондриты не являются метеоритами

Ответ	
-------	--

3. Что представляет собой ионный потенциал Картленджа?

- (а) отношение ионного радиуса элемента к его заряду (валентности)
- (б) отношение заряда (валентности) элемента к его ионному радиусу
- (в) отношение распространенности элемента к его заряду (валентности)
- (г) отношение содержания химического элемента в породе к содержанию в примитивной мантии

Ответ	
-------	--

4. Какие принципы заложены в основу геохимической классификации элементов В. М. Гольшмидта?

- (а) положение в периодической системе Д.И. Менделеева; распределение элементов между различными фазами метеоритов; космическая распространённость.
- (б) распределение элементов между мантией и корой Земли; строение электронных оболочек; поведение в природных процессах.
- (в) распределение элементов между различными фазами метеоритов; химическое родство с O, S, Fe; строение электронных оболочек.
- (г) значение атомных и ионных радиусов химических элементов

Ответ	
-------	--

5. Какой элемент относится к наиболее мобильным элементам в геологических процессах?

- (а) рубидий
- (б) ниобий
- (в) тантал
- (г) циркон

Ответ	
-------	--

6. Соотнесите перечисленные ниже элементы с их группой по классификации В.М. Гольдшмидта

Элементы:

- (а) Si
- (б) Fe
- (в) Zn
- (г) Ar

Группа:

- (I) сидерофильные
- (II) халькофильные
- (III) атмофильные
- (IV) литофильные

	а	б	в	г
Ответ				

7. Какие задачи решаются в изотопной геохимии?

- (а) определение возраста геологических объектов Земли
- (б) оценка массы ядра Земли
- (в) определение физических параметров Земли
- (г) характеристика состава источников и процессов происхождения вещества Земли

Ответ		
-------	--	--

8. Назовите три основные геохимические группы несовместимых редких элементов.

Ответ	
-------	--

9. Сформулируйте основную суть закона Оддо-Гаркинса.

Ответ	
-------	--

10. Поясните принципы построения мультиэлементных диаграмм с нормированным содержанием элементов, принцип выбора состава для нормирования.

Ответ	
-------	--

11. Поясните, почему рубидий предпочтительнее накапливается в земной коре по сравнению с мантией.

Ответ	
-------	--

ВАРИАНТ 2

1. Какой вклад в геохимию внёс В.М. Гольдшмидт?

- (а) построил модель дифференциации вещества Земли
- (б) впервые употребил термин «геохимия»
- (в) разработал геохимическую классификацию элементов
- (г) определил средний состав земной коры

Ответ	
-------	--

2. К какому классу метеоритов относятся ахондриты?

- (а) Железокаменные
- (б) Каменные
- (в) Железные
- (г) Ахондриты не являются метеоритами

Ответ	
-------	--

3. Как изменяется электроотрицательность элементов в периодической системе Д.И. Менделеева?

- (а) увеличивается в группах сверху вниз и в периодах слева направо
- (б) увеличивается в группах сверху вниз и уменьшается слева направо
- (в) уменьшается в группах сверху вниз и увеличивается слева направо
- (г) уменьшается в группах сверху вниз и периодах слева направо

Ответ	
-------	--

4. К какой группе геохимической классификации элементов принадлежит калий?

- (а) атмосферных элементов
- (б) литофильных элементов
- (в) сидерофильных элементов
- (г) халькофильных элементов

Ответ	
-------	--

5. По каким признакам оценивается состав верхней мантии?

(а) по составу ксенолитов щелочных базальтов, по составам базальтов – продуктов ее плавления, по составам ультраосновных пород перемещенных из верхней мантии в континентальную кору геологическими процессами.

(б) по составам базальтов – продуктов ее плавления, по составу пород кернов скважин глубинного бурения, по составам ультраосновных пород перемещенных из верхней мантии в континентальную кору геологическими процессами.

(в) по составам ультраосновных пород перемещенных из верхней мантии в континентальную кору геологическими процессами, по составу дифференцированных магматических серий, по составу каменных метеоритов.

(г) по среднему составу верхней континентальной коры с учетом объемного процента распространенности пород различных типов

Ответ	
-------	--

6. Соотнесите перечисленные ниже элементы с их группой по классификации В.М. Гольдшмидта

Элементы:

(а) Rb

(б) Ni

(в) Pb

(г) He

Группа:

(I) сидерофильные

(II) халькофильные

(III) атмосфильные

(IV) литофильные

	а	б	в	г
Ответ				

7. Какими методами невозможно провести изотопное датирование древних пород или минералов (предположительно имеющих докембрийский возраст)?

(а) уран-свинцовый

(б) кислородный

(в) самарий-неодимовый

(г) радиоуглеродный

Ответ		
-------	--	--

8. Приведите не менее 4 примеров высокозарядных элементов в геохимической группе HFSE.

Ответ	
-------	--

9. Какой параметр откладывается на оси ординат при построении диаграммы распределения редкоземельных элементов?

Ответ	
-------	--

10. От чего зависит порядок расположения химических элементов на диаграмме распределения редких элементов (спайдер-диаграмме)?

Ответ	
-------	--

11. Поясните, в чём заключается геохимический смысл построения бинарных диаграмм с применением отношений химических элементов по осям абсцисс и ординат при анализе состава магматических серий.

Ответ	
-------	--

КЛЮЧИ К ТЕСТОВЫМ ЗАДАНИЯМ ДЛЯ ЗАЧЕТА

Вариант 1		Вариант 2	
1	б	1	в
2	б	2	б
3	а	3	в
4	в	4	б
5	а	5	а
6	aIV бI вII гIII	6	aIV бI вII гIII
7	а, г	7	б, г
8	REE – редкоземельные элементы, HFSE – высокозарядные элементы, LILE – крупноионные литофильные элементы	8	Y, Sc, Th, U, Pb, Zr, Hf, Ti, Nb, Ta.
9	В космической распространенности химических элементов наблюдается закономерность, выраженная в том, что химические элементы с четными порядковыми номерами более распространены по сравнению с нечетными.	9	<i>Вариант правильного ответа 1:</i> отношение содержания редкоземельного элемента в исследуемом объекте к эталонному объекту (как правило, к углистому хондриту CI). <i>Вариант правильного ответа 2:</i> порода (минерал) / хондрит CI
10	При построении диаграмм с нормированным содержанием химических элементов на них показывают содержания элементов в образцах, поделенные (нормированные) на содержания этих элементов в каком-либо геохимическом резервуаре, например среднем составе хондритовых метеоритов или в примитивной мантии. Выбор состава для нормирования обусловлен необходимостью сопоставления с другими образцами. Распределение редкоземельных элементов обычно нормируют на состав хондритовых метеоритов, распределение редких элементов – на состав примитивной мантии. По оси абсцисс указываются элементы в порядке увеличения степени их совместимости (увеличения коэффициента распределения) слева направо, а по оси ординат откладывается их нормированное содержание. Ось ординат имеет логарифмический формат.	10	<i>Вариант правильного ответа 1:</i> порядок расположения химических элементов на диаграмме распределения редких элементов зависит от коэффициентов распределения элементов (располагаются слева направо от наиболее низкого значения к наиболее высокому значению). <i>Вариант правильного ответа 2:</i> порядок расположения химических элементов на диаграмме распределения редких элементов зависит степени совместимости (когерентности) или несовместимости (некогерентности) химически элементов – располагаются слева направо от наиболее несовместимых к наиболее совместимым.
11	Рубидий изоморфно входит в состав	11	Геохимический смысл подобного рода

	<p>калиевых минералов, прежде всего калиевых полевых шпатов, которые, в свою очередь являются одним из главных минералов гранитов. Граниты присутствуют в земной коре и отсутствуют в мантии.</p>	<p>диаграмм и других диаграмм, в которых используются, например, отношения Zr/Nb, Zr/Hf, Nb/Ta, Nb/U, Nb/Th, U/Th, Zr/La, Ba/La, Ba/Sr, Ba/Rb, Rb/Sr, Sm/Nd.</p> <p>Эти элементы имеют близкие коэффициенты распределения между кристаллизующимися минеральными фазами и остаточным расплавом ($C_{тв}/C_{ж} < 1$) и поэтому их отношения не должны существенно меняться при кристаллизационной дифференциации и значит, должны отвечать составам родоначальных расплавов, т.е. магматических источников.</p>
--	---	---

Критерии оценивания тестовых заданий для зачета:

Итоговый балл за сумма баллов, полученных за выполнение тестовых заданий №1-11. Каждое правильно выполненное задание с №1-5 оценивается в 5 баллов. 10 баллов оценивается правильно выполненное задание №6, при условии, что правильно соотнесены между собой все значения. При наличии одной ошибки – балл снижается до 5, при наличии двух и более ошибок – выставляется 0 баллов. Задание №7 оценивается в 10 баллов при условии полностью правильного ответа. При наличии одной ошибки – выставляется 0 баллов. Задания №8-11 оцениваются исходя из полноты ответа. Полностью раскрытый вопрос оценивается в 10 баллов, а при наличии неточностей или неполного ответа значение балла снижается пропорционально характеру ошибок и полноты ответа и может составлять от 1 до 9 баллов.

Оценка	Суммарный балл за выполнение тестовых заданий
зачтено	более 60 баллов
незачтено	менее 60 баллов

Спецификация тестовых заданий для промежуточной аттестации для проведения зачета с оценкой во 2 семестре

№ 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 цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-2ПК-4	5
2	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле	Базовый	ИД-2ПК-4	5

		ответа.			
3	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-2ПК-4	5
4	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-1ПК-1	5
5	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-2ПК-1	5
6	Закрытого типа на установление соответствия	Установить соответствие между значениями колонки 1 (обозначены буквами) и 2 (обозначены римскими цифрами) Ответ записать в виде комбинации цифр напротив вариантов, , обозначенных буквами а, б, в, г.	Повышенный	ИД-1ПК-1	10
7	Закрытого типа на множественный выбор не более 2 правильных ответов	Выбрать не более 2 правильных ответов из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифр(ы) в поле ответа.	Повышенный	ИД-2ПК-1	10
8	Открытого типа с развернутым ответом	Сформулируйте ответ на поставленный вопрос. Ответ запишите в поле ответа	Высокий	ИД-1ПК-1	10
9	Открытого типа с ответом в виде значения	Сформулируйте ответ на поставленный вопрос. Ответ запишите в поле ответа	Высокий	ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4	10
10	Открытого типа с развернутым ответом	Сформулируйте ответ на поставленный вопрос. Ответ запишите в поле ответа	Высокий	ИД-2ПК-1 ИД-2ПК-4	10

11	Открытого типа с развернутым ответом	Сформулируйте ответ на поставленный вопрос. Ответ запишите в поле ответа	Высокий	ИД-2пк-1 ИД-1пк-4	10
----	--------------------------------------	--	---------	----------------------	----

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАЧЕТА С ОЦЕНКОЙ

ВАРИАНТ 1

1. Какие три газа составляют 99,96 % атмосферы в пересчёте на сухой воздух?

- (а) Азот, кислород, аргон
- (б) Кислород, аргон, углекислый газ
- (в) Водород, кислород, гелий
- (г) Кислород, водород, аргон

Ответ	
-------	--

2. Какие три элемента являются главными компонентами нефти?

- (а) Азот, фосфор, углерод
- (б) Кислород, углерод, азот
- (в) Углерод, водород, сера
- (г) Водород, гелий, литий

Ответ	
-------	--

3. Какой учёный является основоположником геохимии в России?

- (а) Д.И. Менделеев
- (б) В.И. Вернадский
- (в) А.Е. Ферсман
- (г) А.П. Виноградов

Ответ	
-------	--

4. Выберите вариант, который раскрывает суть закона Оддо-Гаркинса.

- (а) все химические элементы по соотношению атомного радиуса и заряда (валентности) обладают определенным ионным потенциалом, который отражает степень их миграции в геологических процессах.
- (б) в космической распространенности химических элементов наблюдается

закономерность, выраженная в том, что химические элементы с четными порядковыми номерами более распространены по сравнению с нечетными.

(в) миграция элементов определяется совокупностью внутренних и внешних факторов, главными среди которых являются температура, давление, окислительно-восстановительный потенциал и величина рН.

(г) химические элементы с порядковыми номерами от 2 (гелий) до 26 (железо) образовались в процессе звёздного нуклеосинтеза, тогда как более тяжелые элементы, встречающиеся в природе, сформировались в процессе взрыва сверхновых.

Ответ	
-------	--

5. Какой элемент относится к редкоземельным?

- (а) рубидий
- (б) ниобий
- (в) неодим
- (г) циркон

Ответ	
-------	--

6. Установите соответствие между типами пород и содержанием кремнекислоты в магматических горных породах:

- | | |
|--------------------|-------------|
| Элементы: | Группа: |
| (а) Кислые | (I) 63-78 |
| (б) Ультраосновные | (II) 52-63 |
| (в) Основные | (III) 38-45 |
| (г) Средние | (IV) 45-52 |

Ответ	а	б	в	г

7. Какие характеристики базальтов являются индикаторами обогащенной мантии?

- (а) повышенные концентрации некогерентных элементов
- (б) повышенные концентрации когерентных элементов
- (в) преобладание лёгких лантаноидов над тяжёлыми
- (г) преобладание тяжёлых лантаноидов над лёгкими

Ответ		
-------	--	--

8. Перечислите 4 фации контактово-метаморфических пород по возрастанию температуры согласно рекомендации Петрографического кодекса России.

Ответ	
-------	--

--	--

9. Поясните почему в ходе магматической дифференциации может происходить обеднение расплавов ниобием и танталом, несмотря на то, что эти элементы относятся к группе несовместимых элементов.

Ответ	
-------	--

10. Поясните принципы построения диаграммы распределения редкоземельных элементов с нормированным содержанием элементов.

Ответ	
-------	--

11. Поясните, почему калий предпочтительнее накапливается в земной коре по сравнению с мантией.

Ответ	
-------	--

ВАРИАНТ 2

1. Какие 4 элемента являются главными компонентами биосферы?

- (а) азот, кислород, аргон, водород.
- (б) кислород, углерод, водород, азот.
- (в) водород, кислород, фосфор, гелий.
- (г) кремний, кислород, магний, железо

Ответ	
-------	--

2. Для какого типа пород используются диаграммы М.Р. Бхатия (например, диаграмма Ti/Zr-La/Sc) с целью установления тектонических обстановок их формирования?

- (а) магматические
- (б) метасоматические
- (в) осадочные
- (г) импактные

Ответ	
-------	--

3. Какие ионы преобладают в составе морской воды?

- (а) магний, углерод
- (б) натрий, хлор
- (в) кальций, сера
- (г) железо, азот

Ответ	
-------	--

4. На что указывает наличие глубоких отрицательных аномалий Nb, Ta, Ti на спайдер-диаграмме для магматической горной породы?

- (а) порода образовалась в рифтогенной обстановке в условиях спрединга
- (б) порода образовалась во внутриплитной обстановке в пределах океанической плиты
- (в) порода образовалась в рифтогенной обстановке зарождающегося океана
- (г) порода образовалась в субдукционной обстановке

Ответ	
-------	--

5. По каким признакам оценивается состав верхней мантии?

- (а) по составу ксенолитов щелочных базальтов, по составам базальтов – продуктов ее плавления, по составам ультраосновных пород перемещенных из верхней мантии в

континентальную кору геологическими процессами.

(б) по составам базальтов – продуктов ее плавления, по составу пород кернов скважин глубинного бурения, по составам ультраосновных пород перемещенных из верхней мантии в континентальную кору геологическими процессами.

(в) по составам ультраосновных пород перемещенных из верхней мантии в континентальную кору геологическими процессами, по составу дифференцированных магматических серий, по составу каменных метеоритов.

(г) по среднему составу верхней континентальной коры с учетом объемного процента распространенности пород различных типов

Ответ	
-------	--

6. Соотнесите перечисленные ниже породообразующие минералы в порядке их кристаллизации из магмы при понижении температуры

Минерал:	Порядок кристаллизации:
(а) кварц	I
(б) оливин	II
(в) амфибол	III
(г) кислый плагиоклаз	IV

	а	б	в	г
Ответ				

7. Какие параметры используются при классификации магматических пород на TAS диаграмме?

- (а) оксид кремния
- (б) сумма оксидов натрия и калия
- (в) оксид алюминия
- (г) сумма оксидов железа и магния

Ответ		
-------	--	--

8. Назовите причину изменения степени контактового метаморфизма и минерального состава пород вкост контактного ореола интрузивной породы.

Ответ	
-------	--

9. Перечислите основные факторы химических реакций в зоне гипергенеза.

Ответ	
-------	--

10. Какие типы метасоматитов выделяются по мере уменьшения температуры и глубины образования?

Ответ	
-------	--

11. Поясните, почему низкотитанистые базальты содержат меньше ниобия и тантала по сравнению с высокотитанистыми базальтами.

Ответ	
-------	--

Критерии оценивания тестовых заданий для зачета с оценкой:

Итоговый балл за сумма баллов, полученных за выполнение тестовых заданий №1-11. Каждое правильно выполненное задание с №1-5 оценивается в 5 баллов. 10 баллов оценивается правильно выполненное задание №6, при условии что правильно соотнесены между собой все значения. При наличии одной ошибки – балл снижается до 5, при наличии двух и более ошибок – выставляется 0 баллов. Задание №7 оценивается в 10 баллов при условии полностью правильного ответа. При наличии одной ошибки – выставляется 0 баллов. Задания №8-11 оцениваются исходя из полноты ответа. Полностью раскрытый вопрос оценивается в 10 баллов, а при наличии неточностей или неполного ответа значение балла снижается пропорционально характеру ошибок и полноты ответа и может составлять от 1 до 9 баллов.

Оценка	Суммарный балл за выполнение тестовых заданий
отлично	85-100
хорошо	71-84
удовлетворительно	60-70
неудовлетворительно	менее 60

КЛЮЧИ К ТЕСТОВЫМ ЗАДАНИЯМ ДЛЯ ЗАЧЕТА С ОЦЕНКОЙ

Вариант 1		Вариант 2	
№	правильный ответ	№	правильный ответ
1	а	1	б
2	в	2	в
3	б	3	б
4	б	4	г
5	в	5	а
6	аI бIII вIV гII	6	аIV бI вII гIII
7	а, в	7	а, б
8	альбит-эпидот-роговиковая, амфибол-роговиковая, пироксен-роговиковая, санидинитовая	8	Интенсивность температурного воздействия, которое испытали вмещающие породы. Эта интенсивность зависит от расстояния между вмещающими породами и интрузивной породой. Во внутренней зоне контактного ореола, которая находится вблизи интрузивной породы (источника тепла), вмещающие породы испытали максимальный нагрев. Напротив, вмещающие породы во внешней зоне контактового ореола испытали минимальное повышение температуры.
9	Проблема Ta-Nb минимума хорошо известна. Такую специфику имеют породы островных дуг и низкотитанистая серия траппов. Для первых предполагается, что плавление происходит при участии водного флюида, отделяющегося от субдуцируемой плиты. В условиях повышенного потенциала кислорода (воды) в рестите, т. е. в неплавящемся остатке остаются титано-магнетитовые фазы - ильменит, рутил, которые являются концентраторами элементов группы титана, в частности тантала и ниобия. Поэтому расплавы бедны этими элементами. Для низкотитанистых траппов предполагается, что их образование было связано с	9	Температура, давление, кислотность-щелочность среды среды (концентрация водородных ионов pH), окислительные-восстановительные условия (кислородный потенциал Eh), образование коллоидов, биосфера и продукты ее деятельности.

	<p>плавлением метасоматически измененной гидратированной мантии и вновь избыток воды не дает плавиться фазам, концентрирующим титан и сопровождающие его элементы. Есть еще один вариант. Он предполагает, что в результате рециклинга литосферы в источник плюмового магматизма может попасть гидратированная литосфера, плавление которой приведет к тем же эффектам.</p>		
10	<p>При построении диаграммы редкоземельных элементов с нормированным содержанием химических элементов на них показывают содержания элементов в образцах, поделенные (нормированные) на содержания этих элементов в каком-либо геохимическом резервуаре, например среднем составе углистых хондритовых метеоритов (CI), постархейского австралийского глинистого сланца (PAAS). Выбор состава для нормирования обусловлен типом пород и необходимостью сопоставления с другими образцами. Распределение редкоземельных элементов обычно нормируют на состав хондритовых метеоритов. По оси абсцисс указываются лантаноиды в порядке соответствующему атомному номеру элемента слева направо, а по оси ординат откладывается их нормированное содержание. Ось ординат имеет логарифмический формат.</p>	10	<p>Скарны, грейзены, березиты, альбититы, пропилиты</p>
11	<p>Калий входит в состав калиевых минералов, прежде всего калиевых полевых шпатов, которые, в свою очередь являются одним из главных минералов гранитов. Граниты присутствуют в земной коре и отсутствуют в мантии.</p>	11	<p>Ниобий и тантал изоморфно замещают титан в титаносиликатах и оксидах титана, которые входят в состав базальтов, поэтому наблюдается прямая корреляция между содержаниями ниобия и титана, тантала и титана. Кроме того, низкотитанистые базальты с низкими содержаниями ниобия и тантала – признак флюидонасыщенных магм, которые зарождаются в субдукционных условиях.</p>

Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету и зачету с оценкой

1. Объект исследования геохимии. Взаимоотношение с другими науками. Труды основоположников геохимии. Направления и методы исследования геохимии.
2. Строение атомных ядер. Космическая распространенность химических элементов. Закон Оддо-Гаркинса. Синтез химических элементов.
3. Минеральный и химический состав метеоритов. Хондритовая модель Земли.
4. Планеты внутренние и внешние, главные различия в их составе. Представление о фракционировании элементов при формировании Солнечной системы.
5. Строение атомов. Свойства атомов и ионов, определяющие свойства их соединений: валентность, атомные и ионные радиусы, типы химической связи и их свойства, электроотрицательность.
6. Изоморфизм: совершенный и несовершенный; изовалентный и гетеровалентный (примеры). Эмпирические правила В.М. Гольдшмидта. Современные представления о факторах изоморфизма. Изоморфные семейства и ряды элементов таблицы Д.И.Менделеева. Изоморфизм как определяющий фактор поведения микроэлементов.
7. Геохимическая классификация элементов В.М. Гольдшмидта, ее физико-химические и геохимические основы.
8. Изотопы стабильные и нестабильные. Виды радиоактивного распада ядер химических элементов. Закон радиоактивного распада.
9. Уравнение определения возраста геологических объектов. Основные методы изотопной геохронологии, изохронный метод, особенности интерпретации данных.
10. Отношения стабильных изотопов. Причины и закономерности их фракционирования в геологических процессах. Стандарты, δ (дельта). Коэффициент разделения изотопов, его зависимость от температуры.
11. Изотопы углерода как индикаторы геологических процессов.
12. Изотопы кислорода как индикаторы геологических процессов.
13. Изотопы серы как индикаторы геологических процессов.
14. Миграция элементов, понятие о формах миграции. Внутренние и внешние факторы миграции. Геохимические барьеры.
15. Внутреннее строение Земли. Предполагаемый состав геосфер и методы его определения.
16. Основные черты геохимии литосферы, главные химические компоненты ее состава. Две группы химических элементов литосферы, различия в их концентрациях и единицах измерения. Кларки концентрации.
17. Строение и состав земной коры. Состав океанической коры. Изменение состава континентальной коры по горизонтали и вертикали. Оценки среднего состава верхней континентальной коры и континентальной коры в целом.
18. Геохимия мантии Земли. Различные типы мантии (нижняя, верхняя, примитивная, деплетированная). Дифференциация мантии, когерентные (совместимые) и некогерентные (несовместимые) элементы.
19. Гидросфера. Химический состав океанов и поверхностных вод суши.
20. Химический состав атмосферы Земли, ее уникальность, представления об эволюции земной атмосферы.
21. Геохимическая классификация магматических пород. Закономерности изменения распространенности элементов в магматических породах в зависимости от содержания кремнезема. Ассоциации элементов ультраосновных, основных, кислых и щелочных пород.
22. Источники и механизмы образования магматических расплавов. Поведение элементов в процессах генерации и кристаллизации магм. Идея об основополагающей роли кристаллизационной дифференциации как механизма разделения элементов в магматическом процессе. Основные факторы, определяющие редкоэлементный состав магм.

23. Геохимическая классификация базальтов.
24. Петролого-геохимические классификации гранитов.
25. Геохимия метаморфизма.
26. Выветривание горных пород. Факторы. Главные химические реакции зоны гипергенеза: гидролиз, карбонатизация, окисление, восстановление, гидратация.
27. Продукты выветривания. Формы переноса осадочного материала и элементов при образовании осадочных пород, состав основных типов терригенных пород (песчаники, граувакки и глинистые сланцы).
28. Черносланцевые образования, сорбируемые ими редкие элементы, практическое и экологическое значение этого процесса.
29. Биолиты. Каустобиолиты, особенности их состава и генезиса, сорбируемые каустобиолитами и концентрирующиеся в них редкие элементы, практическое и экологическое значение этого процесса.
30. Биосфера и ее процессы. Реакция фотосинтеза и ее значение в биосфере. Главные биофильные элементы обмена биосферы и их распространенность. Элементы питания в биосфере, фито- и зоофильные.
31. Главная современная проблема экологической геохимии.
32. Эволюция состава Земли.

Автор-составитель рабочей программы:

Ведущий научный сотрудник,
доктор геолого-минералогических наук А.А. Воронцов

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