



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
**Кафедра полезных ископаемых**

УТВЕРЖДАЮ:

Декан геологического факультета  
*С.Н. Прими́на*  
«*16*» *марта* 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Наименование дисциплины (модуля): *Б1.В.1.06 Геохимия*

Направление подготовки: *05.03.01 Геология*

Направленность (профиль) подготовки: *Геология*

Квалификация выпускника: *бакалавр*

Форма обучения: *очная*

Согласовано с УМК геологического  
факультета  
Протокол № *6* от «*16*» *марта* 2021 г.  
Председатель *[подпись]* А.Ф. Летникова

Рекомендовано кафедрой:  
Протокол № *6*  
от «*16*» *марта* 2021 г.  
И. о. зав. кафедрой *[подпись]* С.А. Сасим

Иркутск 2021 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	3
II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО .....	3
III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	3
IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов .....	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	6
4.3 Содержание учебного материала .....	8
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....	9
4.3.2 Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов .....	10
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы .....	11
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) .....	11
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	12
а) перечень литературы .....	12
б) периодические издания .....	12
г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы .....	12
VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ...	12
6.1. Учебно-лабораторное оборудование.....	12
6.2. Программное обеспечение .....	13
6.3. Технические и электронные средства обучения .....	13
VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	13
VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....	14
8.1. Оценочные материалы (ОМ) .....	14
8.1.1. Оценочные материалы для проверки текущей успеваемости .....	14
8.1.2 Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме зачета .....	16

## **I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ):**

**Цель дисциплины:** сформировать у обучающихся теоретические основы общей геохимии, современные знания о распространенности и распределении химических элементов в геологических объектах Земли и о поведении химических элементов в различных геологических процессах.

### **Задачи:**

- ✓ освоить систему понятий и определений в геохимии;
- ✓ изучить фундаментальные законы геохимии;
- ✓ получить представление об имеющейся геохимической информации;
- ✓ научиться интерпретировать геохимическую информацию.

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

Учебная дисциплина (модуль) «Геохимия» относится к обязательной части.

Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: *«Общая геология», «Кристаллография», «Химия», «Физика», «Минералогия», «Петрография», «Литология», «Методы исследования минерального вещества»*

Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: *«Изотопная геология», «Историческая геология», «Основы петрографического кодекса России», «Палеоклиматические реконструкции», «Генетическая минералогия», «Металлогения», «Минераграфия», «Кристаллохимия».*

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

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки профиля «Геология»:

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю),  
соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<p>ПК-5 Способен самостоятельно или в составе коллектива обрабатывать и осуществлять интерпретацию геологических, геохимических и геофизических данных</p>	<p><b>ИДК<sub>ПК5.1</sub></b> Осуществляет сбор и структурирование геологической полевой и лабораторной информации</p>	<p><b>Знать:</b> формы нахождения элементов в природе; основы изоморфизма химических элементов в минералах; особенности химического состава внешних и внутренних геосфер Земли; особенности геохимии главных геологических процессов.</p> <p><b>Уметь:</b> пользоваться учебной и справочной геохимической литературой;</p> <p><b>Владеть:</b> навыками сбора и структурирования геохимических данных</p>
	<p><b>ИДК<sub>ПК5.2</sub></b> Использует современные методы и технические средства для обработки и интерпретации геологических, геохимических и геофизических данных</p>	<p><b>Знать:</b> объект и методы исследования геохимии; геохимические классификации элементов; особенности химического состава внешних и внутренних геосфер Земли; особенности геохимии главных геологических процессов.</p> <p><b>Уметь:</b> интерпретировать геохимическую информацию; на основе химического состава горных пород делать выводы о геологических условиях их образования.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками обработки геохимических данных; графическими методами построения геохимических диаграмм.</p>

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, что соответствует 144 академическим часам, в том числе 5 часов на экзамен.

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

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

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; форма промежуточной аттестации
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа + КСР	
					Лекции	Семинарские/практические/лабораторные занятия	Консультации		
1	Раздел 1. Введение в дисциплину.	пятый	4		2	2		2	устный опрос
2	Раздел 2. Космогеохимия. 2.1. Космическая распространенность элементов. 2.2. Распространенность элементов в метеоритах. 2.3. Распространенность элементов в планетах земной группы.		8		6	6		6	устный опрос
3	Раздел 3. Изотопная геохимия. 3.1. Радиогенные изотопы в геологии. 3.1. Стабильные изотопы в геологии		14		4	4		8	устный опрос
4	Раздел 4. Общая геохимия. 4.1. Геохимические классификации элементов группы. 4.2. Основные		12		6	6		10	устный опрос / тестирование

	законы миграции химических элементов. 4.3. Изоморфизм.							
5	Раздел 5. Распределение химических элементов в Земле и ее оболочках. 5.1. Геохимия мантии. 5.2. Геохимия земной коры. 5.3. Геохимия атмосферы и гидросферы. 5.4. Геохимия биосферы.	6		8	8		16	устный опрос / тестирование
6	Раздел 6. Геохимия эндогенных и экзогенных процессов. 6.1. Геохимия магматического процесса. 6.2. Геохимия процесса метаморфизма. 6.3. Геохимия гидротермального процесса. 6.4. Геохимия процессов выветривания и осадкообразования.			8	8		16	устный опрос / тестирование
6	Раздел 7. Заключение. 7.1. Геохимические циклы элементов. 7.2. Геохимическая эволюция Земли.	8		2	2		4	устный опрос
<b>Всего</b>		<b>144</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>2</b>	<b>62+3</b>	<b>экзамен, 5 часов</b>

#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения, № учебных недель учебному плану (КУГ)	Затраты времени (час.)		
второй	Раздел 1. Введение в геохимию.	Работа с литературой, составление конспекта с выделением определенных терминов	1-2	2	устный опрос	раздел Va, № 1,2,4 раздел Vб, № 1,2

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения, № учебных недель учебному плану (КУГ)	Затраты времени (час.)		
второй	Раздел 2. Космическая распространенность элементов. Состав метеоритов и планет земной группы.	Работа с литературой, составление конспекта с выделением определений терминов	3-4	6	устный опрос	раздел Va, № 1,2 раздел Vб, № 1,2
	Раздел 3. Изотопная геохимия. Основные системы радиоактивных-радиогенных изотопов, используемые в геологии. Стабильные изотопы как маркеры геологических процессов.	Работа с литературой, составление конспекта с выделением определений терминов	5-6	8	устный опрос	раздел Va, № 1,2,4
	Раздел 4. Общая геохимия. Геохимические классификации элементов. Изоморфизм. Основные законы миграции химических элементов.	Работа с литературой, составление конспекта с выделением определений терминов	7-8	10	устный опрос	раздел Va, № 1,2 раздел Vб, № 1,2,3,4
	Раздел 5. Распределение химических элементов в Земле и ее оболочках. Геохимия мантии. Геохимия земной коры. Геохимия атмосферы, гидросферы, биосферы.	Работа с литературой, составление конспекта с выделением определений терминов	9-11	16	устный опрос	раздел Va, № 1,2,3 раздел Vб, № 1,2
	Раздел 6. Геохимия эндогенных и экзогенных процессов. Геохимия магматизма. Геохимия метаморфизма. Геохимия гидротермальных процессов. Геохимия осадконакопления.	Работа с литературой, составление конспекта с выделением определений терминов	12-14	8	устный опрос	раздел Va, № 1,2,4 раздел Vб, № 3
	Раздел 7. Заключительная часть. Геохимические циклы элементов. Геохимическая эволюция Земли.	Работа с литературой, составление конспекта с выделением определений терминов	15-17	4	устный опрос	раздел Va, №1,2,4
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				<b>62</b>		

## **4.3 Содержание учебного материала**

### **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. Современная классификация некогерентных редких элементов.

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. Распределение 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

#### **Раздел 6. Геохимия эндогенных и экзогенных 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. Заключительная часть**

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.

#### **4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ**

№ п/н	№ Раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)*
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	Строение атомных ядер, изотопы, стабильность ядер, распространенность элементов	6	-	Устный опрос	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>

2	4	Изохронный метод определение возраста пород	2	-	Устный опрос	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>
3	4	Стабильные изотопы – генетические метки образования пород	6	-	Устный опрос	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>
4	4	Строение электронных оболочек атомов. Периодическая таблица Д.И.Менделеева	2	-	Устный опрос	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>
5	4	Примеры изоморфизма в природных системах.	6	-	Устный опрос	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>
6	4	Графическое использование геохимических данных. Виды графиков. Принципы построения.	6	-	Устный опрос	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>
7	4	Геохимическая классификация магматических пород. Построение классификационных графиков.	8	-	Устный опрос	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>
8	4	Построение и интерпретация диаграмм для определения геохимического типа горных пород	6	-	Устный опрос	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>
9	4	Распределение редкоземельных элементов в горных породах и минералах как геохимический индикатор их генезиса	6	-	Устный опрос	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>

#### 4.3.2 Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов

№ п/н	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	Раздел 1. Введение в геохимию.	Проработка источников информации путем повторения и углубления материала, полученного на лекционных занятиях. Дополнение лекционного конспекта.	ПК-5	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>
2	Раздел 2. Космическая распространенность элементов. Состав метеоритов и планет земной группы.	Проработка источников информации путем повторения и углубления материала, полученного на лекционных занятиях. Дополнение лекционного конспекта.	ПК-5	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>

3	Раздел 3. Изотопная геохимия. Основные системы радиоактивных-радиогенных изотопов, используемые в геологии. Стабильные изотопы как маркеры геологических процессов.	Проработка источников информации путем повторения и углубления материала, полученного на лекционных занятиях. Дополнение лекционного конспекта.	ПК-5	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>
4	Раздел 4. Общая геохимия. Геохимические классификации элементов. Изоморфизм. Основные законы миграции химических элементов.	Проработка источников информации путем повторения и углубления материала, полученного на лекционных занятиях. Дополнение лекционного конспекта.	ПК-5	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>
5	Раздел 5. Распределение химических элементов в Земле и ее оболочках. Геохимия мантии. Геохимия земной коры. Геохимия атмосферы, гидросферы, биосферы.	Проработка источников информации путем повторения и углубления материала, полученного на лекционных занятиях. Дополнение лекционного конспекта.	ПК-5	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>
6	Раздел 6. Геохимия эндогенных и экзогенных процессов. Геохимия магматизма. Геохимия метаморфизма. Геохимия гидротермальных процессов. Геохимия осадконакопления.	Проработка источников информации путем повторения и углубления материала, полученного на лекционных занятиях. Дополнение лекционного конспекта.	ПК-5	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>
	Раздел 7. Заключительная часть. Геохимические циклы элементов. Геохимическая эволюция Земли.	Проработка источников информации путем повторения и углубления материала, полученного на лекционных занятиях. Дополнение лекционного конспекта.	ПК-5	ИДК <sub>ОПК-1.1</sub> ИДК <sub>ОПК-1.2</sub>

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

Процесс организации самостоятельной работы студентов включает в себя следующие этапы:

1. подготовительный (определение целей, подготовка методического обеспечения);
2. основной (реализация, использование приемов поиска информации, усвоения, переработки, применения, передачи знаний, фиксирование результатов, самоорганизация процесса работы);
3. заключительный (оценка значимости и анализ результатов, их систематизация).

Для выполнения самостоятельной работы обучающийся должен получить в библиотеке рекомендуемую основную и дополнительную литературу, а также ознакомиться с возможностями доступа к периодическим изданиям. В процессе выполнения самостоятельной работы обучающийся должен строго следовать рекомендациям преподавателя, который он формулирует в ходе освоения соответствующей темы в рамках работы на лекционных и практических занятиях. Важным аспектом самостоятельной работы является повторение геохимических терминов и понятий, закрепление навыков построения геохимических диаграмм, работы с геохимическими данными и их интерпретации.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов): не предусмотрены

## V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### а) перечень литературы

1. Воронцов А.А., Радомская Т.А., Сотникова И.А. Общая геохимия. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2016. – 211 с. – (70 экз).
2. Яковлев Д.А., Радомская Т.А., Воронцов А.А., Будяк А.Е., Фёдоров А.М. Общая геохимия: учебное пособие. - Иркутск: Изд-во ИГУ, 2019. 301 с. (20 экз)
3. Макрыгина В.А. Геохимия отдельных элементов [Текст] : учеб. пособие / В. А. Макрыгина ; ред. В. С. Антипин; 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 : (20 экз.)
4. Козлов В.Д.. 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 (86 экз.)

### б) дополнительная литература

1. Перельман А.И. Геохимия [Текст] : учеб. для геол. спец. вузов / А. И. Перельман. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1989. - 528 с. : ил. - Библиогр.: с. 503-510. - Указ.: с. 511-524. - ISBN 5-06-000472-4 : Имеются экземпляры в отделах: всего 75
2. Сауков А.А. Геохимия [Текст] / А. А. Сауков ; Акад. наук СССР, Ин-т геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии. - [3-е изд., доп. и перераб.]. - М. : Наука, 1966. - 487 с. : ил.; 22 см. - Библиогр.: с. 483-485. Имеются экземпляры в отделах: всего 4
3. Антипин В.С. Геохимия эндогенных процессов : учеб. пособие / В. С. Антипин, В. А. Макрыгина ; Иркутский гос. ун-т, Рос. акад. наук, Сибирское отд-ние, 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 : 120.00 р. (1 экз.)

### в) периодические издания

1. «Геохимия» – журнал Российской академии наук, доступ с компьютеров сети ИГУ через портал E-library: [https://elibrary.ru/title\\_about\\_new.asp?id=7767](https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=7767)
2. «Доклады академии наук» (до 2020 г.) «Доклады академии наук. Науки о Земле» (с 2020 г.) – журнал Российской академии наук, доступ с компьютеров сети ИГУ через портал E-library: [https://elibrary.ru/title\\_about\\_new.asp?id=71079](https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=71079)
3. «Contribution to Mineralogy and Petrology» – журнал издательства Springer, доступ с компьютеров сети ИГУ, электронная ссылка: <https://www.springer.com/journal/410>

### г) 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>

## VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Лекционные и лабораторные занятия проводятся в учебной аудитории 223, укомплектованной учебной мебелью (столы и лавки) на 60 посадочных мест, письменной доской для мела, рабочим столом и стулом для преподавателя, мультимедийным оборудованием (проектор, ноутбук, экран). Лекционные занятия проводятся с демонстрацией презентаций на мультимедийном оборудовании.

Для обеспечения практических работ по дисциплине имеются:

Таблицы с аналитическими данными для построения различных геохимических диаграмм.

графический и демонстрационный материал для соответствующих лекционных и практических занятий.

### **6.2. Программное обеспечение:**

Операционная система: Windows 8/10

Программные продукты Microsoft Office Professional Plus 2010/2013 (компоненты MS Excel, MS Word, MS Power Point)

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

Процесс обучения характеризуется применением традиционных форм проведения лекционных и лабораторных занятий с использованием интерактивных ресурсов (презентаций), в ходе которых преподаватель выстраивает модель передачи информации, активизируя разные стороны восприятия материала со стороны обучающихся, в том числе за счёт периодического обсуждения подаваемого материала посредством дискуссий.

Дополнительные источники информации и ресурсы (презентации, учебная литература, ссылки на Интернет-ресурсы), выполнение и помощь в выполнении самостоятельной работы обучающихся, консультации и фиксация контроля текущей успеваемости обучающихся обеспечивается посредством электронно-информационной образовательной среды ИГУ, доступной на странице дисциплины <https://educa.isu.ru/course/view.php?id=42707>.

## **VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При освоении дисциплины «Геохимия» используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности бакалавров для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций: на лекционных занятиях – ИТ-методы, индивидуальное обучение и обучение на основе опыта; на практических занятиях – дискуссия, работа в команде, индивидуальное обучение, обучение на основе опыта, исследовательский метод.

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных и интерактивных технологий;

- закрепление теоретического материала при проведении практических занятий с использованием демонстрационного и наглядного (графического) материалов, специальной литературы;

- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием Интернет-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;

В рамках реализации дисциплины «Геохимия» предусмотрены следующие виды учебной работы: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающихся, консультации.

При проведении лекционных занятий преподаватель использует модель передачи информации посредством обзора современного состояния рассматриваемой темы с привлечением интерактивных инструментов, сочетающего такие образовательные технологии как проблемные и интегративные лекции с целью активизации у обучающихся анализа, синтеза, восприятия и понимания информации, выстраивания в ходе лекций элементов дискуссий и выработку интереса к теоретическому материалу.

Практические занятия реализуются посредством обучения через опыт, активизацию командной работы обучающихся, развитие модели отстаивания своей позиции через обсуждение изученного материала.

Самостоятельная работа предусматривает повторение материала, полученного в ходе лекций и лабораторных занятий. Она направлена на проработку информационных ресурсов (учебной, справочной и периодической литературы, Интернет-ресурсов), определение терминов и критический анализ по конкретной изучаемой теме с высказыванием собственных суждений и аргументов.

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

### **8.1. Оценочные материалы (ОМ)**

Проверка текущей успеваемости проходит в рамках лекционных и практических занятий в виде устных опросов и тестирования по пройденному материалу, а также по содержанию подготовленных конспектов в рамках самостоятельной работы обучающихся. Проведение промежуточной аттестации в форме экзамена представляет собой итоговую проверку полученных знания посредством устного ответа на вопросы и задания экзаменационного билета из перечня вопросов и заданий к экзамену.

- оценка «отлично» выставляется студенту, если он в полном объеме отвечает на вопросы из экзаменационного билета, свободно владеет терминами и понятиями курса, способен дискутировать по предложенным вопросам, способен аргументировано обосновать свою позицию; при ответах на вопросы может совершать небольшие ошибки;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если он ответил на все предложенные в экзаменационном билете вопросы, раскрыв их основную суть, но делает незначительные ошибки, способен ответить на большую часть дополнительных вопросов.

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он ответил на два из трех вопросов/задания экзаменационного билета, при этом допускает ошибки, не искажающие суть термина/явления. В предложенных в билете вопросах знает основные термины и понятия курса. На дополнительные вопросы отвечает с переменным успехом.

- оценка «неудовлетворительно» выставляется, если: 1) студент не ответил ни на один вопрос; 2) студент не раскрыл сути ни одного вопроса, не ответил на подавляющее большинство дополнительных вопросов; 3) ответил на один из трех вопросов/задания, не раскрыв или почти не раскрыв его сути и совершал грубые ошибки в ходе ответа, а на два вопроса не дал (практически не дал) ответов и не знает базовых терминов и сущности предмета. При наличии ошибок в ответе на вопрос обучающийся не показывает понимание фундаментальных основ геохимии, не ориентируется в классификации горных пород по химическому составу, что выражается в неполноте ответов на вопросы/задания. В таком случае, отсутствие или низкая активность обучающегося в течение теоретического обучения, выраженное в отрицательных показателях текущей успеваемости (регулярные пропуски лекционных и практических занятий или их большое количество, отсутствие ответов в рамках устных опросов, низких результатов тестирования в рамках текущей успеваемости, отсутствия или неудовлетворительно выполненных конспектов в ходе самостоятельной работы) будет объективным показателем при оценке неудовлетворительной степени сформированности элементов компетенций, определенных в разделе III.

#### **8.1.1. Оценочные материалы для проверки текущей успеваемости**

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

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции (компоненты), которые контролируются
1	Устный опрос	Раздел 1 (см. п.4.3)	ИДК <sub>ПК5.1</sub>

			ИДК <sub>ПК5.2</sub>
2	Устный опрос	Раздел 2 (см. п.4.3)	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>
3	Устный опрос	Раздел 3 (см. п.4.3)	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>
4	Устный опрос / тестирование	Раздел 4 (см. п.4.3)	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>
5	Устный опрос / тестирование	Раздел 5 (см. п.4.3)	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>
6	Устный опрос / тестирование	Раздел 6 (см. п.4.3)	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>
7	Устный опрос	Раздел 7 (см. п.4.3)	ИДК <sub>ПК5.1</sub> ИДК <sub>ПК5.2</sub>

### **Вопросы для подготовки к устным опросам при проведении проверки текущей успеваемости**

Геохимические методы исследования.

Геохимические классификации элементов (В. М. Гольдшмидта, А. Е. Ферсмана, В. И. Вернадского, А. Н. Заварицкого).

Типы геодинамических обстановок.

Внутриплитные геодинамические обстановки.

Магматизм океанических плато.

Магматизм вулканических островов.

Трапповый магматизм на континентах.

Щелочной магматизм на континентах.

Геодинамические обстановки дивергентных границ (зоны спрединга).

Магматизм срединно-океанических хребтов.

Магматизм континентальных рифтов.

Геодинамические обстановки конвергентных границ.

Магматизм коллизионных орогенов.

Магматизм зон субдукции (островная дуга, активная континентальная окраина).

Построение двойных и тройных диаграмм.

Петрогенные и рассеянные элементы.

Классификация магматических горных пород на химической основе (TAS).

Химический состав континентальной коры.

Приемы интерпретации спектров редких и редкоземельных элементов.

### **Демонстрационный вариант теста для проведения проверки текущей успеваемости №1**

1. Какие элементы являются петрогенными?

1. Zn, Pb, Sn, Sb, As

2. SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MgO, MnO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, H<sub>2</sub>O+

3. Rb, Ba, Sr, Cs, K

2. Какие элементы являются редкоземельными элементами (REE)?

1. La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Tb, Gd, Ho, Er, Tm, Yb, Lu.
2. Y, Sc, Th, U, Pb, Zr, Hf, Ti, Nb, Ta
3. K, Rb, Cs, Ba, Sr, Li

3. Какие элементы относятся к высокозарядным элементам (HFSE)?

1. Zr, Hf, Ti, Nb, Ta
2. Mn, Zn, Cu, W, Au, Cr, Ni, Co, V
3. Os, Ir, Ru, Rh, Pt, Pd

4. Какие элементы принадлежат к крупноионным литофильным элементам (LILE)?

1. Mn, Zn, Cu, W, Au, Cr, Ni, Co, V
2. Y, Sc, Th, U, Pb, Zr, Hf, Ti, Nb, Ta
3. K, Rb, Cs, Ba, Sr, Li

5. Перечислите сидерофильные элементы по классификации Гольшмидта:

1. Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Pt, Re, Os, Ir
2. H, He, N, Ar, Ne, Kr
3. Cu, Zn, Ga, Ag, Cd, In, Hg, Tl, As, S

6. К какому элементу имеют сродство халькофильные элементы по классификации Гольшмидта?

1. К железу
2. К сере
3. К кислороду

### **8.1.2 Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме экзамена Перечень вопросов к экзамену**

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. Гольшмидта. 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. Гольшмидта, 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,  $\delta$  (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.

## Образец экзаменационного билета



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Иркутский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)  
Геологический факультет

### БИЛЕТ ДЛЯ ЭКЗАМЕНА № 1

Дисциплина: «**Геохимия**»

Направление подготовки: 05.03.01 «Геология» профиль «Геология»

1. Геохимическая классификация элементов В.М. Гольдшмидта, ее физико-химические и геохимические основы.
2. Геохимическая классификация магматических пород. Закономерности изменения распространенности элементов в магматических породах в зависимости от содержания кремнезема. Ассоциации элементов ультраосновных, основных, кислых и щелочных пород.
3. Уравнение определения возраста геологических объектов. Основные методы изотопной геохронологии, изохронный метод, особенности интерпретации данных.

И.о. заведующего кафедрой \_\_\_\_\_ доцент, к.-г.-м.н. С.А. Сасим  
(подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

**Разработчик:**

Доцент кафедры полезных ископаемых,  
канд. геол.-минерал. наук



В.А. Беляев

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 05.03.01 Геология, утвержденного приказом №925 Минобрнауки России от 07.08. 2020 г.

Программа рассмотрена на заседании кафедры полезных ископаемых.

Протокол № 6 от «16» марта 2021 г.

И.о. зав. кафедрой  С.А. Сасим

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*