



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

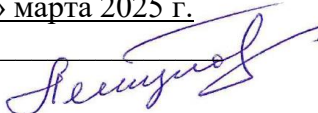
УТВЕРЖДАЮ  
Декан геологического факультета  
 С.П. Примина  
«27» марта 2025 г.



**Рабочая программа дисциплины**

**Б1.О.30 Общая геохимия**

Специальность **21.05.02 Прикладная геология**  
Специализации: **геология месторождений нефти и газа; геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений твёрдых полезных ископаемых**  
Квалификация выпускника - **Горный инженер-геолог**  
Форма обучения **заочная**

Согласовано с УМК геологического  
факультета  
Протокол № 4 от «27» марта 2025 г.  
Председатель \_\_\_\_\_  
Летунов С.П. 

Рекомендовано кафедрой:  
Протокол № 6\_  
От «13» марта 2025 г.  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
С.А. Сасим 

Иркутск, 2025 г.

## Содержание

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Цели и задачи дисциплины.....                                                                           | 3  |
| 2. Место дисциплины в структуре ОПОП.....                                                                  | 3  |
| 3. Требования к результатам освоения дисциплины: .....                                                     | 3  |
| 4. Объем дисциплины и виды учебной работы .....                                                            | 3  |
| 5. Содержание дисциплины.....                                                                              | 4  |
| 5.1. Содержание разделов дисциплины.....                                                                   | 4  |
| 5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми<br>(последующими) дисциплинами.....    | 6  |
| 5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий .....                                                         | 6  |
| 6. Перечень практических занятий .....                                                                     | 8  |
| 6.1. План самостоятельной работы студентов.....                                                            | 9  |
| 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....                           | 10 |
| 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины: .....                                      | 10 |
| а) основная литература.....                                                                                | 10 |
| б) дополнительная литература .....                                                                         | 11 |
| в) программное обеспечение .....                                                                           | 11 |
| г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы .....                                         | 11 |
| 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины: .....                                                   | 11 |
| 9. Образовательные технологии.....                                                                         | 11 |
| 10. Оценочные средства (ОС): .....                                                                         | 12 |
| 10.1. Оценочные средства.....                                                                              | 12 |
| 10.2. Примерный перечень вопросов для проверки самостоятельной работы подготовки<br>к собеседованию: ..... | 12 |
| 10.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации.....                                                 | 12 |

### 1. Цели и задачи дисциплины.

Цель дисциплины Общая геохимия - дать студентам 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 курса:*

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

**2. Место дисциплины в структуре ОПОП.** Геохимия в соответствии с учебным планом для направления 21.05.02 «Прикладная геология» и федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 21.05.02 «Прикладная геология», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №548 от 26.05.2019 г. относится к *базовой части*. Дисциплина базируется на знаниях и навыках, приобретенных студентами в рамках изучения курсов «Общая физика», «Химия», «Общая геология», «Кристаллография», «Минералогия», «Петрография». Материал дисциплины и приобретенные навыки необходимы для освоения последующих дисциплин, таких как «Геотектоника и геодинамика», «Нефтепромысловая геохимия». Дисциплина читается в 5 семестре для студентов третьего курса.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у студента следующих компетенций:

способностью осуществлять поиски и разведку месторождений нефти, газа, газового конденсата (ПСК-3.1);

способностью выделять породы-коллекторы и флюидоупоры во вскрытых скважинами разрезах, на сейсмопрофилях, картировать природные резервуары и ловушки нефти и газа (ПСК-3.4);

В результате изучения данной дисциплины студент должен:

#### **Знать:**

- объект и методы исследования геохимии,
- формы нахождения элементов в природе,
- основы изоморфизма химических элементов в минеральном веществе,
- геохимическую классификацию элементов В.М. Гольдшмидта,
- особенности химического состава внешних и внутренних геосфер Земли,
- особенности геохимии главных геологических процессов,
- методы изотопной геохронологии и изотопных способах решения генетических проблем в геологии;

#### **Уметь:**

- пользоваться учебной и справочной геохимической литературой,
- писать рефераты,
- делать доклады,
- интерпретировать геохимическую информацию.

#### **Владеть:**

- графическими методами построения геохимических диаграмм.

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы | Всего часов / | Семестры |  |  |  |
|--------------------|---------------|----------|--|--|--|
|                    |               | 5        |  |  |  |

|                                                                                                   | зачетных<br>единиц |                |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------|--|--|--|
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>                                                                 | 75/ <u>14</u>      | 75/ <u>14</u>  |  |  |  |
| Лекции                                                                                            | 36/ <u>4</u>       | 36/ <u>4</u>   |  |  |  |
| Практические занятия (ПЗ)                                                                         | 36/ <u>10</u>      | 36/ <u>10</u>  |  |  |  |
| КСР                                                                                               | 3/ <u>0</u>        | 3/ <u>0</u>    |  |  |  |
| <b>Самостоятельная работа (всего)</b>                                                             | 69/ <u>157</u>     | 69/ <u>157</u> |  |  |  |
| Подготовка докладов с презентациями                                                               | 16/ <u>6</u>       | 16/ <u>6</u>   |  |  |  |
| Изучение учебной, научной и методической литературы с привлечением электронных средств информации | 37/ <u>145</u>     | 37/ <u>145</u> |  |  |  |
| Подготовка к экзаменам                                                                            | 16/ <u>6</u>       | 16/ <u>6</u>   |  |  |  |
| Вид промежуточной аттестации – экзамен                                                            | 36/ <u>9</u>       | 36/ <u>9</u>   |  |  |  |
| <b>Контактная работа (всего)</b>                                                                  | 79/ <u>30</u>      | 79/ <u>30</u>  |  |  |  |
| Общая трудоемкость<br>часы<br>зачетные единицы                                                    | 180                | 180            |  |  |  |
|                                                                                                   | 5                  | 5              |  |  |  |

Примечание: здесь и далее в таблицах значения часов, отмеченных подчеркиванием приведено для заочной формы обучения.

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Содержание разделов дисциплины

#### 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: атмофильные, 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. Различие 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

## **5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами**

| № п/п | Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин | №№ разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин |         |     |         |         |     |  |
|-------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----|---------|---------|-----|--|
| 1.    | Геотектоника и геодинамика                          | 2.2                                                                                                  | 3.1-3.2 | 4.3 | 5.1-5.2 | 6.1-6.2 | 7.2 |  |
| 2.    | Нефтепромысловая геохимия                           | 4.3                                                                                                  | 5.4-5.5 | 6.4 |         |         |     |  |

## **5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий**

| № п/п | Наименование раздела                                           | Наименование темы                                          |       |       |     |      |         |
|-------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------|-------|-----|------|---------|
|       |                                                                |                                                            | Лек   | Пр.   | КСР | СРС  | Всего   |
| 1     | Раздел 1. Введение                                             | 1.1. Объект, направления и методы исследования геохимии    | 2/0,1 |       |     | 2/4  | 4/4,1   |
| 2     | Раздел 2. Космогеохимия                                        | 2.1. Космическая распространенность элементов              | 2/0,2 | 4/0,5 |     | 2/4  | 8/4,7   |
|       |                                                                | 2.2. Распространенность элементов в метеоритах             | 2/0,2 | 2/0,5 |     | 4/8  | 8/8,7   |
|       |                                                                | 2.3. Распространенность элементов в планетах земной группы | 2/0,2 | 2/0,5 |     | 2/4  | 6/4,7   |
| 3     | Раздел 3. Изотопная геохимия                                   | 3.1. Радиогенные изотопы в геологии                        | 2/0,4 | 4/1,0 |     | 4/10 | 10/11,4 |
|       |                                                                | 3.2. Стабильные изотопы в геологии                         | 2/0,2 | 4/0,5 |     | 4/8  | 10/8,7  |
| 4     | Раздел 4. Общая геохимия                                       | 4.1. Геохимические классификации элементов                 | 2/0,2 | 4/1,0 |     | 2/10 | 8/11,2  |
|       |                                                                | 4.2. Основные законы миграции химических элементов         | 2/0,2 | 4/0,5 |     | 2/8  | 8/8,7   |
|       |                                                                | 4.3. Изоморфизм                                            | 2/0,2 | 4/0,5 |     | 3/9  | 9/9,7   |
| 5     | Раздел 5. Распространенность химических элементов в Земле и ее | 5.1. Геохимия мантии                                       | 2/0,2 |       |     | 4/8  | 6/8,2   |
|       |                                                                | 5.2. Геохимия земной коры                                  | 2/0,4 | 2/2,0 |     | 4/8  | 8/10,4  |
|       |                                                                | 5.3. Геохимия атмосферы и гидросферы                       | 1/0,1 |       |     | 4/8  | 5/8,1   |

|       |                              |                                                          |               |               |   |                |                 |
|-------|------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------|---------------|---|----------------|-----------------|
|       | оболочках                    | 5.4. Геохимия биосферы                                   | 1/ <u>0,1</u> |               |   | 4/ <u>8</u>    | 5/ <u>8,1</u>   |
|       |                              | 5.5. Органическая геохимия                               | 1/ <u>0,1</u> |               |   | 4/ <u>8</u>    | 5/ <u>8,1</u>   |
| 6     | Раздел 6. Геохимия процессов | 6.1. Геохимия магматического процесса                    | 2/ <u>0,2</u> | 4/ <u>2,0</u> |   | 4/ <u>10</u>   | 10/ <u>12,2</u> |
|       |                              | 6.2. Геохимия процесса метаморфизма                      | 2/ <u>0,2</u> | 2/ <u>1,0</u> |   | 4/ <u>10</u>   | 8/ <u>11,2</u>  |
|       |                              | 6.3. Геохимия гидротермального процесса                  | 2/ <u>0,2</u> |               |   | 4/ <u>8</u>    | 6/ <u>8,2</u>   |
|       |                              | 6.4. Геохимия процессов выветривания и осадкообразования | 1/ <u>0,2</u> |               |   | 4/ <u>8</u>    | 5/ <u>8,2</u>   |
| 7     | Раздел 7. Заключение         | 7.1. Геохимические циклы элементов                       | 2/ <u>0,2</u> |               |   | 4/ <u>8</u>    | 6/ <u>8,2</u>   |
|       |                              | 7.2. Геохимическая эволюция Земли.                       | 2/ <u>0,2</u> |               |   | 4/ <u>8</u>    | 6/ <u>8,2</u>   |
| Итого |                              |                                                          | 36/ <u>4</u>  | 36/ <u>10</u> | 3 | 69/ <u>157</u> | 144/ <u>171</u> |

#### 5.4. Перечень лекционных занятий

| № п/п | № раздела и темы дисциплины.<br>Тема лекции                                                                                                                                                        | Наименование используемых технологий                                                                    | Трудоемкость (час) | Оценочные средства | Формируемые компетенции |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| 1     | 2                                                                                                                                                                                                  | 3                                                                                                       | 4                  | 5                  | 6                       |
| 1.    | <b>Раздел 1.</b><br>Введение                                                                                                                                                                       | Проектные методы обучения (с использованием мультимедийных презентаций и других компьютерных программ). | 2/0,1              | собеседование      | ПСК-3.1,3.4             |
| 2.    | <b>Раздел 2.</b><br>Космогеохимия<br>2.1. Космическая распространенность элементов<br>2.2. Распространенность элементов в метеоритах<br>2.3. Распространенность элементов в планетах земной группы | Проектные методы обучения (с использованием мультимедийных презентаций и других компьютерных программ). | 6/0,6              | собеседование      | ПСК-3.1,3.4             |
| 3     | Раздел 3. Изотопная геохимия<br>3.1. Радиогенные изотопы в геологии<br>3.2. Стабильные изотопы в геологии                                                                                          | Проектные методы обучения (с использованием мультимедийных презентаций и других компьютерных программ). | 4/0,6              | собеседование      | ПСК-3.1,3.4             |
| 4     | Раздел 4. Общая геохимия<br>4.1. Геохимические классификации элементов<br>4.2. Основные законы миграции химических элементов                                                                       | Проектные методы обучения (с использованием мультимедийных презентаций и других                         | 6/0,6              | собеседование      | ПСК-3.1,3.4             |

|   |                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                         |       |               |             |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------|-------------|
|   | 4.3. Изоморфизм                                                                                                                                                                                                                  | компьютерных программ).                                                                                 |       |               |             |
| 5 | Раздел 5.<br>Распространенность химических элементов в Земле и ее оболочках<br>5.1. Геохимия мантии<br>5.2. Геохимия земной коры<br>5.3. Геохимия атмосферы и гидросферы<br>5.4. Геохимия биосферы<br>5.5. Органическая геохимия | Проектные методы обучения (с использованием мультимедийных презентаций и других компьютерных программ). | 7/0,9 | собеседование | ПСК-3.1,3.4 |
| 6 | Раздел 6. Геохимия процессов<br>6.1. Геохимия магматического процесса<br>6.2. Геохимия процесса метаморфизма<br>6.3. Геохимия гидротермального процесса<br>6.4. Геохимия процессов выветривания и осадкообразования              | Проектные методы обучения (с использованием мультимедийных презентаций и других компьютерных программ). | 7/0,8 | собеседование | ПСК-3.1,3.4 |
| 7 | Раздел 7. Заключение<br>7.1. Геохимические циклы элементов<br>7.2. Геохимическая эволюция Земли.                                                                                                                                 | Проектные методы обучения (с использованием мультимедийных презентаций и других компьютерных программ). | 4/0,4 | собеседование | ПСК-3.1,3.4 |

#### 6. Перечень практических занятий

| № п/п | № раздела и темы дисциплины | Наименование практических занятий и семинаров                                   | Трудоемкость (часы) | Оценочные средства | Формируемые компетенции |
|-------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|
| 1     | 2.1, 3.1                    | Строение атомных ядер, изотопы, стабильность ядер, распространенность элементов | 4/1,5               | зачет              | ПСК-3.1,3.4             |
| 2     | 3.1                         | Изохронный метод определение возраста пород                                     | 4/1,0               | зачет              | ПСК-3.1,3.4             |
| 3     | 3.2                         | Стабильные изотопы – генетические метки пород                                   | 4/0,5               | зачет              | ПСК-3.1,3.4             |
| 4     | 4.1,4.2,4.3                 | Строение электронных оболочек атомов. Периодическая таблица Д.И.Менделеева.     | 4/1,5               | зачет              | ПСК-3.1,3.4             |
| 5     | 4.2                         | Примеры изоморфизма в природных системах.                                       | 4/0,5               | зачет              | ПСК-3.1,3.4             |
| 6     | 5.1, 5.2, 6.1,              | Графическое                                                                     | 4/2                 | зачет              | ПСК-3.1,3.4             |



|   |          |                                                                                                                |       |       |             |
|---|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------------|
|   | 6.2, 6.4 | использование геохимических данных. Виды графиков. Принципы построения.                                        |       |       |             |
| 7 | 6.1      | Геохимическая классификация магматических пород. Построение классификационных графиков.                        | 4/1   | зачет | ПСК-3.1,3.4 |
| 8 | 6.1      | Построение и интерпретация спайдердиаграмм для определения геохимического типа базальтов                       | 4/1   | зачет | ПСК-3.1,3.4 |
| 9 | 6.1      | Распределение редкоземельных элементов в минералах магматических пород как геохимический индикатор их генезиса | 4/1   | зачет | ПСК-3.1,3.4 |
|   | Итого    |                                                                                                                | 36/10 |       |             |

### 6.1. План самостоятельной работы студентов

| № нед. | Тема                         |                                                            | Вид самостоятельной работы                                                                                                                                                                                                                          | Задание                                                                                                                                                                                                 | Рекомендуемая литература                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Кол-во часов |
|--------|------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1      | Раздел 1. Введение           | 1.1. Объект, направления и методы исследования геохимии    | Внеаудиторная :<br>1. формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);<br>2. написание | Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной, статистической, периодической и научной информации по данной теме | Основная литература:<br>Воронцов А.А., Радомская Т.А., Сотникова И.А. Общая геохимия. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2016. – 211 с.<br>2. Макрыгина В.А. Геохимия отдельных элементов<br>3. Козлов В.Д. Введение в геохимию. Дополнительная литература (см. п.8.):<br>1. Перельман А.И. Геохимия.<br>2. Сауков А.А. Геохимия. | 2/ <u>4</u>  |
| 2      | Раздел 2. Космогеохимия      | 2.1. Космическая распространенность элементов              |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2/ <u>4</u>  |
|        |                              | 2.2. Распространенность элементов в метеоритах             |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4/ <u>8</u>  |
|        |                              | 2.3. Распространенность элементов в планетах земной группы |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2/ <u>4</u>  |
| 3      | Раздел 3. Изотопная геохимия | 3.1. Радиогенные изотопы в геологии                        |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4/ <u>10</u> |
|        |                              | 3.2. Стабильные изотопы в геологии                         |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4/ <u>8</u>  |
| 4      | Раздел 4. Общая геохимия     | 4.1. Геохимические классификации элементов                 |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2/ <u>10</u> |
|        |                              | 4.2. Основные законы                                       |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2/ <u>8</u>  |

|   |                                                                          |                                                          |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |      |
|---|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|   |                                                                          | миграции химических элементов                            | рефератов;<br>3. подготовка к семинарам и лабораторным работам, их оформление; | 3. Гаврусевич Б.А. Основы общей геохимии Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы Единое окно доступа к образовательным ресурсам: <a href="http://window.edu.ru/library?p_rubr=2.2.74.9.13">http://window.edu.ru/library?p_rubr=2.2.74.9.13</a> Всё о геологии - Неофициальный сайт геологического факультета МГУ <a href="http://geo.web.ru/">http://geo.web.ru/</a> |      |
|   |                                                                          | 4.3. Изоморфизм                                          |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3/9  |
| 5 | Раздел 5. Распространенность химических элементов в Земле и ее оболочках | 5.1. Геохимия мантии                                     |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4/8  |
|   |                                                                          | 5.2. Геохимия земной коры                                |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4/8  |
|   |                                                                          | 5.3. Геохимия атмосферы и гидросферы                     |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4/8  |
|   |                                                                          | 5.4. Геохимия биосферы                                   |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4/8  |
|   |                                                                          | 5.5. Органическая геохимия                               |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4/8  |
| 6 | Раздел 6. Геохимия процессов                                             | 6.1. Геохимия магматического процесса                    |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4/10 |
|   |                                                                          | 6.2. Геохимия процесса метаморфизма                      |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4/10 |
|   |                                                                          | 6.3. Геохимия гидротермального процесса                  |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4/8  |
|   |                                                                          | 6.4. Геохимия процессов выветривания и осадкообразования |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4/8  |
| 7 | Раздел 7. Заключение                                                     | 7.1. Геохимические циклы элементов                       |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4/8  |
|   |                                                                          | 7.2. Геохимическая эволюция Земли.                       |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4/8  |

## 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

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).

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

### а) основная литература

1. Воронцов А.А., Радомская Т.А., Сотникова И.А. Общая геохимия. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2016. – 211 с. – 70 экз.

2. Макрыгина, Валентина, Алексеевна.

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.)

3. Козлов, Валерий Дмитриевич.

Введение в геохимию [Текст] : учеб. пособие / В. Д. Козлов ; Иркутский гос. ун-т. - 2-е изд., испр. и доп. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2007. - 219 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 211-215. - ISBN 978-5-9624-0153-9 (86 экз.)

#### **б) дополнительная литература**

1. Перельман, Александр Ильич. 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 : 1.60 р.

Имеются экземпляры в отделах: всего 75

2. Сауков, Александр Александрович 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. - 2.15 р

Имеются экземпляры в отделах: всего 4

3. Гаврусевич, Борис Александрович. Основы общей геохимии [Текст] / Б. А. Гаврусевич. - М. : Недра, 1968. - 328 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 325-326.

Имеются экземпляры в отделах: всего 4

4. Антипин, Виктор Сергеевич. Геохимия эндогенных процессов : учеб. пособие / В. С. Антипин, В. А. Макрыгина ; Иркутский гос. ун-т, Рос. акад. наук, Сибирское отделение, Ин-т геохимии им. А. П. Виноградова. - 2-е изд., испр. и доп. - Иркутск :Изд-во ИГУ, 2008. - 363 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 357-363. - ISBN 978-5-9624-0306-9 : 120.00 р. (1 экз.)

#### **в) программное обеспечение**

Windows 8/10, MS Office 2010-2014

#### **г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

Единое окно доступа к образовательным ресурсам:

[http://window.edu.ru/library?p\\_rubr=2.2.74.9.13](http://window.edu.ru/library?p_rubr=2.2.74.9.13)

Всё о геологии - Неофициальный сайт геологического факультета МГУ

<http://geo.web.ru/>

#### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

- электронные лекции;
- презентации лекций;
- аналитические данные, графический и демонстрационный материал для соответствующих лекционных и практических занятий

#### **9. Образовательные технологии**

При освоении дисциплины 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;
- самостоятельно изученный теоретический материал оформляется в виде рефератов;
- самостоятельно изученный теоретический материал представляется в виде докладов с презентациями;
- обсуждение докладов студентов.

### 10.1. Оценочные средства для:

входного контроля – собеседование

текущего контроля – тесты, собеседования

промежуточной аттестации – экзамен в устной форме

### 10.2. Примерный перечень вопросов для проверки самостоятельной работы подготовки к собеседованию:

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.

### 10.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

| № п/п | Вид контроля         | Контролируемые темы                                                              | Компетенции, компоненты которых контролируются |
|-------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1     | тест / собеседование | Строение атомных ядер, изотопы, стабильность ядер, распространенность элементов. | ПСК-3.1,3.4                                    |
| 2     | тест / собеседование | Радиогенные изотопы в геологии.                                                  | ПСК-3.1,3.4                                    |
| 3     | тест / собеседование | Основные законы миграции химических элементов                                    | ПСК-3.1,3.4                                    |
| 4     | тест / собеседование | Геохимия земной коры                                                             | ПСК-3.1,3.4                                    |
| 5     | тест / собеседование | Геохимия магматического процесса                                                 | ПСК-3.1,3.4                                    |

|   |               |                              |             |
|---|---------------|------------------------------|-------------|
| 6 | собеседование | Геохимическая эволюция Земли | ПСК-3.1,3.4 |
|---|---------------|------------------------------|-------------|

### Демонстрационный вариант теста №1

#### 1. Планеты внешней группы...

А. Сформировались в периферических частях газового диска Солнечной системы, состоящие, главным образом из газов и имеющие крупный размер: *Юпитер, Марс, Сатурн, Уран*.

Б. Сформировались в центральных частях газового диска Солнечной системы, состоящие, главным образом из плотного вещества и имеющие крупный размер: *Юпитер, Сатурн, Уран, Марс*.

В. Сформировались в периферических частях газового диска Солнечной системы, состоящие, главным образом из газов и имеющие крупный размер: *Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун*.

#### 2. Факторы, способствующие дифференциации вещества на раннем этапе формирования Солнечной системы:

А. Солнечный ветер, конденсация жидких и твердых частиц, вследствие охлаждения газового диска.

Б. Составы метеоритов, конденсация жидких и твердых частиц, вследствие охлаждения газового диска.

В. Радиация, ионизация жидких и твердых частиц, вследствие охлаждения газового диска.

#### 3. Каменные метеориты подразделяются на:

А. Хондриты, железистые хондриты, углистые хондриты.

Б. Железистые хондриты, ахондриты, углистые хондриты.

В. Хондриты, ахондриты, углистые хондриты.

#### 4. Строение мантии Земли:

А. Нижняя мантия, верхняя мантия (+литосферная и астеносферная).

Б. Внутренняя мантия, внешняя мантия (+литосферная и астеносферная).

В. Нижняя мантия (+литосферная и астеносферная), верхняя мантия.

#### 5. Состав, соответствующий сульфидной жидкости высокой плотности, в которой сконцентрирована сера и сульфурофильные металлы, относят к ...

А. Внутреннему ядру.

Б. Внешнему ядру.

В. Внутреннему и внешнему ядру.

#### 6. Деплетированная мантия - это...

А. Мантия потерявшая мобильные (некогерентные элементы) в результате процессов плавления при образовании континентальной коры.

Б. Мантия, которая не испытывала никаких химических изменений с момента аккреции Земли и отделения ядра, т.е. возникшая после отделения ядра, но до появления коры, следовательно, по химическому и изотопному составу эквивалентна силикатной оболочке Земли в целом

В. Мантия потерявшая мобильные (некогерентные элементы) в результате процессов плавления при образовании нижней мантии.

#### 7. Основные петрогенные элементы твердой оболочки Земли:

А. O, Si, Ti, Li, Fe, Mg, Mn, Ca, Na, K, Au, H.

Б. Si, Ti, Al, Fe, Ni, Mg, U, Ca, Na, K, P.

В. O, Si, Ti, Al, Fe, Mg, Mn, Ca, Na, K, P, H.

#### 8. Рассеянные элементы - это...

А. Химические элементы, которые встречаются в природе в виде самостоятельных минералов и концентрированных залежей, а также в виде примесей в различных минералах (суммарная концентрация превышает 1,5 мас. %).

Б. Химические элементы, которые редко встречаются в природе в виде самостоятельных минералов и концентрированных залежей, обычно в виде примесей входят в различные минералы (суммарная концентрация не превышает 1,5 мас. %).

В. Химические элементы, которые практически не встречаются в природе в виде самостоятельных минералов и концентрированных залежей, а встречаются лишь в виде примесей в различных минералах (суммарная концентрация не превышает 40,5 мас. %).

9. Классы магматических горных пород по содержанию  $\text{SiO}_2$  (в мас. %) делятся на 6 отрядов:

А. Некремнеземистые и низкокремнеземистые (<30), ультраосновные (30-45), основные (45-52), средние (52-63), кислые (63-78), ультракислые (>78).

Б. Некремнеземистые и низкокремнеземистые (<40), ультраосновные (40-45), основные (45-52), средние (52-65), кислые (65-78), ультракислые (78-100).

В. Некремнеземистые и низкокремнеземистые (<35), ультраосновные (35-44), основные (44-63), средние (63-74), кислые (74-88), ультракислые (>88).

10. Изверженные породы - это...

А. Породы, образованные в толще земной коры в результате изменения (метаморфизма) осадочных и магматических горных пород вследствие изменения физико-химических условий.

Б. Породы, существующие в термодинамических условиях, характерных для поверхностной части земной коры, и образующиеся в результате переотложения продуктов выветривания и разрушения различных горных пород, химического и механического выпадения осадка из воды, жизнедеятельности организмов.

В. Породы, сформировавшиеся в результате остывания прорвавшейся в слои земной коры или на земную поверхность магмы.

11. Интрузивными (плутоническими) породами, называют...

А. Породы, образовавшиеся при остывании магмы в пределах земной коры.

Б. Породы, образовавшиеся при остывании магмы на земной поверхности.

В. Породы, образовавшиеся при остывании магмы как на земной поверхности, так и в пределах земной коры.

12. Геохимический резервуар - это...

А. Одна из оболочек Земли, имеющая выдержанный химический состав и способная давать магматические расплавы с различными геохимическими характеристиками.

Б. Источник вещества с различными геохимическими характеристиками.

В. Источник вещества с определёнными геохимическими характеристиками.

13. Под относительной концентрацией элемента понимается...

А. Число, показывающее концентрацию элемента в породе.

Б. Число, полученное при делении величины содержаний элемента в горной породе на величину содержаний элемента в каком либо геохимическом резервуаре.

В. Число, полученное при делении величин содержаний элемента в двух фазах.

14. Коэффициент распределения показывает...

А. Отношение концентраций элементов в двух фазах.

Б. Среднюю концентрацию элемента в горных породах.

В. Во сколько раз изучаемая порода обогащена или обеднена химическим элементом относительно геохимического резервуара.

15. По геохимическим свойствам лантаноиды или РЗЭ (REE) разделяются...

А. На 2 группы: легкие (LREE: La, Ce, Pr, Nd) и тяжелые (HREE: Sm, Eu, Gd, Tb, Dy).

Б. На 2 группы: легкоплавкие (LREE: La, Ce, Pr, Nd) и тугоплавкие (HREE: Sm, Eu, Gd, Tb, Dy).

В. На 3 группы: легкие (LREE: La, Ce, Pr, Nd); средние (MREE: Sm, Eu, Gd, Tb, Dy); тяжелые (HREE: Ho, Er, Tm, Yb, Lu).

### **Примерный 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. 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,  $\delta$  (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.

**Разработчик:**

Доцент.

канд. геол.-минерал. наук



В.А. Беляев

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 21.05.02 «Прикладная геология».

Программа рассмотрена на заседании кафедры полезных ископаемых геохимии, минералогии и петрографии  
» марта 2025 г.

Протокол № 6

Зав. кафедрой полезных ископаемых геохимии, минералогии и

петрографии  Сасим С.А.

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