

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Геологический факультет

**УТВЕРЖДАЮ**

**Декан Геологического факультета  
академик**

\_\_\_\_\_/Д.Ю.Пушаровский/

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Геохимия магматических формаций**

Автор-составитель: Арискин А.А.

**Уровень высшего образования:**

*Магистратура*

**Направление подготовки:**

**05.04.01 Геология**

**Направленность (профиль) ОПОП:**

**Геохимия**

**Магистерская программа “Геохимия”**

Форма обучения:

*Очная*

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методическим Советом Геологического факультета  
(протокол № \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_)

Москва 2018

---

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г № 1674.

Год (годы) приема на обучение – 2018

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова  
*Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.*

## **Цель и задачи дисциплины**

**Целью** курса "*Геохимия магматических формаций*" является приобретение студентами знаний о геохимических особенностях магматических формаций и генетических серий вулканических и интрузивных пород, взаимосвязи их проявлений с важнейшими геотектоническими режимами Земли.

**Задачи:** (1) Освоение геохимических методов, предложенных для отнесения магматических пород к конкретным геодинамическим режимам и важнейшим формационным типам вулканических пород; (2) Использование современных методов магматической геохимии для реконструкции условий мантийного плавления и последовательности кристаллизации мафит-ультрамафитовых магм; (3) построение индикаторных диаграмм, позволяющих разделять эволюцию неконтаминированных и контаминированных коровым материалом магматических расплавов.

**1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО** – вариативная часть, профессиональный блок, тип дисциплины - обязательный, курс – II, семестр – 3.

**2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:** освоение дисциплин “Общая геология”, “Общая и физическая химия”, “Минералогия”, “Петрология”, “Геохимия”, “Физическая геохимия”.

**3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.**

Компетенции выпускников, формируемые (частично) при реализации дисциплины:

ОПК-4.М Способность применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки.

СПК-4.М Готовность к изучению химического состава природного вещества и закономерностей распространенности в них химических элементов, их состояния и форм нахождения.

СПК-5.М Способность к выявлению, изучению и геологической интерпретации ассоциаций химических элементов, характерных для продуктов геологических процессов.

## **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):**

**Знать:** главные типы индикаторных диаграмм, предложенных для отнесения магматических пород к конкретным геодинамическим режимам и важнейшим формационным типам вулканических пород;

**Уметь:** применять геохимические и физико-химические методы для реконструкции условий образования и эволюции магматических серий;

**Владеть:** методами построения генетических диаграмм, позволяющих разделять эволюцию неконтаминированных и контаминированных магматических расплавов.

**4. Формат обучения** – лекционные и семинарские занятия

**5. Объем дисциплины (модуля)** составляет **3** з.е., в том числе **108** академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**14** часов – занятия лекционного типа, **56** часов – занятия семинарского типа) и **38** академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма аттестации – **экзамен**.

**6. Содержание дисциплины (модуля)**, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

## **Краткое содержание дисциплины (аннотация):**

Курс “Геохимия магматических формаций” разбит на 10 разделов посвященных: (1) индикаторной роли микроэлементов, (2) значение стабильных и радиогенных изотопов в геохимии магматизма, (3) геохимической специализации формаций и серий магматических пород, (4) геохимии срединно-океанического магматизма, (5) геохимии формаций океанических островов, (6) геохимии крупных магматических провинций, (7) геохимии щелочного магматизма рифтовых зон континентов, (8) геохимии островодужного магматизма, (9) геохимии пород Андской окраины и (10) геохимии формаций глубоководных желобов, включая бониниты.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
<b>Раздел. 1.</b> Индикаторная роль микроэлементов		1		4	4	6
<b>Раздел. 2.</b> Значение стабильных и радиогенных изотопов		1		4	4	8
<b>Раздел. 3.</b> Геохимическая специализация формаций и серий магматических пород		1		4	2	6
<b>Раздел. 4.</b> Геохимия срединно-океанического магматизма		2		8	4	6
<b>Раздел. 5.</b> Геохимия формаций океанических островов		2		8	4	8
<b>Раздел. 6.</b> Геохимия крупных магматических провинций		1		4	4	8
<b>Раздел. 7.</b> Геохимия щелочного магматизма рифтовых зон континентов		2		8	4	6
<b>Раздел. 8.</b> Геохимия островодужного магматизма		2		8	4	6
<b>Раздел. 9.</b> Геохимия пород Андийской окраины		1		4	4	6
<b>Раздел. 10.</b> Геохимия формаций глубоководных желобов		1		4	4	6
<b>Итого</b>	<b>108</b>	14		56	38	<b>108</b>
<b>Итоговая аттестация -</b>						<b>Экзамен</b>

## **Содержание разделов дисциплины:**

### **1. Индикаторная роль микроэлементов**

1а. Характеризация магматических процессов: понятие микроэлементов для магматических систем, совместимые и несовместимые элементы. Значение коэффициентов распределения минерал – расплав, зависимость от температуры, состава системы, давления и редокс-условий. Фазовый контроль распределения и эволюции микроэлементов в расплавах в процессах мантийного плавления и при кристаллизации родительских магм.

1б. Использование микроэлементов при определении геодинамических обстановок. Важнейшие индикаторные диаграммы.

### **2. Значение стабильных и радиогенных изотопов**

2а. Изотопный состав кислорода в магматических породах, вариации для пород разных тектонических обстановок. Изотопный состав серы в сульфидоносных породах и рудах магматогенного происхождения.

2б. Главные стадии формирования Земли, разделение элементов в системе кора – мантия. Концепция изотопно-геохимических резервуаров: примитивная, деплетированная и обогащенная мантия. Понятие главного тренда мантийной корреляции. Th-U-Pb и Os-Re системы.

### **3. Геохимическая специализация формаций и серий магматических пород**

Выделение и типизация магматических формаций, принципы их классификации. Генетические типы магматических пород и понятие магматической серии. Типы серий и их индикаторное значение для режимов зарождения и эволюции магм, значение микроэлементов и геохимических отношений.

### **4. Геохимия срединно-океанического магматизма**

Толеитовые базальты срединно-океанических хребтов (N-MORB, E-MORB, типы TOP по Л.В. Дмитриеву). Важнейшие дискриминационные диаграммы. Корреляция отношений  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  и  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  в базальтах срединно-океанических хребтов, связь с главным трендом мантийной корреляции. Геохимическая специализация малоглубинных (эффузивно-интрузивных) и глубинных (плутонических) формаций.

### **5. Геохимия формаций океанических островов**

5а. Разнообразие внутриплитного океанического магматизма, пять главных серий океанических о-вов, их геохимическая специфика. Природа гранатовой метки для щелочных серий, контроль результатами экспериментов при высоких давлениях.

5б. Магматизм Исландии: вещественный состав вулканитов, важнейшие геохимические спектры. Специфика кислых вулканитов Исландии, значение геохимических сигналов при анализе генетических моделей образования среднекислых и кислых дифференциатов.

5в. Вулканические серии Гавайских островов: важнейшие геохимические спектры. Противоречия между “геохимической меткой граната” и гарцбургитовой моделью рестита: двухстадийная гипотеза полибарической гибридизации первичных магм. Геохимические сигналы рециклированного компонента в составе источника.

### **6. Геохимия крупных магматических провинций**

6а. Понятие крупных магматических провинций, океанические плато и континентальные траппы. Возраст, геологическое положение и связь с процессами деструкции литосферы. Геохимия эффузивно-интрузивной трапповой формации толеитовых и субщелочных базитов: Сибирская платформа, Карру, Декан и другие. Геохимические сравнения для платформенных (трапповых) и океанических базитовых формаций.

6б. Геохимические спектры и происхождение эффузивных траппов. Значение субщелочных пикритов в траппах Декана и Карру. Геохимия низко-Ti и высоко-Ti серий.

## 7. Геохимия щелочного магматизма рифтовых зон континентов

7а. Специфика эпиконтинентальных (эпиплатформенных) рифтов, две модели их образования. Главные типы магматических серий, их геохимические особенности. Африкано-Аравийский пояс, последовательная эволюция магматизма и геохимических спектров. Примеры ультракалийевых магм, их суперобогащенная специфика. Вывод об аномальном мантийном источнике, значение мантийного метасоматоза.

7б. Эпиорогенные рифтовые зоны: петро- и геохимические отличия от эпиконтинентальных рифтов. Главные типы магматических формаций. Примеры для эпиорогенных рифтов запада США.

## 8. Геохимия островодужного магматизма

8а. Главные структуры активных окраин, энсиалические и энсиматические дуги. Вулканические фронты, продольная и поперечная зональность. Геохимия ксенолитов и гомеогенных включений - алливалиты и эвкриты. Принципы геохимической типизации островодужных вулканитов. Примеры для островных дуг западной части Тихого океана.

8б. Геохимия системы вулканов Ключевской и Безымянный на Камчатке. Тренды для высокоглиноземистых (ВГБ) и высокомагнезиальных базальтов Ключевского вулкана, полибарическое фракционирование как механизм образования ВГБ. Геохимические тренды андезибазальтов и андезитов влк. Безымянный, вывод о ВГБ источнике среднекислых дифференциатов. Геохимические сигналы кристаллизации магнетита и роговой обманки.

## 9. Геохимия и изотопный состав пород Андийской окраины

9а. Геологическое строение и история развития Анд. Три главных сегмента андской окраины, причины продольной и поперечной петрогеохимической зональности. Вещественный состав главных серий. Геохимия, специфика изотопного состава.

9б. Признаки контаминации материала континентальной коры и роль многостадийных процессов внутрикорового магнемаобразования. Рециклинг и образование андезитов, значение вариаций изотопного состава кислорода.

## 10. Геохимия формаций глубоководных желобов

Геологическое строение и типы разрезов желобов. Структура офиолитовых комплексов, их возраст и состав. Петрохимическая специфика и геохимические особенности бонинитов. Высоко-Са и низко-Са бониниты (примеры). Понятие “бонинитоподобных” магм, геохимические противоречия.

## **Рекомендуемые образовательные технологии**

В рамках курса используется смешанная модель обучения, в которой предусмотрены лекционные и семинарские занятия, на которых расширяется и конкретизируется информация о геохимических характеристиках и изотопном составе пород изученных магматических формаций. В самостоятельную работу входит закрепление теоретического материала, рассмотренного на лекционных и семинарских занятиях, чтение рекомендуемой литературы. При чтении лекций используются мультимедийные презентации с визуально-текстовой формой представления дидактического материала.

*Домашние задания для самостоятельной подготовки студентов включают: (1) работу с учебными изданиями по разделам, посвященным рассмотренным на лекциях и семинарах вопросам; (2) чтение выборочных российских и зарубежных публикаций – для*

углубленного погружения в тематику; (3) знакомство с образцами магматических пород, типоморфных для изученных тектоно-магматических провинций.

**Рекомендуемые образовательные технологии** В рамках курса используется смешанная модель обучения, в которой предусмотрены как лекционные, так и семинарские занятия, выполнение письменных контрольных работ и тестов и проведение экзамена в качестве формы итогового контроля. В самостоятельную работу входит закрепление теоретического материала, рассмотренного на лекционных и семинарских занятиях, написание реферата и подготовка презентации, подготовка к контрольным работам и экзамену.

При чтении лекций используются мультимедийные презентации с визуально-текстовой формой представления дидактического материала.

## **7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

### **7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.**

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется посредством типовых упражнений, расчетных заданий и опроса на семинарах.

#### **Типовые упражнения и расчетные задания:**

- построить характеристические геохимические диаграммы для базальтов срединно-океанических хребтов;
- построить характеристические геохимические диаграммы для толеитовой и щелочных серий океанических островов;
- построить характеристические геохимические диаграммы пород океанических плато;
- построить характеристические геохимические диаграммы для континентальных траппов (высоко- и низко- $T_i$  серии);
- провести сопоставление геохимических спектров для вулканитов эпиконтинентальных рифтов континентов (Восточно-Африканский рифтовый пояс);
- провести сопоставление геохимических спектров для вулканитов эпиорогенных рифтовых зон континентов (Провинция Бассейнов и Хребтов на западе США);
- генетический анализ геохимических трендов для вулканов Ключевской и Безымянный.
- графики изотопно-геохимических особенностей пород Андийской окраины (признаки рециклинга и контиминации корового материала);
- построить типичные геохимические спектры бонинитов.

### **7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.**

#### ***Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:***

1. Понятие микроэлементов для магматических систем, совместимые и несовместимые элементы. Значение коэффициентов распределения минерал – расплав, зависимость от температуры, состава системы, давления и редокс-условий. Фазовый контроль распределения и эволюции микроэлементов в расплавах в процессах мантийного плавления и при кристаллизации родительских магм.
2. Использование микроэлементов при определении геодинамических обстановок. Важнейшие индикаторные диаграммы.
3. Изотопный состав кислорода в магматических породах, вариации для пород разных тектонических обстановок.



4. Изотопный состав серы в сульфидоносных породах и рудах магматогенного происхождения. Признаки ювенильного происхождения и контаминации корового материала.
5. Главные стадии формирования Земли, разделение элементов в системе кора – мантия. Концепция изотопно-геохимических резервуаров: примитивная, деплетированная и обогащенная мантия.
6. Выделение и типизация магматических формаций, принципы их классификации. Генетические типы магматических пород и понятие магматической серии. Типы серий и значение геохимических индикаторов магматических процессов.
7. Талеитовые базальты срединно-океанических хребтов (N-MORB, E-MORB, типы TOP по Дмитриеву). Разнообразие геохимических критериев для разделения обогащенных и обедненных базальтов.
8. Корреляция отношений  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  и  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  в базальтах срединно-океанических хребтов, связь с главным трендом мантийной корреляции.
9. Разнообразие внутриплитного океанического магматизма, пять главных серий океанических о-вов, их геохимическая специфика.
10. Природа гранатовой метки для щелочных серий.
11. Вещественный состав вулканитов Исландии, важнейшие геохимические спектры.
12. Специфика кислых вулканитов Исландии, значение геохимических сигналов при анализе генетических моделей образования среднекислых и кислых дифференциатов.
13. Геохимические спектры вулканитов Гавайских островов. Противоречия между “геохимической меткой граната” и гарцбургитовой моделью рестита.
14. Двухстадийная гипотеза полибарической гибридации первичных магм. Геохимические сигналы рециклированного компонента в составе источника.
15. Геохимия эффузивно-интрузивной трапповой формации талеитовых и субщелочных базитов: Сибирская платформа, Карру, Декан и другие.
16. Геохимические сравнения для платформенных и океанических базитовых формаций.
17. Геохимические спектры и происхождение эффузивных траппов. Значение субщелочных пикритов в траппах Декана и Карру.
18. Геохимические особенности низко-Ti и высоко-Ti серий Сибирской платформы.
19. Главные типы магматических серий эпиконтинентальных рифтов, их геохимические особенности.
20. Африкано-Аравийский пояс, последовательная эволюция магматизма и геохимических спектров пород.
21. Примеры ультракалиевых магм Африкано-Аравийского пояса. Вывод об аномальном мантийном источнике, значение мантийного метасоматоза.
22. Эпигорогенные рифтовые зоны: петро- и геохимические отличия от эпиконтинентальных рифтов. Главные типы магматических формаций.
23. Примеры для эпигорогенных рифтов запада США.
24. Принципы геохимической типизации островодужных вулканитов. Примеры для островных дуг западной части Тихого океана.
25. Геохимия системы вулканов Ключевской и Безымянный на Камчатке. Тренды для высокоглиноземистых (ВГБ) и высокомагнезиальных базальтов Ключевского вулкана, полибарическое фракционирование как механизм образования ВГБ.
26. Геохимические тренды андезибазальтов и андезитов влк. Безымянный, вывод о ВГБ источнике среднекислых дифференциатов.
27. Геохимические сигналы магнетита и роговой обманки при кристаллизации

островодужных магм.

28. Три главных сегмента Андийской окраины, причины продольной и поперечной петрогеохимической зональности.
29. Геохимия и специфика изотопного состава главных магматических серий Андийской окраины.
30. Признаки контаминации материала континентальной коры и роль многостадийных процессов внутрикорового магмаобразования.
31. Рециклинг и образование андезитов, значение вариаций изотопного состава кислорода.
32. Геологическое строение и типы разрезов желобов. Структура офиолитовых комплексов глубоководных желобов. Петрохимия и геохимия бонинитов.
33. Высоко-Са и низко-Са бониниты (примеры). Понятие “бонинитоподобных” магм, геохимические противоречия.

### Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты Обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
<b>Знания:</b> главных типов индикаторных диаграмм для геодинамических режимов и типов вулканических пород	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания по предмету	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
<b>Умения:</b> применять геохимические методы для реконструкции условий образования магматических серий	Умения отсутствуют	В целом имеют место, но с рядом неточностей	Присутствуют, но с ошибками в мелких деталях	Показаны успешно в полном объеме
<b>Владения:</b> построением генетических диаграмм для разделения эффектов кристаллизации и контаминации	Отсутствуют навыки построения генетических диаграмм	Недостаточное владение методами построения диаграмм	Методы усвоены, но мелкие неточности	Демонстрация в полном объеме, без ошибок

#### 8. Ресурсное обеспечение:

##### Перечень основной и дополнительной литературы.

##### - основная литература:

1. Best M.G. Igneous and metamorphic petrology. 2<sup>nd</sup> Edition, Blackwell Publishing, 2003, 729 pp.
2. Wilson M. Igneous petrogenesis: A global tectonic approach. Boston, Unwin Hyman, 1989.

##### - дополнительная литература:

3. Rollinson H.R. Using geochemical data: Evaluation, presentation, interpretation. Longman Group UK Limited, 1993, 353 pp.

**программное обеспечение и Интернет-ресурсы** (лицензионное программное обеспечение не требуется):

Для успешного освоения курса необходимы навыки использования распространенных текстовых и графических редакторов, умение использовать электронные таблицы. Специализированные программы серии КОМАГМАТ и методические материалы к курсу находятся на специализированном Интернет-ресурсе (в геологической энциклопедии GeoWiki - <http://wiki.web.ru> и сайте <https://comagmat.web.ru/apps-comagmat.html>).

**Материально-техническое обеспечение:**

- помещения – аудитория, рассчитанная на группу из 15 учащихся.
- оборудование – мультимедийный проектор, компьютер, экран, выход в Интернет.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – Арискин А.А.

11. Автор (авторы) программы – Арискин А.А.