

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

УТВЕРЖДАЮ

**Декан Геологического факультета
академик**

_____ /Д.Ю.Пущаровский/

«___» _____ 20

г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Генетическая интерпретация магматических пород

Автор-составитель: Арискин А.А.

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление

подготовки:

05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Геохимия

Магистерская программа

Петрология

Форма обучения:

Очная

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

Москва 2019

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 – 2019.

© 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 "*Генетическая интерпретация магматических пород*" является приобретение студентами знаний о методах реконструкции генетических связей и условий образования магматических пород, основанных на использовании геохимических и экспериментальных данных, петролого-геохимических сценариев магмаобразования и термодинамических расчетов с использованием современных моделей мантийного плавления и кристаллизации магматических расплавов.

Задачи: (1) обучение методам оценки P - T - fO_2 условий образования конкретных магматических серий (ассоциаций пород), используя результаты экспериментальной и теоретической петрологии; (2) обучение методам современной мантийной петрологии при реконструкции P - T - fO_2 параметров зарождения первичных магм в условиях верхней мантии Земли.

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

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия: освоение дисциплин “Общая геология”, “Общая и физическая химия”, “Минералогия”, “Петрология”, “Геохимия”, “Физическая геохимия”, “Петрохимия”, “Дополнительные главы петрологии”. Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Генетическая интерпретация магматических пород» необходимы при изучении дисциплины «Современные главы петрологии», а также для научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ.

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

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

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

СПК-4.М Способность использовать различные типы петрологических и петрохимических диаграмм для решения научных и практических петрологических задач.

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать: современные методы реконструкции генетических связей и условий образования ассоциаций магматических пород.

Уметь: применять физико-химическими методами оценки P - T - fO_2 параметров образования магматических пород.

Владеть: физико-химическими методами расчета траекторий кристаллизации базальтовых магм при помощи программы КОМАГМАТ.

4. Формат обучения – лекционные и семинарские занятия

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., 72 академических часа, в том числе 28 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (7 часов – занятия лекционного типа, 21 час – занятия семинарского типа) и 44 академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма аттестации – **зачет**.

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 "Генетическая интерпретация магматических пород" разбит на 7 разделов посвященных: (1) генетическим типам базальтов, (2) использованию микроэлементов, (3) стабильных и радиогенных изотопов в магматической петрологии и геохимии, (4) реологическим свойствам и особенностям фазового состава магм, (5) законам фракционирования базальтовых магм, (6) использованию ЭВМ-модели КОМАГМАТ в магматической петрологии и геохимии и (7) процессам мантийного плавления и их закономерностям.

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				
					Всего	
Раздел. 1. Генетические типы и магматические серии		1		2	3	4
Раздел. 2. Микроэлементы в магматических процессах		1		2	3	5
Раздел. 3. Использование изотопов в геохимии магматизма		1		3	4	5
Раздел. 4. Реологические свойства и фазовый состав магм		1		2	3	5
Раздел. 5. Законы фракционирования базальтовых магм		1		6	7	5
Раздел. 6. Использование модели КОМАГМАТ в петрологии		1		3	4	5
Раздел. 7. Первичные магмы и процессы мантийного плавления		1		3	4	5
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>						10
Итого	72			28		44

Содержание разделов дисциплины:

1. Генетические типы базальтов и магматические серии

Понятие “генетической общности пород” и определение магматической серии. Значение базальтов как “примитивного” источника ассоциаций магматических пород; первичные, исходные (родоначальные) и производные магмы. Базальтовый тетраэдр и главные типы базальтовых магм. Генетические серии горных пород: толеитовые, известково-щелочные, субщелочные и щелочные.

2. Микроэлементы в магматических процессах

Классификации химических элементов, понятие микроэлементов в магматических процессах, совместимые и несовместимые элементы. Значение коэффициентов распределения минерал - расплав, зависимость от температуры, состава системы, давления и редокс-условий. Индикаторные диаграммы для микроэлементов.

3. Использование изотопов в петрологии и геохимии магматизма

за. Стабильные и радиогенные изотопы. Изотопный состав кислорода в магматических породах, вариации для пород разных тектонических обстановок. Важнейшие радиогенные изотопы, значение Rb/Sr и Sm/Nd изотопных систем.

зб. Концепция изотопно-геохимических резервуаров. Главные стадии формирования Земли, разделение элементов в системе кора - мантия. Резервуары примитивной, деплетированной и обогащенной мантии. Корреляция отношений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ в базальтах срединно-океанических хребтов и океанических о-вов. Понятие главного тренда мантийной корреляции. Th-U-Pb и Os-Re системы.

4. Реологические свойства и фазовый состав магм

Определение магмы, фазовый состав и отличие магмы от магматического расплава. Понятия ригидуса, “кристаллической каши”, суспензии. Соотношения составов реальных расплавов и расплавных включений в минералах.

5. Законы фракционирования базальтовых магм

5а. Основные механизмы дифференциации магм и роль кристаллизационных процессов. Фракционная кристаллизация магмы, физические механизмы разделения кристаллов и жидкости. Корреляция трендов эволюции составов пород и минералов с последствиями фракционирования простых силикатных систем (*Ab-An*, *Di-Ab-An*). Графические методы изучения систем “источник - дифференциат” (принцип вычитания компонентов). Линии фазового контроля. Расчеты фракционной кристаллизации “по методу наименьших квадратов”.

5б. Уравнение Релея-Макфи в дифференциальной и интегральной форме (без вывода). Понятие степени фракционирования системы (=расплава). Смысл и значение коэффициентов распределения кристалл-расплав. Поведение совместимых и несовместимых элементов при фракционной кристаллизации, примеры. Идеальное и частичное фракционирование.

5в. Фракционирование твердых растворов отдельных минералов (на примере системы *Fa-Fe*) и котектических ассоциаций, влияние пропорций кристаллизации. Понятие комбинированного коэффициента распределения, расчеты траекторий кристаллизации многофазовых систем.

6. Использование модели КОМАГМАТ в магматической петрологии

ба. Уравнения равновесия минерал-расплав (геотермометры), методы расчета температур равновесия оливин-расплав при помощи оливиновых геотермометров. Использование констант равновесия реакций кристаллизации главных порообразующих минералов для построения ЭВМ-модели КОМАГМАТ.

бб. Основные режимы моделирования кристаллизационных процессов при помощи программы КОМАГМАТ, описание входных данных и структуры “выходных” файлов.

7. Первичные магмы и процессы мантийного плавления

Понятия первичной выплавки и рестита, зависимость состава расплава от степени плавления и критической пористости. Равновесное, фракционное и динамическое плавление. Эволюция состава расплава и рестита при равновесном плавлении источника (поведение главных и примесных элементов). Влияние давления и воды. Использование ЭВМ-программ семейства MELTS-rMELTS для моделирования изобарического и декомпрессионного плавления.

Рекомендуемые образовательные технологии

В рамках курса используется смешанная модель обучения, в которой предусмотрены лекционные и семинарские занятия, на которых расширяется и конкретизируется информация о методах генетической интерпретации магматических пород – с акцентом на использование современных моделей частичного плавления мантийных пород и кристаллизации магматических расплавов. В качестве промежуточной аттестации курса проводится зачет по использованию программы КОМАГМАТ (для магм широкого диапазона составов). 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.

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 петрохимические диаграммы;
- построить характеристические геохимические диаграммы;
- объяснить изотопно-геохимические особенности магматических пород;
- построить проекции составов пород на барометрические диаграммы (по данным экспериментальной петрологии);

- рассчитать траектории равновесной и фракционной кристаллизации родительских магм для главных серий конкретной магматической провинции.

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

Перечень вопросов для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации:

1. Понятие “генетической общности пород” и определение магматической серии. Значение базальтов как “примитивного” источника ассоциаций магматических пород; первичные, исходные (родоначальные) и производные магмы.
2. Базальтовый тетраэдр и главные типы базальтовых магм. Генетические серии горных пород: толеитовые, известково-щелочные, субщелочные и щелочные.
3. Классификации химических элементов, понятие микроэлементов в магматических процессах, совместимые и несовместимые элементы.
4. Значение коэффициентов распределения минерал - расплав, зависимость от температуры, состава системы, давления и редокс-условий. Индикаторные диаграммы для микроэлементов.
5. Изотопный состав кислорода в магматических породах, вариации для пород разных тектонических обстановок.
6. Важнейшие радиогенные изотопы, значение Rb/Sr и Sm/Nd изотопных систем. Корреляция отношений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ в базальтах срединно-океанических хребтов и океанических о-вов.
7. Концепция изотопно-геохимических резервуаров. Главные стадии формирования Земли, разделение элементов в системе кора - мантия. Резервуары примитивной, деплетированной и обогащенной мантии.
8. Определение магмы, фазовый состав и отличие магмы от магматического расплава. Соотношения составов реальных расплавов и расплавных включений в минералах.
9. Механизмы дифференциации магм и роль кристаллизационных процессов. Фракционная кристаллизация магмы, физические механизмы разделения кристаллов и жидкости.
10. Графические методы изучения систем “источник - дифференциат” (принцип вычитания компонентов). Линии фазового контроля.
11. Расчеты фракционной кристаллизации “по методу наименьших квадратов”.
12. Уравнение Релея-Макфи в дифференциальной и интегральной форме (без вывода). Понятие степени фракционирования системы/расплава.
13. Поведение совместимых/несовместимых элементов при фракционной кристаллизации, примеры. Идеальное и частичное фракционирование.
14. Принципы использования констант равновесия реакций кристаллизации главных порообразующих минералов для построения ЭВМ-модели КОМАГМАТ.
15. Основные режимы моделирования кристаллизационных процессов при помощи программы КОМАГМАТ, описание входных данных и структуры “выходных” файлов.
16. Понятия первичной выплавки и релита, зависимость состава расплава от степени плавления и критической пористости. Равновесное, фракционное и динамическое плавление.
17. Эволюция состава расплава и релита при равновесном плавлении источника (поведение главных и примесных элементов). Влияние давления и воды.

18. Использование ЭВМ-программ семейства MELTS-pMELTS для моделирования изобарического и декомпрессионного плавления.

8. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Арискин А.А., Бармина Г.С. Моделирование фазовых равновесий при кристаллизации базальтовых магм. М.: Наука. 2000. 363 с.
2. Best M.G., Christiansen E.H. (2001) Igneous petrology. Oxford: Blackwell Science. 458 pp.
3. Rollinson H.R. Using geochemical data: Evaluation, presentation, interpretation. Longman Group UK Limited, 1993, 353 pp.
4. Winter J.D. (2001) An introduction to igneous and metamorphic petrology. New Jersey, Prentice Hall, 697 pp.

- дополнительная литература:

5. Мюллер Р., Саксена С. Химическая петрология. М.: Мир. 1980. 517 с.

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:

- а) помещение – аудитория, рассчитанная на группу из 15 учащихся;
- б) оборудование – поляризационные микроскопы, в том числе проекционный микроскоп, снабженный цифровой фотокамерой с возможностью вывода на монитор и экран, мультимедийный проектор, компьютер, экран, выход в Интернет;
- в) иные материалы – коллекция представительных петрографических шлифов и горных пород.

9. Язык преподавания – русский.

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

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