

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

УТВЕРЖДАЮ
и.о. декана Геологического факультета
чл.-корр. РАН _____/Н.Н.Ерёмин/
«__» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Геохимия магматических формаций

Автор-составитель: Арискин А.А.

Уровень высшего образования:
Магистратура ИМ

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

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 магистратуры, реализуемые последовательно по схеме интегрированной подготовки).

Год (годы) приема на обучение: 2022

© 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 разнообразии формаций и генетических серий магматических пород, взаимосвязи их проявлений с геотектоническими режимами Земли и умения использовать эту информацию при расшифровке геодинамических и физико-химических условий эволюции литосферы и верхней мантии.

Задачи: (1) Выявление связей между современными процессами магматизма, тектоническими событиями и геодинамической обстановкой формирования магматических провинций - на основе изучения конкретных формаций и типоморфных серий магматических пород; (2) Использование современных методов магматической петрологии и геохимии для оценки возможных механизмов и термодинамических параметров формирования главных магматических серий.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Курс "Формации магматических пород" разбит на 10 разделов посвященных: (1) основам формационного анализа и спецификации магматических серий; (2) магматизму срединно-океанических хребтов и (3) океанических островов, (4) крупным магматическим провинциям (LIPs), включая траппы Сибирской платформы, (5) щелочному магматизму континентальных рифтов, (6) магматизму островных дуг и (7) Андской окраины, (8) Мексиканскому вулканическому поясу, (9) формациям глубоководных желобов и особенностям бонинитов. В завершающей части курса рассмотрены вопросы (10) полигенетического происхождения андезитов и адакитов.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, 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 «Формации 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 (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ОПК-2.М Способен применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки при решении задач профессиональной деятельности.	М.ОПК-2. И-1. Использует на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки, при решении исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности.	Знать: главные типы магматических формаций и генетических серий магматических пород Земли; Уметь: применять петролого-геохимические методы для выделения конкретных магматических серий;

		Владеть: физико-химическими методами реконструкций условий образования и эволюции генетически связанных последовательностей магматических пород
СПК-4.М Способен использовать различные типы петрологических и петрохимических диаграмм для решения научных и практических петрологических задач.	М.СПК-4. И-1. Знает основные типы петрологических и петрохимических диаграмм.	Знать: главные типы петрологических и петрохимических диаграмм используемых для различия магматических формаций и генетических серий магматических пород Земли;
	М.СПК-4. И-2. Понимает базовые принципы построения различных типов петрологических и петрохимических диаграмм.	Владеть: принципами построения петрологических и петрохимических диаграмм для выделения конкретных магматических серий.
	М.СПК-4. И-3. Владеет навыками использования различных типов петрологических и петрохимических диаграмм для решения научных и практических петрологических задач.	Уметь: использовать петрологические и петрохимические диаграммы для реконструкции условий образования и эволюции генетически связанных последовательностей магматических пород.

4. Формат обучения – лекционные и семинарские занятия, не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.)

5. Объем дисциплины (модуля) составляет **3** з.е., **108** академических часов, в том числе **70** академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**56** часов – занятия лекционного типа, **14** 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

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	Занятия семинарского типа	Всего	
Раздел. 1. Формационный анализ и значение магматических серий		8		2	10	5
Раздел. 2. Магматизм срединно-океанических хребтов		8		2	10	5
Раздел. 3. Магматизм океанических островов		6			6	5
Раздел. 4. Крупные магматические провинции (LIPs)		2		2	4	
Раздел. 5. Щелочной магматизм рифтовых зон континентов		8		2	10	5
Раздел. 6. Магматизм островных дуг запада Тихого океана		8			8	2
Раздел. 7. Магматизм Андийской окраины		4		2	6	4
Раздел. 8. Мексиканский пояс и высокомагнезиальные андезиты		4			4	5
Раздел. 9. Формации глубоководных желобов; бониниты		4		2	6	3
Раздел. 10. Происхождение андезитовых магм и адакитов		4		2	6	2
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>						2
Итого	216			70		38

Содержание разделов дисциплины:

1. Основы формационного анализа и значение магматических серий

Понятие о природных ассоциациях горных пород - формациях. Магматические формации как частный случай геологических. Конкретная формация как геологическое тело, определение формационного типа. 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.

2. Океанический магматизм срединных хребтов: вулканические и интрузивные ассоциации.

2а. Геологические структуры дна океанов. Процессы, формирующие облик океанической литосферы, схема строения океанической коры. Толеитовые базальты срединно-океанических хребтов (N-MORB, E-MORB, типы TOP по Л.В. Дмитриеву) и океанических плит (ареальные платобазальты). Петрография пород, минеральный состав, химизм, флюидный состав, вторичные преобразования. Фазовая интерпретация толеитов COX при помощи диаграммы Гроува (OLIV-CPX-QTZ).

2б. Малоглубинные (эффузивно-интрузивные) и глубинные (плутонические) формации. Особенности состава океанических перидотитов: шпинелевые гарцбургиты и дуниты, различия степени плавления источника. Габбро и связанные кислые породы, проблема происхождения плагиогранитов. Источник воды в амфиболах. Относительная роль эндогенных и экзогенных факторов в формировании вулканических ассоциаций и плутонических комплексов океанов.

2в. Условия образования MORB-магм: критерии поиска родоначальных и первичных магм, значение состава оливина. Альтернатива лерцолитового и гарцбургитового источника, результаты опытов по плавлению лерцолитов. Проецирование составов природных стекол на экспериментальные котектики и оценки давления в области магмогенерации. P-T диаграмма магнезиального океанического толеита, порядки кристаллизации для разных давлений. Особенности полибарического фракционирования и интерпретация природных петрохимических трендов - роль диаграммы CaO-MgO. Барометрия закалочных стекол Срединно-Атлантического хребта при помощи программы КОМАГМАТ.

3. Магматизм океанических островов

3а. Разнообразие внутриплитного магматизма, пять главных серий океанических о-вов. Толеитовые, субщелочные и щелочные серии Гавайских о-вов и Исландии. Тектонические структуры и геодинамические условия формирования внутриплитных структур. Концепция "горячих" точек, плюмы и диапиры.

3б. Гавайские о-ва и Исландия: геологическая история, строение вулканов, вулканические разрезы, магматизм. Вещественный состав вулканитов, петрография и химизм. Специфика кислых вулканитов Исландии, возможные механизмы их образования, относительные пропорции дифференциатов. Сходства и различия БСОХ и ТОО. Мантийная природа океанического магматизма.

3в. Происхождение вулканических серий океанических островов - Гавайи: поиск родоначальных и первичных магм для толеитовых серий. Данные экспериментальных исследований. Противоречия между "геохимической меткой граната" и гарцбургитовой моделью рестита: двухстадийная гипотеза полибарической гибридации первичных магм. Возможное происхождение щелочных серий.

3г. Происхождение вулканических серий океанических островов - Исландия: первичные магмы рифтогенных и щелочных серий (по данным изучения расплавных включений). Результаты моделирования толеитовой серии вулкана Тингмули по программе КОМАГМАТ. Проблема бимодальности базальт-андезит-риолитовых серий.

4. Крупные магматические провинции (LIPs)

4а. Понятие крупных магматических провинций, примеры для океанов и континентов. Строение молодых и древних платформ, понятие магматической активизации, главные формации континентов. Эффузивно-интрузивная трапповая формация толеитовых и субщелочных базитов. Главнейшие трапповые провинции: Сибирская платформа, Карру, Декан и другие. Геотектоническая обстановка траппового магматизма, ее связь с деструкцией континентов. Сравнительная характеристика платформенных (трапповых) и океанических базитовых формаций.

4б. Происхождение эффузивных траппов. Значение субщелочных пикритов в траппах Декана и Карру, составы оливина. Выделение низко-Тi и высоко-Тi серий. Распределение и особенности состава эффузивных траппов Сибирской платформы. Современные модели их генезиса. Базальт-риолитовые (габбро-гранитные) ассоциации. Происхождение кислых пород контрастных серий континентальных платформ.

5. Магматические формации рифтовых зон континентов

5а. Зоны рифтогенеза и рифты: особенности геологического развития и глубинного строения, связи с щелочным магматизмом. Щелочные базальтоидные формации, их строение и состав. Кимберлиты, лампроиты и карбонатиты. Дифференцированные интрузивы центрального типа щелочно-ультраосновного состава, ассоциация с карбонатитами. Формации нефелиновых сиенитов.

5б. Специфика эпиконтинентальных (эпиплатформенных) рифтов, две модели их образования. Главные типы магматических серий. Африкано-Аравийский пояс и Байкальская рифтовая зона как примеры эпиплатформенных рифтов.

5в. Эпиорогенные рифтовые зоны: отличия от эпиконтинентальных рифтов, тектоническая позиция, геологическое строение, стадии развития. Главные типы магматических формаций. Примеры эпиорогенных рифтов (Камчатка, Анды, Запад США). Отличия океанического и континентального рифтогенеза.

5г. Гипотезы образования щелочных магм: "карбонатная", фракционной кристаллизации, внутрикорового плавления. Природа глубинного источника щелочных магм, мантийный метасоматизм. Признаки воздействия флюидов их возможный состав. Значение включений в щелочных породах как индикаторов состава мантии и режима плавления. О роли углекислоты, генезис карбонатитов. Вертикальная зональность аномальной мантии. Фракционная кристаллизация щелочных магм: геологические данные и результаты экспериментов. Частичное плавление амфиболитизированной коры: влияние воды и CO₂ - образование фонолитов. Значение ксенолитов как показателей строения коры и режима кристаллизации.

6. Магматические формации островных дуг Западно-Тихоокеанского типа

6а. Общая характеристика окраин континентов. Пассивные и активные окраины. Стадии развития и особенности строения пассивных окраин, примеры. Разновидности активных окраин (три группы), этапы развития и глубинное строение. Главные структуры активных

окраин. Энсиалические и энсиматические дуги. Внутренние и внешние дуги, относительное время их образования, вулканические фронты, продольная и поперечная зональность. Ксенолиты и гомеогенные включения, значение алливалитов и эвкритов. Принципы петрохимической типизации и геохимические особенности островодужных вулканитов.

6б. Геология и глубинное строение островных дуг. Главные формационные типы и петрогенетические серии, их состав и строение. Главные типы магматических серий. Эволюция магматизма во времени и латеральная зональность. О роли островодужного магматизма в формировании континентальной коры. Гипотеза “плавления мантийного клина”. Признаки присутствия материала океанической коры в источнике.

6в. Геологические и генетические соотношения высокоглиноземистых (ВГБ) и высокомагнезиальных базальтов. Полибарическое фракционирование как механизм образования ВГБ (на примере Ключевского вулкана). Магмогенерирующая система вулканов Ключевской и Безымянный. Условия формирования общей базальт-андезит-дацит-риолитовой (известково-щелочной) серии. Роль воды в образовании высокоглиноземистых магм, значение кристаллизации магнетита и роговой обманки в образовании андезитов.

7. Магматизм Андийской окраины

7а. Магматические формации активных окраин Восточно-Тихоокеанского типа. Главные формационные типы и петрогенетические серии. Состав магматических пород. Роль магматизма континентальных активных окраин в формировании земной коры. Сравнительная характеристика магматизма островных дуг и окраинно-континентальных вулканических поясов.

7б. Геологическое строение и история развития Анд. Три главных сегмента андской окраины, причины продольной и поперечной зональности. Вещественный состав главных серий. Геохимия, летучие, специфика изотопного состава. Особенности классификации андезитов из Кордильер, признаки контаминации материала континентальной коры и роль многостадийных процессов внутрикорового магмаобразования.

8. Мексиканский вулканический пояс и высокомагнезиальные андезиты

Геологическое строение и распределение вулканов Мексиканского пояса. Особенности вулканических извержений, роль воды, субдукционная природа магматизма. Признаки высокомагнезиальных базальтов, условия их образования. Минеральное разнообразие вулканитов и генетическое значение роговообманковых андезитов. Роль дегидратации расплавов при декомпрессии исходных магм.

9. Формации глубоководных желобов, бониниты

9а. Геологическое строение желобов, типы разрезов. Структура офиолитовых комплексов, их возраст и состав. Интрузивные ассоциации. Магматические породы центральной части желобов. Проявление молодого вулканизма желобов и преддужья и его роль в геологической истории активных окраин.

9б. Петрохимическая специфика и минералогические особенности бонинитов. Высоко-Са и низко-Са бониниты (примеры). Значение клиноэнстатита и роль воды. Результаты экспериментов с простыми и природными системами. Оценка давления и содержания воды. Вывод о недосыщенности исходных расплавов по содержанию H_2O .

10. Происхождение андезитовых магм и адацитов

10а. Мантийные и внутрикоровые гипотезы образования андезитов. Относительная роль ассимиляции, смешения и фракционной кристаллизации (АФС-модели). Возможность непосредственного выплавления андезитовых расплавов в области мантийного клина. Эксперименты по плавлению коровых материалов, роль фракционной кристаллизации. Вывод о полигенетичности механизмов формирования андезитовых магм.

10б. Адакиты как продукт плавления океанической плиты и возможный аналог архейских тоналит-трондьемит-гранодиоритовых (ТТГ) серий.

Рекомендуемые образовательные технологии

В рамках курса используется смешанная модель обучения, в которой предусмотрены лекционные и семинарские занятия, на которых расширяется и конкретизируется информация о петрографии пород и геохимических характеристиках изученных магматических формаций. Особый акцент делается на специфике петрологических методов, предложенных для расшифровки физико-химических условий образования пород – с привлечением результатов экспериментальной петрологии, а также методов термодинамического моделирования фазовых равновесий при кристаллизации исходных и производных магм. 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 магматических формаций, формационные типы, принципы их классификации.

2. Генетические типы магматических пород и понятие магматической серии. Типы серий и их индикаторное значение.
3. Процессы, формирующие облик океанической литосферы, схема строения океанической коры.
4. Толейтовые базальты срединно-океанических хребтов (N-MORB, E-MORB, типы TOP по Дмитриеву) и океанических плит (ареальные платобазальты).
5. Малоглубинные (эффузивно-интрузивные) и глубинные (плутонические) формации. Особенности состава океанических перидотитов.
6. Условия образования MORB-магм: критерии поиска родоначальных и первичных магм, значение состава оливина.
7. Особенности полибарического фракционирования и интерпретация природных петрохимических трендов - роль диаграммы CaO-MgO.
8. Концепция “горячих” точек и разнообразие внутриплитного океанического магматизма: пять главных серий океанических о-вов.
9. Происхождение вулканических серий Гавайских островов, понятие “гранатовой метки”.
10. Происхождение вулканических серий Исландия. Проблема бимодальности базальт-андезит-риолитовых ассоциаций.
11. Понятие крупных магматических провинций, примеры для океанов и континентов. Эффузивно-интрузивная трапповая формация толейтовых и субщелочных базитов.
12. Происхождение эффузивных траппов. Значение субщелочных пикритов, выделение низко-Ti и высоко-Ti серий.
13. Магматические формации рифтовых зон континентов: особенности геологического развития и глубинного строения, связи со щелочным магматизмом.
14. Специфика эпиплатформенных рифтов, две модели их образования. Африкано-Аравийский пояс.
15. Эпиорогенные рифтовые зоны: отличия от эпиконтинентальных рифтов, тектоническая позиция, геологическое строение, стадии развития. Эпиорогенные рифты запада США.
16. Гипотезы образования щелочных магм и природа глубинного источника, мантийный метасоматизм.
17. Общая характеристика окраин континентов. Пассивные и активные окраины континентов: стадии развития, главные структуры и особенности строения.
18. Магматические формации островных дуг Западно-Тихоокеанского типа: энсиалические и энсиматические дуги. Принципы типизации островодужных вулканитов.
19. Гипотеза “плавления мантийного клина”. Признаки присутствия материала океанической коры в источнике.
20. Генетические соотношения высокоглиноземистых (ВГБ) и высокомагнезиальных базальтов. Полибарическое фракционирование как механизм образования ВГБ (на примере Ключевского вулкана).
21. Магматизм Андийской окраины: главные формационные типы и петрогенетические серии. Роль магматизма континентальных активных окраин в формировании земной коры.
22. Три главных сегмента андской окраины, причины продольной и поперечной зональности. Вещественный состав главных серий.
23. Мексиканский вулканический пояс и высокомагнезиальные андезиты: геологическое строение, распределение вулканов, особенности извержений и субдукционная природа магматизма.

24. Геологическое строение глубоководных желобов, типы разрезов, структура офиолитовых комплексов.
25. Петрохимическая специфика и минералогические особенности бонинитов. Значение клиноэнстатита и роль воды.
26. Мантийные и внутрикоровые гипотезы образования андезитов. Относительная роль ассимиляции, смешения и фракционной кристаллизации (AFC-модели).
27. Адакиты как продукт плавления океанической плиты и возможный аналог архейских тоналит-трондъемит-гранодиоритовых (TTG) серий.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: особенностей геологического строения и состава пород важнейших геодинамических провинций Земли	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания по предмету	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: использовать петролого-геохимическую информацию для выделения формаций и серий изверженных пород	Умения отсутствуют	В целом имеют место, но с рядом неточностей	Присутствуют, но с ошибками в мелких деталях	Показаны успешно в полном объеме
Владения: методами классификации и графических реконструкций формационной принадлежности	Отсутствуют навыки владения методами	Неполное владение методами	Методы усвоены, но присутствуют мелкие неточности	Демонстрация владения методами в полном объеме, без ошибок

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Арискин А.А., Бармина Г.С. (2000) Моделирование фазовых равновесий при кристаллизации базальтовых магм. М.: Наука. 363 с.
2. Фролова Т.И. Бурикова И.А. (1997) Магматические формации современных геотектонических обстановок. М.: Изд-во Московского университета. 319 с.
3. Магматические горные породы. Эволюция магматизма в истории Земли (под ред. В.И. Коваленко). М.: Наука. 1987. 508 с.
4. Best M.G., Christiansen E.H. (2001) Igneous petrology. Oxford: Blackwell Science. 458 pp.
5. Rollinson H.R. (1993) Using geochemical data: Evaluation, presentation, interpretation.

Longman Group UK Limited, 353 pp.

- дополнительная литература:

1. Wilson M. (1989) Igneous petrogenesis: A global tectonic approach. Boston, Unwin Hyman, 466 pp.
2. Winter J.D. (2001) An introduction to igneous and metamorphic petrology. New Jersey, Prentice Hall, 697 pp.
3. Мюллер Р., Саксена С. Химическая петрология. М.: Мир. 1980. 517 с.
4. Хьюджес Ч. Петрология изверженных пород. М.: Недра. 1988. 320 с.
5. Best M.G. Igneous and metamorphic petrology. 2nd Edition, Blackwell Publishing, 2003, 729 pp.

Б) Перечень программного обеспечения: Microsoft Office PowerPoint

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Г) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

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>).

Д) Материально-техническое обеспечение:

- а) помещение – аудитория, рассчитанная на группу из 10 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) – проф. Арискин А.А.

11. Разработчик программы – проф. Арискин А.А.