

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
РЕГИОНАЛЬНЫЙ МЕТАМОРФИЗМ

Автор-составитель:

в.н.с., к.г.-м.н., доц. В.О.Япаскурт

Уровень высшего образования:
Магистратура

Направление подготовки:
05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:
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.

Наименование дисциплины: Региональный метаморфизм

Цель и задачи дисциплины

Целью курса "Региональный метаморфизм" является получение теоретических и практических навыков исследования метаморфических пород с точки зрения их происхождения, физико-химической и динамической эволюции.

Задача - систематическое изучение структурно-текстурных и минеральных парагенезисов при твердофазовых преобразованиях главнейших петрохимических типов осадочных и магматических пород в термодинамических и динамических условиях метаморфизма Земной коры и верхней мантии.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, профессиональные дисциплины по выбору, курс магистратуры – I, семестр – 1.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «Общая геология», «Общая и неорганическая химия», «Кристаллография и кристаллохимия», «Минералогия», «Петрография» или «Петрология», «Термодинамика минералов», «Теория фазового соответствия».

Дисциплина необходимо в качестве предшествующей для дисциплины «Формации метаморфических пород», 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 (формируется частично);

СПК-5.М – Способность использовать методы минералогической термометрии и барометрии для реконструкции параметров петрологических процессов (формируется частично).

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать: принципы выделения минеральных парагенезисов метаморфических горных пород и анализа структур и текстур, отражающих различные механизмы их твердофазовых преобразований.

Уметь: производить комплексный парагенетический и структурно-текстурный анализ метаморфических горных пород с целью реконструкции их первичного (дометаморфического) облика, а также тектонических и термодинамических условий твердофазовых преобразований.

Владеть: навыками выявления минеральных парагенезисов и систематического описания их структурно-текстурных особенностей и взаимоотношений.

4. Формат обучения – семинарские занятия

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 1 з.е., 36 академических часов, в том числе 14 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (занятия семинарского типа), 22 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачёт.

6. Содержание дисциплины (модуля)

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Курс «Региональный метаморфизм» знакомит слушателей с наиболее характерными продуктами преобразования минерального состава и структурно-текстурного облика главных петрохимических типов осадочных и магматических пород в условиях регионального метаморфизма. Внимание студентов акцентируется на критериях выявления минеральных парагенезисов и их связи с структурно-текстурными элементами,

отражающими механизмы твердофазовых и динамических преобразований. Студенты также получают навыки систематического описания и исследования продуктов регионального метаморфизма на основе их изучения при помощи оптического поляризационного и электронного сканирующего микроскопа.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				Самостоятельная работа обучающегося, часы * (виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Раздел 1. Введение. Задачи и методы изучения метаморфических пород и причины их разнообразия.				2	2	2 часа, включая подготовку к устному опросу.
Раздел 2. Твердофазовые преобразования при региональном метаморфизме в статических и динамических условиях; критерии выделения минеральных парагенезисов.				4	4	4 часа, включая подготовку к устному опросу.
Раздел 3. Преобразования осадочных и магматических пород в условиях зеленокаменных и зеленосланцевых изменений.				2	2	2 часа, включая подготовку к устному опросу.
Раздел 4. Проградные преобразования пара- и орто-пород в условиях средне- и высокотемпературных фаций.				2	2	2 часа, включая подготовку к устному опросу.
Раздел 5. Ретроградные метаморфические				2	2	2 часа, включая подготовку к

изменения и их отличительные особенности.						устному опросу.
Раздел 6. Общие закономерности эволюции минеральных и структурно-текстурных парагенезисов в региональном метаморфизме.				2	2	4 часа, включая подготовку к контрольной работе № 1.
Промежуточная аттестация <i>зачёт</i>						6
Итого	36	14				22

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Введение. Задачи и методы изучения метаморфических пород и причины их разнообразия. Понятие метаморфизма, минералообразующие и петроструктурные факторы метаморфизма (термодинамические и динамические); классификация метаморфических процессов на основе физико-химических и геологических принципов. Причины разнообразия метаморфических пород: понятие протолита и петрохимического типа; аллохимические метаморфические преобразования и мигматизация.

Раздел 2. Твердофазовые преобразования при региональном метаморфизме в статических и динамических условиях; критерии выделения минеральных парагенезисов. Понятия кристаллизации, роста, рекристаллизации, перекристаллизации, растворения и регенерации минеральных фаз; особенности протекания этих процессов в твердофазовой среде. Важнейшие виды дефектов реальных кристаллов (вакансии, краевые и винтовые дислокации, дислокационные стенки, изоморфные замещения) и их роль в процессах твердофазовых превращений. Морфологические (структурные) и композиционные индикаторы процессов роста, растворения, регенерации, рекристаллизации и перекристаллизации. Минеральные реакции обменного и смещенного равновесия, механизмы их реализации; структурно-текстурные и композиционные особенности продуктов твердофазовых реакций. Порфиробласты и пойкилобластовые включения – проблемы сохранности реликтовых парагенезисов. Особенности структурогенеза в динамических условиях. Катаклиз и пластические деформации кристаллических агрегатов. Важнейшие механизмы кристалластических деформаций: растворение под давлением, миграция межзерновых границ, дислокационное скольжение, дислокационная ползучесть, миграция вакансий. Понятие динамической перекристаллизации. Варианты соотношения минералогических преобразований и тектонических деформаций и их петроструктурные признаки (протокинематические, синкинематические и посткинематические парагенезисы или структурные элементы).

Раздел 3. Преобразования осадочных и магматических пород в условиях зеленокаменных и зеленосланцевых изменений. В этом разделе рассматриваются низкотемпературные (от условий диагенетических преобразований до фаций кальцит-хлоритовых и мусковит-хлоритовых сланцев включительно) изменения минерального состава и структурно-текстурного облика наиболее распространенных осадочных (полимиктовые песчаники с глинистым цементом, биогенные известняки и кремнистые радиоляриевые илы) и магматических (базальты, габброиды и гранитоиды) пород. Сопоставляя продукты метаморфических изменений пород контрастного химизма и происхождения, студенты могут убедиться в том, что низкоградные твердофазовые превращения во всех случаях носят местный характер, а минеральные равновесия локализуются в объемах, сопоставимых с неоднородностями протолита. Это обуславливает разнообразие синхронно существующих минеральных парагенезисов и не позволяет отождествлять валовый химический состав породы с составом объемов локализации физико-химических равновесий. С другой стороны, демонстрируется различие в протекании твердофазовых реакций для орто- и парапород: первые подвергаются реакциям гидратации или карбонатизации, требующим соответствующего состава флюида и, следовательно, реализующимся избирательно; метаосадки же, испытывая противоположные процессы, сами контролируют флюидный режим.

Раздел 4. Проградные преобразования пара- и ортопород в условиях средне- и высокотемпературных фаций. По аналогии с предыдущим разделом рассмотрение метаморфических изменений минерального состава и структурного облика производится посредством сравнения орто- и парапород важнейших петрохимических типов. Отмечаются общие закономерности гомогенизации минералогического состава и структурного облика пород, закономерное уменьшение роли лепидобластовых агрегатов и порфиробластов при сопряженном возрастании значения гранобластовых структур. Обсуждаются проблемы выявления первичного облика пород, метаморфизованных в

условиях гранулитовой фации; структурно-текстурные особенности субсолидусных парагенезисов. Отдельное внимание уделяется процессам вторичной (метаморфической) сегрегации и мигматизации.

Раздел 5. Ретроградные метаморфические изменения и их отличительные особенности.

Рассматриваются структурно-текстурные особенности протекания твердофазовых минеральных реакций на регрессивном этапе метаморфизма. Акцент делается на критериях отличия от аналогичных парагенезисов, формирование которых происходит на проградном этапе метаморфизма.

Раздел 6. Общие закономерности эволюции минеральных и структурно-текстурных парагенезисов в региональном метаморфизме.

Раздел посвящен обобщению сформулированных ранее общих закономерностей развития структурно-текстурного и парагенетического облика горных пород в условиях региональных метаморфических преобразований. Формулируются общие петрографические критерии для реконструкции дометаморфического облика протолита, эволюционной направленности физико-химических преобразований и парагенетического анализа. Слушатели получают навыки систематического писания продуктов регионального метаморфизма.

Рекомендуемые образовательные технологии

Содержание курса разбивается на небольшие блоки, с обязательным промежуточным контролем. Рекомендуется применять технологию полного усвоения, в рамках которой построение учебного процесса направлено на то, чтобы подвести всех учащихся к единому, чётко заданному уровню овладения знаниями и умениями.

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 путём проведения на каждом семинаре контрольных опросов по тематике пройденных разделов курса, а также в ходе итоговой контрольной работы.

Домашние задания для самостоятельной подготовки студентов:

- работа с дополнительной литературой по разделам, пройденным на семинарских занятиях;
- самостоятельное описание оптических и электронных изображений горных пород и минеральных агрегатов для закрепления навыков интерпретации характерных элементов их строения;

Типовые упражнения и расчетные задания:

- на основании краткого описания горной породы, включающего сведения о структуре, текстуре, количественном минеральном составе (с возможным присутствием реликтовых и наложенных минеральных ассоциаций) дать ее номенклатурное название;
- на основании краткого описания внутреннего строения горной породы назвать ее структуру и/или текстуру;
- описать оптическое или электронное изображение минерального индивида или агрегата, отметив важнейшие детали, характеризующие механизм его образования или преобразования (механизм роста, растворения, регенерации и т.п.);
- на основе анализа оптического или электронного изображения участка породы определить преобладающий (а также реликтовый или наложенный) минеральный парагенезис;
- на основе анализа оптического или электронного изображения участка породы найти минеральные зёрна (участки химически гетерогенных зёрен), парагенные друг другу и потенциально пригодные для использования в минералогической термобарометрии;

- на основе анализа оптического или электронного изображения участка породы выявить преобладающий минеральный парагенезис и определить условия его формирования (фацию метаморфизма);
- на основе анализа оптического или электронного изображения участка породы реконструировать первичный (дометаморфический) облик субстрата;
- произвести полное петрографическое описание метаморфической породы, определив ее структуру, текстуру, главный (преобладающий) минеральный парагенезис, реликтовые или наложенные минеральные ассоциации (при их наличии), дать номенклатурное название породы, охарактеризовать условия ее образования и реконструировать облик первичного субстрата (если возможно).

Перечень вопросов для текущего контроля успеваемости:

- Дать определение метаморфизма;
- Рассказать о классификация метаморфических процессов;
- Назвать минералообразующие и структурообразующие факторы метаморфизма;
- Перечислить важнейшие процессы твердофазовых преобразований;
- Объяснить разницу между рекристаллизацией и перекристаллизацией;
- Объяснить важнейшие причины разнообразия метаморфических пород;
- Какие характеристики строения горной породы объединяет термин структура;
- Какие характеристики строения горной породы объединяет термин текстура;
- Перечислить важнейшие механизмы кристаллопластических деформаций горных пород;
- Перечислить важнейшие виды дефектов строения реальных кристаллов;
- Перечислить основные разновидности твердофазовых минеральных реакций;
- Что такое динамическая перекристаллизация и каковы ее структурные признаки;
- Назвать важнейшие разновидности тектонитов и охарактеризовать их отличие;
- Дать определение минерального парагенезиса, объяснить отличие от минеральной ассоциации;
- Что такое динамический метаморфизм и каковы его отличительные признаки;
- Что такое метаморфическая сегрегация и каково ее значение для метаморфической петрологии;
- Что такое порфиробласты и как они образуются;
- Что такое пойкилобластовые включения и их классификация по отношению к минерал-хозяину;
- Какими бывают хронологические отношения порфиробластов (парагенезисов) к тектоническим деформациям;
- Объяснить, что означает термин «мигматит» («мигматизация»);
- Объяснить традиционное (структурно-генетическое) и современное понимание термина «гранулит» («гранулитовый метаморфизм»);

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Понятие метаморфизма, минералообразующие и петроструктурные факторы метаморфизма (термодинамические и динамические);
2. Классификация метаморфических процессов на основе физико-химических и геологических принципов;
3. Причины разнообразия метаморфических пород;
4. Аллохимические метаморфические преобразования и мигматизация;
5. Петрохимическая классификация метаморфических горных пород;
6. Главные механизмы твердофазовых преобразований и их петроструктурные свидетельства;
7. Дефекты реальных кристаллов и их роль в процессах твердофазовых превращений;

8. Твердофазовые минеральные реакции – их классификация, механизмы реализации и петроструктурные свидетельства;
9. Структурогенеза в динамических условиях. Важнейшие механизмы кристалластических деформаций и отвечающие им текстуры;
10. Соотношения минералогических преобразований и тектонических деформаций и их петроструктурные признаки;
11. Преобразования осадочных и магматических пород в условиях зеленокаменных и зеленосланцевых изменений;
12. Програнные преобразования пара- и ортопород в условиях средне- и высокотемпературных фаций;
13. Ретроградные метаморфические изменения и их отличительные особенности;
14. Общие закономерности эволюции минеральных и структурно-текстурных парагенезисов в региональном метаморфизме;
15. Критерии реконструкции дометаморфического облика протолита продуктов регионального метаморфизма.

8. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

- 1) *Yardley, B.W.D.* An introduction to metamorphic petrology. New York: Longman Scientific & Technical, 1994. 248 p.
- 2) *Passchier, C.W., Trouw, R.A.J.* Microtectonics. Springer, 1998. 289 p.
- 3) *Япаскурт В.О.*, Структурогенез статического метаморфизма. М.: изд-во МГУ, 2004. 150 с.

- дополнительная литература:

- 1) *Жабин А.Г.*, Онтогенез минералов. Агрегаты. М.: «Наука», 1979. 275 с.
- 2) *Елисеев Н.А.*, Структурная петрология. Л.: Изд-во ЛГУ, 1953. 309 с.
- 3) Петрография, часть III (*под ред. А.А.Маракушева*). М.: Изд-во МГУ, 1986. 287 с.

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.

Материально-техническое обеспечение:

- а) помещение с мультимедийным проектором для проведения лекционных и семинарских занятий – аудитория, рассчитанная на группу из 8 – 10 учащихся;
- б) оборудование – мультимедийный проектор, компьютер, экран, выход в Интернет; поляризационные (петрографические) микроскопы – не менее 6.
- в) иные материалы – демонстрационные образцы метаморфических пород главнейших петрохимических групп и фаций метаморфизма и их петрографические шлифы.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – Япаскурт В.О.
11. Автор (авторы) программы – Япаскурт В.О.