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

Петрография с кристаллооптикой

Автор-составитель: Бобров А.В.

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Направление подготовки:

05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Геология

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 бакалавриата, реализуемых 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 "Петрография с кристаллооптикой" является получение студентами знаний о магматических и метаморфических горных породах, их происхождении и связи формирования пород с геодинамическими обстановками Земли.

Задачи - получение навыков описания и диагностики магматических и метаморфических горных пород, определение их структурно-текстурных признаков; получение знаний о взаимосвязи особенностей состава и строения пород с условиями их образования.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Курс «Петрография с кристаллооптикой» дает представление о горных породах и их классификации и состоит из трех разделов, каждый из которых включает в себя лекционную и лабораторную части. I часть "Кристаллооптика и методы кристаллооптических исследований породообразующих минералов", II часть — "Космическая петрология и магматические горные породы" и III часть — "Метаморфические горные породы", включая породы импактного метаморфизма. Вторая и третья части курса состоят из описательной петрографии, рассмотрения условий образования горных пород и связанных с ними рудных месторождений, химизма процессов и роли флюидов. Магматизм и метаморфизм тесно увязаны с геологическим развитием и главнейшими структурами земной коры.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, профессиональные дисциплины по выбору, курсы – II и III, семестры – 4, 5, 6.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «Общая геология», «Кристаллография», «Минералогия», «Историческая геология», «Структурная геология».

Дисциплина необходима в качестве предшествующей для дисциплин «Геология полезных ископаемых», «Литология», «Геология России».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников (коды)	**Индикаторы (показатели) достижения компетенций**	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями**
ОПК-1.Б Способен применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично).	**Б.ОПК-1. И-1.** Использует базовые знания фундаментальных разделов математических и естественных наук в профессиональной деятельности	***Знать:*** Сущность физических явлений, лежащих в основе применения петрографических методов исследования вещества и процессов образования магматических и метаморфических горных пород.
	Б.ОПК-1. И-2. Использует базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле в профессиональной деятельности	***Уметь:*** Использовать базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле для описания процессов образования горных пород
ОПК-2.Б Способен применять теоретические основы фундаментальных геологических	**Б.ОПК-2. И-1.** Использует теоретические знания о закономерностях и особенностях	***Знать:*** систематику и номенклатуру главных типов магматических и метаморфических горных пород, их состав и подразделение по фациям глубинности; условия образования

дисциплин при решении задач профессиональной деятельности (формируется частично).	геологических процессов для решения профессиональных задач.	групп горных пород и их связь с конкретными геодинамическими обстановками Земли, ***Уметь:*** производить грамотное петрографическое описание и определение магматических и метаморфических горных пород в шлифах и образцах; устанавливать связь состава и структурно-текстурных особенностей горных пород с условиями их образования, ***Владеть***: подходами к всестороннему изучению магматических и метаморфических горных пород с использованием классических и современных петрографических методов.

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

5. Объем дисциплины (модуля) составляет **6** з.е., **216** академических часов, в том числе **181** академический час, отведенный на контактную работу обучающихся с преподавателем (**84** часа – занятия лекционного типа, **97** часов – лабораторные занятия), **35** академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – 2 экзамена (после 4 и 6 семестра) и зачет (после 5 семестра).

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				
		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 в петрографию. Основы космической петрологии. Основы кристаллооптики и породообразующие минералы.		26	30	–	56	5 часов, в том числе две контрольные работы по кристаллооптике и реферат
Промежуточная аттестация *экзамен*						8
Петрография магматических пород		32	37	–	69	6 часов, в том числе две контрольные работы, 8 кратких письменных тестов и реферат
Промежуточная аттестация *зачет*						6
Петрография метаморфических пород		26	30	–	56	1 расчетно-графическая работа, 2 часа
Промежуточная аттестация *экзамен*						8
Итого	**216**	**181**				**35**

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Введение в петрографию. Основы космической петрологии.

1.1. Общие представления о горных породах и их классификация (осадочные, магматические, метаморфические). Определение понятий "горная порода" и "петрография". Предмет и методы петрографических исследований. Понятие об эндогенных и экзогенных факторах образования горных пород. Место петрографии в общем комплексе наук о Земле. Исторические этапы развития петрографии.

1.2. Подразделение минералов горных пород на главные породообразующие, второстепенные, акцессорные и вторичные. Характеристика основных групп главных породообразующих минералов.

1.3. Общие понятия о магме. Условия возникновения магмы. Магматические расплавы, их свойства и строение. Первичные магмы и дифференциаты. Минералы магматических пород и их плавление под влиянием летучих компонентов H_2O, H_2, CO_2 (железо-магнезиальные силикаты, полевые шпаты, фельдшпатоиды, кварц). Общие представления о диаграммах плавкости. Предельные и непредельные магмы. Влияние летучих компонентов на кристаллизацию. Кислотно-основное взаимодействие в магматических расплавах. Процессы магматической дифференциации. Реакционные ряды минералов Боуэна. Ликвация магмы, ее роль в формировании горных пород и связанных с ними рудных месторождений.

1.4. Разделение магматических пород на плутонические, вулканические и жильные с использованием диаграммы «температура – флюидное давление». Положение на ней линий солидуса пород различной кремнекислотности и щелочности. Условия кристаллизации водосодержащих минералов.

1.5. Структуры и текстуры магматических горных пород, их классификация, образование и генетическое значение.

1.6. Минералого-петрохимическая систематика изверженных пород. Диаграммы SiO_2—$Na_2O + K_2O$ и выделение на них рядов горных пород по щелочности (низкой, нормальной, повышенной, высокой и очень высокой) и мафическо-сиалическому отношению (оливиновые ультрамафиты и анортитовые породы; пироксеновые ультрамафиты и битовнитовые породы; мафиты и лабрадоровые породы; лейкократовые мафиты; меланократовые сиалические породы; сиалические породы; ультрасиалические породы). Ряды щелочности и агпаитности. Индекс Пиккока и выделение по нему серий магматических пород (ультраизвестковые и известковые; щелочно-известковые; известково-щелочные; щелочные).

1.7. Формы и условия залегания магматических горных пород. Внутреннее строение магматических тел.

1.8. Введение в космическую петрологию. Происхождение химических элементов во Вселенной. Большой взрыв и связанный с ним синтез самых легких элементов (H, He, Li, Be, B). Принципиальное разделение звезд на долгоживущие и короткоживущие. Термоядерные реакции и нормальный синтез элементов (вплоть до Fe). Вспышка сверхновой и синтез тяжелых элементов.

1.9. Кометы. Строение и состав комет. Разделение комет на долгопериодические и короткопериодические. Роль комет в расшифровке первичного вещества Солнечной системы. Периферические планеты солнечной системы — Уран, Нептун и Плутон и их спутники. Планеты-гиганты — Юпитер и Сатурн, их спутниковые системы, кольца. Современная вулканическая деятельность спутников планет-гигантов. Первичное расщепление планет на хондритовые ядра и флюидные оболочки с отделением спутниковых систем. Магнитные поля планет.

1.10. Пояс астероидов как главный источник метеоритов. Метеориты и их разделение на гелеоцентрический и планетоцентрический типы. Хондриты, их типы (HH, H, L, LL, F, C, E), состав и структуры, правило Прайора. Ахондриты (эвкриты, говардиты, диогениты, обриты, уреилиты), палласиты и железные метеориты, их состав и строение.

1.11. Планеты земной группы (Меркурий, Венера, Земля, Марс) и их спутники. Состав ядер, мантий, первичных и обновленных кор планет. Поверхностная дегазация и потеря спутников планетами земной группы.
1.12. Луна, ее строение и состав. Разновозрастные формации лунных пород (лунные дуниты и перидотиты, лейкократовые породы, лунные пироксениты) и приуроченность их к определенным структурам (поднятиям и депрессиям). Лунный реголит и стекловатые породы как индикаторы былой эндогенной активности на Луне. "Лунные" метеориты.

Раздел 1б. Основы кристаллооптики и породообразующие минералы.
Оптические свойства минералов и их значение для диагностики и исследования особенностей состава и структуры. Систематика минералов по оптическим свойствам. Оптическая индикатриса и ее положение относительно кристаллографических элементов. Поляризационный микроскоп, его устройство и подготовка микроскопа к работе. Исследование минералов при одном николе. Размеры зерен, их форма и спайность. Относительная величина показателя преломления. Шагреневая поверхность. Рельеф минерала. Световая полоска. Дисперсионный эффект Лодочникова. Окраска минералов. Исследование минералов в скрещенных николях. Интерференция световых волн. Цветовая номограмма Мишель-Леви. Определение порядка интерференционной окраски в шлифе. Определение величины двупреломления. Правило компенсации. Определение наименований осей оптической индикатрисы. Характер погасания, определение угла погасания. Характер удлинения минерала. Плеохроизм и формула абсорбции. Исследование минералов в сходящемся свете. Фигуры интерференции для различных сечений одноосных и двуосных кристаллов. Определение характера дисперсии угла оптических осей. Оливины и продукты их изменения. Пироксены (ромбические и моноклинные). Продукты изменения пироксенов. Амфиболы (тремолит, актинолит, зеленая и бурая обыкновенные роговые обманки, базальтическая роговая обманка арфведсонит и др.). Слюды (мусковит, биотит, флогопит). Плагиоклазы, состав и законы их двойникования. Определение плагиоклазов по углам погасания на ориентированных разрезах. Высоко- и низкотемпературные плагиоклазы. Определение плагиоклазов в микролитах. Мирмекиты и антипертиты. Вторичные изменения плагиоклазов (соссюритизация, карбонатизация, альбитизация, эпидотизация, серицитизация и др.). Калиево-натриевые полевые шпаты: высоко- и низкотемпературные. Пертиты и их генезис. Вторичные изменения калиево-натриевых полевых шпатов. Фельдшпатоиды (нефелин, лейцит).

Раздел 2. Петрография магматических пород.
2.1. Плутонические породы ультрамафитового ряда (дуниты и перидотиты, оливиниты, гарцбургиты, лерцолиты, верлиты, пироксениты). Химический и минеральный составы, условия образования. Диаграммы хромшпинелидов. Рудная специализация гипербазитов. Дунит-гарцбургитовая хромитоносная ассоциация (офиолитовый пояс Новой Зеландии, Кемпирсайский массив). Процессы серпентинизации в ультрамафитах. Дунит-верлитовая платиноносная ассоциация. Кольцевые массивы (Кондерский массив), строение и оруденение. Стратиформные интрузивы (Бушвельд). Гранатовые ультрамафиты. Алмазоносный магматизм.
2.2. Вулканические породы ультрамафитового ряда (меймечиты, кимберлиты, лампроиты, коматииты). Коматииты, их состав, структуры и геологическое положение.
2.3. Плутонические породы основного состава (габбро, нориты, габбро-нориты, анортозиты, троктолиты, кыштымиты). Титано-магнетитовое и ильменитовое оруденение в базитах. Роговообманковые габбро. Анортозиты и их принципиальное разделение на два генетических типа (автономные и стратиформных интрузивов). Феннеровский тренд развития базитового магматизма (на примере Бушвельда). AFM-диаграмма. Жильные породы основного состава (асхистовые и диасхистовые). Алмазоносные эклогиты.

2.4. Вулканические породы основного состава, их структуры, текстуры, минеральный состав и геологическое положение. Интрателлурическая кристаллизация вкрапленников в эффузивах. Разделение базальтов на гиперстеновый (известково-щелочной) и пижонитовый (толеитовый) типы. Трапповые формации.
2.5. Плутонические породы среднего состава (диориты, кварцевые диориты), минеральный состав, структуры, геологическое положение. Жильные породы среднего состава.
2.6. Вулканические породы среднего состава (андезиты, андезито-базальты). Минеральный состав, структуры, геологическое положение. Представления об андезитовом минимуме и андезитовой линии. Орогенный тренд развития магматизма (Боуэновский).
2.7. Кислые плутонические породы (гранодиориты, плагиограниты, аляскиты, граниты). Представление о гранитной эвтектике и роль кислотно-основного взаимодействия в смещении эвтектики. Щелочные граниты, сиениты, граносиениты. Классификация гранитоидов по составу биотита в них. Граниты рапакиви, их состав и структура. Жильные породы кислого состава. Пегматиты, их строение, типы и генезис. Оруденение в гранитных системах. Эндербиты и чарнокиты.
2.8. Происхождение гранитов и их генетические типы (I, S, M, A). Магматическое замещение (гранитизация) как главный механизм формирования гранитов. Граниты в стратиформных интрузивах.
2.9. Вулканические породы кислого состава (дациты, риолиты, игнимбриты), состав, структуры и геологическое положение. Доорогенный, раннеорогенный и позднеорогенный типы эволюции вулканизма. Формы залегания кислых эффузивов. Переход эвтектических систем в ликвационные и механизм образования неоднородности основной массы кислых эффузивов. Игнимбриты, их структура и происхождение. Обсидианы, перлиты, пехштейны.
2.10. Плутонические субщелочные и щелочные породы. Сиениты и нефелиновые сиениты. Выделение двух главных типов нефелиновых сиенитов по величине коэффициента агпаитности. Якупирангиты, уртиты, ийолиты, их состав и геологическое положение. Апатитовое и лопаритовое оруденение в массивах щелочно-ультраосновной формации и его происхождение. Карбонатиты (плутонические) и минерализация, связанная с ними.
2.11. Вулканические щелочные и субщелочные породы. Фонолиты, трахиты, их состав, структуры и геологическое положение. Существенно фельдшпатоидные породы (лейцититы, нефелиниты). Вулканические карбонатиты, их сопоставление с плутоническими аналогами. Гавайиты, муджиериты, тефриты, базаниты, шошониты, шонкиниты, их состав и свойства.
2.12. Основные формационные типы магматических горных пород, связанные с режимами рифтогенеза, орогенеза и незгенеза. Модель развития магматизма рифтовых зон. Магматизм океанических островов. Магматизм активных континентальных окраин и островных дуг. Магматизм на платформах, тектоно-магматическая активизация древних платформ.

Раздел 3. Метаморфические породы
3.1. Понятие метаморфизма. Связь метаморфизма с другими эндогенными явлениями — магматизмом и образованием месторождений полезных ископаемых. Принципиальное отличие метаморфизма от диагенеза осадков, происходящего при простом погружении осадков и превращении их в осадочные горные породы. Развитие учения о метаморфизме от ранних концепций глубинных зон (Ван-Хайз, Грубенманн, Ниггли) до современной концепции минеральных метаморфических фаций (Барроу, Голдшмидт, Эскола, Коржинский).
3.2. Физико-химические факторы метаморфизма: температура, литостатическое (всестороннее) давление, определяемое глубинностью, и парциальные давления (химические потенциалы) летучих компонентов, участвующих в метаморфических реакциях. Разделение метаморфизма (по направленности изменения минеральных парагенезисов) на прогрессивный и регрессивный типы. Изменение состава пород при

метаморфизме. Метаморфизм с существенным изменением содержания летучих компонентов (H_2O, CO_2, O_2 и др.), почти без изменения содержания других компонентов (условно называется изохимическим). Метаморфизм с существенным изменением содержания не только летучих, но и других компонентов (CaO, Na_2O, K_2O и др.) — аллохимический метаморфизм, инъекционный метаморфизм, сопряженный с дебазификацией пород и их мигматитизацией (ультраметаморфизм), метасоматизм (метасоматоз), его отличия от метаморфизма по термодинамическому режиму, определяемому характером протекания реакций минеральных превращений. Направленное (стрессовое) давление, его влияние на текстуры и структуры метаморфических пород, скорости протекания реакций минеральных превращений, миграцию вещества, определяемую понятием "метаморфическая дифференциация". Дислокационный (катакластический) метаморфизм.

3.3. Геологические условия развития метаморфизма. Метаморфизм в контактах с лавами и интрузивами различной глубинности (контактовый метаморфизм). Контакты с магматическими породами без проявлений метаморфизма (так называемые "сухие" контакты). Ранний метаморфизм, контролируемый глубинными разломами (в офиолитовых складчатых поясах и аналогичных структурах). Метаморфизм срединно-океанических хребтов. Метаморфизм, связанный с формированием гранито-гнейсовых куполов и сходных с ними геоструктурных образований орогенных стадий развития складчатых поясов. Региональный метаморфизм (зональный и однородный) и его систематика по режиму литостатического давления (глубинности). Гранулитовый метаморфизм глубинных зон. Полиметаморфизм, обусловленный региональным развитием регрессивного метаморфизма в гранулитовых комплексах в связи с их региональной мигматизацией. Диафторез (повторный низкотемпературный метаморфизм). Импактогенез (формирование взрывных кольцевых структур на поверхности Земли).

3.4. Парагенезисы минералов метаморфических пород как показатели термодинамического режима метаморфизма. Распределение изоморфных компонентов между минералами в зависимости от температуры и давления. Диаграммы состав-парагенезис метаморфических пород и реакции между минералами, определяющие границы минеральных фаций. Зависимости парагенезисов минералов переменного состава от температуры и давления (реакции смещенного равновесия). Минералогические термометры и барометры. Минеральные фации горных пород на диаграммах литостатическое давление (глубинность)—температура для метапелитов и метабазитов. Систематика метаморфических пород по исходному составу и по количественным минеральным соотношениям (для кварц-силикатных, карбонатных и железорудных пород).

3.5. Текстуры и структуры метаморфических пород — реликтовые (с приставкой "бласто") и новообразованные (бластические), характер изменения их под влиянием температуры и литостатического давления. Роль стрессовых напряжений в формировании структур и текстур метаморфических пород.

3.6. Продукты метаморфизма глинистых отложений (метапелиты) и их фациальная систематика. Глинистые сланцы, филлиты, слюдяные сланцы. Гнейсы и их разновидности. Контактовые роговики и их разновидности. Бухиты. Метапелитовые мигматиты. Диаграммы состав-парагенезис метапелитов. Фации глубинности гранат-кордиеритовых пород: приморская (роговиковая), ханкайская, алданская, сутамская.

3.7. Метабазиты и их фациальная систематика. Порфиритоиды, зеленые сланцы, амфиболиты и гранулиты, гранатовые гранулиты и эклогиты. Диаграммы состав-парагенезис метабазитов. Фации глубинности гранатовых гранулитов и эклогитов.

3.8. Гипербазиты и продукты их метаморфизма. Карбонатные породы, силициты, железокремнистые породы.

3.9. Продукты аллохимического метаморфизма. Ранний альпинотипный метаморфизм в офиолитовых поясах. Эклогитовые, глаукофановые, пренит-пумпеллиитовые, пренитовые сланцы, цеолитсодержащие породы, спилиты, альбитофиры. Аллохимический характер

раннего метаморфизма, специфика его флюидного режима. Метаморфизм горных пород, связанный с гранитизацией. Инъекционный метаморфизм и мигматиты (их главные типы, соотношения с собственно метаморфическими породами).
3.10. Понятие о метаморфических формациях. Формации ранней догранитной стадии развития складчатых поясов. Формации раннеорогенной (плагиогранитной) стадии. Формации орогенной стадии становления нормальных гранитов и мигматитов. Специфика их развития в зависимости от типов разрезов. Гранито-гнейсовые купола и связанный с ними зональный метаморфизм. Контактовый метаморфизм.
3.11. Метасоматические горные породы. Магнезиальные и известковые скарны. Продукты кислотного выщелачивания (грейзены и вторичные кварциты). Щелочные, основные и карбонатные породы, гумбеиты, фениты, железистые кварциты с эгирином и щелочными амфиболами, альбититы, листвениты, березиты, хлоритовые, турмалин-хлоритовые и другие породы. Связь метасоматоза и рудообразования. Стадии гидротермального процесса (ранняя щелочная, кислотная, поздняя щелочная) и физико-химические условия их развития.
3.12. Импактный метаморфизм и импактиты.

Содержание лекционного курса.
Лекция 1. Приводится определение предмета петрографии, обсуждаются ее задачи и связь с другими науками о Земле. Рассматривается история и методы петрографических исследований. Обсуждается подразделение горных пород на магматические, осадочные и метаморфические.
Лекция. 2. Рассматриваются основные группы минералов магматических и метаморфических пород, обосновывается их подразделение на главные породообразующие, второстепенные, акцессорные и вторичные.
Лекция 3. Дается определение магмам и магматическим горным породам. Рассматриваются составы магм и механизмы их эволюции.
Лекция 4. Рассматриваются структуры и текстуры магматических горных пород, их классификация, образование и генетическое значение.
Лекция 5. Рассматриваются химический и минеральный составы магматических горных пород. Обсуждаются вопросы петрохимической и минералогической систематики пород и их подразделение по фациям глубинности.
Лекция 6. Рассматриваются формы и условия залегания магматических горных пород. Обсуждается внутреннее строение магматических тел.
Лекция 7. Введение в космическую петрологию. Обсуждается происхождение химических элементов, состав, строение и эволюция Солнечной системы. Рассматривается состав и строение комет.
Лекция 8. Обсуждается состав метеоритов и их подразделение на каменный, железокаменный и железный типы. Рассматриваются хондриты, их типы (HH, H, L, LL, F, C, E), состав и структуры, правило Прайора; ахондриты (эвкриты, говардиты, диогениты, обриты, уреилиты), палласиты и железные метеориты, их состав и строение.
Лекция 9. Рассматриваются состав и строение планет земной группы (Меркурий, Венера, Земля, Марс) и их спутников. Обсуждаются состав и структурные особенности лунных пород.
Лекция 10. Обсуждается состав и строение Земли. Рассматриваются два типа земной коры (океаническая и континентальная), химический и фазовый состав внутренних оболочек Земли.
Лекция 11. Рассматриваются плутонические породы ультрамафитового ряда (дуниты и перидотиты, оливиниты, гарцбургиты, лерцолиты, верлиты, пироксениты), их химический и минеральный составы, условия образования.
Лекция 12. Рассматриваются вулканические породы ультрамафитового ряда (меймечиты, кимберлиты, лампроиты, коматииты). Обсуждаются вопросы, связанные с алмазоносным

магматизмом, состав и строение алмазоносных пироповых перидотитов и эклогитов из кимберлитов.
Лекция 13. Рассматриваются плутонические породы основного состава (габбро, нориты, габбро-нориты, анортозиты, троктолиты, кыштымиты).
Лекция 14. Рассматриваются вулканические породы основного состава, их структуры, текстуры, минеральный состав и геологическое положение. Обосновывается подразделение базальтов нормальной щелочности на гиперстеновый (известково-щелочной) и пижонитовый (толеитовый) типы.
Лекция 15. Рассматриваются плутонические породы среднего состава (диориты, кварцевые диориты), их минеральный состав, структуры, геологическое положение.
Лекция 16. Рассматриваются вулканические породы среднего состава (андезиты, андезито-базальты), их минеральный состав, структуры, геологическое положение.
Лекция 17. Рассматриваются кислые плутонические породы (гранодиориты, плагиограниты, аляскиты, граниты). Обосновывается представление о гранитной эвтектике и роли кислотно-основного взаимодействия в смещении эвтектики и разнообразии гранитоидов.
Лекция 18. Обсуждаются главные генетические типы гранитов (S, I, M, A). Рассматриваются пегматиты и жильные породы кислого состава. Обсуждается магматическое замещение (гранитизация) как главный механизм формирования гранитов.
Лекция 19. Рассматриваются вулканические породы кислого состава (дациты, риолиты, игнимбриты, обсидианы), их состав, структуры и геологическое положение.
Лекция 20. Рассматриваются плутонические субщелочные и щелочные породы (сиениты и нефелиновые сиениты). Обосновывается выделение двух главных типов нефелиновых сиенитов по величине коэффициента агпаитности. Обсуждаются бесполевошпатовые щелочные породы (якупирангиты, уртиты, ийолиты), их состав и геологическое положение.
Лекция 21. Рассматриваются вулканические щелочные и субщелочные породы (фонолиты, трахиты), их состав, структуры и геологическое положение; существенно фельдшпатоидные породы (лейцититы, нефелиниты); карбонатиты.
Лекция 22. Дается общая характеристика основных формационных типов магматических горных пород, связанных с режимами рифтогенеза, орогенеза и незгенеза.
Лекция 23. Обсуждаются модели развития магматизма рифтовых зон и океанических островов.
Лекция 24. Рассматривается магматизм активных континентальных окраин и островных дуг. Обсуждается магматизм на платформах, процессы тектоно-магматической активизации древних платформ.
Лекция 25. Рассматривается понятие метаморфизма, связь метаморфизма с другими эндогенными явлениями — магматизмом и образованием месторождений полезных ископаемых. Обсуждается развитие учения о метаморфизме от ранних концепций глубинных зон (Ван-Хайз, Грубенманн, Ниггли) до современной концепции минеральных метаморфических фаций (Барроу, Голдшмидт, Эскола, Коржинский).
Лекция 26. Обсуждаются физико-химические факторы метаморфизма: температура, литостатическое (всестороннее) давление, определяемое глубинностью, и парциальные давления (химические потенциалы) летучих компонентов, участвующих в метаморфических реакциях.
Лекция 27. Обсуждаются геологические условия развития метаморфизма (контактовый метаморфизм; ранний метаморфизм, контролируемый глубинными разломами (в офиолитовых складчатых поясах и аналогичных структурах); метаморфизм срединно-океанических хребтов; метаморфизм, связанный с формированием гранито-гнейсовых куполов и сходных с ними геоструктурных образований орогенных стадий развития складчатых поясов; гранулитовый метаморфизм глубинных зон).
Лекция 28. Рассматриваются парагенезисы минералов метаморфических пород как показатели термодинамического режима метаморфизма, зависимости парагенезисов минералов переменного состава от температуры и давления (реакции смещенного

равновесия). Обсуждаются минеральные фации горных пород на диаграммах литостатическое давление (глубинность)—температура для метапелитов и метабазитов.
Лекция 29. Рассматриваются текстуры и структуры метаморфических пород и их генетическое значение.
Лекция 30. Рассматриваются продукты метаморфизма глинистых отложений (метапелиты) и их фациальная систематика.
Лекция 31. Обсуждаются метабазиты, их состав, условия образования и фациальная систематика.
Лекция 32. Рассматриваются продукты метаморфизма гипербазитов, карбонатные породы, силицитов и железокремнистых образований.
Лекция 33. Рассматриваются продукты аллохимического метаморфизма и условия протекания этого процесса.
Лекция 34. Вводится представления о формационном подразделении метаморфических пород и их фациальных сериях. Обсуждаются формации раннеорогенной (плагиогранитной) стадии, орогенной стадии становления нормальных гранитов и мигматитов и контактового метаморфизма.
Лекция 35. Рассматриваются метасоматические горные породы (магнезиальные и известковые скарны, грейзены и вторичные кварциты, гумбеиты, фениты, железистые кварциты с эгирином и щелочными амфиболами, альбититы, листвениты, березиты, хлоритовые, турмалин-хлоритовые и другие породы). Обсуждается связь метасоматоза и рудообразования.
Лекция 36. Рассматриваются импактиты и дается общая характеристика импактного метаморфизма.

На лабораторных занятиях студенты знакомятся с различными типами магматических и метаморфических пород, проводят описание в шлифах их минерального состава и структурных особенностей по следующим разделам: ультрамафиты; магматические породы основного состава (плутонические и вулканические); породы среднего состава (плутонические и вулканические); породы кислого состава (плутонические и вулканические); щелочные породы (плутонические и вулканические); жильные породы; пирокластические образования; метапелиты; метабазиты; кварциты; мраморы; метаультрабазиты; метасоматические породы.

Самостоятельная работа студентов включает описание шлифов горных пород по всем разделам курса (по два задания в каждом семестре) и написание рефератов по основным разделам курса (по одному в каждом семестре).

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.

В течение каждого семестра студентам предлагается самостоятельно описать и определить шлифы породообразующих минералов (4 семестр), магматических (5 семестр) и метаморфических (6 семестр) горных пород. Для стимулирования самостоятельной работы студентов в течение всего семестра, по завершении блоков из 2-3 подразделов дисциплины проводится небольшое письменное тестирование знаний. В каждом семестре предусмотрено написание одного краткого реферата по предлагаемым темам. Список вопросов к экзамену почти полностью соответствует формулировкам в подразделах дисциплины.

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля

Типовые задания для лабораторных и контрольных работ:
- описание оптических свойств минерала в шлифе и определение его состав;
- описание и определение плутонической горной породы в шлифе;
- описание и определение вулканической горной породы в шлифе;
- описание и определение метаморфической породы метабазитового ряда в шлифе, установление условий ее образования и протолита;
- описание и определение метаморфической породы метапелитового ряда в шлифе, установление условий ее образования и протолита.

Рекомендуемые темы докладов, рефератов:

1. Породообразующие минералы магматических и метаморфических пород: оптические и физические свойства, изоморфизм, пределы устойчивости, распространенность в природе, характерные ассоциации с другими минералами (выбирается один из породообразующих минералов).
2. Плутонические горные породы: минеральный состав, критерии различия, особенности структур и текстур, формы залегания, ассоциации и связанные с ними полезные ископаемые (выбирается одна горная порода).
3. Вулканические горные породы: минеральный состав, структуры и текстуры, формы залегания, характерные вулканические постройки и свойственный характер извержений (выбирается одна горная порода).
4. Магматические серии различных геодинамических обстановок (срединно-океанических хребтов, океанических островов, островных дуг и активных континентальных окраин, зон активизации платформ, континентальных рифтов, и зон орогенеза).
5. Метаморфические горные породы: минеральный состав, структуры и текстуры, фациальная принадлежность, условия образования, возможность установления протолита (выбирается одна горная порода).
6. Метасоматические горные породы: минеральный состав, структуры и текстуры, условия образования, метасоматическая зональность, связь с рудогенезом (выбирается одна горная порода).

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Предмет, методы и история развития петрографии. Связь петрографии с другими науками о Земле
2. Интрателлурическая кристаллизация магм и понятие о полифациальности изверженных пород
3. Кристаллизация магм, два типа диаграмм плавкости, влияние на них флюидного давления (понятие о подкисленных и подщелоченных магмах)
4. Главные механизмы дифференциации магматических расплавов (кристаллизационное фракционирование, жидкостная несмесимость, флюидно-магматическое взаимодействие)
5. Структуры и текстуры горных пород как индикаторы физико-химических условий их формирования
6. Жильные породы, их классификация, геологическое положение и происхождение
7. Формы и условия залегания магматических пород
8. Пирокластические горные породы
9. Последовательность кристаллизации минералов (реакционный и непрерывный ряды Боуэна). Условия магматической кристаллизации водных минералов.
10. Принцип кислотно-основного взаимодействия компонентов Д.С.Коржинского

11. Петрохимическая систематика горных пород, их разделение по содержанию кремнезема и щелочей и по коэффициенту агпаитности.
12. Разделение горных пород по фациям глубинности с использованием диаграммы "температура-флюидное давление". Положение на ней линии солидуса для магм разной кремнекислотности и щелочности.
13. Орогенный и рифтогенный тренды дифференциации магм. Диаграмма (Na+K-Fe+Ti-Mg).
14. Строение Земли, состав ее ядра и оболочек.
15. Строение Солнечной системы и происхождение планет
16. Развитие планет гигантов и их спутников
17. Понятие о поисе астероидов и происхождение метеоритов. Разделение метеоритов на гелеоцентрические и платоцентрические типы
18. Планеты земной группы, их состав, строение и происхождение.
19. Флюидные компоненты и причины эндогенной активности планет. Магнитное поле Земли.
20. Происхождение спутников планет
21. Петрография и главные типы хондритов. Правило Прайора
22. Железные метеориты. Палласиты и хондриты.
23. Алмазоносные метеориты. Их состав и строение.
24. Лунные породы и аналогичные им так называемые "лунные" метеориты
25. Главные формационные типы магматизма, связанные с незгинезом, рифтогенезом и орогенезом.
26. Магматизм срединно-океанических хребтов (рифтогенез)
27. Магматизм океанических островов (незгенез)
28. Магматизм континентальных окраин и островных дуг (орогенез)
29. Магматизм платформ
30. Ультрамафиты нормальной щелочности (дуниты, оливиниты, гарцбургиты, лерцолиты, верлиты, пироксениты, коматииты).
31. Разделение ультрамафитов на породы дунит-гарцбургитовой и дунит-верлитовой формаций.
32. Офиолиты, их состав, строение и происхождение. Серпентинизация гипербазитов и ее типы.
33. Металлогеническая специализация гипербазитов на хромитовое, платиновое и алмазное оруденения. Диаграмма хромшпинелидов.
34. Кольцевые массивы. Кондерский массив.
35. Стратиформные мнтрузивы. Бушвельд.
36. Коматииты, их петрография, формы залегания и типы.
37. Кимберлиты и лампроиты. Алмазоносный магматизм.
38. Плутонические породы основного состава нормальной щелочности (габбро, габбро-нориты, троктолиты, анортозиты). Химический и минеральный составы.
39. Вулканические породы основного состава нормальной щелочности (базальты, долериты) и их палеотипные аналоги.
40. Анортозиты, их типы и происхождение.
41. Базальты и долериты, разделение на пижонитовый и гиперстеновый типы и их геологическое происхождение.
42. Средние плутонические породы нормальной щелочности (диориты, кварцевые диориты) и их вулканические аналоги.
43. Вулканические породы среднего состава нормальной щелочности (андезиты, андезито-базальты).

44. Андезиты, их состав и происхождение. Представление об андезитововм минимуме и андезитовой линии.
45. Плутонические породы кислого состава нормальной щелочности (биотитовые, роговообманковые и пироксеновые граниты, аляскиты).
46. Вулканические породы кислого состава (риолиты, дациты, игнимбриты). Вулканические стекла (обсидианы, перлиты, пехштейны).
47. Карбонатитовый магматизм, парагенезисы пород
48. Граниты-рапакиви и механизм образования их структуры
49. Магматизм и рудообразование.
50. Плутонические породы кислого состава повышенной щелочности и щелочные (граносиениты, граниты-рапакиви, щелочные граниты)
51. Происхождение гранитов - дифференциатов базальттовой магмы и гранитов корового типа.
52. Типы гранитных пегматитов и процессы их образования.
53. Фельдшпатоидные (бесполевошпатовые) породы (якупирангиты, мельтейгиты, йолиты, уртиты, нефелинолиты)
54. Эндербиты и чарнокиты.
55. Хибинский нефелин-сиенитовый массив и происхождение подчиненных ему апатитовых руд.
56. Основная масса кислых эффузивов и механизмы образования ее неоднородности.
57. Фельдшпатоидные породы среднего состава (нефелиновые сиениты, миаскиты, фойяиты, фонолиты, лейцитофиры). Химический и минеральный составы.
58. Породы среднего состава повышенной щелочности (сиениты, трахиты).
59. Представление о глубинных зонах метаморфизма и концепция минеральных фаций.
60. Факторы метаморфизма и метасоматоза
61. Соотношение между диагенезом, метаморфизмом и метасоматозом.
62. Структуры и текстуры метаморфических пород
63. Петрохимическая систематика метаморфических пород
64. Минералогическая систематика метаморфических пород.
65. Мигматиты и связанные с ними породы.
66. Роговики.
67. Метаморфическая дифференциация, ее отличия от аллохимического метаморфизма.
68. Дислокационный метаморфизм
69. Понятие о виртуальных инертных компонентах и внутренних степенях свободы применительно к метапелитам. Правило фаз.
70. Метаморфические минералы и минеральные фации метапелитов.
71. Метапелиты среднетемпературного метаморфизма
72. Гранат-кордиеритовые гнейсы и их разделение по фациям глубинности.
73. Слюдяные сланцы.
74. Гнейсы метапелитового состава.
75. Кварциты и высокоглиноземистые породы.
76. Глинистые сланцы и филлиты.
77. Метаморфические минералы и минеральные фации метабазитов
78. Высоктемпературные метабазиты, их разделение по фациям глубинности.
79. Глаукофановый метаморфизм.
80. Продукты метаморфизма ультрабазитов.
81. Зеленокаменные породы и зеленые сланцы.

82. Амфиболиты и пироксен-плагиоклазовые породы.
83. Метабазиты низкой температуры и низкого давления.
84. Виртуальные инертные компоненты применительно к эклогитовой минеральной фации.
85. Метаморфизм ранних этапов развития подвижных областей.
86. Орогенный метаморфизм и его связь с гранитизацией.
87. Францисканская формация, ее состав и зональность.
88. Метаморфические парные пояса.
89. Соотношение метаморфизма и гранитизаци.
90. Метасоматические породы. Стадии метасоматических процессов.
91. Скарны и их типы.
92. Березиты, листвениты и гумбеиты.
93. Грейзены, вторичные кварциты, пропилиты, аргиллизиты.
94. Метасоматоз и рудообразование.
95. Критерии выявления протолита
96. Фациальные серии метаморфических горных пород.
97. Подвижность химических элементов при метасоматозе. Особенности процессов десиликации.
98. Импактный метаморфизм.
99. Строение астроблем и представления об их происхождении.
100. Метакарбонатные породы.
101. Основы физико-химического анализа парагенезисов минералов (правило фаз, диаграммы фазового соответствия и состав-парагенезисы).

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетво-рительно»	«Удовлетво-рительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания систематики и номенклатуры главных типов магматических и метаморфических горных пород, их состава и подразделения по фациям глубинности; условий образования групп горных пород и их связи с конкретными геодинамическим и обстановками Земли.	Знания отсутствуют.	Фрагментарны е знания.	Общие, но не структурирова нные знания.	Систематичес кие знания.
Умения производить грамотное петрографическое	Умения отсутствуют.	В целом успешное, но не систематическо	В целом успешное, но содержащее отдельные	Успешное умение производить грамотное

описание и определять магматические и метаморфические горные породы в шлифах и образцах; устанавливать связь состава и внутреннего строения горных пород (структурно-текстурных особенностей) с условиями их образования.		е умение, допускает неточности непринципиального характера.	пробелы в диагностике горных пород.	петрографическое описание и определять магматические и метаморфические горные породы в шлифах и образцах.
Владение подходами к всестороннему изучению магматических и метаморфических горных пород с использованием классических и современных петрографических методов.	Навыки использования петрографических методов отсутствуют.	Фрагментарное владение петрографическими методами, наличие отдельных навыков.	В целом, сформированные навыки использования петрографических методов.	Владение классическими и современными петрографическими методами, их использование для решения генетических задач.

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература: (печатные издания имеются в Библиотеке МГУ и кафедральном фонде)

1. Маракушев А.А., Бобров А.В., Перцев Н.Н., Феногенов А.Н. Петрология. I. Основы кристаллооптики и породообразующие минералы. 2-е изд. М.: Юрайт. 2016.
2. Маракушев А.А. Петрография. М.: МГУ. 1993.
3. Петрография. 3 т. Под ред. А.А.Маракушева. Т.1 – 1976. Т.2 – 1981. Т.3 – 1986.
4. Маракушев А.А., Бобров А.В. Метаморфическая петрология. М.: Изд-во МГУ. 2005.
5. Шур М.Ю. Петрография. Руководство к практическим занятиям. М.: Изд-во МАКС-Пресс. 2009.

- дополнительная литература: (печатные издания имеются в Библиотеке МГУ и кафедральном фонде)

1. Основы петрологии магматических и метаморфических процессов Перчук А.Л., Сафонов О.Г., Сазонова Л.В., Тихомиров П.Л., Плечов П.Ю., Шур М.Ю. М.: Изд-во КДУ; Университетская книга, 2015
2. Лучицкий В.И. Петрография. Т. I. М., Л.: Госгеолиздат. 1947.
3. Татарский В.Б. Кристаллооптика и иммерсионный метод. М.: Недра. 1965.
4. Треггер В.Е. Таблицы для оптического определения породообразующих минералов. М. 1958.
5. Лодочников В.Н. Главнейшие породообразующие минералы. М. 1955.

6. Винчелл А.Н., Винчелл Г. Оптическая минералогия. М. 1953.
7. Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Дж. Породообразующие минералы. 5 т. М. Мир. 1–3 тт. – 1965. 4, 5 тт. – 1966.
8. Маракушев А.А. Петрогенезис. М.: Недра. 1988.
9. Маракушев А.А. Петрология. М.: МГУ. 1988.
10. Маракушев А.А., Грановский Л.Б., Зиновьева Н.Г. и др. Космическая петрология. М.: Наука. 2003.
11. Маракушев А.А. Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности. М.: Наука. 1999.

Б) Перечень программного обеспечения: Microsoft Office PowerPoint

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Г) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:
Геологическая энциклопедия GeoWiki - http://wiki.web.ru.

Д) 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 петрографических шлифов горных пород и минералов, коллекция горных пород для макроскопической диагностики, схемы, диаграммы, фотографии, рисунки на плакатах, модели оптических индикатрис и кристаллов.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – Бобров А.В., Парфенова О.В., Давыдова В.О., Шкурский Б.Б.

11. Разработчик программы – проф. Бобров А.В.