

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

Генетическая минералогия. Часть 1

Автор-составитель: Э.М. Спиридонов

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Направление подготовки:
05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:
Геохимия

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

Цель – получение систематических знаний на современном уровне по теоретическим основам генезиса кристаллов и агрегатов кристаллов минералов – по онтогении и филогении минералов и минеральных ассоциаций, включая основы теории зарождения, роста и растворения кристаллов и их агрегатов, процессам рекристаллизации и перекристаллизации, твердофазным превращениям, по генетическим признакам минералов на материале различных оболочек Земли.

Задачи:

- подготовка студентов к решению минералогических задач
- изучение студентами теоретических основ генетической минералогии.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе «Генетическая минералогия. Часть 1» рассматриваются: современная трактовка основных понятий генетической минералогии с учётом данных кристаллохимии и геохимии. Механизмы и процессы зарождения и роста кристаллов и их агрегатов, в том числе нитевидных и расщеплённых. Режимы роста кристаллов при постоянных и переменных условиях, различных степенях пересыщения и переохлаждения, в условиях диффузного голодания. Дефектное строение кристаллов и процессы растворения и уничтожения индивидов минералов и их сростаний. Механизмы и процессы рекристаллизации и перекристаллизации агрегатов минералов. Твердофазные превращения в кристаллах минералов различных классов и связь с ними глубинного строения Земли. Стадиальный анализ минеральных агрегатов, в том числе горных пород и руд.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО – к базовой части ОПОП, является обязательной для освоения, профессиональный цикл, профессиональная обязательная дисциплина. IV курс, 7 семестр.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия: освоение дисциплин «Общая геология», «Общая химия», «Минералогия», «Геохимия». Дисциплина необходима для научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ.

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 Б.ОПК-1. И-2. Использует базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле в профессиональной	Знает: физико-химические законы, управляющие поведением химических элементов при процессах минералообразования. Умеет: использовать генетические признаки минералов, особенности поверхностей сростаний кристаллов, приёмы онтогенетического и стадиального анализа для расшифровки истории формирования минеральных агрегатов, горных пород и руд и иных проблем геологии.

	деятельности	
ОПК-2.Б. Способен применять теоретические основы фундаментальных геологических дисциплин при решении задач профессиональной деятельности (формируется частично). частично)	Б-ОПК-2.1. Использует теоретические знания о закономерностях и особенностях геологических процессов для решения профессиональных задач	знает: основы строения кристаллов и агрегатов кристаллов, основные закономерности из роста и растворения, формирования их состава, первичные и вторичные типы поверхностей кристаллов, основы онтогенического и филогенического анализа и стадийного анализа. умеет: использовать познанные генетические признаки минералов для решения минералогических проблем.
Б.СПК-1. Способность к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации в области наук геохимического цикла.	Б.СПК-1. И-2. Владеет навыками систематизации и интерпретации данных в области наук геохимического цикла.	знает: основные понятия и методы онтогении и филогении минералов. умеет: использовать познанные генетические признаки минералов для особенностей строения, истории и условий формирования минеральных агрегатов. владеет: методами графического представления результатов минералогических наблюдений.

4. Объем дисциплины (модуля) составляет **3** з.е., в том числе **60** академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекции и практические занятия), **34** академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

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

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 типа	Занятия практического типа	Всего	
Вводная часть. Лекция 1. Презентация 001	2	2			2	
Основы теории зарождения и роста индивидов кристаллов. Лекции 2-14. Презентации № 002-014. Контрольная работа	26	12		8	18	8
Основы теории растворения и уничтожения индивидов кристаллов. Лекции 15-19. Презентации № 015-019. Контрольная работа	14	4		4	8	6
Основы теории зарождения и роста агрегатов кристаллов. Лекции 20-24. Презентации № 020-024	20	8		6	12	8
Филогения минералов. Лекция 25. Презентация № 25. Контрольная работа	8	2		2	4	4
Субсолидусные превращения в минералах Лекции 26-31. Презентации № 026-031 Составление и обоснование схемы минералообразования изученного образца.	30	12		10	20	10
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>						
Итого	106	70				36

Содержание лекционных и семинарских занятий

ОНТОГЕНИЯ И ФИЛОГЕНИЯ МИНЕРАЛОВ. Учебное пособие. Презентации № 001-025.

Лекция 1. Презентация № 001.

Место минералогии в системе наук о Земле. 12 уровней организации вещества нашей части Вселенной. Предмет науки. Генетическая минералогия – закономерное продолжение описательной. Особенности генетической минералогии. Установление генезиса минералов – бесконечный процесс познания сущности его генетических признаков.

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЗАРОЖДЕНИЯ И РОСТА КРИСТАЛЛОВ ИНДИВИДОВ.

Лекции 2-14. Презентации № 002-014.

Лекция 2. Презентация № 002.

Как устроены кристаллы: зоны роста, пирамиды, сектора роста. Критические зародыши – кристаллиты. Стабильные, лабильные, замороженные физико-химические системы. Среды кристаллизации. Особенности воды как растворителя. Движущая сила кристаллизации. Процессы зарождения кристаллов минералов – самопроизвольное из пересыщенных сред, при участии живых организмов и в них самих, гетерогенное на готовых зародышах или на затравках. Эпитаксия, автоэпитаксия, законы эпитаксии. Присыпки. Отравленные поверхности кристаллов.

Лекции 3. Презентация № 003.

Анатомия индивида. Реальные поверхности растущих кристаллов. Ступени и изломы поверхности кристаллов. Слои роста полные и неполные. Вицинали роста и их ориентировка на различных гранях кристаллов. Зарождения вициналей. Спирали на поверхности кристаллов – однозначный критерий ростовой поверхности. Террасы роста Штриховки роста – индикаторы смены условий кристаллизации. Особенности штриховок роста на кристаллах пирита, кварца и турмалина.

Лекция 4. Презентация № 004.

Поверхность кристаллов и её взаимодействие с подвижными средами. Энергия присоединения ионов к различным участкам поверхности кристалла. Фундаментальная формула де Бура. Система растущий кристалл – раствор состоит из подсистем – кристалл и адсорбционный пограничный слой, пограничный слой раствора и раствор на удалении от кристалла. Рост кристалла – это такая разновидность адсорбции, при которой состав и структура подложки постоянно воспроизводятся – редуцируются и поверхность перемещается, оставляя за собой кристаллическое вещество. Три типа массопереноса при кристаллизации – растворении кристаллов: диффузионный, свободной конвекции, вынужденной конвекции. Расслоение раствора около растущего или растворяющегося кристалла. Кинетика кристаллизации. Реальные скорости роста кристаллов. Связь формы кристаллов и степени пересыщения и переохлаждения.

Лекция 5. Презентация № 005.

Механизмы роста кристаллов: нормальный, послойный при двумерном зародышеобразовании, послойный дислокационный (спиральный), за счёт трёхмерных зародышей. Роль подвижности минералообразующей среды и вращения кристаллов при нормальном механизме роста. Оолиты осадочных пород. Жемчужины. Нодулярные и орбикулярные текстуры (оливин – хромшпинелиды, оливин – ильменит, овоиды К-На полевого шпата в гранитах – рапакиви; хондры в метеоритах). Скрученные при росте кристаллы миллерита, халцедона, малахита. Связь формы кристаллов с их структурой. Варианты роста кристаллов. Свободный рост при постоянных условиях. Принцип Пьера Кюри. Отталкивание и захват твёрдых фаз и флюидных включений кристаллами. Формирование сингенетичных включений, в том числе трубчатых.

Лекция 6. Презентация № 006.

Пирамиды, сектора, зоны роста – источник генетической информации. Разнообразие форм

пирамид роста кристаллов. Связь морфологии и окраски кристаллов топаза. Рост кристаллов при переменных условиях. Зональность кристаллов и методы её выявления и изучения. Осцилляционная зональность. Закон Бекке. Секториально-зональные кристаллы. Вариации химического состава различных секторов одного кристалла. Эволюция форм кристаллов кальцита, апатита, барита, турмалина, фенакита, виллемита.

Лекция 7. Презентация № 007.

Специфические формы кристаллов – трубчатые кристаллы хризотил-асбеста, цилиндрита, точилинита. Кристаллы – двойники роста. Двойники срастания и двойники прорастания. Японские двойники кварца. Бразильские двойники кварца. Одновременно выросшие двойники кристаллов на порядок крупнее монокристаллов. Различие двойников роста и двойников механических и полиморфных переходов.

Лекция 8. Презентация № 008.

Скелетные кристаллы – вершинники и рёберники. Снежинки и льдинки. Разнообразие скелетных форм у различных по составу и структуре минералов. Смена полногранного роста кристаллов скелетным и наоборот.

Лекция 9. Презентация № 009.

Специфические формы кристаллов – нитевидные (усы, висеры). Поверхность этих кристаллов – гладкая, без плоских граней. Особенности механических свойств нитевидных кристаллов – прочность, близкая к теоретической, на порядок – порядки выше, чем у обычных кристаллов. Кристаллизационное давление. Кристаллы – «бухты». Механизмы роста нитевидных кристаллов: 1. Рост путём осаждения вещества около выхода винтовой дислокации на микрокристаллических подложках. 2. Рост на микропористом субстрате (обычно глинистом, где размер пор около 1 микрона). 3. В процессе многократного расщепления при росте обычных кристаллов. 4. Рост (почти мгновенный!) при мощной механической щепке кристаллов кварца, сфалерита – эффект М.Н. Малеева. Проблема силикоза! Проблема рака лёгких – во всём цивилизованном мире запрещено производство и использование изделий из хризотил-асбеста.

Лекция 10. Презентация № 010.

Блокованные, мозаичные, расщеплённые. Зависимость степени расщепления кристаллов от степени пересыщения растворов. Кристаллы с субиндивидами. Седловидные кристаллы, кристаллы – розы, сферокристаллы. Расщеплённые скелетные кристаллы – дендриты. Зависимость степени расщепления индивидов кристаллов и рельефа поверхности сферокристаллов. Геометрические схемы процессов расщепления.

Лекция 11. Презентация № 011.

Специфические формы кристаллов - скрученные. Кристаллы – локоны. Причина расщепления и скручивания – гетеромерия пирамид роста или отдельных их участков – совместное действие эффектов А.А. Штернберга – Ю.О. Пунина и П.А. Ребиндера.

Лекция 12. Презентация № 012.

Норма и патология минеральных индивидов - кристаллов. Развитие процессов патогенного роста кристаллов. Потеря возможности самовоспроизводства совершенной огранки кристаллов. Патогенные факторы. Диффузионные эффекты. Адсорбционные эффекты. Абсорбционные эффекты. Явления отравления поверхности растущего кристалла. Перестройки, приводящие к поликристаллическим имитациям. Форфоровидные, перламутровые, скрученные, кривогранные, обелисковидные кристаллы.

Лекция 13. Презентация № 013.

Рост кристаллов в стеснённых условиях. Метакристаллы, метасомы, порфиробласты, пойкилобласты. Признаки метакристаллов макро- и микроскопические. Признаки порфиробластов, выросших при деформациях с вращением и посттектонических.

Лекция 14. Презентация № 014.

Формирование состава кристаллов. Два типа осцилляционной зональности кристаллов – при росте в замкнутом резервуаре или с подпиткой новыми порциями маточной среды.

ОСНОВЫ ТЕОРИИ РАСТВОРЕНИЯ И УНИЧТОЖЕНИЯ ИНДИВИДОВ.

Лекции 15-19. Презентации № 015-019.

Лекция 15. Презентация № 015.

Дефекты в кристаллах. Тепловой беспорядок в кристалле. Беспорядок, вызванный нарушениями стехиометрии. Беспорядок в кристалле, обусловленный посторонними примесями. Взаимодействие дефектов в кристаллах. Протяжённые дефекты и дислокации. Отожжённые протяжённые дефекты в кристаллах флогопита Ковдорского месторождения – векторы их роста. Явления переноса в кристаллах с дефектами. Дефекты и кинетика твердофазных реакций.

Лекция 16. Презентация № 016.

Механические деформации кристаллов пластические и хрупкие, около минералов – включений, испытавших полиморфный переход или иное изменение с увеличением объёма. Спайность. Будинаж кристаллов (турмалин, рутил, изумруд). Механические двойники, их признаки. Кинкбенды. Полигонизация. Хрупкие деформации разрыва. Разлистованные кристаллы кварца. Ползучесть, реология, крип.

Лекция 17. Презентация № 017.

Растворение кристаллов. Изменение и уничтожение индивидов – это процессы на стыке онтогении и филогении минералов. Скульптуры травления по винтовым дислокациям и их скоплениям. Скульптуры растворения кристаллов алмаза из кимберлитов – додекаэдровиды и иные. Форма вициналей растворения – функция скорости растворения. Зарождений вициналей растворения. Скульптуры подплавления.

Лекция 18. Презентация № 018.

Регенерация – восстановление кристалла после его механического повреждения, как у живых организмов. Для кристалла – восстановление плоскогранности, пряморёберности, островершинности, нарушенных при раскалывании или частичном растворении. Регенерированные участки мутные и молочно-белые среди прозрачного хрусталя...

Лекция 19. Презентация № 019.

Псевдоморфозы превращения – параморфозы. Псевдоморфозы замещения, замещения и облекания и их классификация. Закон сохранения объёма при процессах метасоматоза – закон Вальтера Линдгрена основан на преобладании псевдоморфного замещения. Разнообразие псевдоморфоз, зооморфоз и фитоморфоз.

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОБРАЗОВАНИЕ И РАСТВОРЕНИЕ АГРЕГАТОВ КРИСТАЛЛОВ

Лекции 20-24. Презентации № 020-024.

Лекция 20. Презентация № 020.

Связи индивид – агрегат. Минеральные агрегаты, как и индивиды, проходят стадии зарождения, роста и изменения. Стадии роста агрегатов кристаллов. Друзы. Ортотропизм роста кристаллов и его причина - геометрический отбор. Зоны геометрического отбора – свидетельство кристаллизации в открытом пространстве, позволяют однозначно определить направление роста агрегата, различить подложку и выросший агрегат. Параллельно-шестоватые агрегаты 1 и 2 типа по Д.П. Григорьеву. Совместное участие нескольких минералов в параллельно-шестоватых агрегатах 2 типа – свидетельство их одновременного роста. Антолиты и геликтиты.

Лекция 21. Презентация № 021.

Границы поверхности кристаллов в агрегатах – первичные: идиоморфная, ксеноморфная, индукционная = компромиссная одновременного совместного роста. Элементы строения индукционной поверхности. Индукционные поверхности

совместного роста кристалл – кристалл, кристалл – сферолит, сферолит – сферолит при непрерывном росте и при росте с остановками.

Лекция 22. Презентация № 022.

Специфические структуры и текстуры минеральных агрегатов первичные – ростовые: эвтектические (эвтектики обычные и разделённые), открытые сферолиты; сфероидолиты (расщеплённые сферолиты – сферокристаллы); кораллиты; фрамбоидальные структуры; агрегаты пластинчатых кристаллов в тенях давления; порфиробласты граната, выросшие при деформациях с вращением. Стебельчатый кварц.

Лекция 23. Презентация № 023.

Гравитационные текстуры минеральных агрегатов. Минеральные отвесы – сталактиты, сталагмиты. Завеси. Люстры. Псевдосталактиты. Натёки. Антисталактиты – рост вокруг газовых пузырей. Минеральные уровни – текстуры седиментации – присыпки, расслоенные магматические породы в центре интрузивов, горизонты сульфидных капель в магматических породах и расслоенность в этих каплях, отстойники в пещерах, в рудных телах, в агатах уругвайского типа. Асимметрия роста кристаллов. Текстуры обрушения на дно полостей. Текстуры оползания = текстуры гравитационной неустойчивости в обычных осадочных породах и в магматических «осадочных» породах.

Лекция 24. Презентация № 024.

Вторичные структуры и текстуры минеральных агрегатов. Грануломорфные поверхности перекристаллизации – рекристаллизации. Поверхности растворения, оплавления. Скульптуры взрыва газо-жидких включений. Поверхности дробления, окатывания, реоморфные. Структура и типы границ зёрен – границы малоугловые и большеугловые. Границы когерентные, полукогерентные, не когерентные. Полиэдры рекристаллизации. Движение границ зёрен при рекристаллизации. На движение границ влияют величина зерна, температура, присутствие нерастворимых примесей и мелких частиц других фаз. Вторичная рекристаллизация – огрубление структуры. Предельно равновесные структуры минеральных агрегатов – тройные углы между зёрнами, близкие к 120° , близкая к гексагону шестигранная форма двумерного сечения, 12-14 гранная форма в объёме с выпуклыми и вогнутыми границами. Гранулы – полиэдры перекристаллизации весьма гомогенны и имеют совершенное внутреннее строение.

ФИЛОГЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

Лекция 25. Презентация № 025.

Выявление пространственно-временных взаимоотношений между минералами. Генерации и зарождения. Иерархия процессов минералообразования и их продуктов. Эпохи, этапы, стадии минерализации. Парагенезы минералов – сонахождение, обусловленное происхождением. Стадиальный анализ минеральных агрегатов, горных пород и руд – сингенез, диагенез, эпигенез и их циклы. Графическое представление схем минералообразования.

СУБСОЛИДУСНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ИНДИВИДАХ МИНЕРАЛОВ

Лекции 26-31. Презентации № 026-031.

Лекция 26. Презентация № 026.

Типы фазовых превращений – превращения искажения (замещения) и превращения реконструктивные (перестройки). Переходы высокий кварц – низкий кварц. Превращения в минералах кремнезёма, в лейците, перовските, халькопирите, станнине. Правило Оствальда. Кинетика фазовых переходов. ТТТ диаграммы. Примеры термальной истории магматических горных пород с участием минералов

кремнезёма. Закалка и отжиг. Влияние примесей и микропримесей на фазовые превращения. Переход кальцит – арагонит в приложении к геологическим объектам. Переходы алмаза и графита. Параморфозы графита по кристаллам алмаза. Образование алмаза в супракристалльных метаморфических породах. Полиморфные переходы в главном минерале мантии Земли – магнезиальном оливине: оливин – вадслеит – рингвудит - причина существования главных сейсмических разделов в Земле. Проблемы возникновения глубокофокусных землетрясений и гигантских цунами в Тихоокеанском огненном кольце. О реальности процессов субдукции. Вынужденные равновесия при полиморфных переходах. Минералы – контейнеры. Механизм фазовых переходов – нормальный с образованием и ростом зародышей дочерней фазы (гетерогенная нуклеация с образованием микродоменной структуры из антифазных доменов) с последующим их укрупнением при продолжительном отжиге. Механизм фазовых переходов – мартенситный (превращение вдоль кристаллографически обусловленных плоскостей, куда по мере роста метастабильности стекаются дефекты из всего объёма твёрдого тела, вызывают макроскопические изменения формы кристалла, скорость мартенситных превращений может достигать трети скорости звука).

Лекция 27. Презентация № 027.

Явления порядок – беспорядок OD в кристаллах минералов. Процессы упорядочения в Na полевых шпатах (триклинное упорядочение – переход мональбит – высокий альбит – низкий альбит) и K полевых шпатах (моноклинное упорядочение - переход высокий санидин – санидин – ортоклаз, триклинное упорядочение – переход ортоклаз – микроклин – максимальный низкий микроклин). Решётчатый микроклин – эписанидин. Проблема адуляра. Модулированная твидовая микротекстура адуляра. Калишпат – основа существования континентов Земли. Соотношения скоростей роста и упорядочения в аутигенных калишпатах. Альтернативное метастабильное поведение K-Na полевых шпатов – минералов хронометров, индикаторов термической истории магматических горных пород. Методы изучения степени упорядочения. Минералы – твёрдые растворы замещения и внедрения. Высокотемпературные сульфидные твёрдые растворы минералов группы халькопирита. Параметры ближнего и дальнего порядка. Образование сверхструктур. Минералы группы медистого золота. Фазы Курнакова.

Лекция 28. Презентация № 028.

Когерентный (ламеллярный) распад минералов – твёрдых растворов без изменения валового состава. Поведение твёрдых растворов при охлаждении. Сольвусы термодинамический и реальный. Спинодаль = область абсолютной неустойчивости твёрдых растворов. Толщина ламелл когерентного распада – функция температуры и скорости остывания. Чем выше температура, тем толще ламелли распада. Примеры ламеллярных структур распада одностадийных и многостадийных. Титаномагнетит. Магнезиальный кальцит. Нефелин – кальсилит. Эпилейцит. Оливин – монтичеллит. Причина чёрной окраски магматического кальциевого плагиоклаза.

Лекция 29. Презентация № 029.

Превращения и когерентный (ламеллярный) распад минералов – твёрдых растворов без изменения валового состава. Превращения в высокотемпературных сульфидных твёрдых растворах – Cu-Fe-Zn-S (халькопирит – сфалерит); Cu-Fe-Zn-Sn-S (халькопирит – сфалерт – станнин); Cu-Fe-Zn-Ga-S (халькопирит – сфалерит – галлит); Fe-Ni-S (Mss) (троилит – пирротин – пентландит); Cu-Fe-Ni-S (Iss) (кубанит – троилит – пентландит, халькопирит – пирротин – пентландит, талнахит – кубанит – пентландит, моихукит – кубанит-пентландит, путоранит-моихукит-пентландит). Превращения в K-Na полевых шпатах, пертиты, «солнечный камень», «лунный

камень», полевошпатовая геотермометрия и геохронометрия. Субсолидусные и гиперсолидусные магматические породы. Криптопериты в плагиоклазах – перистериты, сростания Бёггильда и Хуттенлохера. Лабрадорисценция. Антипертиты. Превращения в пироксенах. Пижонит. Эпипижонит.

Лекция 30. Презентация № 030.

Спинодальный распад. Концентрационные волны. Модулированные микротекстуры. Субкриптопертиты. Кинетика превращений со спинодальным распадом.

Лекция 31. Презентация № 031.

Распад минералов – твёрдых растворов с изменением валового состава. Окислительный отжиг горных пород Земли – превращение титаномагнетита в ламеллярные сростания магнетит+ульвошпинель+шпинель (ориентация ламелл по кубу), далее - в ламеллярные сростания магнетит+ильменит+шпинель (ориентация ламелл по октаэдру). Восстановительный отжиг горных пород Луны с превращением ульвошпинели в сростания ильменит+железо. Анортит лунных анортозитов и базальтов содержит до 1.5 масс. % оксида железа. Отожжённый земной плагиоклаз содержит ламелли ильменита и гемоильменита. Отожжённый лунный плагиоклаз содержит ламелли самородного железа.

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.

Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные опросы и контрольные работы.

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля

Элементы строения кристаллов минералов.

Движущая сила процессов кристаллизации. Процессы зарождения кристаллов.

Эпитаксия и автоэпитаксия. Кристаллы - скипетры.

Присыпки на поверхности кристаллов. Явления отравления поверхности кристаллов.

Ступени, вицинали, спирали и террасы роста на поверхности кристаллов.

Штриховки роста на гранях кристаллов. Как они ориентированы на кристаллах кварца,

турмалина, пирита.

Формула де Бура. Следствия из этой формулы.

Рост кристаллов и процессы адсорбции. Типы массопереноса при росте кристаллов.

Механизмы роста кристаллов: нормальный рост.

Что такое овоиды, нодули, орбикулы?

Механизмы роста кристаллов: дислокационный рост.

Особенности кристаллов свободного роста.

Симметрия среды кристаллизации и огранка (форма) кристаллов. Принцип Пьера Кюри.

Протогенетичные, сингенетичные, эпигенетичные включения в кристаллах.

Типы зональности кристаллов минералов.

Реальные скорости роста кристаллов и методы их определения.

Двойники роста. Почему размер кристаллов – двойников значительно больше, чем у сингенетичных монокристаллов.

Типы скелетных кристаллов, причины их возникновения.

Нитевидные кристаллы. Механизмы их образования.

Мозаичные, блокованные, расщеплённые кристаллы. Причины их образования. Что такое железные розы?

Гетерометрия роста пирамид, секторов кристаллов, их участков.

Сферокристаллы и причины их образования.

Кристаллы - дендриты. механизм их образования.

Скрученные кристаллы. Кристаллы - локоны.

Метакристаллы и порфиробласты. Отличия метакристаллов синтетических и послетектонических.

Формирование состава кристаллов.

Типы дефектов в кристаллах. Дефекты нестехиометрии. Отжиг и закалка дефектов. Дислокации – векторы роста кристаллов.

Механические деформации кристаллов. Спайность. Кинкбэнды. Механическая дифференциация вещества.

Явления растворения кристаллов. Ямки, конусы, вицинали травления.

Регенерация кристаллов.

Псевдоморфозы, их типы. Фитоморфозы, зооморфозы.

Друзы. Ортотропизм роста кристаллов в агрегатах. Его причины.

Явление геометрического отбора.

Параллельно-шестоватые агрегаты кристаллов 1 и 2 типа по Д.П. Григорьеву.

Типы минеральных агрегатов.

Агрегаты нитевидных кристаллов. Антолиты. Геликтиты. Мембраны.

Первичные поверхности роста кристаллов в их агрегатах.

Индукционные (компромиссные) поверхности кристаллов в их агрегатах.

Индукционные поверхности роста кристалл – сферолит и сферолит - сферолит.

Текстуры и структуры минеральных агрегатов.

Эвтектические структуры. Разделённые эвтектики.

Сферолиты и сфероидолиты. Кораллиты.

Типы фазовых превращений в кристаллах минералов.

Механизмы фазовых превращений.

Мартенситные фазовые превращения.

Вынужденные равновесия при полиморфных переходах и их причины.

Морфология двойников полиморфных переходов.

Фазовые переходы кальцит - арагонит. Причины развития арагонита в корях выветривания гипербазитов и в месторождениях самородной серы.

Фазовые переходы алмаз – графит - лонсдейлит.

Фазовые переходы оливин – вадслейит – рингвудит и глубинное строение нашей планеты. Возможные причины глубокофокусных землетрясений.

Кинетика фазовых превращений. Правило Оствальда. ТТТ диаграммы.

Альтернативное метастабильное поведение на примере фазовых превращений кремнезёма: кристобалит – тридимит – высокий кварц – низкий кварц (низкий кристобалит, низкий тридимит).

Субсолидусные превращения в альбите.

Субсолидусные превращения в санидине – ортоклазе – адуляре – микроклине $KAlSi_3O_8$.

Особенности микроклина, возникшего при твердофазных превращениях санидина и выросшего в поле устойчивости микроклина.

Методы оценки и измерения степени упорядоченности минералов.

Минералы - твёрдые растворы замещения и внедрения. Дальний и ближний порядок в них. Упорядоченные твёрдые растворы - сверхструктуры.

Поведение минералов – твёрдых растворов при охлаждении.

Сольвус термодинамический (равновесный, химический) и сольвус спинодальный.

Причины появления спинодали. Геологические условия сохранности спинодальных структур распада.

Звёздчатые сапфир, рубин, кварц, гранат, ромбические пироксены – что это такое и как они возникли?

Распад высокотемпературных твёрдых растворов - магнезиального кальцита и кальциевого доломита. Карбонатная термометрия.

Распад высокотемпературных твёрдых растворов - моноклинных и ромбических пироксенов. Субсолидусные превращения в пижоните. Эпипижонит. Пироксеновая термометрия.

Сравните субсолидусные превращения земных и лунных магматических оксидов железа - титана.

Субсолидусные превращения магматических плагиоклазов. Криптопертиты: перистериты, сростания Бёггильда и Хуттенлохера. Причина чёрной окраски магматических Са плагиоклазов.

Субсолидусные превращения К-Na полевых шпатов магматических пород – индикаторов термической истории горных пород. Макропертиты, микропертиты, криптопертиты. Криптопертиты - лунные камни. Полевые шпаты - солнечные камни.

Калиевые полевые шпаты осадочных пород: соотношения скоростей роста щелочных полевых шпатов и процессов их упорядочения.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
(устный опрос): Знания теоретических основ генетической минералогии, умение их применять	Знания отсутствуют или весьма фрагментарны	Знания есть, но отсутствует их систематичность	Знания систематические, с некоторыми пробелами	Систематические знания в достаточном объеме
(устный опрос): Умение самостоятельно разобраться с оригинальными наблюдениями и аналитическими данными, которые могут быть получены в процессе научной или научно-производственной работы	Умения отсутствуют	Демонстрирует умения только по отдельным пунктам	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	Успешно проводить самостоятельные наблюдения, грамотно их интерпретировать, полученные результаты отображать на графиках и диаграммах

(устный опрос): Владения современными подходами к изучению онтогении филогении минералов	Навыки владения отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки использования, но имеются пробелы	Владение навыками и приёмами онтогенетического анализа агрегатов минералов
---	-----------------------------	---	---	--

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

а) основная литература:

- Григорьев Д.П.* Онтогения минералов. Львов: изд. Львов. ун-та. 1961. 284 с.
Григорьев Д.П., Жабин А.Г. Онтогения минералов. Индивиды. М.: Наука. 1975. 339 с.
Патнис А., Мак-Конелл Дж. Основные черты поведения минералов. М.: Мир. 1983. 304 с.
Урусов В.С., Таусон В.Л., Акимов В.В. Геохимия твёрдого тела. М.: Геос. 1997. 500 с.
Краснова Н.И., Петров Т.Г. Генезис минеральных индивидов и агрегатов. СПб.: Невский курьер. 1997. 228 с.
Хейман Р.Б. Растворение кристаллов. Л.: Недра. 1979. 272 с.
Дымков Ю.М. Парагенезис минералов ураноносных жил. М.: Недра. 1985. 207 с.
Бакли Г. Рост кристаллов. М.: ИЛ, 1954. 406 с.
Белов Н.В. Очерки структурной минералогии. М.: Недра. 1976. 323 с.
Пунин Ю.О., Штукенберг А.Г. Автодеформационные дефекты кристаллов. СПб.: 2008. 318 с.
Goldschmidt V.M. Atlas der Kristallformen. Heidelberg: Winter. 1913. В. 1, 248 s. В. 2, Tafeln 251. 1916. В. 3, Tafeln 247. 1923. В. 9, Tafeln 128.
Шафрановский И.И. Кристаллы минералов. Кривогранные, скелетные и зернистые формы. М.: Госгеолтехиздат. 1961. 332 с.
Леммлейн Г.Г. Морфология и генезис кристаллов. М.: Наука. 1973. 328 с.
Гегузин Я.Е. Живой кристалл. М.: Наука. 1987. 197 с.
Жабин А.Г. Онтогения минералов (агрегаты). М.: Наука. 1979. 275 с.
Юшкин Н.П. Теория и методы минералогии. Л.: Наука. 1977. 291 с.
Putnis A. Introduction to mineral science. Cambridge U.K.: Cambridge University Press. 1992. 427 p.
Transformation processes in minerals (S.A.T. Redfern, M.A. Carpenter, eds.). Rev. Mineral. 2000. Vol. 39. 361 p.

б) дополнительная литература:

- Полная запись моих лекций, доступная в Интернете. Два учебных пособия по первой части курса «Генетическая минералогия» на сайте кафедры минералогии МГУ.
Болдырев А.К., Бетехтин А.Г., Годлевский М.Н., Григорьев Д.П., Киселёв А.И., Левицкий О.Д., Разумовский Н.К., Смирнов А.А., Соболев В.С., Соловьёв С.П., Успенский Н.М., Черных В.В., Шаталов Е.Т., Шафрановский И.И. Курс минералогии. М.-Л.: ОНТИ. 1936. 1056 с.
Бетехтин А.Г., Генкин А.Д., Филимонова А.А., Шадлун Т.Н. Текстуры и структуры руд. М.: Госгеолтехиздат. 1958. 436 с.
Бетехтин А.Г., Генкин А.Д., Филимонова А.А., Шадлун Т.Н. Структурно – текстурные особенности эндогенных руд. М.: Недра. 1964. 599 с.
Бернал Дж. Порядок и беспорядок и их отражение в диффракции. В кн.: Физика минералов. М.: Мир. 1964. С. 11-30.
Костов И. Минералогия. М.: Мир. 1971. 585 с.
Костов И., Минчева-Стефанова И. Сульфидные минералы. Кристаллохимия, парагенезисы, систематика. М.: Мир. 1984. 290 с.
Рамдор П. Рудные минералы и их растворения. М.: ИЛ. 1962. 1132 с.

Ребиндер П.А., Шукин Е.Д. Поверхностные явления в твёрдых телах в процессах их деформации и разрушения // Успехи физ. наук. 1972. Т. 108. Вып. 1. С. 3-42.

Рид С.Дж.Б. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии. М.: Техносфера. 2008. 232 с.

Nassau K. The origin of color in minerals // Amer. Mineral. 1978. Vol. 63. P. 219-229.

Б) Перечень лицензионного программного обеспечения – не требуется

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем - не требуется

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

- поисковая система научной информации www.scopus.com

- электронная база научных публикаций www.webofscience.com

Д) Материально-техническое обеспечение: - Учебная аудитория с мультимедийным проектором, компьютер, экран, выход в Интернет; учебно-научные коллекции по онтогении минералов, по филогении минералов, по твердофазным превращениям минералов (более 600 образцов кристаллов и минеральных агрегатов, более 350 минеральных видов).

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – Э.М. Спиридонов

11. Автор (авторы) программы – профессор Э.М. Спиридонов