

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

Геологический факультет

«Утверждаю»

декан Геологического факультета

академик Д.Ю. Пушаровский



« ____ » _____ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
РЕНТГЕНОГРАФИЯ МИНЕРАЛОВ**

Автор-составитель:

академик Д.Ю. Пушаровский

Направление подготовки 05.03.01 «Геология»

Профиль «Геохимия»

Квалификация (степень) выпускника: *бакалавр*

Программа одобрена на заседании Ученого совета Геологического факультета МГУ

(протокол № ____ от _____)

Москва

2018

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины	
2. Место дисциплины в структуре ООП	
2.1. Информация об образовательном стандарте и учебном плане	
2.2. Информация о месте дисциплины в учебном плане	
2.3. Перечень дисциплин, которые должны быть освоены до начала освоения данной дисциплины	
3. Требования к результатам освоения дисциплины	
3.1. Перечень компетенций	
3.2. Компоненты формируемых компетенций	
4. Структура и содержание дисциплины	
4.1. Общая трудоемкость	
4.2. Виды учебной работы	
4.3. Формы текущего контроля	
4.4. Форма промежуточной аттестации	
4.5. Краткое содержание дисциплины	
4.6. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и темам	
4.7. Содержание дисциплины	
5. Рекомендуемые образовательные технологии	
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов, оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины	
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины	
9. Авторы-составители	

Наименование дисциплины: Рентгенография минералов

1. Цели и задачи дисциплины

Цели: получение студентами теоретических знаний и практических навыков по использованию рентгенографических методик для диагностики минералов, для исследования особенностей их состава и структуры, а также по применению результатов рентгендифракционных экспериментов для решения проблем современной минералогической кристаллографии.

Задачи:

- 1) Изучение физических основ дифракции рентгеновских лучей в кристаллах.
- 2) Освоение методов рентгенографической съемки в камере Дебая-Шерера и в порошковом дифрактометре.
- 3) Изучение приемов обработки рентгендифракционных спектров при решении задач качественного и количественного рентгенофазового анализа, а также при исследовании изоморфизма, полиморфизма и полиптипии в минералах.
- 4) Знакомство с информацией, получаемой с использованием рентгеновской дифракции, и её применением для решения современных структурно-минералогических проблем.
- 5) Изучение структурных особенностей порообразующих минералов и важнейших представителей химически различных минералогических классов.

2. Место дисциплины в структуре ООП:

2.1. Информация об образовательном стандарте и учебном плане:

- тип образовательного стандарта и вид учебного плана: ОС МГУ, учебный план бакалавра
- направление подготовки: 05.03.01 Геология - наименование учебного плана: Учебный план ИБ Геохимия
- профиль подготовки: Геохимия

2.2. Информация о месте дисциплины в учебном плане:

- вариативная часть
- блок дисциплин: общепрофессиональный
- тип (обязательный, по выбору) - обязательный
- курс II
- семестр 3

2.3. Перечень дисциплин, которые должны быть освоены до начала освоения данной дисциплины:

высшая математика, информатика, физика, химия общая, минералогия

3. Требования к результатам освоения дисциплины

3.1. Перечень компетенций. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

а) общекультурные (социально-личностные) (ОК):

– способность к самореализации, активной жизненной позиции и эффективной профессиональной деятельности; развитию целеустремленности и настойчивости в достижении целей, самостоятельности и инициативности; способность принимать ответственные решения, эффективно действовать в нестандартных обстоятельствах, в ситуациях профессионального риска (ОК-5)

б) общенаучные (ОНК):

– обладание знаниями о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук: физики, химии, биологии, наук о земле и человеке, экологии; владение основами методологии научного познания различных уровней организации материи, пространства и времени; умение, используя междисциплинарные системные связи наук, самостоятельно выделять и решать основные мировоззренческие и методологические естественнонаучные и социальные проблемы с целью планирования устойчивого развития (ОНК-1);

– способность к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации, к постановке целей исследования и выбору оптимальных путей и методов их достижения (ОНК-2)

– владение методологией научных исследований в профессиональной области (ОНК-5);

в) инструментальные (ИК):

– способность использовать профессиональные базы данных, работать с распределенными базами знаний (ИК-4);

– способность использовать современную вычислительную технику и специализированное программное обеспечение в научно-исследовательской работе (ИК-5)

– готовность к работе на полевых и лабораторных геологических, геофизических, геохимических приборах, установках и оборудовании (в соответствии с профилем подготовки) (ИК-8)

г) системные (СК):

– способность к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации, к постановке целей исследования и выбору оптимальных путей и методов их достижения (СК-2);

д) общепрофессиональные (ПК):

– способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (ПК-3);

производственно-технологическая деятельность: – способность применять на практике методы сбора, обработки, анализа и обобщения фондовой, полевой и лабораторной геологической информации (ПК-5);

– способность к профессиональной эксплуатации современного полевого и лабораторного оборудования и приборов (в соответствии с профессиональной подготовкой) (ПК-9)

– способность использовать профильно-специализированные знания в области геологии, геофизики, геохимии, гидрогеологии и инженерной геологии, геологии и геохимии горючих ископаемых, экологической геологии для решения научных и практических задач (в соответствии с профилем подготовки) (ПК-21);

– способность использовать профильно-специализированные знания фундаментальных разделов физики, химии, экологии для освоения теоретических основ геологии,

геофизики, геохимии, экологической геологии (в соответствии с профилем подготовки) (ПК-22);

– способность использовать профильно-специализированные информационные технологии для решения геологических, геофизических, геохимических, гидрогеологических, инженерно-геологических, нефтегазовых и эколого-геологических задач (в соответствии с профилем подготовки) (ПК-23)

3.2. Компоненты формируемых компетенций. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать: Физические основы дифракции рентгеновских лучей в кристаллах, основные используемые методы получения рентгендифракционных данных, их анализ и способы обработки, современные проблемы минералогической кристаллографии и подходы к их решению.

уметь: Применять методы рентгенографии для решения задач качественного и количественного анализа природных и синтетических соединений.

владеть: Основными методами сбора экспериментальных данных с использованием современного рентгеновского оборудования, способами обработки полученного материала в различных специализированных комплексах и с использованием современных баз данных.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Общая трудоемкость: 3 зачетные единицы, 108 академических часов, 4 часа в неделю

4.2. Виды учебной работы с указанием суммарной трудоемкости по каждому виду:

лекции – 36 часов;

семинары – 36 часов;

самостоятельная работа – 36 часов.

4.3. Формы текущего контроля - коллоквиум

4.4. Форма промежуточной аттестации – экзамен

4.5. Краткое содержание дисциплины (**аннотация**)

Курс “Рентгенография минералов” включает следующие основные разделы:

- краткие сведения о свойствах рентгеновских лучей;
- физические основы дифракции рентгеновских лучей в кристаллах;
- методы решения важнейших задач качественного и количественного фазового анализа минералов и используемая с этой целью аппаратура;
- применение рентгеновской дифракции для решения современных проблем структурной минералогии: а) кристаллохимическая систематика минералов и характеристика основных её подразделений; б) исследование изоморфизма, полиморфизма и политипии в минералах (на примере представителей глин и полевых шпатов) и его петрогенетическое значение.

4.6. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и темам, а также видам учебной работы (формам проведения занятий) с указанием форм текущего контроля и промежуточной аттестации

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (трудоемкость в часах)	Формы текущего контроля успеваемости
--------------	--------------------------	----------------	------------------------	---	---

				лекции	семи-нары	практ. занятия, лаб. работы	самост. работа	<i>(по неделям семестра)</i> Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
1	Введение.	3	1	2	2		2	
2	Физические основы рентгенографии кристаллов.		2	2	2		2	сдача расчетных работ
3	Аппаратура и методы получения рентгендифракционных спектров.		3-4	4	4		4	сдача расчетных работ
4	Применение рентгенографии для решения задач качественного и количественного анализа кристаллов.		5-6	4	4		4	коллоквиум
5	Количественный фазовый анализ. Современные методы рентгеновских исследований структурных превращений минералов при высоких давлениях и температурах.		7-8	4	4		4	сдача расчетных работ
6	Применение рентгеновской дифракции для решения современных проблем структурной минералогии. Структурные типы простых веществ и самородных металлов. Структуры неметаллов и полуметаллов IV-VII групп.		9-11	6	6		6	сдача расчетных работ
7	Основные структурные типы галогенидов, оксидов, гидроксидов, сульфидов. Структурные типы, устойчивые в глубинных оболочках Земли. Основные компоненты SYNROC для поглощения радиоактивных отходов.		12-14	6	6		6	сдача расчетных работ
8	Структурные принципы силикатов. Рентгенографическая диагностика состава щелочных полевых шпатов и плагиоклазов. Силикаты глубинных геосфер.		15-16	4	4		4	сдача расчетных работ
9	Генетическая кристаллохимия фосфатов. Кристаллохимическая		17-18	4	4		4	сдача расчетных работ

	систематика карбонатов и сульфатов. Кристаллохимия боратов.							
	ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ							ЭКЗАМЕН
	ВСЕГО			36	36		36	

4.7. Содержание дисциплины по разделам и темам

Применение современных методов рентгенографии в изучении структуры кристаллов. Краткий обзор проблематики этих исследований.

Физические основы рентгенографии кристаллов.

Открытие и свойства рентгеновских лучей. Сплошной и характеристический спектры. Рентгеновские трубки. Поглощение рентгеновских лучей и выбор рентгеновского излучения. Применение фильтров для монохроматизации рентгеновских лучей. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах. Модель дифракции как рассеяние рентгеновских лучей по Лауэ. Модель дифракции как отражение рентгеновских лучей от атомных плоскостей. Уравнение Брэгга-Вульфа.

Аппаратура и методы получения рентгендифракционных спектров. Дифракционная картина при съемке в камере Дебая-Шеррера и расчет рентгендифракционного спектра. Приготовление образца для съемки. Влияние размера частиц на дифракционную картину в камере Дебая-Шеррера. Точность при расчете рентгенограммы. Получение рентгендифракционного спектра в камере Гондольфи.

Индексирование рентгенограмм. Отличие дифракционных индексов от индексов атомных плоскостей. Вывод квадратичных формул для кристаллов кубической сингонии. Расчет параметра элементарной ячейки для кристаллов кубической сингонии.

Современные рентгеновские аппараты и дифрактометры. Счетно-регистрирующее устройство в порошковых дифрактометрах. Выбор режима съемки. Ограничивающие и приемные щели рентгеновского гониометра. Управляющий комплекс рентгеновского дифрактометра ДРОН-УМ-1. Получение рентгендифракционных спектров (программы "dron", "mid.exe", "spectr") и определение параметров элементарной ячейки в дифрактометре ДРОН-УМ-1. Основные принципы работы автоматического порошкового дифрактометра STOE STADI-MP с позиционно-чувствительным детектором. Высокотемпературная рентгеновская съемка порошковых образцов.

Применение рентгенографии для решения задач качественного и количественного анализа кристаллов.

Диагностика мономинеральных фаз и качественный рентгенофазовый анализ смесей химических соединений и минералов. Определители фаз. Базы данных. Индексирование рентгеновских спектров (программы "ind" и "krist"). Рассеяние рентгеновских лучей атомом и системой атомов. Закономерные погасания дифракционных рефлексов. Определение федоровской группы и типа решетки Бравэ.

Количественный фазовый анализ. Факторы, влияющие на соотношение интенсивностей

рефлексов в полифазном образце. Определение соотношения фаз в двухкомпонентной смеси. Методы коэффициентов и внутреннего стандарта в количественном анализе.

Современные методы рентгеновских исследований структурных трансформаций минералов при высоких давлениях и температурах. Знакомство с рентгеновской камерой высокого давления. Применение синхротронного излучения для съемки в камерах с алмазными наковальнями. Принципы кристаллохимии высоких давлений.

Минералогически возможные структурные типы оксидов, силикатов и карбонатов в верхней и нижней мантии. Железо и его соединений с никелем и с легкими элементами в ядре Земли. Минералы – аккумуляторы воды в мантии.

Применение рентгеновской дифракции для решения современных проблем структурной минералогии:

- а) кристаллохимической систематики минералов;
- б) изучения структурных перестроек в глубинных геосферах;
- в) исследования важнейших явлений в реальной структуре минералов - изоморфизма, полиморфизма, политипии, модуляции и др.

Представление об основных этапах определения кристаллических структур и используемого при этом математического аппарата.

Структурные типы простых веществ, самородных металлов и интерметаллидов. Плотнейшие упаковки в структурах металлов. Структуры замещения и внедрения в интерметаллидах. Фазы Лавеса. Наиболее распространенные структурные типы металлов. Металлы в ядрах Земли и Луны. Правила валентно-электронной концентрации. Понятие о квазикристаллах и их симметрии. Природные квазикристаллы.

Структуры неметаллов и полуметаллов IV-VII групп. Структуры муассонита и когенита. Структуры газов и газогидратов. Полиморфные модификации углерода и их структуры. Литосферные и сублитосферные алмазы. Включения рингвудита, когенита и металлов в алмазе. Бриллиантовая огранка.

Основные структурные типы галогенидов. Оксиды, гидроксиды и их структурное подобие с галогенидами. Структурные типы, общие для галогенидов и оксидов. Структура флюорита и его гомологов. Основные структурные типы гидроксидов и связанных с ними соединений. Кристаллохимия минералов железо-марганцовых конкреций. Структурные типы, устойчивые в глубинных оболочках Земли. Полиморфизм вюстита FeO. Минералогически вероятные оксиды железа в переходной зоне, нижней мантии и ядре Земли, Высоко-спиновое и низко-спиновое состояние Fe в минералах нижней мантии. Структурные типы рутила, голландита и Са-феррита: их роль как матриц мантийных минералов. Основные компоненты SYNROC для поглощения радиоактивных отходов.

Кристаллохимическая классификация сульфидов. Сульфиды с тетраэдрическими структурами. Структуры дисульфидов. Особенности формирования электронных оболочек в тетраэдрических сульфидах и дисульфидах. Донорно-акцепторные взаимодействия в структурах сульфидов. Рентгенография арсенопирита. Кластерные структуры сульфидов. Сульфиды неполновалентных элементов. Сульфосоли с тетраэдрическими структурами и с сульфосолевыми нитями. Возможные соединения железа с серой в ядре Земли.

Структурные принципы силикатов. Главная концепция кристаллохимии силикатов. Основные подразделения структурной систематики силикатов. Структурные типы островных силикатов. Структура оливина. Диагностика состава. Структурные перестройки оливина при высоких давлениях. Структурные типы вадслеита и рингвудита (шпинели). Силикаты глубинных геосфер. Силикатные перовскиты, пост-перовскит, бриджманит.

Островные линейные и объемные группировки из тетраэдров в структурах силикатов. Кольцевые силикаты. Структуры цепочечных и силикатов и пироксеноидов. Структура диопсида. Акимотоит и хемлеит – силикаты со структурой ильменита. Структуры амфиболов и биопириболов. Модулярная минералогия. Основные элементы структуры чароита.

Рентгенографическая диагностика слоистых силикатов. Политипия слюд. Ди- и три-октаэдрические слои. Особенности рентгеновской диагностики минералов групп каолинита, слюд, хлорита и монтмориллонита. Смешаннослойные силикаты (сметиты). Группа серпентина. Механизм снятия структурных напряжений. Структуры палыгорскита и сепиолита – минералов современных осадков океанского дна. Что такое гетерофилосиликаты?

Полиморфные модификации SiO_2 . HP-модификации: коэсит, стишовит, зейфертит. Семейство полевых шпатов. Рентгенографическое определение состава щелочных полевых шпатов и плагиоклазов. Определение структурного состояния полевых шпатов. Метод Стюарта-Райта.

Что означает термин фельдшпатоиды? Микропористые, мезопористые и макропористые цеолиты: особенности структур. Важнейшие минералы – натролит, гейландит (клиноптилолит) и шабазит. Волокнистые, «слоистые» и каркасные цеолиты. Области применения.

Генетическая кристаллохимия фосфатов. Сравнительная кристаллохимия силикатов и фосфатов.

Кристаллохимическая систематика карбонатов и сульфатов. Смешанные комплексы в их структурах. Структуры ромбоэдрические и ромбические карбонаты. Рентгенография доломита. Различие структур малахита и азурита – главных Cu-карбонатов. Ca-, Mg- и Fe-карбонаты при высоком давлении. Смешанные комплексы в структурах сульфатов. Структуры квасцов, хальконтита, линарита, алунита-ярозита и гипса.

Кристаллохимия боратов. Структуры с анионными комплексами из В-треугольников, В-тетраэдров и обоими типами BO_n -полиэдров. Структуры главных представителей класса боратов: суанита, ссайбелиита, колеманита, улексита и буры.

Содержание семинаров

Знакомство с рентгеновской лабораторией и правилами техники безопасности.
Приготовление мономинерального образца для съемки в камере Дебая-Шеррера и получение рентгендифракционного спектра.
Обработка полученного спектра. Расчет дебаеграммы кристалла кубической сингонии.
Выделение α - и β -линий при расчете. Диагностика исследуемой фазы.
Индексирование порошковых рентгенограмм и расчет параметров элементарной ячейки.

Приготовление образца и получение рентгendifракционного спектра в дифрактометре ДРОН-УМ-1.

Обработка и расчет дифрактограммы. Диагностика минерала средней категории.

Приготовление образца с внутренним стандартом для съемки в дифрактометре ДРОН-УМ-1.

Диагностика двухфазного образца (образец предоставляется преподавателем).

Методы рентгеновской диагностики состава полевых шпатов. Индицирование, расчет параметров элементарной ячейки и оценка структурного состояния полевых шпатов по методу Стюарта-Райта.

Основные принципы работы на автоматическом порошковом дифрактометре STOE STADI-MP, оснащенном высокотемпературной камерой.

Работа с современными программами для обработки порошковых рентгendifракционных данных. Работа с порошковыми базами данных.

5. Рекомендуемые образовательные технологии

Технология постановки цели - предполагает формулировку целей через результаты обучения, выраженные в таких действиях учеников, которые можно реально оценить. Цели ранжируются по уровням: знание, понимание, применение, синтез, анализ, оценка.

Технология обучения как учебного исследования - основные этапы: столкновение с проблемой, сбор данных («верификация»), сбор данных (экспериментирование), построение объяснения, анализ хода исследования, выводы.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Домашние задания для самостоятельной подготовки студентов

Обработка рентгendifракционного спектра. Выделение и отбраковка β -линий при расчете. Диагностика исследуемой фазы.

Приготовление образца и получение рентгendifракционного спектра в автоматическом порошковом дифрактометре ДРОН-УМ1

Определение вещества и расчет параметров элементарной ячейки

Типовые упражнения и расчетные задания

Расчет дебаеграммы кристалла кубической сингонии и неизвестного вещества.

Обработка и расчет дифрактограмм

Определение параметров элементарной ячейки кубического кристалла по значениям межплоскостных расстояний и длине волны рентгеновского излучения, на котором они были получены.

Диагностика двухфазного образца

Рассчитайте разницу в углах θ для α_1 и α_2 отражений от одной системы плоскостей, полученных на Си-излучении ($\lambda_{\alpha_1} 1.54050 \text{ \AA}$, $\lambda_{\alpha_2} 1.54434 \text{ \AA}$), если для α_1 -рефлекса угол $\theta = 85^\circ$.

Перечень вопросов для текущего контроля успеваемости

Уравнение Брэгга-Вульфа

Получение рентгendifракционных спектров

Индицирование рентгенограмм.

Отличие дифракционных индексов от индексов атомных плоскостей.
Вывод квадратичных формул для кристаллов кубической сингонии.
Определение параметров элементарной ячейки в дифрактометре ДРОН-УМ-1.
Закономерные погасания дифракционных рефлексов.
Определение федоровской группы и типа решетки Бравэ.
Определение соотношения фаз в двухкомпонентной смеси.
Методы коэффициентов и внутреннего стандарта в количественном анализе.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации

Модель дифракции по Брэггу. Модель дифракции по Лауэ.
Сплошной и характеристический спектры рентгеновских лучей.
Природа α_1 и α_2 волн.
Вывод квадратичных форм в рентгенографии.
Рентгеновская диагностика, точность расчета рентгенограмм, возникающие проблемы.
Особенности рентгенографии при высоких давлениях.
Структурные типы минералов глубинных геосфер.
Поглощение рентгеновских лучей. Рентгеновские фильтры.
Что такое синхротронное излучение и где оно применяется?
Структурные типы простых веществ и интерметаллидов. Правила валентно-электронной концентрации. Структуры муассонита и когенита.
Структурные типы металлов. Структуры замещения и внедрения в интерметаллидах.
Фазы Лавеса. Металлы в ядрах Земли и Луны.
Понятие о квазикристаллах и их симметрии. Природные квазикристаллы.
Структуры газов и газогидратов.
Полиморфные модификации углерода и их структуры. Литосферные и сублитосферные алмазы. Включения рингвудита и металлов. Бриллиантовая огранка.
Структурные типы, общие для галогенидов и оксидов. Структура флюорита и его гомологов.
Полиморфизм вюстита FeO. Высоко-спиновое и низко-спиновое состояние Fe.
Структурные типы рутила, голландита и Са-феррита: их роль как матриц мантийных минералов.
Силикатные перовскиты, пост-перовскит, бриджманит.
Основные структурные типы гидроксидов и связанных с ними соединений. Минералы ЖМК.
Особенности формирования электронных оболочек в тетраэдрических сульфидах и дисульфидах. Донорно-акцепторные взаимодействия в структурах сульфидов.
Рентгенография арсенопирита. Кластерные сульфиды.
Сульфиды неполновалентных элементов. Структуры тетраэдрических сульфосолей. Что такое сульфосолевые нити?
Структурные типы островных силикатов. Структура оливина. Диагностика состава.
Структурные перестройки оливина при высоких давлениях. Аккумуляторы воды в мантии.
Островные группировки из тетраэдров в структурах силикатов.
Кольцевые силикаты.
Структуры цепочечных и силикатов и пироксеноидов. Структура диопсида. Акимотоит и хемлеит – силикаты со структурой ильменита.
Структуры амфиболов и биопироболов. Модулярная минералогия. Основные элементы структуры чароита.
Основные структурные типы слоистых силикатов. Политипия слюд. Ди- и три-октаэдрические слои. Диагностика слоистых силикатов. Рентгеновская диагностика минералов группы хлорита. Смешаннослойные силикаты (сметтиты).
Группа серпентина. Механизм снятия структурных напряжений. Структуры палыгорскита

и сепиолита. Что такое гетерофилосиликаты?

Полиморфные модификации SiO₂. HP-модификации: коэсит, стишовит, зейфертит.

Семейство полевых шпатов. Определение состава полевых шпатов.

Определение структурного состояния полевых шпатов. Метод Стюарта-Райта.

Что означает термин фельдшпатоиды? Микропористые, мезопористые и макропористые цеолиты: особенности структур. Важнейшие минералы – натролит, гейландит (клиноптилолит) и шабазит. Волокнистые, «слоистые» и каркасные цеолиты. Области применения.

Структуры ромбоэдрические и ромбические карбонаты. Рентгенография доломита.

Различие структур малахит и азурита – главных Cu-карбонатов. Ca-, Mg- и Fe- карбонаты при высоком давлении.

Смешанные комплексы в структурах сульфатов. Структуры квасцов, хальконтита, линарита, алуниита-ярозита и гипса.

Структуры главных представителей класса боратов: суанита, ссайбелиита, колеманита, улексита и буры.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

Пуцаровский Д.Ю. Рентгенография минералов. М.-«Геоинформмарк», 2000, 292 с.

“Руководство по рентгеновскому исследованию минералов”, под ред. В.А.Франк-Каменецкого. Л., “Недра”, 1976.

“Рентгенография основных типов породообразующих минералов”, под ред. В.А.Франк-Каменецкого. Л., “Недра”, 1983.

Ковба Л.М., Трунов В.К. “Рентгенофазовый анализ”, М., МГУ, 1976.

Крутова Г.И., Казаков В.И. “Методические указания по исследованию глинистых минералов методом дифрактометрии”, М., УДН, 1984.

Пуцаровский Д.Ю., Урусов В.С. “Структурные типы минералов”, М., МГУ, 1990.

б) дополнительная литература

Липсон Г., Стипл Г. “Интерпретация порошковых рентгенограмм”, М., Мир, 1972.

Васильев Е.К., Нахмансон М.С. “Качественный рентгенофазовый анализ”, Новосибирск, “Наука”, СО РАН, 1986.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

пакеты программ XRay, MatchIt, базы данных ICSD, ICDD

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

а) помещение:

- аудитория, рассчитанная на группу из 40 учащихся;

- компьютерный класс, рассчитанные на группу из 8 учащихся с лицензионным программным обеспечением, включающим современные специализированные программы для обработки рентгендифракционных данных и базы данных;

б) оборудование:

- 4 порошковых дифрактометра (1 из порошковых дифрактометров оснащен

высокотемпературной камерой)

- монокристалльный дифрактометр

- мультимедийный проектор

9. Авторы-составители (разработчики программы, *в том числе из вузовского сообщества и представителей работодателей*)

Геологический ф-т

декан

Д.Ю. Пущаровский

(место работы)

(занимаемая должность)

(инициалы, фамилия)

Рабочий телефон: 8 (495) 939 2970