

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

УТВЕРЖДАЮ

**Декан Геологического факультета
академик**

_____/Д.Ю.Пушаровский/

« ____ » _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ КРИСТАЛЛОХИМИЯ НОВЫХ МИНЕРАЛОВ С ГЕТЕРОПОЛИЭДРИЧЕСКИМИ
КОМПЛЕКСАМИ**

Автор-составитель: Ямнова Н.А.

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

ГЕОХИМИЯ

Магистерская программа

Кристаллография и кристаллохимия (ИМ)

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом Геологического факультета

(протокол № _____, _____)

Москва 20__

На обратной стороне титула:

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г. №1674

Год (годы) приема на обучение – 2018.

Цель и задачи дисциплины

Цели – Получение студентами знаний о закономерностях строения природных и синтетических соединений классов сложных оксидов, карбонатов, боратов, силикатов и фосфатов; теоретическая подготовка и освоение практических навыков сравнительного кристаллохимического анализа соединений с многокомпонентным составом и сложным строением.

Задачи – Изучение основных принципов строения оксидных, карбонатных, боратных, силикатных и фосфатных минералов и их синтетических аналогов с гетерополиэдрическими комплексами; выделение фундаментального строительного блока определенного состава и строения в разных классах природных и синтетических соединений; изучение особенностей строения и сравнительный кристаллохимический анализ соединений указанных классов, их топология и структурная взаимосвязь

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, дисциплины по выбору, курс – II, семестр – 3. **2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:**

Кристаллография, Минералогия, Рентгеноструктурный анализ, Кристаллохимия

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

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины (модуля):

ОПК-3.М Способность в процессе решения профессиональных задач самостоятельно получать, интерпретировать и обобщать результаты, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию

ПК-4.М Способность создавать и исследовать модели изучаемых объектов на основе использования теоретических и практических знаний в области геологии

СПК-1.М Способность использовать кристаллохимический и рентгеноструктурный анализ для теоретических и экспериментальных исследований в области кристаллографии и кристаллохимии

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

знать:

- основные принципы строения природных и синтетических соединений с многокомпонентным составом и сложным строением из классов оксидов, карбонатов, боратов, силикатов, фосфатов;
- методы описания кристаллических структур;
- основные критерии современных классификаций соединений классов оксидов, карбонатов, боратов, силикатов, фосфатов;
- понятие о взаимосвязи состава соединения со строением, свойствами и условиями образования.

уметь:

- представлять развернутое описание кристаллических структур в совокупности с кристаллохимическим анализом;
- определять место конкретного соединения в классификационной схеме;
- выявлять доминирующие фрагменты структур, в том числе указывающие на наличие физических свойств соединений;
- выделять характерные детали структур, постоянные для соединений конкретного класса.

владеть:

- практическими навыками работы с кристаллической структурой, включая построение проекций и выявление особенностей строения с использованием современных программ

-методами сравнительного кристаллохимического анализа с использованием материалов современных баз данных кристаллических структур.

4. Формат обучения – лекционные и семинарские занятия

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 1 з.е., в том числе 14 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (4 часов – занятия лекционного типа, 10 часов – занятия семинарского типа, 10 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе "Геохимия природных вод" излагаются следующие проблемы:

- понятие «*фундаментальный строительный блок (FVB)*», основные типы блоков-модулей. Выделение *FVB* в структурах соединений с однородными октаэдрическими каркасами и гетерополиэдрическими комплексами;
- Принципы строения, свойства и фазовые соотношения в группах силикатных минералов с гетерополиэдрическими каркасами
- Сравнительная кристаллохимия новых силикатных минералов со смешанными слоистыми радикалами;

На практических занятиях студенты знакомятся с практическими навыками работы с кристаллической структурой, включая построение проекций и выявление особенностей строения с использованием современных программ

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы * (виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Вводная часть курса: понятие « <i>фундаментальный строительный блок (FBB)</i> », основные типы блоков-модулей. Выделение <i>FBB</i> в структурах соединений с однородными октаэдрическими каркасами и гетерополиэдрическими комплексами.		1		2		4 задание №1.
Принципы строения, свойства и фазовые соотношения в группах силикатных минералов с гетерополиэдрическими каркасами.				4		4 Проверка задания №1. Задания №2 и №3
Гетерофиллосиликаты. Сравнительная кристаллохимия новых силикатных минералов со смешанными слоистыми радикалами.		1		2		4 Проверка заданий №2 и №3. Задание №4
Особенности строения боратов. Модулярный подход в кристаллохимии природных и синтетических боратов со слоистыми борокислородными радикалами		1		2		4 Проверка задания №4. Задание №5
Основные принципы анион-центрированной кристаллохимии на примере оксофосфатов висмута и переходных металлов.		1	6	2		6 4 Проверка задания №5. Задание №6. Подготовка рефератов
Промежуточная аттестация						ЗАЧЕТ
Итого	36			14		22

Содержание разделов дисциплины:

Основные принципы модулярного подхода к описанию структур. Прото- и рекомбинационные структуры. Определение понятия фундаментального строительного блока и принципы его выделения в оксидах со структурным типом скрутинита α -PbO₂, диортосиликатах и ортотриборатах. Особенности строения мариинскита. Гетерополиэдрические комплексы в структурах редкоземельных природных карбонатов.

Домашнее задание №1

Новые силикатные минералы со смешанными слоистыми радикалами (гетерофиллосиликаты). Характеристика трехслойных модулей-блоков: *T-O-T* и *H-O-H* на примерах структур слюд и их титаносиликатных аналогов. Способ объединения *O*- и *H*-слоев в трехслойных пакетах и взаимное расположение соседних пакетов. Роль катионного состава слоя и межпакетного пространства при образовании новых минеральных видов

Основные строительные единицы в кристаллических структурах боратов. Наиболее распространенные структурные фрагменты. Классификация боратных минералов. Основные классификационные схемы (Крист и Кларк, Штрунц). Роль воды в структурном разнообразии диборатов с постоянным отношением CaO:B₂O₃=1:1 и триборатов с CaO:B₂O₃=2:3. Типология слоев и примеры слоистых структур боратов с различными фундаментальными строительными единицами

Особенности строения и основные принципы анион-центрированной кристаллохимии оксидов и оксосолей висмута и переходных элементов. Особенности строения и структурная обусловленность ионно-проводящих и магнитных свойств фосфатов висмута и цветных металлов, синтезированных в гидротермальных условиях. Принципы выделения комплексов из анион-центрированных тетраэдров и треугольников и сравнительный кристаллохимический анализ указанных соединений. Синтетические аналоги природных висмут содержащих оксосолей (намибит, щуровскиит).

Домашнее задание №6

Содержание семинаров

Сравнительный кристаллохимический анализ простых и сложных оксидов со структурным типом скрутинита α -PbO₂ (иксиолит, танталит, W-иксиолит, воджинит, китянлинит и корагоит), диортосиликатов и ортотриборатов (флюоборит, гидроксилборит, джаффеит, паинит) с однородными октаэдрическими каркасами. Особенности катионного распределения в композитоподобной структуре мариинскита. Типы гетерополиэдрических комплексов и способы их конденсации в структурах редкоземельных карбонатов минеевита и тулюкита в сравнении с близкими по составу редкоземельными карбонатами натрия, кальция, стронция, бария – членами политипных серий синчизита и доннейита.

Характеристика (*M,T*)-гетерополиэдрического каркаса и свойства минералов со структурами данного типа в сравнении с аналогичными характеристиками минералов с однородными октаэдрическими и тетраэдрическими каркасами. Состав и симметрия фундаментального строительного блока минералов групп ловозерита (казаковит, цирсианит, ловозерит, тисиналит, литвинскит и капустинит). Механизмы трансформаций, причины разнообразия и структурное родство протофаз и новообразованных минералов. Общие черты строения минералов группы лабунцовита (гьердингенит-Na, гьердингенит-Ca, карупмёллерит-Ca). Особенности твердофазных превращений в данной группе, их отличие от трансформаций в ловозеритовой группе. Минералы страховит, тайканит и бельковит как примеры соединений с гетерополиэдрическими каркасами. Домашнее задание №2.

Соединения полиморфного ряда глазерит-арканит-оливин (минералы кальцио-оливин, ларнит, мервинит, бредигит, синтетические ортосиликаты кальция). Особенности структурных соотношений в полиморфном ряду Ca₂SiO₄, механизмы фазовых

переходов и причины структурного родства. Выделение глазеритового модуля как фундаментального строительного блока для данного ряда соединений. Теоретическое моделирование возможных гипотетических фаз в ряду арканит-оливин. Домашнее задание №3.

Особенности строения минералов группы бафертисита (перроллит, сурхобит) и астрофиллита. Примеры гибридных структур, производных от бафертиситового и астрофиллитового типа (минералы группы розенбушита, камараит, нафертисит и кариохроит). Гетерофиллосиликаты с псевдокаркасными постройками и микропоровые силикаты с гетерополиэдрическими каркасами. Пириболы и биопириболы. Строение минералов семейства «палысепиолов» как производных от пироксенов и амфиболов. Примеры. Особенности строения интерсилита и его место в ряду родственных структур. Домашнее задание №4.

Филлопентабораты групп бирингучита и витчита. Общие черты строения трех модификаций витчита, волковскита, синтетических (Ca, Sr, Ba)-пентаборатов с дополнительными В-треугольниками и без них. Состав трехслойных пакетов. Особенности симметричной связи слоев одного пакета и соседних пакетов. Принцип выделения фундаментального строительного блока, его состав и точечная симметрия. Теоретическое моделирование политипов витчитоподобных пентаборатов. Влияние состава, симметрии блоков и способов их объединения в структуре на разнообразие минеральных видов рассмотренных пентаборатов (на примере бирингучита, назинита, говерита). Домашнее задание №5.

Рекомендуемые образовательные технологии

При освоении дисциплины «Сравнительная кристаллохимия новых минералов с гетерополиэдрическими комплексами» активно используется образовательная **технология педагогических мастерских** - преподаватель создаёт атмосферу открытости, доброжелательности, сотворчества в общении, равен ученику в поиске знания, не торопится давать ответы на поставленные вопросы. Исключает официальное оценивание работы учащегося, но через социализацию, афиширование работ даёт возможность появления самооценки учащегося, её изменения, коррекции.

В курсе предусматривается широкое использование активных и интерактивных форм проведения занятий. Учащиеся знакомятся с новейшими данными по исследованию строения кристаллического вещества. По результатам внеаудиторной работы студенты под руководством преподавателя готовят решение индивидуальных задач по основным разделам дисциплины и защищают их на семинарах.

При чтении лекций используются **интерактивные лекции-визуализации** с выделением в визуальной форме основных понятий дисциплины.

При проведении семинарских занятий используются ролевые игры, имитирующие реальные задачи, имеющие практическую значимость

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных лабораторных/практических/расчетных работ (при наличии).

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

***Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля/ Темы
конт рольных работ :***

1. Понятие «фундаментальный строительный блок» и принципы его выделения в структурах.
2. Минералы с однородными октаэдрическими каркасами. Особенности строения, причины видового разнообразия на примере соединений структурных типов скрутинита и флюоборита.
3. Особенности катионного распределения в структуре природного сложного оксида мариинскита.
4. Минералы с гетерополиэдрическими комплексами и особенности их строения на примере редкоземельных карбонатов.

Расчетные домашние задания:

Задание №1. Поиск данных и построение проекций структур соединений классов сложных оксидов группы иксиолита-воджинита и редкоземельных карбонатов, сопоставимых с минеевитом и тулиокитом. Описание структур и сравнительный кристаллохимический анализ с определением доминирующего структурного фрагмента.

Задание №2. Построение проекций, описание и сравнительный кристаллохимический анализ ромбических членов ловозеритовой группы минералов. Выбор фундаментального строительного блока и особенности его комбинаций в структурах подгрупп имандрита и коашвита.

Задание №3. Поиск новых данных по глазеритоподобным природным и синтетическим соединениям классов фосфатов, сульфатов, арсенатов и силикатов, построение проекций структур, их анализ и сравнение с известными структурами глазеритового типа.

Задание №4. Поиск новых примеров гетерофиллосиликатных минералов, производных от бафертиситового и палыгорскитового структурных типов. Построение и анализ структур в сравнении с известными соединениями.

Задание №5. Анализ строения мегаборатов. Поиск структурных данных, построение проекций структур, определение типа борокислородного радикала, выделение фундаментального строительного блока.

Задание №6. Анализ строения висмут и медь содержащих оксосолей с позиций анион-центрированной кристаллохимии. Примеры структур среди природных фосфатов, арсенатов, ванадатов и их сравнительный кристаллохимический анализ.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной очной аттестации:

1. Характеристика гетерополиэдрического (смешанного) каркаса. Особенности строения и свойства минералов данного типа, их отличие от минералов с однородными октаэдрическими и тетраэдрическими каркасами.
2. Строение и свойства микропоровых минералов с гетерополиэдрическими каркасами групп ловозерита и лабунцовита.
3. Особенности строения и причины разнообразия минеральных видов групп ловозерита и лабунцовита.
4. Механизмы твердофазных превращений в группах ловозерита и лабунцовита.

- Общие черты и различия.
5. Особенности структурных соотношений в полиморфном ряду Ca_2SiO_4 . Структурные типы глазерита-арканита-оливина.
 6. Механизмы фазовых переходов и причины структурного родства синтетических и природных соединений полиморфного ряда Ca_2SiO_4 .
 7. Глазеритовый модуль как фундаментальный строительный блок соединений полиморфного ряда Ca_2SiO_4 . Способы комбинаций блока в структурах, производных от глазеритовой.
 8. Характеристика трехслойных модулей-блоков: *T-O-T* и *H-O-H* на примерах структур слюд и их титаносиликатных аналогов.
 9. Особенности строения минералов групп бафертисита и астрофиллита. Роль катионного состава и способа объединения трехслойных пакетов при образовании новых минеральных видов.
 10. Гибридные структуры, производные от структур бафертиситового и астрофиллитового типов. Примеры.
 11. Сходство и различие гетерофиллосиликатов с псевдокаркасными постройками и микропоровых силикатов с гетерополиэдрическими каркасами.
 12. Строение минералов семейства «палысепиолов» как производных от пироксенов и амфиболов. Примеры.
 13. Особенности строения интерсилита и его место в ряду родственных структур.
 14. Основные строительные единицы в кристаллических структурах боратов. Наиболее распространенные структурные фрагменты.
 15. Основные классификационные схемы боратных минералов. Примеры структур минералов с однородными В-радикалами.
 16. Типология слоев и примеры слоистых структур боратов с различными фундаментальными строительными блоками.
 17. Общие черты строения филопентаборатов групп бирингучита и витчита.
 18. Трехслойные пакеты в структурах пентаборатов с полярными борокислородными слоями. Их состав. Особенности симметричной связи слоев внутри пакета и между отдельными пакетами.
 19. Принцип выделения фундаментального строительного блока в группе витчитоподобных пентаборатов, его состав и точечная симметрия.
 20. Влияние состава, симметрии фундаментальных строительных блоков и способов их объединения в структурах витчитоподобных политипов на разнообразие минеральных видов. Особенности структур бирингучита, назинита и говерита.
 21. Особенности строения триборатов с постоянным отношением $\text{CaO}:\text{B}_2\text{O}_3 = 2:3$ и роль воды в структурном разнообразии минералов указанной группы.
 22. Основные принципы анион-центрированной кристаллохимии на примере висмут содержащих оксидов и оксосолей. Особенности строения указанных соединений и структурная обусловленность свойств.
 23. Принципы выделения комплексов из анион-центрированных тетраэдров и треугольников и сравнительный кристаллохимический анализ синтетических оксофосфатов висмута.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: основные принципы строения	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания

природных и синтетических соединений многокомпонентным составом и сложным строением из классов оксидов, карбонатов, боратов, силикатов, фосфатов;				
Умения: представлять развернутое описание кристаллических структур в совокупности с кристаллохимическим анализом	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы в кристаллохимическом анализе	Успешное умение развернутое описание кристаллических
Владения: практическими навыками работы с кристаллической структурой, включая построение проекций и выявление особенностей строения с использованием современных программ	Навыки владения графическими методами отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки с использованием графических методов	Владение графическими методами, использование их для решения генетических задач.

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Белов Н.В. Очерки по структурной минералогии. – М.: Недра. 1976. 344 с.
 2. Бокий Г.Б. Кристаллохимия. – М.: Наука. 1971. 400 с.
- дополнительная
1. Воронков А.А., Шумяцкая Н.Г., Пятенко Ю.А. Кристаллохимия минералов циркония и их искусственных аналогов. – М.: Наука. 1978. 182 с.
 2. Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия. – М.: Изд-во Книжный дом «Университет». 2005. 592 с.
 3. Звягин Б.Б. «Модулярный аспект кристаллических структур» // Кристаллография. 1993. Т.38. №1. С. 104-115.
 4. Пятенко Ю.А., Воронков А.А., Пудовкина З.В. Минералогическая кристаллохимия титана. – М.: Наука. 1976. 155 с.
 5. Расцветаева Р.К., Аксенов С.М. «Кристаллохимия силикатов с

6 Урусов В.С., Еремин Н.Н. Кристаллохимия. Краткий курс. Учебник. Изд-во МГУ. 2010. 256 с.

7 Хомяков А.П. Минералогия ультраапатитовых щелочных пород. – М.: Наука.1990. 196 с.

Б) Перечень лицензионного программного обеспечения пакеты программ Statistica; Microsoft Office Excel, Microsoft Office PowerPoint (при необходимости)

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем <http://database.iem.ac.ru/mincryst/> – база данных кристаллических структур МИНКРИСТ;

<http://rruff.geo.arizona.edu/AMS/amcsd.php> – база данных кристаллических структур American Mineralogist.

<https://www.mindat.org/>- база данных минералов American Mineralogist.

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

<http://cryst.geol.msu.ru/courses/sravn/> – официальная страница курса;

Д) Материально-техническое обеспечение: - персональные компьютеры.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – Ямнова Н.А.

11. Автор (авторы) программы – Ямнова Н.А.