

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной  
работе

                    Лейфа                    А.В. Лейфа

« 1 » сентября 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**«КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ»**

Специальность 21.05.02 Прикладная геология

Специализация образовательной программы – Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

Квалификация выпускника – Горный инженер - геолог

Год набора – 2023

Форма обучения – Очная

Курс     2     Семестр     3,4    

Экзамен 3,4 сем

Общая трудоемкость дисциплины 252.0 (академ. час), 7.00 (з.е)

Составитель Е.Г. Мурашова, доцент, канд. геогр. наук

Инженерно-физический факультет

Кафедра геологии и природопользования

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для специальности 21.05.02 Прикладная геология, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 12.08.20 № 953

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры геологии и природопользования

01.09.2023 г. , протокол № 1

Заведующий кафедрой Юсупов Д.В. Юсупов

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Юсупов Д.В. Юсупов

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и  
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

« 1 » сентября 2023 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель дисциплины:

«Кристаллография и минералогия» является изучение теоретических основ кристаллографии и минералогии с использованием лабораторных занятий, раскрытие связи между структурой и свойствами, условиями образования минералов и получение в итоге фундаментального образования, направленного на получение современного естественнонаучного мировоззрения.

### Задачи дисциплины:

Изучение основных особенностей кристаллических веществ и их свойств, освоение основных идей, исходных положений и определений строения кристаллов, изучение кристаллических структур, изучение симметрии кристаллов, изучение минералов, их происхождения и изменения, изучение принципов современной классификации минералов, а также ассоциаций гипергенного и метаморфического процессов, явлений типоморфизма.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Кристаллография и минералогия» входит в цикл профессиональных базовых дисциплин, при подготовке горных инженеров специальности 21.05.02 «Прикладная геология». Для освоения дисциплины «Кристаллография, минералогия» необходимо знать: физику, химию, общую геологию, математику.

Изучение дисциплины «Кристаллография и минералогия» необходимо для дальнейшего усвоения дисциплин: «Основы учения о полезных ископаемых», «Петрография магматических и метаморфических пород, петрология», «Литология», «Формационный анализ».

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

### 3.1 Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Применение фундаментальных знаний	ОПК-2 Способен применять методы и способы геолого-экономической оценки минерально-сырьевой базы и месторождений полезных ископаемых	ИД1 ОПК-2. Знает методы и способы геолого-экономической оценки минерально-сырьевой базы и месторождений полезных ископаемых ИД2 ОПК-2. Умеет применять свои знания на практике ИД3 ОПК-2. Владеет методами и способами геолого-экономической оценки минерально-сырьевой базы и месторождений полезных ископаемых

## 4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7.00 зачетных единицы, 252.0 академических часов.

2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – Лекции в виде практической подготовки

4.3 – ПЗ (Практические занятия)

4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки

4.5 – ЛР (Лабораторные работы)

4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки

4.7 – ИКР (Иная контактная работа)

4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)

4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)

5 – Контроль (в академических часах)

6 – Самостоятельная работа (в академических часах)

7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
1	Морфологические особенности кристаллических многогранников и учение о симметрии	3	9		8		4						14	Устный опрос
2	Точечные и пространственные группы, методы проектирования	3	9		8		4						16	Устный опрос
3	Основные понятия минералогии. Диагностические свойства минералов, принципы современной классификации минералов.	4	4		4		6						20	Устный опрос
4	Классы, подклассы, группы минералов, минеральные виды и разновидности с описанием особенностей состава, внутренней	4	6		6		4						22	Устный опрос

	структуры, морфологии, свойств, условий образования в природе и использования													
5	Типичные минеральные ассоциации магматического процесса, карбонатитов, пегматитов, скарнов, альбититов и грейзенов, гидротермальные ассоциации, ассоциации гипергенного и метаморфического процессов. Генезис и парагенезис.	4	4		4		4						22	Устный опрос
6	Курсовая работа	4						2						Защита отчета
7	Экзамен	3								0.3	35.7			Экзамен
8	Экзамен	4								0.3	35.7			Экзамен
	Итого			32.0		30.0		22.0	2.0	0.0	0.6	71.4	94.0	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Морфологические особенности кристаллических многогранников и учение о симметрии	Предмет кристаллографии, минералогии. Основные понятия и представления кристаллографии, история развития. Основные законы внутреннего строения кристаллов. Фундаментальные законы кристаллографии и краткая историческая справка развития. Операции и элементы симметрии конечных фигур. Категории, сингонии, ячейки Браве. Законы Вейса, Гаюи, индексы Миллера, Вейса.
2	Точечные и пространственные группы, методы проектирования	Методы проектирования кристаллов. Символика точечных групп симметрии Бравэ, Шенфлиса, Германа-Могена. Вывод 32 точечных групп Могена. Вывод 32 точечных групп симметрии в обозначениях по Шенфлису. Группы с единичными направлениями. Вывод точечных групп симметрии без единичных направлений. Два способа вывода групп без единичных направлений. Морфология кристаллов. Вывод простых форм кристаллов в группах разных сингоний.

3	<p>Основные понятия минералогии. Диагностические свойства минералов, принципы современной классификации минералов.</p>	<p>Предмет минералогии. Основные понятия, исторические этапы развития. Физические свойства кристаллов и их зависимость от внутренней структуры вещества. Морфология минералов и минеральных агрегатов. Облик и габитус кристаллов. Двойники и тройники кристаллов. Физические свойства минералов. Цвет, черта, блеск, прозрачность, твердость, спайность, удельный вес, магнитность, электропроводность, люминесценция, радиоактивность и др. Типы химической связи в минералах. Понятие о процессах минералообразования: магматическом: пегматитовом, пневматолитовом, гидротермальном, метаморфическом, метасоматическом, гипергенном.</p>
4	<p>Классы, подклассы, группы минералов, минеральные виды и разновидности с описанием особенностей состава, внутренней структуры, морфологии, свойств, условий образования в природе и использования</p>	<p>Распространенность минералов в земной коре и мантии. Подразделение минералов на породо- и рудообразующие, акцессорные, редкие и вторичные. Минеральные виды и разновидности. Процедура описания минералов (химический состав с указанием формулы и важнейших примесей, особенности кристаллической структуры, форма выделения, главные физические свойства и диагностические признаки, условия нахождения в природе). Общая характеристика и условия образования в природе. Металлы. Полуметаллы. Неметаллы. Сульфиды, оксиды и гидроксиды. Сульфиды и их аналоги. Галогениды. Карбонаты. образования в природе. Нитраты. Сульфаты. Фосфаты, арсенаты и ванадаты. Вольфраматы, молибдаты и хроматы. Бораты. Силикаты и алюмосиликаты.</p>
5	<p>Типичные минеральные ассоциации магматического процесса, карбонатитов, пегматитов, скарнов, альбититов и грейзенов, гидротермальные ассоциации, ассоциации гипергенного и метаморфического процессов. Генезис и парагенезис.</p>	<p>Парагенетические ассоциации минералов и их генетические признаки при разных условиях образования. Современные представления о генезисе минералов. Главные генетические типы минералообразующих процессов - эндогенные (в том числе метаморфические) и экзогенные. Магматические минеральные ассоциации. Понятие о карбонатитах и различные представления об их генезисе. Минеральные ассоциации пегматитов. Гидротермальные минеральные ассоциации. Контактво- метасоматические процессы. Минеральные ассоциации скарнов. Минеральные ассоциации альбититов и грейзенов. Понятия "альбитит" и "грейзен". Минеральные ассоциации гипергенных процессов. Минеральные ассоциации метаморфических образований. Метаморфогенные фации.</p>

## 5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
<p>Морфологические особенности кристаллических многогранников и учение о симметрии</p>	<p>Правила взаимодействия элементов симметрии и их использование при выводе 32 кристаллографических точечных групп.                      Проектирование, изучение методов проектирования кристаллов: сферические, стереографические, гномонические, гномостереографические проекции. Сетка Вульфа.                      Координаты <math>j, g</math>.                      Определение «единичной грани», ее выбор в кристаллах разных сингоний.                      Графический метод определения граней и ребер кристалла. Метод развития зон.                      Преобразование индексов ребер кристалла.                      Вычисление матриц преобразования осей при различных заданиях координатных систем. Зависимость между старой (<math>XYZ</math>) и новой (<math>X'Y'Z'</math>) координатными системами, между старыми (<math>hkl</math>), <math>[rst]</math> и новыми (<math>HKL</math>), <math>[RST]</math> символами граней и ребер. Преобразование координатных осей.                      Преобразование индексов граней кристалла. узловых сеток.</p>
<p>Точечные и пространственные группы, методы проектирования</p>	<p>Графические методы индицирования граней кристаллов и определение их геометрических констант.                      Метод развития зон.                      Определение геометрических констант кристалла.                      Определение позиции грани методом развития зон.                      Определение символов граней кристалла методом развития зон. Метод косинусов Вульфа.                      Определение выходов координатных осей триклинного кристалла и символов его граней методом косинусов Вульфа. Определение геометрических констант кристалла.                      Определение позиций основных граней кристалла по его элементам. Построение проекций координатных граней. Определение положения единичной грани.                      Вывод точечных групп симметрии с единичными направлениями с использованием символики Шенфлиса, точечных групп симметрии без единичных направлений</p>
<p>Основные понятия минералогии. Диагностические свойства минералов, принципы современной классификации минералов.</p>	<p>Основные понятия, исторические этапы развития. Физические свойства кристаллов и их зависимость от внутренней структуры вещества. Морфология минералов и минеральных агрегатов. Облик и габитус кристаллов. Двойники и тройники кристаллов.. Физические свойства минералов.                      Цвет, черта, блеск, прозрачность, твердость, спайность, удельный вес, магнитность, электропроводность, люминесценция, радиоактивность и др. Типы химической связи в минералах. Понятие о процессах</p>

	<p>минералообразования: магматическом: пегматитовом, пневматолитовом, гидротермальном, метаморфическом, метасоматическом, гипергенном</p>
<p>Классы, подклассы, группы минералов, минеральные виды и разновидности с описанием особенностей состава, внутренней структуры, морфологии, свойств, условий образования в природе и использования</p>	<p>Определение и описание минералов галогенидов, карбонатов, нитратов, сульфатов. Определение и описание фосфатов, арсенатов и ванадатов, вольфраматов, молибдатов и хроматов. Химический состав, структура, формы выделения, физические свойства, генетические признаки галогенидов, солей кислородных кислот.</p> <p>Определение и описание силикатов, алюмосиликатов. Химический состав, структура, формы выделения, физические свойства, генетические признаки силикатов. Островные силикаты. Определение и описание цепочечных и ленточных силикатов.</p> <p>«Типичные минеральные ассоциации магматического процесса, карбонатитов, пегматитов, скарнов, альбититов и грейzenов, гидротермальные ассоциации, ассоциации гипергенного и метаморфического процессов»:</p> <p>Типичные магматические минеральные ассоциации. Генезис и парагенезис. Парагенетические ассоциации минералов и их генетические признаки при разных условиях образования.</p> <p>Карбонатиты. Минеральные ассоциации пегматитов.</p>
<p>Типичные минеральные ассоциации магматического процесса, карбонатитов, пегматитов, скарнов, альбититов и грейzenов, гидротермальные ассоциации, ассоциации гипергенного и метаморфического процессов. Генезис и парагенезис.</p>	<p>Гидротермальные минеральные ассоциации. Контактново-метасоматические процессы. Минеральные ассоциации скарнов. Общая характеристика контактивно-метасоматических процессов минералообразования. Различные типы минеральных образований при метасоматических процессах. Известковые и магниезиальные скарны. Образование минералов и минеральных ассоциаций в скарнах и роговиках. Гидротермальные изменения скарновых минералов. Типичные для скарнов ассоциации рудных минералов. Минеральные ассоциации альбититов и грейzenов.</p> <p>Минеральные ассоциации гипергенных процессов. Общие условия и факторы, определяющие характер гипергенных процессов. Минеральные ассоциации метаморфических образований. Физико-химическая характеристика процессов образования минералов при региональном метаморфизме. Минеральные ассоциации в метаморфических месторождениях: железистые кварциты, силлиманит-дистеновые породы, месторождения наждака, корунда, графита, окисно-силикатных марганцевых руд и др.</p>

### 5.3. Лабораторные занятия

Наименование темы	Содержание темы
Морфологические особенности	Макроскопические признаки кристаллических



<p>кристаллических многогранников и учение о симметрии</p>	<p>веществ.          Взаимодействие рентгеновских лучей с кристаллическими телами. Определение элементов симметрии.          Зональная кристаллография. Закон поясов.          Моделирование простых форм минералов различных сингоний. Связь структуры со свойствами. Особенности штриховки на гранях кристаллов пирита.</p>
<p>Точечные и пространственные группы, методы проектирования</p>	<p>Гониометрические построения. Методы проектирования кристаллов.          Вывод 32 точечных групп симметрии в обозначениях по Шенфлису. Группы с единичными направлениями.          Вывод точечных групп симметрии без единичных направлений. Два способа вывода.          Морфологические исследования кристаллов.</p>
<p>Основные понятия минералогии. Диагностические свойства минералов, принципы современной классификации минералов.</p>	<p>Определение минералов по диагностическим признакам. Физические свойства кристаллов и их зависимость от внутренней структуры вещества. Цвет, черта, блеск, прозрачность, твердость, спайность, удельный вес, магнитность и др. Шкала Мооса. Оптические свойства минералов.</p>
<p>Классы, подклассы, группы минералов, минеральные виды и разновидности с описанием особенностей состава, внутренней структуры, морфологии, свойств, условий образования в природе и использования</p>	<p>Габитус. Простые формы кристаллов минералов различных сингоний. Описание простых форм кристаллов., генетические признаки сульфидов и их аналогов, оксидов и гидроксидов, силикатов.          Связь свойств минералов со структурой на примере сильвина, графита, минералов группы слюд, пирита, гроссуляра и др. Химический состав, структура, формы выделения, физические свойства, генетические признаки галогенидов, самородных элементов, силикатов, сульфидов и др.</p>
<p>Типичные минеральные ассоциации магматического процесса, карбонатитов, пегматитов, скарнов, альбититов и грейзенов, гидротермальные ассоциации, ассоциации гипергенного и метаморфического процессов. Генезис и парагенезис.</p>	<p>Исследование минеральных шлифов. Генезис и парагенезис. Парагенетические ассоциации минералов и их генетические признаки при разных условиях образования.          «Типичные минеральные ассоциации магматического процесса, карбонатитов, пегматитов, скарнов, альбититов и грейзенов, гидротермальные ассоциации, ассоциации гипергенного и метаморфического процессов».          Рентгенофазовый анализ минералов. Непрерывный ряд твердых растворов на примере минералов группы полевых шпатов. Фазовый анализ минералов в составе горных пород.          Анализ смешаннослойных структур минералов. Структурные особенности преобразований «цеолит-полевой шпат». Диаграммы состояния. Метод Стюарта-Райта.</p>

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№	Наименование темы	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость
---	-------------------	---------------------------	--------------

п/п	(раздела)		В академических часах
1	Морфологические особенности кристаллических многогранников и учение о симметрии	Конспектирование, подготовка к опросу	14
2	Точечные и пространственные группы, методы проектирования	Конспектирование, подготовка к опросу	16
3	Основные понятия минералогии. Диагностические свойства минералов, принципы современной классификации минералов.	Конспектирование, подготовка к опросу	20
4	Классы, подклассы, группы минералов, минеральные виды и разновидности с описанием особенностей состава, внутренней структуры, морфологии, свойств, условий образования в природе и использования	Конспектирование, подготовка к опросу	22
5	Типичные минеральные ассоциации магматического процесса, карбонатитов, пегматитов, скарнов, альбититов и грейзенов, гидротермальные ассоциации, ассоциации гипергенного и метаморфического процессов. Генезис и парагенезис.	Конспектирование, подготовка к опросу	22

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках технологического подхода будут использованы следующие технологии:

- классическое лекционно- семинарское обучение: информационная лекция,

проблемная лекция, лекция-визуализация, семинар-дискуссия;  
- информационные технологии (электронные учебные издания)

1. Бучко И.В. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Кристаллография и минералогия». Часть 2. Сульфаты, карбонаты. Учебно-методическое пособие/ Бучко И.В. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2014.- 46с. [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/5451.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/5451.pdf) [[http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/5451.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/5451.pdf)]
2. Бучко И.В. Учебное пособие по дисциплине «Кристаллография и минералогия». Часть 1. Силикаты. Учебно-методическое пособие/ Бучко И.В. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2014.- 34с. [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/6901.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/6901.pdf) [[http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/6901.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/6901.pdf)]

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости находятся в фонде оценочных средств по дисциплине «Кристаллография и минералогия», который разрабатывается в соответствии с локальным нормативным актом АмГУ.

Примерные вопросы к экзамену (3 сем.):

1. Предмет кристаллографии, минералогии.
2. Исторические сведения. К. Рентген, М. Лауэ, У.Г. Брегг, У.Л.
3. Предмет кристаллографии. Основные понятия.
4. Макроскопические признаки кристаллических веществ: однородность, анизотропия, огранка, симметрия.
5. Исторические сведения. Работы И. Кеплера, В. Дависсона.
6. Основание кристаллографии как науки. Работы Н. Стенона, М. Ломоносова, Роме де Лиля.
7. Закон постоянства углов. Геометрическая кристаллография. Опыты Э. Бартолина.
8. Открытие эффекта двупреломления. Кристаллооптика. Кристаллофизика. Х. Гюйгенс. Рене Ж. Гаюи.
9. Закон рациональности отношений параметров. И. Гессель. Х. С. Вейс.
10. Закон поясов. Зональная кристаллография. О. Браве. 14 типов ячеек, 32 группы симметрии.
11. Теория симметрии. А. Гадолин.
12. Вывод 32 кристаллографических групп.
13. Геометрическая макрокристаллография. Е. Федоров, А. Шенфлис. 230 пространственных групп симметрии. Геометрическая микрокристаллография.
14. В. Рентген. Открытие рентгеновских лучей. М. Лауэ. Явление дифракции рентгеновских лучей. У. Брегг, Г. Вульф.
15. Метод рентгеноструктурного анализа. Нобелевские премии 1901, 1914, 1915 гг.
16. Симметрия. Операции и элементы симметрии конечных фигур.
17. Элементы симметрии I и II рода, конгруэнтно равные и энантиоморфные фигуры.
18. Поворотные оси симметрии, элементарный угол поворота, порядок оси.
19. Основной закон симметрии – отсутствие осей 5-го и выше 6-го порядков.
20. Обозначение элементов симметрии в символике Бравэ.
21. Неэквивалентные и эквивалентные одноименные элементы симметрии в символике Бравэ.
22. Зеркальная плоскость симметрии. Центр инверсии (центр симметрии). Зеркальные и инверсионные оси симметрии. Правила взаимодействия операций симметрии и их использование при выводе 32 кристаллографических точечных групп.
23. Осевая теорема Эйлера. Математическая справка из теории групп.
24. Понятие группы. Групповые аксиомы. Взаимодействие элементов симметрии – групповое умножение. Точечная группа симметрии – совокупность операций симметрии (на примере группы L33L2).
25. Понятие категории, сингонии в кристаллографии. Обозначения групп в различных

номенклатурах: примитивные, центральные, планальные, аксиальные, планаксиальные, инверсионно- примитивные, инверсионно- планальные группы. Элементарная ячейка (ячейка Бравэ). 14 типов ячеек Бравэ.

26. Символы граней и ребер кристаллов.

27. Основные законы геометрической кристаллографии. Индексы Вейса и Миллера. Индицирование

28. Закон Гаюи – закон рациональности отношений параметров. Четвертая ось в гексагональной кристаллографической системе координат.

29. Понятие «единичная грань», ее выбор в кристаллах разных сингоний. Символы ребер кристалла. Уравнение плоскости в кристаллографическом варианте.

30. Связь между символами граней и ребер.

31. Закон Вейса - закон зон. Метод развития зон.

32. Методы проектирования кристаллов: сферические, стереографические, гномонические, гномостереографические проекции.

33. Закон постоянства углов (закон Н.Стенона) – основа гониометрии.

34. Символика точечных групп симметрии Бравэ, Шенфлиса, Германа-Могена.

35. Вывод 32 точечных групп симметрии в обозначениях по Шенфлису.

36. Группы с единичными направлениями.

37. Группы без единичных направлений.

38. Группы с единственной поворотной осью  $C_n$ ,  $C_{nv}$ ,  $C_{nh}$ .

39. Группа с плоскостью безразличной ориентации  $C_s$ .

40. Группы с побочными осями  $D_n$ ,  $D_{nh}$ ,  $D_{nd}$ , обоснование невозможности существования групп  $D_{nv}$ .

41. Группы со сложными (зеркальными, инверсионными) осями симметрии  $S_n$ .

42. Вывод точечных групп симметрии без единичных направлений. Группы  $T$ ,  $O$ ,  $T_d$ ,  $T_h$ ,  $O_h$

43. Два способа вывода групп без единичных направлений.

44. Морфология кристаллов. Понятие «простая форма кристаллов».

45. Вывод простых форм кристаллов в группах разных сингоний.

46. Классификация точечных групп симметрии по виду простых форм.

47. Простые формы в группах с единичными направлениями.  $N$ -гонально-пирамидальные, ди-  $n$ -гонально- пирамидальные,  $n$ -гонально- бипирамидальные, трапецоэдрические, скаленоэдрические группы. Простые формы в группах без единичных направлений

48. Два способа вывода. 230 пространственных групп.

49. Трансляционные элементы симметрии.

50. Специфические для бесконечной кристаллической структуры элементы симметрии: плоскость скользящего отражения  $g$  и винтовые оси  $ns$ .

51. Плоскости скользящего отражения  $g$ :  $a$ ,  $b$ ,  $c$ . Клиноплоскости  $n$  и  $d$ .

52. Винтовые оси  $ns$ .

53. Взаимодействие элементов микросимметрии.

54. Симморфные и несимморфные группы.

55. Гемисимморфные и асимморфные группы

Примерные вопросы к экзамену (4 сем.):

1. Предмет минералогии. Понятие о минерале. Основные этапы истории развития минералогии. Связь минералогии с другими науками. Основные направления в современной минералогии. Научное и практическое значение современной минералогии.

2. Химический состав, структура, формы выделения, физические свойства, генетические признаки минералов.

3. Физические свойства кристаллов и их зависимость от внутренней структуры вещества.

4. Морфология минералов и минеральных агрегатов. Облик и габитус кристаллов. Двойники и тройники кристаллов. Полисинтетическое двойникование.

Скрытокристаллические агрегаты, конкреции, секреции и др. Твердые и газожидкие включения в минералах. Псевдоморфозы. Понятие об онтогении минералов.

5. Физические свойства минералов. Цвет, черта, блеск, прозрачность, твердость, спайность, удельный вес, магнитность, электропроводность, люминесценция, радиоактивность и др. Связь физических свойств с составом, структурой и условиями образования минералов (типоморфизм). Природа окраски минералов.

6. Химический состав минералов. Минералы как многокомпонентные системы переменного состава.

Типы химической связи в минералах (ионная, ковалентная, металлическая, межмолекулярная). Атомные и ионные радиусы. Координационные числа и координационные многогранники.

7. Главнейшие типы кристаллических структур и их связь с химическим составом веществ и кристаллохимическими особенностями их элементов.

8. Главнейшие особенности роста кристаллов в лабораториях, заводских и природных условиях.

9. Изоморфизм. Типы изоморфных замещений. Структурное упорядочение. Твердые растворы и их распад. Полиморфизм. Политипия. Смешанослойные структуры. Метамиктные минералы. Аморфное, стеклообразное и коллоидное состояние вещества. Расчет химических формул минералов. Изображение многокомпонентных систем на плоскости.

10. Происхождение и изменение минералов в природе. Понятие о процессах минералообразования: магматическом: пегматитовом, пневматолитовом, гидротермальном, метаморфическом, метасоматическом, гипергенном.

11. Распространенность минералов в земной коре и мантии. Подразделение минералов на породо- и рудообразующие, акцессорные, редкие и вторичные.

12. Современные методы исследования состава и структуры минералов: методы спектроскопии твердого тела, рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализов, электронной микроскопии высокого разрешения и др. Полевые методы диагностики минералов.

13. Принципы, лежащие в основах современных классификаций минералов. Кристаллохимическая систематика минералов. Минеральные виды и разновидности.

14. Самородные элементы. Общая характеристика и условия образования в природе. Химический состав, структура, формы выделения, физические свойства, генетические признаки самородных элементов,

15. Металлы: медь, серебро, золото, платина, поликсен, самородное железо, камасит, тэнит.

16. Полуметаллы: мышьяк, сурьма, висмут.

17. Неметаллы: алмаз, графит, лонсдейлит, сера.

18. Сульфиды и их аналоги. Химический состав, структура, формы выделения, физические свойства, генетические признаки сульфидов и их аналогов. Общая характеристика и условия образования в природе. Основы систематики сульфидов и их аналогов. Простые сульфиды и их аналоги: аргентит, акантит, халькозин, галенит, сфалерит, киноварь, пентландит, троилит, пирротин, никелин, антимонит, висмутин, аурипигмент, молибденит, реальгар, шмальтин, хлоантит.

19. Двойные сульфиды: халькопирит, станнин, борнит, ковеллин. Дисульфиды и их аналоги: пирит, кобальтин, марказит, арсенипирит.

20. Сложные сульфиды и их аналоги: блеклые руды, пираргирит, прустит, буланжерит, джемсонит.

21. Химический состав, структура, формы выделения, физические свойства, генетические признаки оксидов и гидроксидов. Оксиды и гидроксиды. Общая характеристика и условия образования в природе. Основы систематики оксидов и гидроксидов.

22. Простые оксиды: куприт, периклаз, вюстит, корунд, гематит, рутил, брукит, анатаз, касситерит, пиролюзит, уранинит, минералы группы кремнезема (кварц, тридимит, кристобалит, коэсит, стишовит, опал).

23. Сложные оксиды: хризоберилл, минералы группы шпинели (шпинель, герцинит, ганит, магнетит, магнезиоферрит, якобит, франклинит, титаномагнетит), ильменит, перовскит, минералы группы танталониобатов (пирохлор, колумбит, танталит, самарскит, эшинит).
24. Гидроксиды: брусит, гидраргиллит, диаспор, бемит, гетит, лепидокрокит, манганит, псиломелан; сложные минеральные смеси - лимониты, бокситы, вады.
25. Галогениды. Общая характеристика и условия образования в природе. Химический состав, структура, формы выделения, физические свойства, генетические признаки галогенидов. Флюорит, криолит, галит, сильвин, кераргирит, карналит.
26. Химический состав, структура, формы выделения, физические свойства, генетические признаки солей кислородных кислот.
27. Карбонаты. Общая характеристика и условия образования в природе. Карбонаты без дополнительных анионов и кристаллизационной воды: кальцит, родохрозит, сидерит, магнезит, смитсонит, арагонит, стронцианит, витерит, церуссит, доломит, анкерит, кутангорит.
28. Карбонаты с дополнительными анионами: малахит, азурит, бастнезит, паризит, давсонит. Карбонаты с кристаллизационной водой: термонатрит, сода, трона.
29. Нитраты. Общая характеристика и условия образования в природе. Нитронатрит, нитрокалит.
30. Сульфаты. Общая характеристика и условия образования в природе. Сульфаты без дополнительных анионов и кристаллизационной воды: барит, целестин, англезит, ангидрит, тенардит.
31. Сульфаты с дополнительными анионами: алунит, ярозит, брошантит. Сульфаты с кристаллизационной водой: гипс, мирабилит, купоросы (эпсомит, мелантерит, халькантит), калиевые квасцы. Фосфаты, арсенаты и ванадаты. Общая характеристика и условия образования в природе.
32. Безводные фосфаты без дополнительных анионов: ксенотим, монацит.
33. Безводные фосфаты, арсенаты и ванадаты с дополнительными анионами: апатит, пироморфит, миметезит, ванадинит.
34. Водные фосфаты, арсенаты и ванадаты: вивианит, эритрин, аннабергит, скородит, бирюза, минералы группы урановых слюдок (отенит, торбернит, карнотит, тьямунит).
35. Вольфраматы, молибдаты и хроматы. Общая характеристика и условия образования в природе.
36. Шеелит, повеллит, вульфенит, минералы группы вольфрамит (гюбнерит-ферберит), ферримолибдит, крокоит.
37. Бораты. Общая характеристика и условия образования в природе. Типы анионных группировок и классификация боратов. Общая характеристика и условия образования в природе.
38. Островные бораты: котоит, ашарит, людвигит, иньоит, бура.
39. Цепочечные бораты: колеманит, гидроборацит, уллексит, пандермит.
40. Каркасные бораты: борацит.
41. Силикаты. Современное представление о структурных типах силикатов. Представление о алюмо-, боро-, берилло-, титано- и цирконосиликатах. Химический состав, структура, формы выделения, физические свойства, генетические признаки силикатов.
42. Основы современной кристаллохимической классификации силикатов.
43. Островные силикаты. Общая характеристика и условия образования в природе. Островные силикаты с изолированными кремнекислородными тетраэдрами без добавочных анионов: фенакит, виллемит, минералы группы оливина (изоморфные ряды форстерит-фаялит-тефроит).
- Минералы группы гранатов (пироп, альмандин, спессартин, гроссуляр, андрадит, уваровит, Ti- и Zr- содержащие гранаты - меланит, шорломит, кимцеит; гидрогранаты), циркон, торит, коффинит.
44. Островные силикаты с изолированными кремнекислородными тетраэдрами и добавочными анионами: дистен, андалузит, силлиманит, ставролит, топаз, сфен,

хлоритоид.

45. Островные силикаты со сдвоенными кремнекислородными тетраэдрами (диортосиликаты) и добавочными анионами: ильваит, каламин, лампрофиллит.
46. Островные силикаты с изолированными и сдвоенными кремнекислородными тетраэдрами, содержащими добавочные анионы: цоизит, эпидот, ортит, пьмонтит, везувиан.
47. Островные силикаты кольцевого типа: берилл, кордиерит, диоптаз, турмалин, эвдиалит.
48. Цепочечные силикаты. Общая характеристика и условия образования в природе. Особенности кристаллических структур пироксенов и пироксеноидов. Вариации химических составов пироксенов; пироксеновая трапеция.
49. Ромбические пироксены: минералы ряда энстатит-ферросилит. Моноклинные пироксены: минералы ряда клиноэнстатит-клиноферросилит, пижонит, фассаит.
50. Минералы ряда диопсид-геденбергит, иохансенит, авгит, омфацит, эгирин, жадеит, сподумен.
51. Пироксеноиды: волластонит, родонит. Ленточные силикаты. Общая характеристика и условия образования в природе. Подходы к современной классификации амфиболов.
52. Ромбические амфиболы: антофиллит, жедрит. Моноклинные амфиболы: минералы ряда тремолит-актинолит, роговые обманки; амфиболовые асбесты.
53. Слоистые силикаты и алюмосиликаты. Общая характеристика и условия образования в природе. Типы сеток в структуре слоистых силикатов; смешанослойные силикаты. Понятие о биопироболах.
54. Силикаты с двухслойным пакетом: каолинит, диккит, накрит, галлуазит, минералы группы серпентина (антигорит, лизардит, хризотил).
55. Силикаты с трехслойным пакетом: тальк, пиррофиллит, слюды (мусковит, парагонит, флогопит, биотит, лепидомелан, лепидолит, циннвальдит), хрупкие слюды (маргарит), гидрослюды (гидромусковит, вермикулит, глауконит), монтмориллонит, нонтронит, сапонит.
56. Силикаты с четырехслойным пакетом: минералы группы хлоритов (пеннин, клинохлор, прохлорит, тюрингит, шамозит, кеммерерит, кочубеит). Пренит, апофиллит.
57. Каркасные силикаты. Общая характеристика и условия образования в природе.
58. Каркасные алюмосиликаты без добавочных анионов: полевые шпаты (калиевые полевые шпаты - ортоклаз, микроклин, адуляр, санидин; плагиоклазы - альбит, олигоклаз, андезин, лабрадор, битовнит, анортит; бариевые полевые шпаты - цельзиан, гиалофан), лейцит, поллуцит, нефелин.
59. Каркасные алюмо- и бериллосиликаты с добавочными анионами: минералы группы скаполита (мейонит-мариалит), канкринит, содалит, лазурит, минералы группы гельвина (гельвин, даналит, гентгельвин).
60. Водосодержащие каркасные алюмосиликаты без добавочных анионов (цеолиты): натролит, ломонтит, анальцим, шабазит, стильбит (=десмин), гейландит, клиноптилолит, морденит.
61. Природные ассоциации минералов. Современные представления о генезисе минералов. Главные генетические типы минералообразующих процессов - эндогенные (в том числе метаморфические) и экзогенные. Их краткая характеристика и связь с различными зонами земной коры. Биосфера. Роль живого вещества в процессах минералообразования.
62. Генезис и парагенезис. Парагенетические ассоциации минералов и их генетические признаки при разных условиях образования.
63. Магматические минеральные ассоциации. Понятие о магме, ее состав. Дифференциация магмы при ее остывании. Отделение летучих от магматического расплава. Ликвация и кристаллизационная дифференциация. Последовательность выделения главных силикатных минералов. Общие схемы отделения и концентрации рудных минералов при магматическом процессе.

64. Типичные минеральные ассоциации, связанные с основным и ультраосновным типами магмы.
65. Минеральные ассоциации в месторождениях алмаза, хромита, титаномагнетита, платиноидов, апатита.
66. Минеральные ассоциации магматических сульфидных месторождений.
67. Понятие о карбонатитах и различные представления об их генезисе. Минеральный состав, геохимические особенности и полезные ископаемые карбонатитов.
68. Минеральные ассоциации пегматитов. Понятие "пегматит" и общая характеристика пегматитового процесса. Развитие учения о генезисе пегматитов в работах Ферсмана. Изменения фазового состояния пегматитового расплава при его кристаллизации; понятие о "геофазах" А.Е. Ферсмана.
69. Роль летучих при образовании пегматитов. Температурная градуировка пегматитового процесса. Изменение состава последовательно кристаллизующихся минералов в пегматитовых образованиях.
70. Роль метасоматических процессов. Минеральный состав гранитных пегматитов. Типы структур и текстур; генетическая характеристика главных зон. Общая схема классификации гранитных пегматитов "чистой линии" по А.Е. Ферсману.
71. Характерные минеральные ассоциации, структурно-текстурные особенности и отдельные типы гранитных пегматитов "чистой линии".
72. Пегматиты "линии скрещения". Щелочные пегматиты - сиенитовые и нефелин-сиенитовые.
73. Гидротермальные минеральные ассоциации. Связь гидротермальных растворов с магматическими очагами. Способы переноса и отложения вещества в гидротермальных растворах. Роль коллоидов в отложении минералов гидротермальных ассоциаций; признаки, указывающие на отложение минералов из коллоидных систем.
74. Зональность в размещении разных типов гидротермальных месторождений. Типичные минеральные ассоциации в гидротермальных образованиях.
75. Главнейшие минеральные ассоциации в сульфидных рудных жилах. Типы минеральных ассоциаций и их связь с глубиной образования.
76. Главнейшие полезные ископаемые гидротермального генезиса. Минеральные ассоциации безрудных гидротермальных образований (цеолитный процесс).
77. Контактво-метасоматические процессы. Минеральные ассоциации скарнов. Общая характеристика контактово-метасоматических процессов минералообразования. Роль летучих, надкритических растворов и гидротермальных процессов.
78. Различные типы минеральных образований при метасоматических процессах. Известковые и магниевые скарны. Стадийность контактово-метасоматического процесса (по П.П. Пилипенко).
79. Зональность контактово-метасоматических минеральных ассоциаций и связь зональности с подвижностью компонентов (по Д.С. Коржинскому). Образование минералов и минеральных ассоциаций в скарнах и роговиках.
80. Гидротермальные изменения скарновых минералов. Типичные для скарнов ассоциации рудных минералов.
81. Минеральные ассоциации альбититов и грейзенов. Понятия "альбитит" и "грейзен". Физико-химические условия образования. Геохимическая и минералогическая характеристика. Зональность грейзеновых и связь с гидротермальными ассоциациями. Главнейшие полезные ископаемые в альбититах и грейзенах.
82. Минеральные ассоциации гипергенных процессов. Общие условия и факторы, определяющие характер гипергенных процессов. Условия и закономерности образования минералов при выветривании сульфидных минеральных ассоциаций. Зональность зоны окисления и ее причины.
83. Минеральный парагенезис окисления руд свинцово-цинковых и медных месторождений.



84. Условия и закономерности образования минералов в коре выветривания пород. Стадийное гидрохимическое выветривание минералов. Минералы, образующиеся в коре выветривания и остаточные минералы. Профиль коры выветривания и характеристика минеральных ассоциаций в главных зонах на примере коры выветривания ультраосновных и глиноземистых пород. Латеритный тип выветривания (бокситизация). Механическая и гидрохимическая дифференциация вещества при минералообразовании в осадках.

85. Россыпи и их главнейшие минеральные ассоциации. Условия и порядок выделения минералов. Минералы, образующиеся при биогенных процессах осадконакопления.

86. Минеральные ассоциации метаморфических образований. Краткая физико-химическая характеристика процессов образования минералов при региональном метаморфизме. Понятие о зонах глубинности. Метаморфогенные фации.

87. Особенности структур и минеральных агрегатов при метаморфизме. Типичные минеральные ассоциации в различных по исходному составу метаморфических породах. Примеры минеральной ассоциации в метаморфических месторождениях: железистые кварциты, силлиманит- дистеновые породы, месторождения наждака, корунда, графита, окисно- силикатных марганцевых руд. "Альпийские" жилы, месторождения асбеста, талька и других, их генетическая характеристика.

## 9. УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) литература

1. Язиков, Е. Г. Минералогия техногенных образований : учебное пособие для вузов / Е. Г. Язиков, А. В. Таловская, Л. В. Жорняк. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 159 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02439-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: [https:// urait.ru/ bcode/490273](https://urait.ru/bcode/490273) (дата обращения: 23.04.2023).

2. Вернадский, В. И. Опыт описательной минералогии / В. И. Вернадский. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 496 с. — (Антология мысли). — ISBN 978-5-9916-9960-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: [https:// urait.ru/ bcode/514202](https://urait.ru/bcode/514202) (дата обращения: 23.04.2023).

3. Бучко И.В. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Кристаллография и минералогия». Часть 2. Сульфаты, карбонаты. Учебно-методическое пособие/ Бучко И.В. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2014.- 46с. [http:// irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/5451.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/5451.pdf)

4. Бучко И.В. Методические указания к самостоятельной работе "Кристаллография и минералогия". Ч.1 : Силикаты [Электронный ресурс]: учеб.- метод. пособие / И. В. Бучко. - Благовещенск : Изд- во Амур. гос. ун- та, 2013. - 34 с. - Б. ц. – Режим доступа : [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/6901.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/6901.pdf)

### б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	Google Chrome	Бесплатное распространение по лицензии google chromium <a href="http://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html">http:// code.google.com/ intl/ ru/ chromium/ terms.html</a> на условиях <a href="https://www.google.com/chrome/browser/privacy/eula_text.html">https:// www.google.com/ chrome/ browser/privacy/eula_text.html</a> .
2	Операционная система Linux	GNU-лицензия (GNU General Public License)
3	Электронно-библиотечная система IPRbooks <a href="http://www.iprbookshop.ru/">http:// www.iprbookshop.ru/</a>	Электронно- библиотечная система IPRbooks — научно-образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает

		требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования.
4	Электронная библиотечная система «Издательства «Лань» <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>	Электронная библиотечная система «Издательства «Лань», тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки.
5	Электронная библиотечная система «Юрайт» <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>	Фонд электронной библиотеки составляет более 4000 наименований и постоянно пополняется новинками, в большинстве своем это учебники и учебные пособия для всех уровней профессионального образования от ведущих научных школ с соблюдением требований новых ФГОСов.

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

#### **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Занятия проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Материально-техническая база соответствует действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Студенты имеют доступ к электронно-библиотечной системе университета, в том числе и удаленный.

## ПРИЛОЖЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

В соответствии с учебным планом для заочной формы обучения предусмотрено

Экзамен	6 сем,	9.0 акад. часа
Лекции	14.0	(акад. часа)
Практические занятия	18.0	(акад. часа)
Лабораторные работы	4.0	(акад. часа)
ИКР	2.0	(акад. часа)
Самостоятельная работа	204.8	(акад. часа)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 252.0 (акад. часа), 7.00 (з.е.)

### СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация	С е м е с т р	Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)						Контроль (в академических часах)	Самостоятельная работа (в академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости
			Л	ПЗ	ЛР	ИКР	КТО	КЭ			
1	Морфологические особенности кристаллических многогранников и учение о симметрии	5	2	2	1					30	Устный опрос
2	Точечные и пространственные группы, методы проектирования	5	2	4	1					29.8	Устный опрос
3	Зачёт	5					0.2				Зачёт
5	Основные понятия минералогии. Диагностические свойства минералов, принципы современной классификации минералов.	6	2	4						40	Устный опрос
6	Классы, подклассы, группы минералов, минеральные виды и разновидности с описанием особенностей состава, внутренней структуры,	6	4	4	1					50	Устный опрос

	морфологии, свойств, условий образования в природе и использования										
7	Типичные минеральные ассоциации магматического процесса, карбонатитов, пегматитов, скарнов, альбититов и грейзенов, гидротермальные ассоциации, ассоциации гипергенного и метаморфического процессов. Генезис и парагенезис.	6	4	4	1					55	Устный опрос
16	Курсовая работа	6				2					Защита отчёта
17	Экзамен	6						0.3	8.7		Экзамен
	Итого		14.0	18.0	4.0	2.0	0.2	0.3	8.7	204.8	

#### САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)		Трудоемкость в академических часах
1	Морфологические особенности кристаллических многогранников и учение о симметрии	Конспектирование, подготовка к опросу		30
2	Точечные и пространственные группы, методы проектирования	Конспектирование, подготовка к зачету		29.8
3	Основные понятия минералогии. Диагностические свойства минералов, принципы современной классификации минералов.	Конспектирование, подготовка к экзамену		40
4	Классы, подклассы, группы минералов, минеральные виды и разновидности	Отчеты по лабораторным работам. Контролирующий тест. Подготовка к зачету		50

	описанием особенностей состава, внутренней структуры, морфологии, свойств, условий образования в природе и использования		
5	Типичные минеральные ассоциации магматического процесса, карбонатитов, пегматитов, скарнов, альбититов и грейзенов, гидротермальные ассоциации, ассоциации гипергенного и метаморфического процессов. Генезис и парагенезис.	Отчеты по лабораторным работам. Контролирующий тест по модулю. Подготовка к экзамену.	55