МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Минералогии, петрографии и геохимии
наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины

Альбеков А.Ю.
подпись, расшифровка подписи
16.05.2024г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.19 Кристаллография и минералогия

Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

21.05.02 Прикладная геология

2. Профиль подготовки/специализация: Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

3. Квалификация (степень) выпускника: горный инженер-геолог

4. Форма обучения: Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: минералогии, петрографии и геохимии

6. Составители программы: Чернышова Марина Николаевна, доктор геолого-минералогических наук, профессор
Резникова Ольга Григорьевна, к.г.-м.н., доцент

7. Рекомендована: научно-методическим советом геологического факультета, протокол №7 от 17.04.2025

8. Учебный год: 2026-2027 **Семестр(ы):** 3,4

9.Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются:

Целью преподавания дисциплины Кристаллография и минералогия является подготовка специалистов компетентных в сфере диагностики минералов, владеющих знаниями теоретических и практических основ минералогических методов, обладающих умениями и навыками систематизировать минералы, определяя их физические свойства.

Задачи учебной дисциплины:

Задачами преподавания дисциплины являются: формирование у обучаемых представлений о кристаллическом веществе и геометрической кристаллографии; о процессах минералообразования и практической значимости минералов, их классификации, особенностях конституции и химического состава; овладение законами взаимодействия элементов симметрии и симметричного преобразования кристаллов; а также методами минералогических исследований; приобретение обучаемыми практических навыков диагностики минералов

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: Учебная дисциплина входит в обязательную часть блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана подготовки по специальности 21.05.02 Прикладная геология, специализация "Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых". Требование к входным знаниям, умениям и навыкам по дисциплинам: Физика, Химия. Дисциплина является предшествующей для дисциплин: Минераграфия, Кристаллооптика, Петрография, Основы учения о полезных ископаемых, Основы технологии переработки руд.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-12	Способен проводить самостоятельно или в составе группы научный поиск, реализуя специальные средства и методы получения нового знания, участвовать в научных исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов	ОПК 12.1	Выполняет комплекс геологических исследований при изучении недр и решении других геологических задач	Знать: принципы кристаллографических и минералогических исследований, теоретические основы кристаллографии и минералогии Уметь: применять комплекс минералого-кристаллографических исследований при изучении недр и решении других геологических задач Владеть: методами минералогических и кристаллографических исследований
		ОПК 12.2	Выполняет экспериментальные и лабораторные геологические исследования, используя современные методы анализа	Знать: методы лабораторных исследований минералов Уметь: выполняет лабораторные минералогические исследования, используя современные методы анализа, основанные на химическом составе минералов Владеть: методикой лабораторных минералогических исследований
ОПК -	Способен изучать	ОПК	Диагностирует	Знать: состав минералов и основные

13	и анализировать вещественный состав горных пород и руд и геологопромышленные и генетические типы месторождений полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению минерально-сырьевой базы	13.1	минералы, горные породы, полезные ископаемые, природные воды, нефть и газ	процессы минералообразования Уметь: диагностировать минералы Владеть: навыками изучения и анализа состава минералов и использовать их для диагностики.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 6 / 216.

Форма промежуточной аттестации*(зачет/экзамен)* зачет, экзамен.

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			№ 3	№ 4
Аудиторные занятия		116	72	44
в том числе:	лекции	58	36	22
	практические			
	лабораторные	58	36	22
Самостоятельная работа		64	36	28
Форма промежуточной аттестации *(экзамен – 36 час., зачет 0 час.)*		36	0	36
Итого:		216	108	108

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1. Лекции			
1.1	Понятие о кристалле и кристаллическом веществе	Кристаллы и их основные свойства. Геометрическая кристаллография.	
1.2	Виды симметрии и законы	Взаимодействие элементов симметрии. Тридцать два вида симметрии. Понятия о выводе	
1.3	Основы учения о структуре кристаллов	Основы проектирования. Координационные системы. Правила установки кристаллов. Основы учения о структуре кристаллов (одномерный ряд, двумерная решетка, типы плоских сеток, пространственная решетка).	

1.4	Основные понятия кристаллохимии	Основные типы структур. Координационное число. Координационный многогранник. Число формульных единиц. Атомные и ионные радиусы. Главнейшие типы связей.	
1.5	Основные понятия минералогии	Предмет минералогии. Современное определение понятия «минерал». Связь минералогии с общетеоретическими дисциплинами и науками геологического цикла. Краткая история развития минералогии. Цели и задачи современной минералогии, ее роль в поисково-разведочном деле, при разработке технологии и выявлении новых видов минерального сырья. Основные разделы минералогии.	
1.6	Химический состав и внутреннее строение минералов	Химический состав минералов. Типы соединений.	
		Минералы постоянного и переменного состава. Типы изоморфизма элементов в минералах. Факторы изоморфизма. Твердые растворы вычитания и внедрения. Явления распада твердых растворов. Роль и типы воды в минералах: конституционная, кристаллизационная, цеолитная, адсорбированная, межпакетная и гигроскопическая. Эмпирические и кристаллические формулы минералов. Методы пересчета химических анализов на формулы минералов.	
1.7	Генезис и генетические признаки минералов	Классификация процессов минералообразования. Краткая характеристика эндогенных процессов: магматический, пегматитовый, контактово-метасоматический, гидротермальный, вулканический.	
		Экзогенные процессы. Образование минералов на остаточных корах выветривания.	
		Образование механических, химических и биохимических осадков. Метаморфические процессы минералообразования.	
		Понятие о минеральных ассоциациях и генерациях, парагенезисе минералов. Типоморфизм минералов. Признаки, позволяющие установить способ образования минералов. Явления роста минералов: образование идиоморфных и ксеноморфных выделений. Псевдоморфозы, их типы. Пароморфозы.	
1.8	Систематическая минералогия	Тип простых веществ, галогениды	
		Тип сульфидов и их аналогов	
		Тип кислородных соединений (окислы и гидроокислы, карбонаты, сульфаты, фосфаты, вольфраматы, хроматы, бораты)	
		Класс силикатов. Общая характеристика минералов данного класса. Современная кристаллохимическая классификация силикатов. Особенности структуры. Физические свойства.	
		Островные силикаты. Классификации внутри подклассов, особенности химического состава и структур минералов, морфология и физические свойства.	
		Пироксены, амфиболы. Особенности химического состава и структур минералов, морфология и физические свойства.	
		Слоистые силикаты. Особенности химического	

		состава и структур минералов, морфология и физические свойства.	
		Каркасные силикаты. Особенности химического состава и структур минералов, морфология и физические свойства.	
2. Лабораторные работы			
2.1	Виды симметрии и законы	Определение элементов симметрии на моделях кристаллов	
		Определение сингоний и категорий.	
		Определение простых форм низшей категории	
		Определение простых форм средней категории	
		Определение простых форм высшей категории	
		Проектирование элементов симметрии	
		Проектирование граней кристаллов. Определение их символов.	
2.2	Систематическая минералогия	Основные диагностические свойства минералов. Классификация минералов. Характеристика отдельных минералов: химическая формула, главные примеси, тип структуры, сингония и вид симметрии кристалла; особенности внешней формы, физические свойства, условия нахождения, особенности образования и разрушения, разновидности; характерные спутники, практическое значение.	
		Тип простых веществ.	
		Тип галогениды.	
		Тип сульфидов.	
		Тип кислородных соединений. Класс оксидов и гидроксидов.	
		Класс сульфатов, карбонатов.	
		Класс фосфатов и их аналогов, вольфраматов.	
		Практический коллоквиум	
		Класс силикатов. Общая характеристика минералов данного класса. Современная кристаллохимическая классификация силикатов. Особенности структуры. Физические свойства.	
		Островные силикаты. Классификации внутри подклассов, особенности химического состава и структур минералов, морфология и физические свойства.	
		Пироксены, амфиболы. Особенности химического состава и структур минералов, морфология и физические свойства.	
		Слоистые силикаты. Особенности химического состава и структур минералов, морфология и физические свойства.	
		Каркасные силикаты. Особенности химического состава и структур минералов, морфология и физические свойства.	
		Практический коллоквиум	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Понятие о кристалле и кристаллическом веществе	2			2	4
2	Виды симметрии и законы	2		8	4	14
3	Основы учения о	4			2	6

	структуре кристаллов					
4	Основные понятия кристаллохимии	2			4	6
5	Основные понятия минералогии	2			2	4
6	Химический состав и внутреннее строение минералов	6			6	12
7	Генезис и генетические признаки минералов	10			10	20
8	Систематическая минералогия	30		50	34	114
9	Экзамен					36
	Итого:	58		58	64	216

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Обучающимся следует использовать опубликованные методические пособия по курсу «Минералогия с основами кристаллографии»; «Кристаллография и кристаллохимия» из списка литературы, электронные ресурсы ВГУ, а так же рекомендуется самостоятельная работа с коллекциями минералов и моделей кристаллов.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины *(список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)*

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Бетехтин А. Г. Курс минералогии : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению подгот. 130300 "Прикладная геология" / А.Г. Бетехтин ; под науч. ред. Б.И. Пирогова, Б.Б. Шкурского .— М. : КДУ, 2008 .— 735 с.
2	Булах А. Г. Общая минералогия : учебник для студ. вузов, обуч. по специальности "Геология" / А.Г. Булах, В.Г. Кривовичев, А.А. Золотарев .— 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Academia, 2008 .— 410 с.
3	Бойко, С. В. Кристаллография и минералогия. Основные понятия [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.В. Бойко ; Министерство образования и науки Российской Федерации ; Сибирский Федеральный университет.— Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2015 .— 212 с.: табл., ил. — Библиогр.: с. 190-194 .— Режим доступа http://biblioclub.ru/

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Лазаренко Е.К. Курс минералогии : учебник / Е.К. Лазаренко. – Москва: Высшая школа, 1971. – 589 с.
4	Смольянинов Н.А. Практическое руководство по минералогии : – Москва: Недра, 1972. – 382 с.
5	Миловский А.В. Минералогия : учебник / А.В. Миловский, О.В. Кононов. – Москва: Издательство Московского государственного университета, 1982. – 311 с.
6	Годовиков А.А. Минераралогия : учеб. / А.А. Годовиков. – М.: Недра, 1983. – 648 с.
7	Берри Л. Минералогия: теоретические основы.Описание минералов.Диагностические таблицы: учебник / Л.Берри, Б. Мейсон, Р. Дитрих. – М.: Мир, 1987. – 591 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

*

№ п/п	Ресурсы	
1	ЗНБ Воронежского государственного университета	https://lib.vsu.ru
2	ЭБС "Университетская библиотека online"	https://biblioclub.ru
3	ЭБС «Руконт»	https://rucont.ru/
4	Научная электронная библиотека	https://elibrary.ru/
5	Электронный курс «Кристаллография и минералогия»	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10205

6	Бесплатный некоммерческий справочно-образовательный портал для геологов, студентов-геологов	http://www.geokniga.org/
7	Бесплатный некоммерческий портал с научно-популярной и учебной литературой по геологии	http://www.jurassic.ru/amateur.htm
8	Некоммерческий проект «Минералы и месторождения России и стран ближнего зарубежья»	https://webmineral.ru/

Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

(учебно-методические рекомендации, пособия, задачники, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Чернышова М.Н., Гончарова Л.В., Резникова О.Г. Минералогия с основами кристаллографии. Учебно-методическое пособие для вузов/ Издательско-полиграфический центр ВГУ/ 2012-42с.
2	Резникова О.Г., Альбеков А.Ю., Гончарова Л.В., Чернышова М.Н., Абрамов В.В., Бойко П.С., Кузнецов В.С. Кристаллография и кристаллохимия Учебно-методическое пособие для вузов/ Издательский дом ВГУ/ 2019-70с.

Программа курса реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий - электронный курс «Кристаллография и минералогия» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10205

№пп	Программное обеспечение
1	WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc
2	OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc
3	Неисключительные права на ПО Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Расширенный Russian Edition
4	Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах Антиплагиат.ВУЗ
5	Офисное приложение AdobeReader
6	Офисное приложение DjVuLibre+DjView

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Реализация программы дисциплины требует наличия учебного кабинета и лаборатории кристаллографии и кристаллохимии.

Оборудование учебного кабинета: телевизор PhilipsLED 55", ноутбук TOSHIBA Satellite A200-235, LCD-проектор TOSHIBA TLP-X2500.

Оборудование лаборатории и рабочих мест лаборатории: коллекция кристаллических структур и моделей кристаллов, коллекция минералов, шкалы Мооса, фарфоровые пластинки, предметные стекла, стальные и медные иглы, магнитные стрелки, соляная кислота (10%)
Проведение курса возможно с применением дистанционных образовательных технологий на образовательном портале ВГУ (www.edu.vsu.ru) осуществляется с применением ноутбука TOSHIBA Satellite A200-23J с встроенной видеокамерой и микрофоном.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Понятие о кристалле и кристаллическом веществе	ОПК-12	ОПК-12.1;	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
			ОПК-12.2;	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
		ОПК-13	ОПК-13.1	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
2	Виды симметрии и законы	ОПК-12	ОПК-12.1;	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
			ОПК-12.2;	Тестовое задание; практическое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
		ОПК-13	ОПК-13.1	Тестовое задание; практическое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
3	Основы учения о структуре кристаллов	ОПК-12	ОПК-12.1;	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
			ОПК-12.2;	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
		ОПК-13	ОПК-13.1	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
4	Основные понятия кристаллохимии	ОПК-12	ОПК-12.1;	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
			ОПК-12.2;	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
		ОПК-13	ОПК-13.1	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
5	Основные понятия минералогии	ОПК-12	ОПК-12.1;	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
			ОПК-12.2;	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
		ОПК-13	ОПК-13.1	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
6	Химический состав и внутреннее строение минералов	ОПК-12	ОПК-12.1;	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
			ОПК-12.2;	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
		ОПК-13	ОПК-13.1	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
7	Генезис и генетические признаки минералов	ОПК-12	ОПК-12.1;	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
			ОПК-12.2;	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
		ОПК-13	ОПК-13.1	Тестовое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
8	Систематическая минералогия	ОПК-12	ОПК-12.1;	Тестовое задание; практическое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
			ОПК-12.2;	Тестовое задание; практическое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
		ОПК-13	ОПК-13.1	Тестовое задание; практическое задание; аттестация с применением платформы Электронный университет
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет, экзамен				Перечень вопросов

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Для дисциплины «Кристаллография и минералогия» предусмотрена одна текущая аттестация, которая состоит из нескольких частей и растянута во времени. Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень практических заданий
Практические задания №1;

1. Определить элементы симметрии по классификации Браве в модели кристалла;
2. Определить сингонию и категорию к которой относится данная модель;
3. Посчитать количество сортов граней и простых форм.
4. Дать название каждой простой формы.
5. Установить модель кристалла в координационной системе;
6. Начертить стереографическую проекцию в выбранной системе координат;
7. Спроектировать элементы симметрии и грани;
8. Определить символы граней и простых форм.

Критерии оценивания практического задания:

Критерии	Баллы
Обучающийся в полном объеме выполнил задание:, определяет элементы симметрии по моделям кристаллов, записывает кристаллографические формулы в символике Бравэ, находит и правильно называет простые формы, умеет строить стереографическую проекцию и определять символы граней.	Отлично
Обучающийся выполнил задание: владеет теоретическими основами по теме задания, дает ответы на дополнительные вопросы, но допускает ошибки при решении практических задач, определяет элементы симметрии по моделям кристаллов, записывает кристаллографические формулы в символике Бравэ, не всегда правильно находит и называет простые формы, умеет строить стереографическую проекцию и определять символы граней.	Хорошо
Обучающийся владеет частично теоретическими основами по теме задания, фрагментарно способен дать ответ на дополнительный вопрос, не умеет применять теоретические знания при решении практических задач - определяет элементы симметрии по моделям кристаллов, ошибается в написании кристаллографических формул в символике Бравэ, не всегда правильно находит и называет простые формы, умеет читать	Удовлетворительно

стереографические проекции и определять символы граней.	
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки, не определяет элементы симметрии по моделям кристаллов, не знает символику Бравэ, не находит и не называет простые формы, не умеет читать стереографические проекции и не определяет символы граней.	Неудовлетворительно

Практические задания №2

1. Определить минералы из предложенной коллекции. В коллекции 15 образцов.
2. Определить тип и класс к которому относится определенный минерал;
3. Написать химическую формулу минерала.

Критерии оценивания практического задания:

Критерии	Баллы
Обучающийся в полном объеме выполнил задание:, определил верно 75% и более минералов, написал их химический состав в виде формулы, определил тип и класс минералов	Зачтено
Обучающийся определил менее 75% минералов	Незачтено

Тестовые задания

Задание 1

1.Строение минералов. Главные типы структур.

2.Химический состав минералов. Типы соединений.

3.Изоморфизм в минералогии. Факторы изоморфизма.

4.Полиморфизм и полиморфные модификации.

5.Типы воды в минералах.

6.Физические свойства минералов.

7.Цвета и типы окраски минералов. Эталоны цвета минералов.

8.Классификация процессов минералообразования.

9 .Магматический процесс минералообразования и связанные с ним главнейшие полезные ископаемые.

10.Пегматитовый процесс минералообразования и связанные с ним полезные ископаемые.

11.Контактово-метасоматические процессы и связанные с ним полезные ископаемые.

12.Гидротермальный процесс и минералообразование из вулканических эксгаляций.

13.Минералообразование в коре выветривания горных пород и руд.

14.Экзогенные процессы, их классификация и связанные с ними месторождения.

15.Метаморфические процессы и связанные ними полезные ископаемые.

16.Принципы классификации минералов. Классификация минералов как химических соединений.

17.Классы самородных металлов и металлоидов. Свойства, происхождение и практическое значение (медь, серебро, золото, поликсен, алмаз, графит, сера).

18.Галогениды. Классификация и общие свойства, происхождение и практическое значение (флюорит, галит, сильвин, карналлит).

19.Сульфиды. Классификация, свойства, происхождение и практическое значение (халькозин, пирротин, пентландит, сфалерит, галенит, киноварь, борнит, халькопирит, реальгар, антимонит, аурипигмент, ковеллин, молибденит, пирит, марказит, кобальтин, арсенопирит, теннантит, тетраэдрит, буланжерит)

20.Класс оксидов и гидрооксидов. Классификация, общие свойства, происхождение и практическое значение (рутил, касситерит, корунд, ильменит, гематит, куприт, кварц, опал, магнетит, хромит, брусит).

21.Бокситы, лимониты, минералы марганцевых руд. Формулы, свойства, происхождение и практическое значение (Бокситы: диаспор, бемит, гидраргиллит. Лимониты-гетит, лепидокрокит. Марганцевые руды –пиролюзит, гаусманит, манганит).

22.Класс карбонатов. Физические свойства, происхождение и практическое значение (кальцит, сидерит, магнезит, арагонит, смитсонит, церуссит, доломит, малахит, азурит).

23.Класс сульфатов. Физические свойства, происхождение и практическое значение (барит, целестин, англезит, ангидрит, тенардит, алунит, ярозит, гипс, мирабилит, эпсомит, халькантит, калиевые квасцы).

24.Класс фосфатов и вольфраматов. Физические свойства, происхождение и практическое значение (апатит, монацит, скородит, бирюза, вивианит, эритрин, аннабергит, торбернит, карнотит, вольфрамит, шеелит, крокоит)

25.Класс боратов .Физические свойства, особенности структур, происхождение и практическое применение (людвигит, бура, гидроборацит, борацит).

Задание 2

1. Силикаты. Распространенность, основные этапы в истории изучения силикатов.
2. Кристаллохимическая классификация силикатов.
3. Химический состав и физические свойства силикатов.
4. Происхождение и практическое значение силикатов.
5. Островные силикаты. Общая характеристика, физические свойства, формулы минералов, происхождение и практическое значение (группа оливина, группа гранатов, циркон, титанит, дистен, андалузит, топаз, ставролит, эпидот).
6. Кольцевые силикаты. Общая характеристика берилла и турмалина. Физические свойства, формулы, разности, происхождение и практическое значение (берилл, турмалин, эвдиалит, диоптаз, датолит).
7. Цепочечные силикаты. Классификация, состав, свойства, условия образования (группа ромбических пироксенов, диопсид, геденбергит, авгит, эгирин, сподумен, волластонит, родонит).
8. Ленточные силикаты. Классификация, состав, свойства, условия образования (антофиллит, жедрит, тремолит, актинолит, роговая обманка, актинолит, глаукофан, рибекит).
9. Пироксены и амфиболы. Сравнительная характеристика кристаллохимической структуры, состав, свойства, условия образования.
10. Слоистые силикаты. Классификация- как отражение взаимосвязи свойств слоистых силикатов от состава и кристаллохимического мотива.
11. Свойства, физические свойства, происхождение и практическое значение слоистых силикатов (каолинит, серпентин, тальк, монтмориллонит, пеннин, шамозит).
12. Группа слюд. Классификация, физические свойства и практическое значение (мусковит, флогопит, биотит, лепидолит, лепидомелан, маргарит, глауконит, вермикулит).
13. Каркасные алюмосиликаты. Общая характеристика ,классификация, состав, свойства, условия образования и практическое значение.
14. Плагиоклазы. Состав,формулы, свойства, происхождение и практическое значение.
15. Щелочные полевые шпаты и фельдшпатоиды. Свойства, формулы, происхождение и практическое значение (санидин, ортоклаз, микроклин, анортоклаз, нефелин, лазурит, канкринит, лейцит).
16. Группа цеолитов. Состав, свойства, условия образования и практическое значение (анальцим, натролит, стильбит).

Критерии оценивания тестового задания:

Критерии	Баллы
Обучающийся уверенно отвечает на поставленные вопросы, дает точные формулировки и определения	Отлично
Обучающийся отвечает на поставленные вопросы, но иногда ошибается в точности формулировок и определений.	Хорошо
Обучающийся отвечает на поставленные вопросы с ошибками, не дает точных формулировок, но на наводящие вопросы дает примерные ответы	Удовлетворительно
Обучающийся не отвечает на поставленные вопросы	Неудовлетворительно

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Практическое задание (зачет)

1. Определить минералы из предложенной коллекции. В коллекции 15 образцов.
2. Определить тип и класс к которому относится определенный минерал;
3. Написать химическую формулу минерала.

Критерии оценивания практического задания:

Критерии	Баллы
Обучающийся в полном объеме выполнил задание:, определил верно 75% и более минералов, написал их химический состав в виде формулы, определил тип и класс минералов	Зачтено
Обучающийся определил менее 75% минералов	Незачтено

Примеры вопросов к экзамену

1.	Предмет минералогия. Понятие о минерале. Связь с другими науками.
2.	Краткая история развития минералогии. Роль российских ученых в развитии минералогических знаний.
3.	Значение минералов и роль минералогии в промышленности и сельском хозяйстве; разделение минералогии.
4.	Элементы симметрии кристаллов: оси, плоскости, центр. Понятие категорий и сингоний в кристаллографии.
5.	Строение минералов. Главные типы структур.
6.	Химический состав минералов. Типы соединений.
7.	Изоморфизм в минералогии. Факторы изоморфизма.
8.	Полиморфизм и полиморфные модификации.
9.	Псевдо- и пароморфозы, их генетическое значение.
10.	Типы воды в минералах.
11.	Эмпирические и кристаллохимические формулы минералов. Методы пересчета химических анализов на формулы минералов.
12.	Физические свойства минералов.
13.	Цвета и типы окраски минералов. Эталоны цвета минералов.
14.	Сростки и агрегаты минералов. Практическое значение морфологических признаков минералов.
15.	Генерация минералов. Понятие о парагенезисе.
16.	Основные методы минералогических исследований.
17.	Классификация процессов минералообразования.
18.	Магматический процесс минералообразования и связанные с ним главнейшие полезные ископаемые.
19.	Пегматитовый процесс минералообразования и связанные с ним полезные ископаемые.
20.	Контактово-метасоматические процессы и связанные с ним полезные ископаемые.
21	Гидротермальный процесс и минералообразование из вулканических эксгаляций. Связанные с этими процессами полезные ископаемые.
22.	Минералообразование в коре выветривания горных пород и руд.
23.	Экзогенные процессы, их классификация и связанные с ними месторождения.
24.	Метаморфические процессы и связанные с ними полезные ископаемые.
25.	Принципы классификации минералов. Классификация минералов как химических соединений.
26.	Понятие вида, разновидностей и разностей в минералах.
27.	Классы самородных металлов и металлоидов. Свойства, происхождение и практическое значение.
28.	Галогениды. Классификация и общие свойства, происхождение и практическое значение.
29.	Сульфиды: классификация, свойства, происхождение и практическое значение.
30.	Класс оксидов и гидрооксидов: классификация, общие свойства, происхождение и практическое значение.
31.	Бокситы, лимониты, минералы марганцевых руд: формулы, свойства, происхождение и практическое значение.
32.	Класс карбонатов: физические свойства, происхождение и практическое значение.
33.	Класс сульфатов: физические свойства, происхождение и практическое значение.
34.	Класс фосфатов и вольфраматов: физические свойства, происхождение и практическое значение.
35.	Силикаты. Распространенность, основные этапы в истории изучения силикатов.
36.	Кристаллохимическая классификация силикатов.
37.	Химический состав и физические свойства силикатов.
38.	Происхождение и практическое значение силикатов.
39.	Островные силикаты. Общая характеристика, физические свойства, формулы

	минералов, происхождение и практическое значение.
40.	Кольцевые силикаты. Общая характеристика берилла и турмалина, физические свойства, формулы, разности, происхождение и практическое значение.
41.	Цепочечные силикаты: классификация, состав, свойства, условия образования.
42.	Ленточные силикаты: классификация, состав, свойства, условия образования.
43.	Пироксены и амфиболы. Сравнительная характеристика кристаллохимической структуры, состава, свойств, условий образования.
44.	Слоистые силикаты. Классификация — как отражение взаимосвязи свойств слоистых силикатов от состава и кристаллохимического мотива.
45.	Свойства, физические свойства, происхождение и практическое значение слоистых силикатов.
46.	Группа слюд, классификация, физические свойства и практическое значение.
47.	Каркасные алюмосиликаты. Общая характеристика, классификация, состав, свойства, условия образования, практическое значение.
48.	Плагиоклазы. Состав, формулы, свойства, происхождение и практическое значение.
49.	Щелочные полевые шпаты и фельдшпатоиды: формулы, свойства, происхождение.
50.	Группа цеолитов: состав свойства, условия образования и практическое значение.

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:
1) знание теоретического материала и владение терминами и понятиями;
2) умение связывать теорию с практикой;
3) умение решать практические задачи;

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, применять теоретические знания для решения практических задач	*Повышенный уровень*	*Отлично* *(Зачтено)*
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, применять теоретические знания для решения практических задач, но допускает ошибки при ответах на вопросы	*Базовый уровень*	*Хорошо* *(Зачтено)*
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, не в полной мере умеет применять теоретические знания для решения практических задач, допускает ошибки при ответах на вопросы	*Пороговый уровень*	*Удовлетворительно* *(Зачтено)*
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем (четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при решении практических задач и не дает ответы на вопросы,	–	*Неудовлетворительно* *(Не зачтено)*

20.3. Фонд оценочных средств сформированности компетенций

ОПК-12 Способен проводить самостоятельно или в составе группы научный поиск, реализуя специальные средства и методы получения нового знания, участвовать в научных исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

ЗАДАНИЕ 1. Спайность минерала — это:

– **способность кристаллов раскалываться параллельно определенным кристаллическим плоскостям**
– степень сопротивления минерала внешним механическим воздействиям
– эффект, вызываемый отражением света от поверхности минерала
– способность кристаллов светиться при нагревании

ЗАДАНИЕ 2. Что из перечисленного относится к систематике минералов:
– **тип минералов**
– кристаллохимическая формула минерала
– разности минерала
– сингония минерала

ЗАДАНИЕ 3. Форма кристаллов зависит от:
– **Внутренней структуры**
– Химического состава
– Породы
– Процесса минералообразования

ЗАДАНИЕ 4. Какой минерал соответствует твердости 5 по шкале Мооса
– **Апатит**
– Флюорит
– Ортоклаз
– Топаз

ЗАДАНИЕ 5. Какую сингонию кристалла будет характеризовать следующее: "Для нее характерно наличии нескольких осей выше L_2"
– **ромбическую**
– тригональную
– гексагональную
– триклинную
– кубическую

ЗАДАНИЕ 6. Изоморфизм в минералах протекает при следующих условиях:
– **без изменения структуры минерала**
– с частичным изменением структуры минерала
– с полным изменением структуры минерала

ЗАДАНИЕ 7. Окраска, зависящая от химического состава или элементов-примесей в минерале, носит название:
– **идиохроматическая**
– псевдохроматическая
– аллохроматическая

ЗАДАНИЕ 8. К механическим свойствам минерала не относится:
– **плотность**
– хрупкость
– твердость
– спайность
– ковкость

ЗАДАНИЕ 9. Минералы какого класса вступают в реакцию с HCl
– **Карбонаты**
– Сульфаты
– Сульфиды
– Фосфаты

ЗАДАНИЕ 10. При каком процессе минералообразования образуется малахит

- **Экзогенный**
- Эндогенный
- Метаморфический

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

ЗАДАНИЕ 1. К какому классу минералов относится самородное золото?
Ответ: к классу самородные металлы

3) темы эссе
ЗАДАНИЕ 1. Изоморфизм. Типы изоморфизма.
Ответ Свойство атомов, ионов или их группировок замещать другие атомы, ионы или их группировки в химических соединениях переменного состава называется изоморфизмом. Вхождение изоморфных примесей в минерал происходит без коренного изменения его кристаллической решетки, поскольку перестройка структуры привела бы к образованию нового минерала.
По валентности ионов выделяются два типа изоморфизма – изовалентный и гетеровалентный (разновалентный). Первый из них характеризуется заменой в кристаллической структуре ионов одинаковой валентности и широко проявляется при условии общности свойств и размеров замещающихся ионов. В соответствии с правилом В. М. Гольдшмидта, способность элементов к взаимозамещению убывает по мере возрастания разницы величин ионных радиусов (r).
Примером совершенного, неограниченного (полного) изоморфизма является оливин $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$, в котором при замещении по схеме
$Mg^{2+}(0{,}74\ Å) \leftrightarrow Fe^{2+}(0{,}78\ Å)$
отчетливо проявляется аддитивность состава и свойств в ряду форстерит ($Mg_2[SiO_4]$) – фаялит ($Fe_2[SiO_4]$).
Примером гетеровалентного изоморфизма являются высокотемпературные Na–Ca полевые шпаты (плагиоклазы), включающие ряд разновидностей между альбитом $Na[AlSi_3O_8]$ и анортитом с замещением по схеме
$Na^+ + Si^{4+} \leftrightarrow Ca^{2+} + Al^{3+}$.
Факторы изоморфизма:
– близость радиусов, участвующих в изоморфных замещениях ионов и атомов (по правилу В. М. Гольдшмидта);
– сходство (близость) химических свойств замещающих друг друга элементов, принадлежащих к одной подгруппе периодической таблицы Д. И. Менделеева, и подобие в строении их внешних электронных оболочек;
– термодинамический фактор (P и T), предложенный В. И. Вернадским.

ЗАДАНИЕ 2. Классификация силикатов
Ответ: По типу кремнекислородного мотива все силикаты делятся на 2 большие группы
I. Силикаты с кремнекислородными мотивами конечных размеров
I.1. Ортосиликаты (одиночные ККТ)
I.2. Диортосиликаты (сдвоенные ККТ)
I.3. Кольцевые силикаты – несколько тетраэдров, соединяющихся в кольцо.
II. Силикаты с кремнекислородными мотивами бесконечных размеров
II.1. Цепочечные силикаты, (непрерывные одинарные цепочки ККТ)
II.2. Ленточные силикаты (спаренные цепочки ККТ)
II.3. Слоистые силикаты (непрерывные слои ККТ)
II.4. Каркасные силикаты (трехмерные непрерывные каркасы)

ОПК-13 Способен изучать и анализировать вещественный состав горных пород и руд и геологопромышленные и генетические типы месторождений полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению минерально-сырьевой базы.

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:
1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):
ЗАДАНИЕ 1. Какой минерал является рудой на Fe?

– **Магнетит**
– Пирит
– Эгирин
– Пирротин

ЗАДАНИЕ 2. Какой минерал является рудой на Zn?
– **Сфалерит**
– Галенит
– Циркон
– Халькопирит

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

ЗАДАНИЕ 1. К какому типу минералов относится пирит?
Ответ: к сульфидам.

ЗАДАНИЕ 2. К какому классу минералов относится малахит?
Ответ: к карбонатам.

ЗАДАНИЕ 3. К какому классу минералов относится топаз?
Ответ: к силикатам.

ЗАДАНИЕ 4. К какому классу минералов относится гипс?
Ответ: к сульфатам.

ЗАДАНИЕ 5. К какому классу минералов относится апатит?
Ответ: к фосфатам.

ЗАДАНИЕ 6. К какому классу минералов относится флюорит?
Ответ: к галогенидам.

ЗАДАНИЕ 7. К какому классу минералов относится магнетит?
Ответ: к окислам и гидроокислам.

ЗАДАНИЕ 8. К какому классу минералов относится вольфрамит?
Ответ: к вольфраматам.

ЗАДАНИЕ 9. К какому классу минералов относится бура?
Ответ: к боратам.

3) темы эссе

ЗАДАНИЕ 1. Пегматитовый процесс минералообразования.
Ответ: Пегматитовый тип генезиса связан с кристаллизацией обогащенного летучими компонентами остаточного расплава, дающего начало особым образованиям, получившим название пегматитов.
Пегматиты образуются практически во всех типах магматических горных пород, однако наибольшим распространением пользуются пегматиты, связанные с кислыми и, в известной мере, щелочными породами.
А. Е. Ферсман выделил:
– пегматиты чистой линии (внедрение остаточного расплава в породы близкого к этому остатку состава);
– пегматиты линии скрещивания (возникают при взаимодействии расплава с контрастно различными по составу вмещающими породами).
Во всех случаях пегматиты обогащены главным образом Si, Al, Ca и щелочами. Наряду с этим, они содержат значительное количество таких элементов, как Li, Be, B, F, Rb, Cs, редких земель, Mo, Zr, Hf, Ta, Nb, Th, U и др.
Пегматит – порода, которая характеризуется следующими признаками:
1. Наличие текстуры типа «письменный гранит» («еврейский камень»).

2. Крупно- и гигантозернистое строение кристаллов.
3. Имеют простой минеральный состав главных породообразующих минералов, отвечающих по составу граниту: кварц, полевой шпат, мусковит.
4. Образуют зональные тела, иногда с полостями (занорышами) в центральной части.
5. Резко обогащены по сравнению с гранитами U, TR, Be, Li, Rb, Cs, B, F, P, CO_2.
6. Развиваются преимущественно в крупных гранитоидных массивах, а также в глубокометаморфизованных породах.
7. Имеют жилообразную форму тел.
8. Пегматиты, как правило, образуют обширные поля, которые объединяются в пегматитовые пояса.

ЗАДАНИЕ 2. **Оси симметрии, обозначение в символике Бравэ и их расположение в кристалле.**
Ответ:Ось симметрии – это такая воображаемая прямая, проходящая через центр кристалла, при вращении вокруг которой определенные элементы многогранника повторяются n - количество раз, где n - порядок оси.
В символике Бравэ ("учебной") оси симметрии обозначаются буквой L с цифровым индексом n, указывающем порядок оси – L_2, L_3, L_4, L_6 (соответственно – второго, третьего, четвертого и шестого порядков). Обычно выходы поворотных осей располагаются либо в центрах двух противоположных граней, серединах ребер и вершинах, либо проходят через вершину и центр грани. При этом надо учитывать, что в центрах граней прямоугольной или ромбовидной формы располагаются, как правило, выходы L_2, граней в виде равностороннего треугольника – L_3, квадрата – L_4 и шестиугольника – L_6. Через середины ребер проходят чаще всего оси второго порядка.

ЗАДАНИЕ 3. **Плоскости симметрии, обозначение в символике Бравэ и их расположение в кристалле.**
Ответ:Плоскостью симметрии называется такая плоскость, которая делит фигуру на две зеркально-равные части, расположенные относительно друг друга как предмет и его зеркальное отражение.
Обозначаются буквой P (по Бравэ). Располагаются плоскости симметрии и ориентируются относительно друг друга в симметричной фигуре строго определенно, пересекаясь между собой.
Обычно они проходят через середины граней и ребер перпендикулярно им или же идут вдоль ребер, образуя равные углы с одинаковыми гранями и ребрами. В различных кристаллах плоскости симметрии присутствуют либо в единичном числе, либо в количестве двух, трех, четырех, пяти, шести, семи и девяти плоскостей.

ЗАДАНИЕ 4. **Центр симметрии, его обозначение в символике Бравэ. Практическое определение центра симметрии.**
Ответ:Центр инверсии (симметрии) – это воображаемая точка внутри кристалла, характеризующаяся тем, что любая, проведенная через нее прямая по обе стороны от нее и на равных расстояниях, встречает одинаковые элементы многогранника. Обозначается центр инверсии буквой C (по Бравэ). В многогранниках C всегда встречается в единственном числе – или он есть, или его нет.
Определить наличие центра инверсии у многогранников очень просто по следующему признаку: если каждой грани многогранника соответствует равная и параллельная (обратно-параллельная) грань, то он обладает центром инверсии, если хотя бы одной грани многогранника нет соответствующей равной и параллельной (обратно-параллельной) грани, то в нем C отсутствует.

ЗАДАНИЕ 5. **Простые формы низшей категории**
Ответ:В низшей категории выделяют 7 простых форм. К ним относятся:
1) Моноэдр – одногранник, встречается только в комбинациях с другими простыми формами.
2) Пинакоид – представлен двумя параллельными гранями.
3) Диэдр - две пересекающиеся грани
4) Ромбическая призма - четыре попарно (через одну) параллельные грани, в сечении ромб.
5) Ромбическая пирамида - четыре грани, пересекающиеся в одной вершине, в основании ромб
6) Ромбический тетраэдр - четыре непараллельные грани, по три пересекающиеся в каждой вершине, очертания каждой грани в виде разностороннего треугольника,

7) Ромбическая дипирамида - восемь граней, располагающихся одна под другой, пересекающиеся в двух вершинах. В сечении ромб.

ЗАДАНИЕ 6. **Свойства слоистых силикатов.**
Ответ:Все минералы этого мотива кристаллизуются в моноклинной сингонии.
Морфология: таблитчатые кристаллы, чешуйчатые агрегаты.
Цвет: зависит от наличия элементов-хромофоров, в основном светлые тона окраски.
Блеск: на гранях кристаллов из-за несовершенства матовый или жирный, на плоскостях спайности стеклянный, у слюд с перламутровым отливом.
Спайность: совершенная и весьма совершенная.
Твердость: низкая 1–3. Определяется непрочностью кристаллических структур.
Удельный вес: 1,0–3,5 г/см^3.

ЗАДАНИЕ 7. **Свойства пироксенов**
Ответ:Относятся к цепочечному мотиву
Морфология: морфологически кристаллы пироксенов вытянуты вдоль цепочек и имеют призматический габитус.
Цвет: обычно определяется содержанием железа и изменяется от белого (сподумен), через зеленый (диопсид), грязно-зеленый (геденбергит) до черного(авгит).
Блеск: стеклянный.
Спайность: в двух направлениях под углом 87°.
Твердость: 5,5–6,0 (у сподумена 7).
Плотность: 3,0–3,5 г/см3.
Происхождение: встречаются в магматических породах, скарнах, гнейсах и кристаллических сланцах.

ЗАДАНИЕ 8. **Основные свойства островных силикатов**
Ответ:Морфология: Кристаллы, как правило, изометрические.
Окраска: Окраска связана с элементами-хромофорами (идиохроматическая)
Твердость: Высокая > 6 (вследствие плотной упаковки ионов)
Плотность: Относительно повышенная (> 3,5 г/см^3)
Происхождение: Магматическое, метаморфическое

ЗАДАНИЕ 9. **Структура и физические свойства вольфрамита.**
Ответ:Вольфрамит (Mn, Fe)[WO_4] (изоморфный ряд от гюбнерита ($MnWO_4$) до ферберита ($FeWO_4$) – черный, бурый, красно-коричневый.
Сингония: моноклинная.
Форма кристаллов: призматическая, с грубой штриховкой на гранях.
Блеск: на плоскостях спайности алмазный, а по другим направлениям жирный.
Твердость: 4,5–5,5.
Черта: у гюбнерита светлая до желтовато-коричневой и даже желтой; у ферберита от темно-бурой до черной.
Удельный вес: около 7 г/см^3.

ЗАДАНИЕ 10. **Основные свойства минералов класса карбонатов**
Ответ:Соли угольной кислоты, анион [CO_3].
Основные признаки класса: белый цвет, стеклянный блеск.
Морфология: хорошо образованные кристаллы (ромбоэдры, скаленоэдры), массивные, зернистые, натечные агрегаты. Низкая твердость – 3, совершенная спайность по ромбоэдру в 3-х направлениях. Тригональная сингония, удельный вес около 4. Реакция с HCl.
Экзогенный путь образования.
ЗАДАНИЕ 11. **Свойства сульфидов.**
Ответ:Цвет преимущественно темный, зависит от элемента-хромофора
Цвет черты является важнейшим диагностическим признаком и в большинстве также является темным.
Блеск. Сульфиды обладают высокой отражательной способностью, что обусловлено смешанным, часто металлическим характером химических связей.
Имеют металлический или металловидный блеск, иногда алмазный.

Твердость. Все сульфиды, за исключением персульфидов (высших), обладают низкой твердостью от 1 до 4. У персульфидов (пирит, кобальтин, арсенопирит) твердость равна или более 5, что объясняется проявлением в них сильных связей внутри островных группировок.
Удельный вес колеблется от 3,0 до 11,0 г/см^3.
Следует отметить, что условно ввиду проявления различных физических свойств сульфиды имеют синонимичные названия – блески, колчеданы и обманки
Происхождение сульфидов: магматическое; гидротермальное; осадочное; зоны окисления сульфидных месторождений.

ЗАДАНИЕ 12. **Скарновый процесс минералообразования.**
Ответ: Скарны представляют собой метасоматические породы, сложенные известково-магнезиально-железистыми силикатами и алюмосиликатами, возникающими в зоне контакта интрузий с карбонатными породами. В общем случае для образования скарнов необходимо наличие двух химически неравновесных сред (карбонатных и алюмосиликатных пород) и циркулирующих между ними высокотемпературных растворов. В строении скарнов выделяют эндо- и экзозоны.
По составу выделяются скарны магнезиальные и известковые.
Среди скарнов по механизму образования различают диффузионный и инфильтрационный типы.
Со скарнами связано образование ряда разнообразных по минеральному составу рудных формаций:
– магнетита;
– шеелита;
– халькопирита;
– галенит-сфалерита;
– франклинит-цинкита;
– людвигита.