

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки**  
**Институт геохимии им. А.П. Виноградова**  
**Сибирского отделения Российской академии наук**

**УТВЕРЖДЕНА**

на заседании Ученого совета ИГХ СО РАН  
Протокол № 4 от 10.04.2025г



*Директор*

*A.Б. Перепелов*

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### **Б1.В.04 Геохимия процессов рудообразования**

Направление подготовки: 05.04.01 Геология

направленность "Геохимия, минералогия и геоэкология"

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Иркутск 2025 г.

## **Содержание**

1. Цель и задачи дисциплины .....	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО .....	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины.....	3
4. Содержание и структура дисциплины.....	6
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов .....	6
4.2. План и перечень тем самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	7
4.3. Содержание учебного материала .....	8
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	9
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	13
5.1. Перечень основной и дополнительной литературы .....	13
5.2. Периодические издания.....	14
5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы .....	14
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	14
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....	14
6.2. Программное обеспечение .....	14
6.3. Технические и электронные средства обучения:.....	14
7. Образовательные технологии .....	15
8. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	17
8.1. Оценочные материалы для текущего контроля: .....	17
8.2. Оценочные материалы для промежуточной аттестации .....	18

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель:** формирование профессиональных компетенций (ПК-1, ПК-2), направленных на понимание геохимии процессов формирования рудных месторождений, необходимых для проведения, планирования и постановки геохимических исследований.

**Задачи:**

–ознакомить обучающихся с основами знаний о геохимических процессах формирования рудных месторождений

– дать представления об основных процессах миграции и накопления химических элементов в процессах формирования рудных залежей

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина относится к части формируемой участниками образовательных отношений. Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, сформированные следующими предшествующими дисциплинами: «Современные проблемы геологии», «Геохимия элементов», «Минералогия и процессы минералообразования»

Полученные в рамках изучения данной дисциплины знания, умения и опыт необходим для освоения таких дисциплин как: «Геохимические индикаторы геодинамических обстановок», «Петрология», «Интерпретация геохимических данных».

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у студента следующих компетенций (элементов следующих компетенции) в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 05.04.01 Геология:

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения
<b>ПК-1</b> Способен использовать фундаментальные теоретические знания при решении научно-исследовательских задач в области геологии	<b>ИД-1пк1</b> Использует современные положения фундаментальных геологических дисциплин на разных этапах осуществления и сопровождения научно-исследовательских работ	<b>Знать:</b> <b>3-1</b> Основные закономерности поведения химических элементов в геологических процессах <b>3-2</b> Ассоциации элементов-индикаторов различных типов рудных месторождений <b>Уметь:</b> <b>У-1</b> Анализировать геологические карты разной специализации для выявления геохимических особенностей территории <b>У-2</b> Самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области геохимии рудообразования <b>Владеть:</b> <b>В-1</b> Навыками организации

		<p>геохимических научных и прикладных исследований</p> <p><b>В-2</b> приёмами и методами геохимических исследований для прогноза и поиска полезных ископаемых</p>
		<p><b>Знать:</b></p> <p><b>3-1</b> Условия миграции и накопления элементов</p> <p><b>3-2</b> Сущность геохимии процессов эндогенного и экзогенного породо- и рудообразования</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p><b>У-1</b> Интерпретировать полученную информацию</p> <p><b>У-2</b> Излагать в устной и письменной форме результаты своего исследования</p> <p><b>У-3</b> Аргументировано отстаивать свою точку зрения в дискуссии</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p><b>В-1</b> Навыками анализа ландшафтно-геохимической обстановки</p> <p><b>В-2</b> Инструментами для создания моделей и интерпретации результатов научных исследований</p>
<p><b>ПК-4</b></p> <p>Способен изучать и использовать научно-техническую информацию, применять отечественный и зарубежный опыт при выполнении задач научно-исследовательской работы</p>	<p><b>ИД-1пк4</b></p> <p>Использует учебную, справочную, периодическую, фондовую литературу и информационные ресурсы геологического, геохимического и экологического профиля при выполнении научно-исследовательских работ</p>	<p><b>Знать:</b></p> <p><b>3-1</b> Базовую литературу и источники информации в области геохимии процессов рудообразования</p> <p><b>3-2</b> Принципы поиска необходимой информации, понимая терминологию и содержание дисциплины</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p><b>У-1</b> Применять методы и компьютерные программы обработки геохимической информации</p> <p><b>У-2</b> Применять специализированные профессиональные теоретические и практические знания для проведения геохимических исследований</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p><b>В-1</b> Методами системного</p>

		<p>анализа геохимических условий миграции и накопления химических элементов</p> <p><b>В-2</b> Навыками применения теоретических основ специальных и новых разделов геологических наук при решении задач профессиональной деятельности</p>
	<p><b>ИД-2пк4</b> Ориентируется в структуре современных информационных источников, ресурсов и литературе для поиска и подбора актуальной информации или углубления знаний в рамках решения конкретной профессиональной задачи</p>	<p><b>Знать:</b></p> <p><b>3-1</b> основные методы получения геохимической информации</p> <p><b>3-2</b> принципы работы с фондовыми материалами</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p><b>У-1</b> Анализировать результаты геохимических аномалий</p> <p><b>У-2</b> самостоятельно обобщать результаты, полученные в процессе решения профессиональных задач</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p><b>В-1</b> навыками оценки перспективности аномалий</p> <p><b>В-2</b> принципами решения стандартных и нестандартных задач профессиональной деятельности с использованием современных информационных ресурсов</p>

#### **4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА дисциплины**

**Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, что составляет 108 академических часов, в том числе 3 академических часов на зачет. Из них 36 часов – практическая подготовка.**

### **Форма промежуточной аттестации: зачет.**

#### **4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов**

№	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа	Контроль самостоятельной работы (в часах)	Формы текущего контроля успеваемости / форма промежуточной аттестации			
					Контактная работа преподавателя с обучающимися								
					Лекции	Семинарские/практические/лабораторные занятия	Консультации						
1	Рудообразующие системы	2	14	6	4	6		4		Устный опрос			
2	Источники породо- и рудообразующих компонентов и их концентрация	2	22	8	8	8		6		Устный опрос			
3	Геохимические свойства элементов и степень их проявления в различных природных системах	2	22	8	8	8		6		Устный опрос			
4	Геохимические особенности породообразующих элементов в природных системах	2	24	8	8	8		8		Устный опрос			
5	Геохимические особенности рудообразующих и редких элементов в природных системах	2	22	8	8	8		6		зачет			
<b>Всего</b>			<b>108</b>	<b>36</b>	<b>36</b>			<b>1</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		

#### 4.2. План и перечень тем самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Название раздела, темы	Вид самостоятельной работы	Оценочное средство	Формируемый индикатор достижения компетенции	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы	Трудоемкость, часов
1	Рудообразующие системы	Выполнение домашнего задания	собеседование	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4	См.п. 5 - учебно-методическое и информац. обеспечение дисциплины	4
2	Источники породо- и рудообразующих компонентов и их концентрация	Выполнение домашнего задания	собеседование	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4	См.п. 5 - учебно-методическое и информац. обеспечение дисциплины	6
3	Геохимические свойства элементов и степень их проявления в различных природных системах	Выполнение домашнего задания	собеседование	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4	См.п. 5 - учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	6
4	Геохимические особенности породообразующих элементов в природных системах	Выполнение домашнего задания	собеседование	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4	См.п. 5 - учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	8
5	Геохимические особенности рудообразующих и редких элементов в природных системах	Выполнение домашнего задания	собеседование	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4	См.п. 5 - учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	6

### 4.3. Содержание учебного материала

1. Рудообразующие системы. Разнообразие и эволюционная изменчивость рудообразующих систем. Системный подход в изучении природных систем. Критерии единства природных рудообразующих систем. Масштаб рудообразующих систем.
2. Источники породо- и рудообразующих компонентов и их концентрация. Основные источники энергии и их роль в рудообразовании. Метасоматические изменения подстилающих и вмещающих оруденение пород и их роль в рудообразовании. О критериях синхронности и разновременности природных образований.
3. Геохимические свойства элементов и степень их проявления в различных природных системах. Геохимические свойства элементов и степень их проявления в различных природных системах. Минералого-геохимические особенности вертикальной зональности распределения рудообразующих и редких элементов в месторождениях.
4. Геохимические особенности породообразующих элементов в природных системах. Геохимические особенности породообразующих элементов в природных системах. Кислород и кремний. Калий и натрий. Кальций и магний. Кальций и магний. Углерод, фосфор и хлор.
5. Геохимические особенности рудообразующих и редких элементов в природных системах. Сера, селен, теллур. Железо и медь. Золото и серебро. Свинец и висмут. Цинк и кадмий. Молибден, рений и осмий. Сурьма и мышьяк. Олово. Генетическое значение количественных соотношений элементов в геохимических парах.

### Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/н	№ Раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)
1	Рудообразующие системы	Выполнение домашнего задания	6	Расчетно-графическое задание	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4
2	Источники породо- и рудообразующих компонентов и их концентрация	Обработка и оценка качества исходных аналитических данных.	8	Расчетно-графическое задание	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4
3	Геохимические свойства элементов и степень их проявления в различных природных системах	Оценка основных статистических параметров аналитических данных	8	Расчетно-графическое задание	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4
4	Геохимические особенности породообразующих элементов природных системах	Стандартизация геохимических данных	8	Расчетно-графическое задание	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4
5	Геохимические	Многомерная	8	Расчетно-	ИД-1пк-1

	особенности рудообразующих и редких элементов в природных системах	статистика геохимических данных		графическое задание	ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4
--	--	---------------------------------	--	---------------------	----------------------------------

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

##### Практическая работа №1

**Цель:** Обучение навыкам работы с аналитической информацией. Оценка качества первичной аналитической информации, подготовка к статистическому и многомерному анализу.

##### Ход выполнения работы (Методика выполнения задания):

При проведении геолого-поисковых и разведочных работ специалистам необходимо работать с аналитической информацией, полученной для различных видов геологического материала. В практической работе рассматривается пример обработки первичной геохимической информации, полученной в результате геохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния (ВОР).

После того как геохимические пробы прошли стадию лабораторных исследований, лаборатория подготавливает и высылает протоколы исследований в виде электронных таблиц excel и pdf, в которых содержится информация о лаборатории, аналитическом методе, содержания элементов в пробах и пр.

Для последующей обработки аналитических данных, протоколы необходимо соединить в одну общую таблицу, соблюдая правильность заполнения столбцов для исключения ошибок. Следующим шагом необходимо сопоставить аналитические данные с географической привязкой. Для этого студентам выдается таблица координат, в которой записаны координаты в системах координат WGS84 и GK42, высота над уровнем моря, номер геохимической пробы. При сопоставлении двух таблиц (Таблица с аналитическими данными и таблица с привязками) общим полем является номер пробы (sample). По окончанию объединения протоколов должна получиться таблица, показанная на.

На следующем этапе производится оценка качества первичной геохимической информации. Контроль осуществляется для оперативного управления качеством первичной геохимической информации, оценки погрешностей определений и их дальнейшего учета при анализе геохимических данных. Качество опробования при геохимических работах контролируется путем повторного отбора проб, обычно, в объеме 2-3% от общего количества проб. По данным первичного и контрольного опробования рассчитывается погрешность работ, которую следует учитывать при подсчете величины геохимического фона и выделении геохимических аномалий. Для этого из общей таблицы аналитических данных необходимо найти пробы с номером, в конце которого присутствует латинская буква «К». Создать новую таблицу, в которой будут располагаться аналитические данные рядового и контрольного опробования.

Для полученной таблицы рассчитываются систематические и случайные погрешности согласно методики, описанной в (Инструкция по геохимическим методам поисков... 1985). Систематической ( $S_{\text{сист.}}$ ) называется погрешность измерения, которая остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях одной и той же величины. Систематические погрешности выявляются и устраняются. Для оценки относительной систематической погрешности ( $S_{\text{сист.}}$ ) следует определить среднюю систематическую погрешность  $\Delta_{\text{сист.}}$  по следующей формуле:

$$\Delta_{\text{сист.}} = \frac{(LgC_{i1} - lgC_{k1}) + (LgC_{i2} - lgC_{k2}) + \dots + (LgC_{in} - lgC_{kn})}{n} \quad (1)$$

Где  $C_i$  – содержание элемента в рядовой пробе,  $C_k$  – содержание элемента в контрольной пробе,  $n$  – количество проб, подвергшихся контролю.

Антилогарифм средней систематической погрешности дает величину относительной систематической погрешности  $S_{\text{систем.}}$  (2), которая показывает, во сколько раз первые результаты систематически больше или меньше вторых:

$$S_{\text{систем.}} = \text{antlg} \Delta_{\text{систем.}} \quad (2)$$

Значения  $S_{\text{систем.}}$  в интервале от 0,95 до 1,05 считаются допустимыми. Если значения выходят за пределы допустимых значений, для исключения систематической погрешности, величину средней систематической погрешности  $\Delta_{\text{систем.}}$  алгебраически вычитываются из всех  $\lg C_i$ .

Для определения относительной случайной погрешности  $S_{\text{случ.}}$  сначала вычисляется средняя случайная погрешность геохимической съемки  $\Delta_{\text{случ.}}$ :

$$\Delta_{\text{случ.}} = \frac{|LgC_{i1} - \lg C_{k1}| + |LgC_{i2} - \lg C_{k2}| + \dots + |LgC_{in} - \lg C_{kn}|}{n * \sqrt{2}} \quad (3)$$

Величина относительной средней случайной погрешности  $S_{\text{случ.}}$  представляет собой антилогарифм средней случайной погрешности  $\Delta_{\text{случ.}}$ :

$$S_{\text{случ.}} = \text{antlg} \Delta_{\text{случ.}} \quad (4)$$

Величина  $S_{\text{случ.}}$  показывает, во сколько раз полученные значения содержаний элементов больше или меньше истинных. Согласно (Инструкция по геохимическим методам поисков... 1985) значение  $S_{\text{случ.}}$  не должно превышать 1,6 при отборе проб рыхлых образований и растений и 2,0 в случае опробования коренных пород, т.е. измеренные содержания элементов в геохимическом поле могут в среднем отличаться от истинных не более чем в  $1,6 \pm 1$  или в  $2,0 \pm 1$  раза соответственно. При большей величине случайной погрешности съемка считается браком.

Студенты выполняют вышеописанные операции и дают оценку первичным аналитическим данным по каждому из химических элементов.

## Практическая работа №2

**Цель:** Приобретение навыков оценки основных статистических параметров аналитических данных (фоновые содержания, стандартные отклонения, стандартные множители, минимально-аномальные содержания и др. статистические параметры) в программном продукте Statistica с целью применения полученных характеристик для приведения к стандартизованным значениям геохимических данных.

### Ход выполнения работы (Методика выполнения задания):

Для сводной таблицы аналитических исследований, которая была сделана в первой практической работе, необходимо найти все контрольные пробы и исключить их из дальнейших расчетов. Также необходимо исключить элементы, которые не прошли проверку качества первичных аналитических данных или имеют малое кол-во полезных определений.

Далее подготовленная таблица загружается в программу Statistica (рис. 5).

Далее, используя панель инструментов, следует запустить анализ «Основные статистики и таблицы» (рис. 6). Данный анализ позволяет получить основные описательные характеристики для каждого проанализированного элемента.

Эти характеристики позволяют определить параметры, кратко описанные ниже по тексту.

Геохимический фон - наиболее типичный уровень содержания химического элемента, свойственный геологическому объекту или определенному компоненту природной среды (г. п., почвы и др.). Определяется как среднее, медианное или модальное значение содержания элемента в пределах геохимически однородного объекта: в г. п. - не затронутых влиянием эпигенетических процессов; в рыхлых отложениях, почвах, водах и растениях, химический состав которых свободен от продуктов разрушения месторождений, техногенного загрязнения и др. специфических факторов.

Способы оценки геохимического фона зависят от математического закона, которому подчиняется распределение содержаний элементов в выборке (нормальному или логнормальному).

Задача определения математического закона, которому подчиняется то или иное распределение содержаний элементов в выборке, решается двумя методами:

- Графический метод – определение по построенным гистограммам или кумулятивным кривым распределения частот встречаемости содержаний элементов;
- Математический метод – проверка при помощи математических операций, с помощью применения «критериев согласия» (критерий Пирсона и др.).

Минимально аномальное содержание элемента – нижнее значение вероятных аномалий для одиночных (изолированных) точек с повышенным содержанием элементов. В зависимости от закона распределения принимается величина:

$$Ca = Cf + 3S - \text{норм. закон распределения}$$

$$Ca = Cf + 3\epsilon - \text{логнорм. закон распределения}$$

Где  $S$  – стандартное отклонение,  $\epsilon$  – стандартный множитель

В этих пределах с вероятностью 99,86 % лежат значения фоновых содержаний элементов, поэтому вероятность ошибочного отнесения к числу аномалий точек, характеризующихся только случайным колебаниями фона, очень мала.

Таким образом в программе Statistica следует выбрать элементы, подлежащих анализу, включить или выключить параметры описательных статистик, настроить кол-во интервалов на гистограммах распределений (рис. 7).

После выбора параметров нажатием кнопки «OK» будет начат анализ описательных статистик для тех элементов, которые были выбраны и в рабочем окне программы отобразятся результаты анализа в виде таблицы (рис. 8). Анализируя полученную таблицу можно первично понять, как распределены элементы, сколько значений выше предела обнаружения, минимальные и максимальные содержания, стандартные отклонения, и другие важные параметры, которые могут быть использованы в дальнейших картографических построениях данных элементов и их интерпретации.

Вернувшись в окно настройки анализа описательных статистик во вкладке «Нормальность» настраиваются параметры построения гистограмм распределения элементов (рис. 9)

По окончанию настройки и нажатию кнопки «Гистограммы» программа начнет расчет гистограмм и их построение в рабочем окне программы (рис. 10)

### Практическая работа №3

**Цель:** Приобретение навыков оценки основных статистических параметров аналитических данных (фоновые содержания, стандартные отклонения, стандартные множители, минимально-аномальные содержания и др. статистические параметры) в программном продукте Statistica с целью применения полученных характеристик для приведения к стандартизованным значениям геохимических данных.

#### Ход выполнения работы (Методика выполнения задания):

На основании полученных на предыдущем занятии данных студентам необходимо самостоятельно определить закон распределения для всех элементов и определить геохимический фон в соответствии с законом распределения для каждого элемента.

При нормальном законе распределения:

$$Cf = \text{среднее (Mean)}$$

При логарифмически-нормальном законе распределения:

$$Cf = \text{медиана (Median)}$$

Чтобы охарактеризовать уровень отклонений содержаний элемента в отдельных фоновых пробах от среднефонового значения, при нормальном законе статистического распределения используется величина стандартного (среднеквадратического) отклонения  $Sf$ , а при логарифмически-нормальном законе — стандартного множителя  $\epsilon f$ .

### Робастная оценка $S_\phi$

Робастная оценка  $S_\phi$  производится по квартилям распределения, соответствующим 25% (C25%) и 75% (C75%) накопленной частоты.

По левой и правой ветвям центральной части распределения могут быть вычислены две оценки  $S_\phi$ :

$$S'_\phi = 1.4825 \times (C_\phi - C25\%),$$

$$S''_\phi = 1.4825 \times (C75\% - C_\phi).$$

Если оба значения близки по величине, следует взять среднее значение из них:

$$S_\phi = 0.5 \times (S'_\phi + S''_\phi).$$

Если же два значения существенно различаются и есть подозрение, что какое-то из них определено ненадежно или не вполне соответствует фоновой совокупности данных, то в качестве  $S_\phi$  лучше взять одно, более надежное значение.

### Робастная оценка $\epsilon_\phi$

Робастная оценка  $\epsilon_\phi$  по квартилям распределения производится по формулам:

$$\epsilon'_\phi = (C_\phi / C25\%)^{1.4825}$$

$$\epsilon''_\phi = (C75\% / C_\phi)^{1.4825}$$

Если оба значения близки по величине, следует взять среднее геометрическое значение из них:

$$\epsilon_\phi = \sqrt{\epsilon'_\phi * \epsilon''_\phi}$$

В случае же существенного различия  $\epsilon'_\phi$  и  $\epsilon''_\phi$ , когда есть основания считать, что одно из этих значений не вполне соответствует фоновой совокупности данных, в качестве  $\epsilon_\phi$  следует взять одно, более надежное значение.

Описанные выше параметры необходимы для стандартизации данных. В широком смысле стандартизация данных представляет собой этап их предобработки с целью приведения к определённому формату и представлению, которые обеспечивают их корректное применение в многомерном анализе, совместных исследованиях, сложных технологиях аналитической обработки.

Для корректного сопоставления и визуализации данных разнородных выборок с целью составления единой, приведенной к одному уровню геохимической карты на всю площадь работ, используются стандартизованные данные по фоновым параметрам  $u(C_i)$ :

при нормальном распределении содержаний:

$$u(C_i) = (C_i - C_\phi) / S_\phi$$

при логнормальном распределении содержаний:

$$u(C_i) = (\lg C_i - \lg C_\phi) / \lg \epsilon_\phi$$

Стандартизованное содержание  $u(C_i)$  представляет собой уровень аномальности содержания элемента или, по терминологии А.П. Соловова (1985), показатель контрастности геохимической аномалии. Так,  $u < 0$  соответствует содержанию ниже фона,  $u = 0$  означает, что содержание находится на уровне фона,  $u = 1$  соответствует первому уровню аномальности  $C_\phi * \epsilon_1$ ,  $u = 2$  – второму уровню  $C_\phi * \epsilon_2$ ,  $u = 3$  – третьему уровню аномальности  $C_\phi * \epsilon_3$  и т.д.

Расчеты, по приведенным выше формулам, производятся в Excel (рис. 11) с использованием статистических параметров, полученных в программном продукте Statistica. Здесь самое важное условие в том, чтобы пользователь правильно определил закон распределения и использовал нужные параметры в зависимости от сделанного выбора. В итоге должна получится таблица excel, содержащая стандартизованные геохимические данные с координатной привязкой.

## Практическая работа №4

**Цель:** Приобретение навыков работы с многомерными статистическими анализами с целью определения ассоциаций химических элементов.

**Ход выполнения работы (Методика выполнения задания):**

В практической работе используется таблица excel стандартизованных данных, выполненных в практической работе 2-3.

Геология изучает геологические тела, которые имеют конкретные пространственные параметры (форму, объем, линейные размеры) и состоят в большинстве случаев из химических соединений – минералов.

В пределах этих геологических тел, минералы образуют ассоциации. Набор минералов в ассоциации, определяется химическим составом вещества, поступившего в объем геологического тела и термодинамическими условиями в период кристаллизации.

Постоянство минерального состава (ассоциация минералов) и его особенности в пределах конкретного геологического тела позволяет визуально выделить (закартировать) его в геологическом пространстве.

Ассоциация химических элементов будет определяться ассоциацией минералов и, следовательно, ее распространение в пространстве будет определяться распространением минералов.

Иными словами, существует связь: геологическое тело → ассоциация минералов ↔ ассоциация химических элементов. Картируя ассоциацию химических элементов мы картируем геологическое тело.

Для выделения ассоциаций химических элементов используются методы многомерной статистики. Наиболее широко применяются:

- методы классификации:
  - Кластерный анализ,
  - Q – факторный анализ.
- методы сокращения числа переменных без потери информативности:
  - R – факторный анализ,
  - Метод главных компонент.

В данной практической работе рассматриваются два метода многомерного анализа: кластерный и факторный анализ в программном продукте Statistica.

Для выполнения кластерного анализа необходимо загрузить таблицу стандартизованных значений в программу Statistica (рис. 12) и затем выполнить последовательно действия, описанные и показанные на рисунках 13-14.

После выполнения этих действий программа строит дендрограмму связей элементов между собой (рис.14), на которых пользователь производит анализ получившихся ассоциаций и связывает их с геологическими, минералогическими, геофизическими и другими данными о рассматриваемой территории (рис. 15).

Факторный анализ выполняется для тех стандартизованных данных, которые в настоящий момент должны быть загружены в программу. Последовательность действий показана на рисунках 16-17.

После выбора и выставления всех параметров программа может построить таблицы факторов, которые будут характеризовать химические ассоциации элементов, графики факторных нагрузок, позволяющие наглядно продемонстрировать выделенные ассоциации. А при выгрузке значений факторных переменных могут быть построены картографические представления полиэлементных показателей для рассматриваемой территории с последующей интерпретацией и привязкой к геологической обстановке.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 перечень основной и дополнительной литературы

#### основная литература

1. Белевцев Я.Н. Метаморфогенное рудообразование. М.: Недра, 1979, 275 с.
2. Буряк В.А. Метаморфизм и рудообразование. М.: Недра, 1982, 256 с.
3. Войткевич Г.В., Кизельштейн Л.Я., Холодков Ю.И. Роль органического вещества в концентрации металлов в земной коре. М., 1983, 156 с.

4. Ермолаев Н.П., Созинов Н.А. Стратиформное рудообразование в черных сланцах. М.: Наука, 1986, 176 с.
5. Антипин В.С., Макрыгина В.А. Геохимия эндогенных процессов. Часть II. Геохимия процессов метаморфизма и метасоматоза. Издательство ИГУ, Иркутск, 2006 г., 130 стр.

#### дополнительная литература

1. Алексеенко В.А. Ландшафтно-геохимические исследования и окружающая среда. Изд-во Рост. Ун-та, 1989. -122 с.
2. Беус А.А. Геохимия литоферы. 2-е изд. М.: Недра, 1981. – 196с.
3. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. 2-е изд. М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 237с.
4. Гольдшмидт В.М. Геохимические принципы распределения редких элементов // Редкие элементы в изверженных горных породах и минералах / Ред.В.В. Щербина. М.: Изд-во иностранной литературы, 1952. С. 9-16.

#### **5.2 периодические издания**

Геохимия, Петрология

Geochimica et Cosmochimica Acta, Applied Geochemistry

#### **5.3. базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

- <http://www.nlr.ru> (Российская национальная библиотека);  
<http://www.viniti.ru> (Реферативный журнал);  
<http://www.library.ru> (Виртуальная справочная служба);  
<http://dic.academic.ru> (Словари и энциклопедии);  
<http://geo.web.ru> (Информационные Интернет-ресурсы Геологического факультета МГУ);  
<http://elibrary.ru> (Научная электронная библиотека);  
<http://www.sibran.ru> (Издательство Сибирского отделения Российской Академии Наук);  
<http://www.ribk.net> (Российский информационно-библиотечный консорциум);  
<http://vsegei.ru> (Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского).  
<http://library.isu.ru/ru/resources/electrical.html> (электронная библиотека - раздел информационного ресурса Научной библиотеки Иркутского государственного университета)

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

#### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

При проведении лекционных и самостоятельных занятий по основным разделам дисциплины используются компьютеры, ноутбук, мультимедийный проектор, иллюстративный материал в форме компьютерных презентаций. При выполнении практических работ студенты используют аналитические базы данных (результаты спектрального количественного, микрозондового, химического количественного, нейтронно-активационного и др. анализов) и коллекции горных пород и минералов, находящихся в собственности ИГХ СО РАН.

#### **6.2. Программное обеспечение**

Базовое программное обеспечение MS Office

#### **6.3. Технические и электронные средства обучения:**

1. Мультимедийный компьютер (технические требования: графическая операционная система, аудио- и видео входы/выходы, возможности выхода в Интернет; оснащение акустическими колонками, микрофоном и наушниками; с пакетом прикладных программ).

2. Мультимедиапроектор.

## **7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При реализации данной программы применяются следующие образовательные технологии: лекционно-семинарское обучение, практические работы, а также использование вычислительной техники и телекоммуникационных средств для реализации информационных процессов с целью оперативной и эффективной работы с информацией).

## **8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

## Этапы формирования компетенций (индикаторов достижения компетенций) и их показателей (дескрипторов)

## Компетенция ПК-1

**Соотнесение оценочных материалов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации с результатами обучения**

Индекс компетенции	Индекс индикатора достижения компетенции	Индекс дескриптора индикатора достижения компетенции (в соответствии с разделом 3 настоящей РПД)	Номера заданий / вопросов, из оценочных материалов контроля текущей успеваемости, позволяющих оценить степень сформированности дескриптора компетенции	Номера вопросов из оценочных материалов промежуточной аттестации, позволяющих оценить степень сформированности дескриптора компетенции
ПК-1	ИД-1пк1	3-1	1, 2,3,4	1-20
		3-2	1, 2,3,4	1-20
		У-1	1, 2,3,4	1-20
		У-2	1, 2,3,4	1-20
		В-1	1, 2,3,4	1-20
		В-2	1, 2,3,4	1-20
	ИД-2пк1	3-1	1, 2,3,4	1-20
		3-2	1, 2,3,4	1-20
		У-1	1, 2,3,4	1-20
		У-2	1, 2,3,4	1-20
		В-1	1, 2,3,4	1-20
		В-2	1, 2,3,4	1-20

**8.1. Оценочные материалы для текущего контроля:**

**Материалы для проведения текущего контроля знаний студентов:**

№ п/н	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Индикаторы достижения компетенций (компоненты), которые контролируются
1	Устный опрос	Генетическая классификация месторождений	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4
2	Устный опрос	Источники рудообразующих компонентов и условия кристаллизации магматических месторождений	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4
3	Устный опрос	Эндогенные месторождения	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4
4	Устный опрос	Экзогенные месторождения	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4
5	Устный опрос	Метаморфогенные месторождения	ИД-1пк-1
6	Устный опрос	Техногенные месторождения	ИД-2пк-1

## 8.2 Оценочные материалы для промежуточной аттестации

### Спецификация тестовых заданий для промежуточной аттестации

Для проведения зачета/экзамена по дисциплине «Геохимия процессов рудообразования» используется комплект тестовых заданий, которые содержат 12 заданий базового уровня сложности, 5 заданий повышенного уровня сложности, 3 заданий высокого уровня сложности и направлены на оценку сформированности следующих компетенций (индикаторов достижения компетенций) ИД-1пк-1, ИД-2пк-1, ИД-1пк-4, ИД-2пк-4

Время на выполнение тестовых заданий 60 минут. Максимальная сумма баллов за правильное выполнение всех тестовых заданий 45.

№ тестового задания	Тип тестового задания	Сценарий выполнения тестового задания*	Уровень сложности	Контролируемый ИДК	Балл**
1	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4	1
2	Открытого типа с указанием верного ответа	Запишите правильный ответ	Базовый	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4	1
3	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4	1
4	Закрытого типа на установление последовательности	Установить правильную последовательность. Ответ запишите в виде последовательности цифр, соответствующих предложенными вариантам в поле ответов	Базовый	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4	1
5	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4	1
6	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1 ИД-1пк-4 ИД-2пк-4	1
7	Закрытого типа на установление	Установить правильную	Базовый	ИД-1пк-1 ИД-2пк-1	1

	последовательности	последовательность. Ответ запишите в виде последовательности цифр, соответствующих предложенными вариантам в поле ответов		ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	
8	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	1
9	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	1
10	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	1
11	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	1
12	Закрытого типа на выбор одного правильного ответа	Выбрать один правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле ответа.	Базовый	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	1
13	Комбинированного типа в выбором одного или нескольких правильных вариантов ответа с его аргументацией	Выберите несколько правильных варианта и дайте краткую аргументацию. Ответ записать в виде букв, отвечающих правильным вариантам в первое поле ответа и краткую аргументацию во второе поле ответа	Повышенный	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	3
14	Комбинированного типа в выбором соответствия с его	Соотнесите с утверждением. Ответ записать в	Повышенный	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4	3

	аргументацией	виде букв, отвечающих правильным вариантам в первое поле ответа и краткую аргументацию во второе поле ответа		ИД-2ПК-4	
15	Комбинированного типа в выбором соответствия с его аргументацией	Соотнесите с утверждением. Ответ записать в виде букв, отвечающих правильным вариантам в первое поле ответа и краткую аргументацию во второе поле ответа	Повышенный	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	3
16	Комбинированного типа в выбором одного или нескольких правильных вариантов ответа с его аргументацией	Выберите два правильных варианта и дайте краткую аргументацию. Ответ записать в виде букв, отвечающих правильным вариантам в первое поле ответа и краткую аргументацию во второе поле ответа	Повышенный	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	3
17	Комбинированного типа в выбором одного или нескольких правильных вариантов ответа с его аргументацией	Выберите два правильных варианта и дайте краткую аргументацию. Ответ записать в виде букв, отвечающих правильным вариантам в первое поле ответа и краткую аргументацию во второе поле ответа	Повышенный	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	3
18	Открытого типа с развернутым ответом	Провести описание формирование определенной группы месторождения Ответ запишите в поле ответа	Высокий	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	6
19	Открытого типа с ответом в виде значения	Провести описание определенной группы месторождения Ответ запишите в поле ответа	Высокий	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	6
20	Открытого типа с развернутым ответом	Выполните анализ схемы и определите	Высокий	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1	6

		охарактеризуйте основные рудные элементы для каждого из горизонтов. Ответ записать в поле ответа		ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	
--	--	--	--	----------------------	--

**Критерии оценивания для получения зачета :**

Оценка	Суммарный балл за выполнение тестовых заданий
зачтено	15-45
незачтено	Менее 15

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАЧЕТА**

**Вариант 1**

**1. Гипергенез как процесс характеризуется**

- А. Преобразованием минеральных веществ в верхних частях земной коры
- Б. Переносом осадочного материала
- В. Выветриванием
- Г. Осаждением осадка

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**2. Расплавленное вещество земной коры силикатного состава, насыщенное флюидами называется \_\_\_\_\_ (впишите правильный ответ)**

**3. Диагенез это процесс**

- А. Выветривания
- Б. Преобразования осадка в породу
- В. Осаждение осадка
- Г. Перенос осадочного материала

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**4. Укажите верную последовательность образования экзогенных месторождений** Ответ запишите в виде последовательности цифр, соответствующих предложенным вариантам в поле ответов

- А. Отложение и осаждение рудной минерализации
- Б. Разрушение коренных источников
- В. Транспортировка материала
- Г. Образование первичных руд

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**5. Месторождения, связанные с корами выветривания относятся к**

- А. Альбитит-гнейзовым
- Б. Экзогенным
- В. Гидротермальным
- Г. Техногенным

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**6. По генезису выделяются две разновидности пегматитов (выберите 2 ответа)**

- А. Магматические
- Б. Метаморфогенные
- В. Гидротермальные
- Г. Гипергенные

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**7. Установить правильную последовательность этапов автометасоматоза.**

**Ответ запишите в виде последовательности цифр, соответствующих предложенными вариантам в поле ответов**

- А. Пегматитовый
- Б. Магматический
- В. Гидротермальный
- Г. Автометасоматический

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**8. Со скарнами связаны месторождения**

- А. Алмазоносные кимберлиты
- Б. Горного хрустали, золото-кварцевые, мрамора, кварциты, кровельные сланцы
- В. Железорудные, вольфрам-молибденовые, медно-молибденовые, свинцово-цинковые
- Г. хромитовые, титаномагнетитовые и руды элементов платиновой группы в расслоенных ультраосновных комплексах

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**9. Процесс формирования минералов из магмы, протекающей в недрах Земли называется**

- А. Глубинным
- Б. Экзогенным
- В. Метаморфическим
- Г. Эндогенным

**10. С редкометальными пегматитами связаны месторождения**

- А. Li, Cs, Rb (Ta, Nb)
- Б. Мусковита
- В. Керамическое сырье

Г. Руды Ве, флюорит, драгоценные камни

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**11. Сульфидные медно-никелевые месторождения в основных и ультраосновных комплексах относятся**

- А. Магматической группе
- Б. Скарновой группе
- В. Пегматитовой группе
- Г. Карбонатитовой группе

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**12. Геохимия рудного месторождения – это:**

- А. История концентрации и рассеяния химических элементов в пространстве его рудного поля.
- Б. Отношение содержания элемента в данной системе к его кларку в земной коре
- В. Совокупность парагенетических ассоциаций
- Г. Совокупность геохимических обстановок в пределах месторождения

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**13. Месторождения по генезису делятся на (выберите несколько вариантов).**

**Дайте краткую аргументацию во второе поле ответа**

- А. Гидрогоеологические
- Б. Технические
- В Эндогенные
- Г. Техногенные

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**Ответ:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**14. Соотнесите генетический класс месторождения с сериями, к которым они относятся**

**Генетический класс**

- А. Сложного генезиса
- Б. Метаморфогенная
- В. Комбинированные отвалы
- Г. Осадочный

**Серия**

- 1. Эндогенная
- 2 Техногенная
- 3. Метаморфическая
- 4 Экзогенная

**Ответ:**

<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>

**15. Соотнесите группы скарнов с их определениями. Ответ записать в поле ответа в виде цифр, соотносимых с утверждением**

А. Экзоскарны	1. образуются по доломитам
Б. Магнезиальные скарны	2. располагаются внутри интрузий
В. Эндоскарны	3. располагаются за пределами интрузии
Г. Известковые скарны	4. образуются по известнякам

**Ответ:**

<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>

**16. Выберите стадии формирования альбитит-гнейзеновых месторождений. Выберите два правильных варианта и опишите эти стадии. Ответ записать в виде букв, отвечающих правильным вариантам в первое поле ответа и краткую аргументацию во второе поле ответа**

- А. Ликвация
- Б. Калиевый метасоматоз
- В. Осаждение
- Г. Грейзенизация

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**Ответ:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**17. Геохимические барьеры бывают. Ответ записать в виде букв, отвечающих правильным вариантам в первое поле ответа и кратко опишите их во второе поле ответа**

- А. Механический
- Б. Гидрологический
- В. Физико-химические
- Г. Осадочный

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**Ответ:** \_\_\_\_\_

---

---

---

**18. Кратко опишите формирование группы пегматитовых месторождений**

**Ответ:**

---

---

---

---

---

**19. Кратко опишите группу карбонатитовых месторождений**

**Ответ:**

---

---

---

---

---

**20. Кратко опишите формирование техногенных месторождений**

**Ответ:**

---

---

---

---

---

**Вариант 2**

**1. Образование осадочных месторождений связано с:**

- А. Импактными процессами
- Б. Внедрением интрузий
- В. Осаждением рыхлого материала
- Г. Ликвации магм

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**2. Катагенез это процесс**

- А. Выветривания
- Б. Глубинное преобразование осадочных горных пород под влиянием повышенных температур и давлений
- В. Осаждение осадка
- Г. Перенос осадочного материала

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**3. Месторождения, связанные с комбинированными отвалами относятся к**

- А. Альбитит-гнейзовым
- Б. Экзогенным
- В. Гидротермальным
- Г. Техногенным

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**4. Установить правильную последовательность эволюции магматического очага. Ответ запишите в виде последовательности цифр, соответствующих предложенным вариантам в поле ответов**

- А. Плавление
- Б. Кристаллизационная и гравитационная дифференциация при понижении Т
- В. Контаминация - изменение первоначального химического или минер. состава в результате взаимодействия с посторонним источником вещества
- Г. Ликвация – распад магмы на несмешивающиеся жидкости

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**5. Хромитовые, титаномагнетитовые и руды элементов платиновой группы в расслоенных ультраосновных комплексах месторождения относятся**

- А. Магматическому классу
- Б. Скарновому классу
- В. Ликвационному классу
- Г. Карбонатитовому классу

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**6. С редкometальными пегматитами связаны месторождения**

- А. Li, Cs, Rb (Ta, Nb)
- Б. Мусковита

- В. Керамическое сырье
- Г. Руды Ве, флюорит, драгоценные камни

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**7. Установить правильную последовательность формирования альбит-гнейзеновых месторождений. Ответ запишите в виде последовательности цифр, соответствующих предложенным вариантам в поле ответов**

- А. Натриевый метасоматоз
- Б. Калиевый метасоматоз
- В. Внедрение интрузии
- Г. Гнейзенизация

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**8. Крупные отрезки времени рудообразования, связанные с деятельностью одного магматического очага, называются**

- А. Этап
- Б. Эволюция магматического очага
- В. Стадия
- Г. Осаждение

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**9. Месторождения по генезису бывают.**

- А. Гидрогеологические
- Б. Технические
- В Гидрологические
- Г. Техногенные

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**10. Фосфоритовые (континентальные и прибрежно-морские) кремнистые породы (диатомит, трепел, опоки), известняки, угли, горючие сланцы, торф относятся к**

- А. Биохимическому классу
- Б. Скарновому классу
- В. Ликвационному классу
- Г. Карбонатитовому классу

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**11. Глубина эрозионного среза это**

- А. История концентрации и рассеяния химических элементов в пространстве его рудного поля
- Б. Совокупность геохимических обстановок в пределах месторождения
- В. Положение тел полезных ископаемых относительно современной земной поверхности.

Г. Отношение содержания элемента в данной системе к его кларку в земной коре

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**12. Минеральные образования, которые сложены агрегатами крупных кристаллов, относящихся к алюмосиликатам и обособленных в виде линз, гнезд, жил в магматических породах родственного состава -**

- А. Альбититы
- Б. Скарны
- В. Пегматиты
- Г. Карбонатиты

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**13. Месторождения альбитит-грейзеновой группы подразделяются на..... :  
Выберите несколько правильных варианта и дайте краткую аргументацию. Ответ записать в виде букв, отвечающих правильным вариантам в первое поле ответа и краткую аргументацию во второе поле ответа**

- А. Метаморфогенный класс
- Б. Альбититовый класс
- В. Грейзеновый класс
- Г. Магматический класс

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**Ответ:** \_\_\_\_\_

---

---

---

**14. Соотнесите основные полезные ископаемые и классы месторождений, с которыми они связаны**

- А. пегматиты
- Б. альбититы
- В. грейзены
- Г. карбонатиты

- 1. *Be, Li, Sn, Wo*
- 2 Nb, Ta
- 3. Li, Cs, Rb (Ta, Nb)
- 4 Zr, Nb, Th

**Ответ:**

А	Б	В	Г

**15. Соотнесите генетический класс месторождения с сериями, к которым они относятся**

**Генетический класс**

- А. Сложного генезиса
- Б. Метаморфогенная
- В. Комбинированные отвалы
- Г. Осадочный

**Серия**

- 1. Эндогенная
- 2 Техногенная
- 3. Метаморфическая
- 4 Экзогенная

**Ответ:**

<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>

**16. Выберите формы рудных тел, характерные для альбитит-грейзеновых месторождений (несколько правильных вариантов) и дайте краткую аргументацию. Ответ записать в виде букв, отвечающих правильным вариантам в первое поле ответа и краткую аргументацию во второе поле ответа**

- А. Шток
- Б. Пластовая залежь
- В. Жила
- Г. Штокверк

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**Ответ:** \_\_\_\_\_

---

---

---

**17. Основные рудные компоненты месторождений альбитит-грейзеновой группы (выберите несколько вариантов), краткую аргументацию во второе поле ответа**

- А. Zr, Nb, Th
- Б. Au, Co, Cu
- В. Be, Li, Sn
- Г. Fe, Zn, Ni

**Ответ:** \_\_\_\_\_

---

---

---

18. Кратко опишите принцип формирования группы ликвидационных месторождений

## Ответ:

## 19. Перечислите основные факторы метаморфизма, опишите их роль в процессе рудообразования

## Ответ:

---

---

---

---

---

---

## 20. Кратко опишите группу альбитит-гнейзеновых месторождений

## Ответ:

---

---

---

---

---

---

## КЛЮЧИ ПРАВИЛЬНЫХ ОТВЕТОВ К ТЕСТОВЫМ ЗАДАНИЯМ

Номер тестового задания	Правильные ответы	
	Вариант 1	Вариант 2
1	А	Г
2	магма	Б
3	Б	Г
4	Г, Б, В, А	А, Б, В, Г,
5	Б	В
6	А, Б	А
7	Б, А, Г, В	В, Б, А, Г
8	В	А
9	Г	Г
10	А	А
11	А	В
12	А	В
13	В, Г Гидрогеологической и технической групп месторождений рудных полезных ископаемых не существует.	Б, В Месторождения полезных ископаемых, связанные с зонами альбитизации и грейзенезации, развиваются в апикальных частях массивов кислых и щелочных гипабиссальных магматических пород.
14	1, 3, 2, 4	3, 4, 1, 2
15	3, 1, 2, 4	1, 3, 2, 4
16	Б, Г Калиевый метасоматоз (ранняя микролинизация в ядерных частях массива) – 650-580°C Грейзенизация (калиевый метасоматоз) – растворы переходят из «надкритических» в гидротермальные, возрастает их кислотность – 400-200°C В условиях повышенной активности фтора, бора из интрузивных пород выносятся щелочи, алюминий, элементы примеси	А, В, Г Образование штокверков, штоков и жил связано с влиянием интрузивных тел
17	А, В Механические барьеры. Участки резкого уменьшения интенсивности механической миграции Физико-химические барьеры. Возникают в местах изменения температуры, давления,	А, В. режима кислотности-щелочности растворов в процессах высокотемпературного постмагматического метасоматоза при раскристаллизации гранитов

	окислительно- восстановительных, щелочно- кислотных и других условий.	
18	<p>Пегматитовые месторождения являются продуктами кристаллизации остаточного магматического расплава- раствора, обогащенного летучими компонентами и редкими элементами. Пегматиты связаны с интрузивами одинаковым составом, но отличаются меньшими размерами, формой рудных тел, зональностью, неравномерной зернистостью (наличием зон с крупными кристаллами), продуктов метасоматического замещения.</p> <p>Глубина формирования пегматитов – от 1,5-2 до 16-20 км. Температуры кристаллизации минералов пегматитов от 800-700°C (биотит, ранний кварц) до 50°C (халцедон)</p> <p>Процесс формирования магматогенных пегматитов начинается с отдаления остаточного магматического расплава, обогащенного летучими компонентами (<math>H_2O</math>, <math>CO_2</math>, <math>F</math>, <math>Cl</math> и др.).</p>	<p>Рудносиликатная магма при охлаждении разделяется на две несмешивающиеся жидкости – силикатную и рудную, кристаллизация которых происходит раздельно и приводит к образованию ликвационных месторождений.</p>
19	<p>Карбонатитами – называют эндогенные скопления карбонатов, пространственно и генетически связанные с формациями ультраосновных и основных щелочных пород и нефелиновых сиенитов. Форма карбонатитовых тел – системы конических даек и жил, радиальные дайки, линейные жильные зоны, линзовидные штокверки.</p> <p>Полезные ископаемые. С массивами связаны ресурсы тантала, ниобия и редких земель, железных руд (магнетит), титана, флюорита, флогопита, апатита, вермикулита, стронция, меди, в меньшей степени свинца и цинка.</p>	<p>Температура, давление, взаимодействия флюидов. Процесс метаморфизма протекает под комплексным воздействием этих факторов, но в ряде случаев можно выделить тот или иной фактор в качестве главного. Температура влияет на процессы преобразования и возникновения минералов, повышает скорость химических реакций и интенсивность перекристаллизации.</p> <p>Давление приводит к сокращению объёма пород, более плотной «упаковке» минеральных зёрен, переориентации минералов. Кроме того, давление повышает температуру плавления пород, что увеличивает пределы температурного</p>

		воздействия. В присутствии флюида область устойчивости многих фаз (особенно содержащих эти летучие компоненты) изменяется. В их присутствии плавление горных пород начинается при значительно более низких температурах
20	<p>Техногенные месторождения — это скопления минеральных веществ, которые образовались в результате антропогенной деятельности (промышленного производства). Они пригодны для промышленного использования, например, для извлечения металлов и других ценных компонентов, получения топлива и стройматериалов.</p> <p>Техногенные месторождения формируются при добыче сырья, транспортировке, обогащении, переработке и складировании отходов производства</p> <p>Некоторые особенности формирования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Отходы отделяются от массива и складируются в виде отвалов, хвостохранилищ, шламохранилищ.</li> <li>• Вещественный состав отходов может меняться под воздействием процессов гипергенеза и других внешних факторов.</li> </ul>	<p>Альбититы и грейзены — щелочные метасоматиты, образованные постмагматическими или метаморфическими пневматолито-гидротермальными флюидами.</p> <p>Форма тел полезных ископаемых. Вкрапленность и прожилки полезных минералов образуют штокверки, жилы, штоки.</p> <p>Состав полезных ископаемых.</p> <p>Типоморфны для альбититов — Zr, Nb, Th, для грейзенов — Be, Li, Sn, Wo.</p>

#### Авторы-составители рабочей программы:

Будяк А.Е., к.г.-м.н.

Тарасова Ю.И к.г.-м.н.

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения Отдела магистратуры и аспирантуры ИГХ СО РАН.*