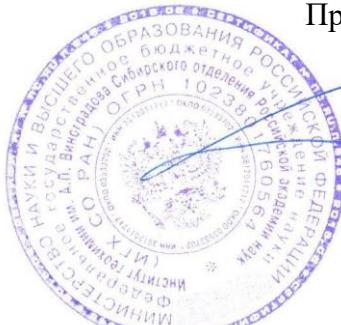


**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт геохимии им. А.П. Виноградова  
Сибирского отделения Российской академии наук**

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



*Директор*

*А.Б. Перепелов*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.02.02. Геохимия магматических и метаморфических процессов**

Направление подготовки: 05.04.01 Геология

Направленность подготовки: 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 .....	8
4.3. Содержание учебного материала .....	10
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	10
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	16
5.1 перечень основной и дополнительной литературы .....	16
5.2 периодические издания .....	16
5.3. базы данных, информационно-справочные и поисковые системы .....	16
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	17
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....	17
6.2. Программное обеспечение .....	17
6.3. Технические и электронные средства обучения: .....	17
7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	17
8. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....	17
8.1. Оценочные материалы для текущего контроля: .....	20
8.2 Оценочные материалы для промежуточной аттестации .....	21

## **1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Цель:** сформировать фундаментальное представление и понимание о геохимических и метаморфических процессах.

### **Задачи:**

- углубить и расширить представления о магматических и метаморфических процессах, их эволюции, химическом и минеральном составе магматических и метаморфических горных пород;
- познакомить с основными закономерностями поведения химических элементов при магматических и метаморфических процессах;
- дать представления о формах миграции и накопления химических элементов в метаморфических и магматических процессах.

## **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: «Геохимия процессов рудообразования», «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 компетенций) 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
ПК-1 Способен использовать фундаментальные теоретические знания при решении научно-исследовательских задач в области геологии	ИД-1пк1 Использует современные положения фундаментальных геологических дисциплин на разных этапах осуществления и сопровождения научно-исследовательских работ	<b>Знать (3-1):</b> Основные закономерности поведения химических элементов в магматических и метаморфических процессах <b>Уметь (У-1):</b> Анализировать геологическую информацию для выявления геохимических особенностей территории, связанных с метаморфическими процессами <b>Владеть (В-1):</b> Навыками организации геохимических научных и прикладных исследований
	ИД-2пк1 Воспринимает фундаментальные	<b>Знать (3-1):</b> Условия миграции и накопления элементов в магматических и

	<p>теоретические знания как способ получения фактической информации и инструмент для создания моделей и интерпретации результатов научных исследований</p>	<p>метаморфических процессах</p> <p><b>Уметь (У-1):</b> Интерпретировать полученную информацию, излагать в устной и письменной форме результаты своего исследования и аргументировано отстаивать свою точку зрения в дискуссии</p> <p><b>Владеть (В-1):</b> Навыками выявления закономерностей поведения химических элементов и выяснении петрогенетических процессов</p>
<p><b>ПК-4</b> Способен изучать и использовать научно-техническую информацию, применять отечественный и зарубежный опыт при выполнении задач научно-исследовательской работе</p>	<p><b>ИД-1пк4</b> Использует учебную, справочную, периодическую, фондовую литературу и информационные ресурсы геологического, геохимического и экологического профиля при выполнении научно-исследовательских работ</p>	<p><b>Знать (3-1):</b> Основы миграции и накопления химических элементов в метаморфических и магматических процессах</p> <p><b>Уметь (У-1):</b> Применять методы и компьютерные программы обработки геохимической информации</p> <p><b>Владеть (В-1):</b> Методами системного анализа геохимических условий миграции и накопления химических элементов</p>
<p><b>ПК-5</b> Способен составлять графические материалы, характеризующие объект исследования</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 (3-1):</b> основные методы получения геохимической информации</p> <p><b>Уметь (У-1):</b> Анализировать результаты геохимических аномалий</p> <p><b>Владеть (В-1):</b> навыками оценки перспективности аномалий</p>

	модели и объект исследований	геохимических условий миграции и накопления химических элементов
	<p><b>ИД-2пкз</b>  Использует необходимые технические средства и программные продукты для подготовки графических материалов</p>	<p><b>Знать (З-1):</b> основные методы представления и анализа геохимических данных  <b>Уметь (У-1):</b> Анализировать геохимические данные с помощью инструментов MS Exel  <b>Владеть (В-1):</b> навыками построения картографического материала</p>

## СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

**Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, что составляет 108 академических часов, в том числе 3 академических часов на зачет**

**Форма промежуточной аттестации: зачет во 2 семестре**

**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	Метаморфизм. Основные понятия и типы метаморфизма	2	8,2		4			4	0,2	Устный опрос			
2	Метаморфические фацевые серии и петрогенетические сетки, изограды	2	28,2	18	6	18		4	0,2	Устный опрос			
3	Геохимия зональных метаморфических комплексов	2	10,2		6			4	0,2	Устный опрос			
4	Магматизм. Общие сведения о магматизме и классификация магматических пород	2	30,4	18	6	18		6	0,4	Устный опрос			
5	Факторы, определяющие механизмы	2	12,5		6			6	0,5	Устный опрос			

	формирования и эволюции магм полного спектра по кремнекислотности								
6	Магматические серии различных геодинамических обстановок. Внутриплитовый магматизм. Субдукционный островодужный магматиз	2	15,5		8		1	6	0,5
	<b>Всего</b>		108	36	36	36	1	30	2

Устный опрос  
зачет – 3,0 часа

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

<b>№</b>	<b>Название раздела, темы</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Оценочное средство</b>	<b>Формируемые индикаторы достижения компетенции</b>	<b>Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы</b>	<b>Трудоемкость, часов</b>
1	Метаморфизм. Основные понятия и типы метаморфизма	Выполнение домашнего задания	собеседование	ИД-1пк4, ИД-2пк4, ИД-1пк1, ИД-2пк1	См.п. 5 - учебно-методическое и информац. обеспечение дисциплины	4
2	Метаморфические фациальные серии и петрогенетические сетки, изограды	Выполнение домашнего задания	собеседование	ИД-1пк4, ИД-2пк4, ИД-1пк1, ИД-2пк1	См.п. 5 - учебно-методическое и информац. обеспечение дисциплины	4
3	Геохимия зональных метаморфических комплексов	Выполнение домашнего задания	собеседование	ИД-1пк4, ИД-2пк4, ИД-1пк1, ИД-2пк1	См.п. 5 - учебно-методическое и информац. обеспечение дисциплины	4
4	Магматизм. Общие сведения о магматизме и классификация магматических пород	Выполнение домашнего задания	собеседование	ИД-1пк4, ИД-2пк4, ИД-1пк1, ИД-2пк1	См.п. 5 - учебно-методическое и информац. обеспечение дисциплины	6
5	Факторы, определяющие механизмы формирования и эволюции магм полного спектра по кремнекислотности	Выполнение домашнего задания	собеседование	ИД-1пк4, ИД-2пк4, ИД-1пк1, ИД-2пк1, ИД-1пк5	См.п. 5 - учебно-методическое и информац. обеспечение дисциплины	6
6	Магматические серии различных геодинамических обстановок. Внутриплитовый магmatизм. Субдукционны	Выполнение домашнего задания	собеседование	ИД-1пк4, ИД-2пк4, ИД-1пк1, ИД-2пк1, ИД-2пк5	См.п. 5 - учебно-методическое и информац. обеспечение дисциплины	6

	й островодужны й магматизм					
--	----------------------------------	--	--	--	--	--

#### **4.3. Содержание учебного материала**

1. Метаморфизм. Основные понятия и типы метаморфизма. Факторы метаморфизма. Геодинамические обстановки. Типы метаморфизма
2. Метаморфические фациальные серии и петрогенетические сетки, изограды. Метаморфические фации. Петрогенетические сетки.
3. Геохимия зональных метаморфических комплексов. Прогрессивный региональный метаморфизм. Патомский метаморфический комплекс повышенных давлений. Поведение элементов при метаморфизме.
4. Магматизм. Общие сведения о магматизме и классификация магматических пород
5. Факторы, определяющие механизмы формирования и эволюции магм полного спектра по кремнекислотности
6. Магматические серии различных геодинамических обстановок. Внутриплитовый магматизм. Субдукционный островодужный магматизм

#### **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)
			Всего часов			
1	Метаморфизм. Основные понятия и типы метаморфизма	Обучение навыков построения интерполированных поверхностей в Surfer на основе геохимических данных и их оформление в QGIS.	18		Расчетно- графическое задание	ИД-1пк4, ИД-2пк4, ИД-1пк1, ИД-2пк1, ИД-1пк5
2	Магматизм. Общие сведения о магматизме и классификация магматических пород	Обучение навыкам работы с геохимическими данными в целях их визуализации в виде карты	18		Расчетно- графическое задание	ИД-1пк4, ИД-2пк4, ИД-1пк1, ИД-2пк1, ИД-2пк5

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

##### **Практическая работа №1**

**Цель:** Обучение навыков построения интерполированных поверхностей в Surfer на основе геохимических данных и их оформление в QGIS.

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

В практической работе рассматривается построение интерполированных поверхностей геохимических данных. Имеется таблица точек отбора геохимических проб с аналитическими исследованиями. Для этих данных на протяжении предыдущих 4 практических занятий производилась подготовка, обработка и статистический анализ. Для построения картографических представлений какого-либо химического элемента из этой таблицы необходимо выполнить построение интерполированной поверхности, другими словами произвести процесс интерполяции. В настоящее время существует множество программ, способных выполнить данную операцию (QGIS, ArcMap, SagaGIS, Surfer и др.).

В этой работе рассматривается процесс интерполяции в программе Surfer по причине того, что она является очень мощной и первоначально создавалась именно для таких целей. А само оформление полученной интерполированной поверхности, а в последствии и создание карты изолиний химических элементов будет производится в программе QGIS. Модуль интерполяции в QGIS на данный момент времени реализован в сильно укороченном виде и получить какой-либо качественный результат не представляется возможным.

Чтобы произвести интерполяцию в Surfer необходимо выполнить следующие операции:

1. Запустить программу Surfer

2. Выбрать инструмент «GridData» и указать таблицу с массивом исходных геохимических данных.

3. В открывшемся окне следует выбрать XYZ. В качестве X и Y выступают координаты точек пробоотбора, а Z – параметр, который планируется проинтерполировать.

3.1. Далее следует выбрать метод интерполяции и его дополнительные настройки нажав кнопку «Advanced Options».

3.2. В окне «Advanced Options» следует выбрать значения сглаживания данных (рис. 20.1), которое настраивает уровень сглаживания данных. Здесь нужно для пользователя понимать, что чем больше указано значение сглаживания, тем сильнее будет сглажено значение поля в контрольных точках, на основе которых выполняется интерполяция. И в этом же окне настроек необходимо указать радиус поиска. Выбор радиуса зависит от размера исходной сети опробования и, обычно, указывается в 2 – 2,5 раза больше. Например, при сети опробования 200x40 м. шаг следует указывать в 400x80 м. Но в каждом конкретном случае шаг подбирается индивидуально.

3.3. После настройки дополнительных опций метода интерполяции следует выбрать значение шага (spacing) регулярной сетки. Шаг регулярной сети регулирует размер одного пикселя на результирующих интерполированных поверхностях - гридах (\*.grd) и указывается в метрах. Выбор шага зависит от будущего масштаба построенных картографических представлений и ограничений объема, которое займет грид на жестком диске.

3.4. В полях «Grid Z limits» можно посмотреть минимальные и максимальные значения концентраций интерполируемого элемента, а также можно указать лимиты самостоятельно, ограничив значения выше или ниже определенного уровня.

3.5. Указать место сохранения результата интерполяции и его название.

После всех настроек интерполяции при нажатии клавиши «OK» программа начнет процесс интерполяции, после которого сообщит пользователю об успешном выполнении и предложит сохранить дополнительный файл привязки, в котором указывается в какой системе координат создан файл. Этот файл не обязательен и пользователь вправе выбрать самостоятельно, нужен ли этот файл последующей работе. По завершению расчетов в директории на жестком диске, создастся файл \*.grd, который нужно загрузить в какую-либо ГИС для последующего оформления и построения карты.

В этой работе рассматривается пример оформления интерполированной поверхности в QGIS.

Загрузка grd в QGIS производится путем использования инструмента «Открыть растр» или простым переносом мышью в рабочее поле QGIS. По итогу в рабочем поле и в панели слоев появится новый растровый слой. Как видно, загруженный растр черно-белый и пользователю непонятно распределение элемента по площади. Чтобы карта стала наглядной и характеризовала распределение элемента необходимо оформить загруженный grd файл правильным образом.

Для этого нужно зайти в свойства растрового слоя путем нажатия правой кнопки мыши на слой в панели слоев и в выпадающем окне выбрать «Свойства» или двойным кликом мыши на слое. В открывшемся окне в левом меню переходим в пункт стиль, в котором будем настраивать оформление интерполированной поверхности.

1. Первым этапом необходимо поменять пункт «Изображение» на одноканальное псевдоцветное. Таким образом мы переходим от черно-белого изображения к цветному.

2. В графе «канал» указывается канал (если их больше одного (может быть несколько при работе с космоснимками)), в графах «мин.» и «макс» указываются минимальные и максимальные значения поля при необходимости (по умолчанию показываются мин. и макс. значения слоя).

3. Далее указывается интерполяция цвета и цветовой ряд. Она может быть линейной (плавное изменение цвета в зависимости от значений, а может быть дискретной (в этом случае переходы от интервала к интервалу будут более резкими). Цветовой ряд настраивается в зависимости от требований к карте и может быть в выставлен любом цветового оттенка.

4. Следующим этапом оформления необходимо установить диапазоны значений, к которым будет применяться выбранная цветовая схема. Выполнено это может быть одним из трех способов: непрерывный (значения раскрашиваются для всех значений непрерывно без разделения на отдельные интервалы); равные интервалы (значения раскрашиваются для всего диапазона значений, который разделяется на равные интервалы. Кол-во интервалов указывается зависимости от требований пользователя. Чем больше классов, тем плавнее переходы в целом по карте); квантили (значения раскрашиваются на основе гистограмм распределения элементов и учитываются статистические параметры, где в центральный диапазон будет соответствовать медиане, а далее классы будут меняться в зависимости от стандартных отклонений).

Более наглядный тип классификации – квантили. Потому что он показывает статистический характер распределения интерполированного элемента, и пользователь может оценить на сколько выше или ниже от фоновых концентраций распределение элемента.

По итогу настройки оформления и нажатия кнопки «OK» в основном окне программы, загруженный растр поменяет оформление. Здесь следует просмотреть карту и убедиться в правильности настройки, и что полученный результат полностью удовлетворяет представлениям пользователя.

## Практическая работа №2

**Цель:**

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

1. Формирование таблицы полевых наблюдений

Результаты геохимических исследований задаются в электронной таблице. При этом можно использовать встроенную в пакет Surfer таблицу или воспользоваться электронной таблицей Excel из пакета Microsoft Office. Рассмотрим пример формирования электронной таблицы. В данном примере воспользуемся встроенной таблицей, но заметим, что в некоторых версиях Surfer возникают проблемы при использовании русского языка. Поэтому, если Вам необходимо использовать в таблице русские буквы, то лучше воспользоваться программой Microsoft Excel, в которой сохранить данные с расширением Excel 5.0/95.

Для открытия окна таблицы в программе необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши по иконке с изображением таблицы, находящейся в верхней части окна.

Примем для примера, что карту мы строим по продуктивному пласту A1, вскрытым разведочными скважинами на абсолютных отметках от 1,3 до 1,5 км со знаком минус (значит, вниз от уровня моря). В табличном виде это можно представить следующим образом:

Таблица

Глубина вскрытия разведочными скважинами кровли продуктивного пласта A1

№ скважины	Абсолютная. отметка вскрытия кровли пласта A1, м	Координата X, м	Координата Y, м
1	-1490	0	0

2	-1445	3000	0
3	-1300	1500	1500

Под абсолютной отметкой понимается положение пласта от «уровня моря» – некоторой условной геодезической поверхности, от которой отсчитываются все глубины и высоты на Земле.

В электронную таблицу эти данные занесем следующим образом. В первые два столбца удобнее занести координаты (именно там Surfer ищет их по умолчанию). В третий столбец занесем значения абсолютных отметок пласта (в ней по умолчанию программа ищет значение Z). Все заголовки таблицы сократим и запишем латинскими буквами. Пример заполнения встроенной электронной таблицы.

Сохраним файл с табличными данными по скважинам в файле с именем АбсОтмКрПластA1. Расширение файла по умолчанию выбираем Excel SpreadSheet (\*.xls). File>Save> АбсОтмКрПластA1.xls.

Естественно, что название файла Вы можете задавать по своему усмотрению. Авторы рекомендуют создать для сохранения результатов, например, на диске C: отдельный каталог и внутри него создать следующие подкаталоги: DAT – для сохранения файлов с данными, SET – для сохранения файла настроек Surfer, GRID – для сохранения сеточных файлов, SRF – для сохранения Plot окон, BLN – для сохранения файлов границ, CLR – для сохранения заливок карт. Соответственно сохраняемый табличный файл следует записать в подкаталог DAT.

## 2. Построение схемы расположения пунктов наблюдений

Для визуализации в окне Plot1 точек расположения пунктов физических наблюдений, скважин на карте необходимо выбрать соответствующее окно Plot: меню > Window > Plot1. Когда программа создает новое окно Plot, она присваивает этому окну следующий по порядку номер. Поэтому окно Plot может быть несколько. В нашем случае только одно окно Plot1, и последовательность действий будет следующая: Window > Plot1 > Map > PostMap > NewPostMap > C:\MySurfer\Dat\ АбсОтмКрПластA1.xls.

В окне появятся скважины в виде черных кружков.

В левом окне менеджера Объектов (далее Object Manager) должен появиться объект с именем Map который состоит из подобъекта Post (Точки) и четырех осей (Правой – Right Axis, Левой – Left Axis, Верхней – Top Axis и Нижней – Bottom Axis).

Если вместо кружочков точки скважин будут отображаться кре-стиками, то они будут сливаться с осями карты.

Настроить вид карты Post можно в диалоговом окне свойств объекта. Для этого необходимо дважды щелкнуть по подобъекту Post в Object Manager, либо по его представлению в окне Plot1. Откроется диалоговое окно свойств объекта Map: Post Properties. В первой закладке General (Общие) можно посмотреть и при необходимости изменить координаты X и Y символа, изменить символ (Default Symbol), его размеры (Symbol Size) и т. д.

Вид каждой из осей можно настраивать отдельно, но в данном случае мы рекомендуем их отключить, убрав, «галочки» в Object Manager.

Для того, чтобы подписать скважины, зайдем на закладку Labels (

В строке выбора Worksheet Column for Labels (Столбец для подписей) None изменим на Column D:N-Skv и в строке выбора Position Relative to Symbol (Позиция относительно символа) выберем Above (Сверху).

Для того, чтобы изменения в окне вступили в силу необходимо щелкнуть мышкой по кнопке Apply (Применить) и для окончания работы с диалоговым окном по кнопке OK.

Чтобы изменить размер и вид шрифта в диалоговом окне, необходимо щелкнуть по кнопке Font и в строке Face выбрать соответствующий шрифт (например, ArialCYR), а

размер шрифта изменить в Points.

### 3. Обоснование параметров грид-сети

В отличие от ручного при компьютерном построении карт требуется выбирать метод расчета ГРИДА и задавать определенный для каждого метода набор параметров, от выбора которых зависит форма результирующей карты. Искусство построения карт на компьютере напрямую зависит от умения правильного подбора параметров. С другой стороны, необходимо представлять себе, какие погрешности возникают при расчете ГРИДА и как их можно минимизировать.

В общем случае процесс пересчета значений картируемого параметра из нерегулярных исходных точек к равномерным узлам сетки происходит следующим образом.

Прежде всего, должна быть задана сетка, в узлах которой будут рассчитываться значения картируемого параметра.

Размеры этой сетки в программе **Surfer** могут быть заданы пользователем или автоматически рассчитаны средствами системы. Геометрия сетки определяется шагом (расстоянием) между узлами по оси X и шагом (расстоянием) между узлами по оси Y. Это расстояние должно соотносится с плотностью точек исходных данных: чем выше плотность данных, тем меньше должно быть расстояние между узлами сетки.

**Surfer** по некоторому алгоритму с использованием исходных данных рассчитывает значение в узле сетки. Выбор конкретного алгоритма имеет значительное влияние на окончательный вид карты.

### 4. Создание грид-сети

Прежде, чем вывести карту в изолиниях на экран необходимо пересчитать нерегулярные данные в регулярную прямоугольную сетку, которая сохраняется в формате файла с расширением \*.grd (ГРИД). Для этого укажем системе файл с исходными данными: Grid > Data>C:\MySurfer\Dat\ АбсОтмКрПластA1.xls и попадем в диалоговое окно расчета ГРИДА (Grid Data).

Необходимо убедиться, что в качестве столбца с координатами X выбран Column A: X\_skv, соответственно координате Y соответствует

столбец Column B: Y\_skv и значению абсолютных отметок Z соответствует Column C: ao\_krA1.

Группа «Gridding Method» (Метод гриддинга) позволяет выбрать нужный пользователю метод сеточной интерполяции. Выбор метода зависит от поставленной задачи. Оптимальным методом интерполяции, подходящим для большинства задач, считается метод Крайгинга (Kriging). Метод назван в честь Д.Г. Криге, южноафриканского горного инженера. Этот метод является геостатистическим методом гриддинга (гриддинг – сеточная интерполяция). Он отличается быстродействием и корректным приближением интерполированных в узлы значений параметра к его исходным значениям.

В качестве метода интерполяции выбираем Kriging и щелкаем по кнопке ОК. По умолчанию система высвечивает на экране окно с сообщением, что расчет завершен и указанный сеточный файл \*.grd создан (has been created). Кроме этого, в окне Grid Report выводится информация о построенной регулярной сетке. Отключить окно Grid Report (отчет о построении сеточного файла) можно, убрав «галочку» в соответствующем разделе.

### 5. Обоснование формы представления геофизического материала

#### 6. Построение графического макета карты

Для визуализации рассчитанного ГРИДА в виде карты на экране необходимо выбрать меню > Map > Contour Map > New ContourMap > C:\MySurfer\Dat\ АбсОтмКрПластA1.grd. В окне Plot1 появится карта в изолиниях, а в Object Manager появится новый объект Map с подобъектом Contours.

Для объединения карты скважин с картой изолиний в один объект нажмем на клавиатуре функциональную клавишу F2 и последовательно выберем пункты меню: Map > Overlay Maps.

На этом простом примере видно, что процедура создания на экране карты в изолиниях

состоит из трех основных этапов:

- создания таблицы исходных точек;
- пересчета значений из таблицы исходных точек в прямоугольную сетку;
- вывода и оформления карты в окне Plot1.

В качестве самостоятельной работы Вы можете вывести на экран через знакомое меню Map рассчитанный ГРИД в виде трехмерного изображения – Surface, карты затененного рельефа – Shaded Relief Map и объемного представления карты в виде каркаса – Wireframe.

Отметим некоторые особенности оформления карт. Во-первых, местоположение подписей точек (в нашем случае это номера скважин) можно менять относительно центров точек, но для всех точек одновременно и на одно и то же расстояние. Подпись может располагаться над точкой (Above), под точкой (Below), справа от точки (Right), слева от точки (Left), по центру (Center), также можно задавать положение подписи пользователем (User Defined) в координатах относительно центра точки.

В окне свойства точек (Post Properties), открытом на закладке Labels (Метки, подписи), можно менять относительное положение Подписей (Меток) в списке выбора, озаглавленном Position Relative to Symbol (Позиция относительно символа). Подчеркивание первой буквы R в слове Position означает, что к этому списку выбора можно обращаться нажатием клавиш Alt+P. Это стандартное соглашение системы Windows, позволяющее быстро нажатием пары клавиш выполнять определенное в меню действие.

В случае задания положения подписи пользователем (User Defined) необходимо задать относительное положение Метки от центра точки по координате X (X Offset) и Y (Y Offset). При этом необходимо помнить, какие единицы измерения выбраны в меню Preferences – сантиметры или дюймы (Inches).

Границы сетки (контурной карты) определяют максимальные и минимальные значения координат X и Y (по умолчанию в Surfer устанавливаются минимум и максимум X и Y из файла данных АбсОтмКр-ПластA1.xls). При этом скважины попадают на края карты для того, чтобы скважины находились внутри карты необходимо построить новый ГРИД с расширенной областью его построения. Сначала разъединяем карты. Выбираем в Object Manager подобъект Contours и осуществляем последовательность действий: Map > Break Apart Overlay.

Выполняем уже знакомые нам действия при расчете ГРИДА: Grid > Data>C:\MySurfer\Dat\ АбсОтмКрПластA1.xls и попадем в диалоговое окно Grid Data, где даем новое имя в поле Output Grid File (выходной сеточный файл) и в полях Grid Line Geometry (Геометрия линий ГРИДА) по обоим направлениям X и Y на несколько метров уменьшаем Minimum (минимальное значение координаты) и увеличиваем Maximum (максимальное значение координаты).

Следует отметить, что эти отклонения от минимального и максимального значений координат не должны быть большими, иначе погрешность построения изолиний около границы карты будет весьма существенной.

Группа Grid Line Geometry определяет не только границы сетки (Minimum, Maximum), но и ее плотность (шаг сетки – Spacing, число линий – # of Lines).

При комбинировании нескольких карт следует помнить, что начальные и конечные координаты на всех картах должны быть идентичны. То же касается и шагов сетки. Плотность сетки определяется числом линий сетки по направлениям X, Y и зависит от плотности исходных данных. При расчете сетки для конкретной карты необходимо исходить из того, что шаг Spacing должен быть равен или меньше расстояния между исходными точками данных. На основании этого рассчитывается шаг сетки. По умолчанию в SURFER плотность сетки принята равной  $100 \times 100$  сеточных линий.

Выполнив те же действия, что и при построении объединенной карты, т. е. построив новую карту: Map >Contour Map > New ContourMap по новому ГРИДУ и объединив ее с картой скважин, которая уже есть, Вы получите карту, где скважины находятся внутри

карты.

При этом по умолчанию каждая пятая изолиния будет подписана. Подписать изолинии при необходимости или не подписывать их вообще Вы можете, выбрав в Object Manager подобъект Con-tours и двойным щелчком левой кнопки мыши открыв диалоговое окно его свойств MAP: Contours Properties. Заходим на закладку Levels.

В колонке Lable (Метка) каждая помеченная на карте изолиния обозначена словом Yes. Нажмем кнопку Lable. В открывшемся окне Labels можно изменить частоту подписи изолиний, например, заменив в поле Skip цифру 4 на 2 и последовательно нажав кнопки OK>Apply, получим карту, где подписана каждая третья изолиния. Можно подписывать изолинии выборочно, выделив слово No и двойным щелчком мыши поменяв его на слово Yes.

## 7. Оформление отчетной карты

### **Форма отчета, требования к оформлению отчетного материала**

Отчет о выполненной работе предоставляется в электронном виде.

Подготовленная документация должна соответствовать требованиям ГОСТ.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 перечень основной и дополнительной литературы**

#### основная литература

1. Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. - М.: Наука, 1976. – 267с.
2. Браунлоу А.Х. Геохимия. – М.: Недра, 1984. – 463с.
3. Вернадский В.И. Труды по геохимии. – М.: Наука, 1994. – 496с.
4. Козлов В.Д. Введение в геохимию. – Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2007. – 2007с.
5. Макрыгина В.А. Геохимия отдельных элементов. Академическое издательство «ГЕО», 2011. – 195с.
6. Антипов 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/electronical.html> (электронная библиотека - раздел информационного ресурса Научной библиотеки Иркутского государственного университета)

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

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

При проведения 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. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

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

## **Компетенция ПК-1**

## **Компетенция ПК-4**

## **Компетенция ПК-5**

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

Индекс компетенции	Индекс индикатора достижения компетенции	Индекс дескриптора индикатора достижения компетенции <i>(в соответствии с разделом 3 настоящей РПД)</i>	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	2,6,14,15,17-20
		3-2	1, 2,3,4	
		У-1	1, 2,3,4	
		У-2	1, 2,3,4	
		В-1	1, 2,3,4	
		В-2	1, 2,3,4	
	ИД-2пк1	3-1	1, 2,3,4	1,3,4,5,7-13,16-20
		3-2	1, 2,3,4	
		У-1	1, 2,3,4	
		У-2	1, 2,3,4	
		В-1	1, 2,3,4	
		В-2	1, 2,3,4	
ПК-4	ИД-1пк4	3-1	1,2,3,4	16-20
		3-2	1, 2,3,4	
		У-1	1, 2,3,4	
		У-2	1, 2,3,4	
		В-1	1, 2,3,4	
		В-2	1, 2,3,4	
	ИД-2пк4	3-1	1, 2,3,4	4,5, 8, 10, 13, 16, 17, 18,19,20
		3-2	1, 2,3,4	
		У-1	1, 2,3,4	
		У-2	1, 2,3,4	
ПК-5	ИД-1пк5	3-1	1, 2,3,4	5
		3-2	1, 2,3,4	5
		У-1	1, 2,3,4	5
		У-2	1, 2,3,4	5
		В-1	1, 2,3,4	5
		В-2	1, 2,3,4	5
	ИД-2пк5	3-1	1, 2,3,4	5
		3-2	1, 2,3,4	5
		У-1	1, 2,3,4	5
		У-2	1, 2,3,4	5
		В-1	1, 2,3,4	5
		В-2	1, 2,3,4	5

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

## Материалы для проведения текущего контроля знаний студентов:

<b>№ п/н</b>	<b>Вид контроля</b>	<b>Контролируемые темы (разделы)</b>	<b>Индикаторы достижения компетенций (компоненты), которые контролируются</b>
1	Устный опрос	Метаморфизм. Основные понятия и типы метаморфизма	ИД-1ПК4, ИД-2ПК4, ИД-1ПК1, ИД-2ПК1, ИД-1ПК5
2	Устный опрос	Метаморфические фацальные серии и петрогенетические сетки, изограды	ИД-1ПК4, ИД-2ПК4, ИД-1ПК1, ИД-2ПК1, ИД-2ПК5
3	Контрольная работа № 1	Геохимия зональных метаморфических комплексов	ИД-1ПК4, ИД-2ПК4, ИД-1ПК1, ИД-2ПК1, ИД-1ПК5
4	Устный опрос	Магматизм. Общие сведения о магматизме и классификация магматических пород	ИД-1ПК4, ИД-2ПК4, ИД-1ПК1, ИД-2ПК1, ИД-2ПК5
5	Устный опрос	Факторы, определяющие механизмы формирования и эволюции магм полного спектра по кремнекислотности	ИД-1ПК4, ИД-2ПК4, ИД-1ПК1, ИД-2ПК1, ИД-1ПК5
6	Контрольная работа № 2	Магматические серии различных геодинамических обстановок. Внутриплитовый магматизм. Субдукционный островодужный магматизм	ИД-1ПК4, ИД-2ПК4, ИД-1ПК1, ИД-2ПК1, ИД-2ПК5

## 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, ИД-1ПК-5, ИД-2ПК-5

Время на выполнение тестовых заданий 40 минут.

Максимальная сумма баллов за правильное выполнение всех тестовых заданий 45.

<b>№ тестового задания</b>	<b>Тип тестового задания</b>	<b>Сценарий выполнения тестового задания*</b>	<b>Уровень сложности</b>	<b>Контролируемый ИДК</b>	<b>Балл**</b>
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-2ПК-1	1
2	Открытого типа с указанием верного ответа (вариант 1)	Запишите правильный ответ	Базовый	ИД-1ПК-1	1

	Закрытого типа с выбором одного правильного ответа (вариант 2)				
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-2ПК-1	1
4	Закрытого типа на установление последовательности	Установить правильную последовательность. Ответ запишите в виде последовательности цифр, соответствующих предложенным вариантам в поле ответов	Базовый	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-2ПК-1 ИД-1ПК-5 ИД-2ПК-5	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	1
7	Закрытого типа на установление последовательности	Установить правильную последовательность. Ответ запишите в виде последовательности цифр, соответствующих предложенным вариантам в поле ответов	Базовый	ИД-2ПК-1	1
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-2ПК-1 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-2ПК-1	1
10	Закрытого типа на	Выбрать один	Базовый	ИД-2ПК-1	1

	выбор одного правильного ответа	правильный ответ из приведенных вариантов. Ответ записать в виде цифры в поле ответа.		ИД-2ПК-4	
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-2ПК-1 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-2ПК-1 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-2ПК-1 ИД-1ПК-4	3
14	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	3
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	3
16	Комбинированного типа в выбором одного или нескольких правильных	Выберите два правильных варианта и дайте краткую аргументацию.	Повышенный	ИД-2ПК-1 ИД-2ПК-4	3

	вариантов ответа с его аргументацией	Ответ записать в виде букв, отвечающих правильным вариантам в первое поле ответа и краткую аргументацию во второе поле ответа			
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-4	3
18	Открытого типа с развернутым ответом	Дайте определение ... Ответ запишите в поле ответа	Высокий	ИД-1ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	6
19	Открытого типа с ответом в виде значения	Дайте определение. 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	Сформулируйте определение. Ответ записать в поле ответа	Высокий	ИД-1ПК-1 ИД-2ПК-1 ИД-1ПК-4 ИД-2ПК-4	6

**Критерии оценивания для зачета по итогам выполнения тестовых заданий:**  
**Для зачета**

Оценка	Суммарный балл за выполнение тестовых заданий
зачтено	15-45
не зачтено	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. Гидротермальный процесс происходит при**

- А. 500-350 °C
- Б. 180-220 °C
- В. 350-50 °C
- Г. 900-1200 °C

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**5. Выберите существующие виды метаморфизма (несколько вариантов)**

- А. Тектонический
- Б. Импактный
- В. Региональный
- Г. Магматический

**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 предложенным вариантам в поле ответов**

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

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**8. Кристаллизация гранитных пегматитов происходит при температуре**

- А. 50-150 °C
- Б. 150-350 °C
- В. 350-700 °C
- Г. 700-900 °C

**Ответ:** \_\_\_\_\_

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

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

**10. Что является исходной породой для метапелитов?**

- А. Базальт
- Б. Глина
- В. Песчаник
- Г. Известняк

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**11. Какие давления и температуры характерны для эклогитовой фации?**

- А. 3 -5 килобар и 650-800 °C
- Б. 9-15 килобар и 350-500 °C
- В. 1-2 килобара и 750-800 °C
- Г. 16- 20 килобар и 800-900 °C

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**12. Температура начала мигматизации**

- А. 650 °C
- Б. 350 °C
- В. 150 °C
- Г. 900 °C

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**13. Основные факторы метаморфизма. 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. Флюид

Б. Атмосферные воды

В Температура

Г. Давление

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**Ответ:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**14. Соотнесите ареалы распространения метаморфических пород и типы метаморфизма**

А. Региональный метаморфизм

1. Происходит в зонах разломов, связан со значительной деформацией пород

Б. Контактовый метаморфизм

2. Происходит при резком ударе метеорита о поверхность планеты

В. Динамометаморфизм

3. Затрагивает значительные объемы земной коры

Г. Импактный метаморфизм

4. Приурочен к магматическим интрузиям и происходит от тепла остывающей магмы

**Ответ:**

A	B	V	G

**15. Соотнесите группы группы метаморфических пород и их протолит. Ответ записать в поле ответа в виде цифр, соотносимых с утверждением**

A. Метапелиты	1. высокоглиноземистые мелкозернистые осадочные породы
Б. Метакарбонатные породы	2. известняки, доломиты
В. Метабазиты	3. основные и ультраосновные изверженные породы

**Ответ:**

A	B	V
1	2	3

**16. Выберите какие из этих метасоматитов самые высокотемпературные. Ответ записать в виде букв, отвечающих правильным вариантам в первое поле ответа и краткую аргументацию во второе поле ответа**

А. Грейзены

- Б. Пропилиты
- В. Скарны
- Г. Листвениты

**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 процесс дегидратации.**

**Ответ:**

---

---

---

---

---

**19. Кратко опишите процесс изоморфизма**

**Ответ:**

---

---

---

---

---

**20. Дайте определение магмы**

**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. Температурный интервал зеленосланцевой фации регионального метаморфизма**

- А. 100 - 250 °C
- Б. 300 - 480 °C
- В. 650 - 700 °C
- Г. 720 - 850 °

**Ответ:** \_\_\_\_\_

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

- A. Плавление
- Б. Кристаллизационная и гравитационная дифференциация при понижении Т
- В. Контаминация - изменение первоначального химического или минеральный 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**

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

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**6. Какая из перечисленных диаграмм используется для реконструкции протолита метаморфических пород?**

- А. диаграмма Предовского
- Б. диаграмма Cr-Ni
- В. диаграмма Пирса
- Г. рентгенограмма

**Ответ:** \_\_\_\_\_

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

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

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**8. Какие из перечисленных минералов имеют переменный состав и служат основой геотермометров?**

- А. андалузит
- Б. гранат
- В. кварц
- Г. пироксен

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**9. Какие из перечисленных компонентов чаще всего инертны при метасоматозе**

- А.  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$
- Б.  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- В  $\text{K}_2\text{O}$
- Г.  $\text{MgO}$

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**10. Выберите типоморфные минералы метаморфических пород (несколько вариантов)**

- А. Глаукодот
- Б. Роговая обманка
- В. Ставролит
- Г. Оливин

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**11.**

- А.
- Б.
- В.
- Г.

**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. Какие из летучих компонентов играют главную роль при метаморфизме? 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. F
- Б.  $\text{H}_2\text{O}$
- В. Cl
- Г.  $\text{CO}_2$

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**Ответ:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**14. Соотнесите группы метаморфических пород по составу и их примеры**

**Типы метаморфических пород**

А. Метапелиты

Б. Метакарбонатные породы

В. Метабазиты

1

**Породы**

1. Аспидные сланцы, филлиты, сланцы, гнейсы
2. Мраморы, кальций, силикатные породы
3. Зеленые сланцы, амфиболиты, гранулиты.

**Ответ:**

A	B	C

**15. Соотнесите группы магм с видами пород**

**Магмы**

- А. Кислые ( $\text{SiO}_2 > 65\%$ )  
Б. Средние ( $\text{SiO}_2 \sim 60\%$ )  
В. Ультраосновные ( $\text{SiO}_2$  до 45 %)  
Г. Щелочные

**Виды пород**

1. Диориты, андезиты
2. Нефелиновый сиенит
3. Граниты, липариты, гранодиориты, дациты и др.
4. Хромит, платина, титаномагнетит, оливин, пироп, шпинель

**Ответ:**

A	B	C	D

**16. Выберите какие из этих метасоматитов самые низкотемпературные и дайте краткую аргументацию. Ответ записать в виде букв, отвечающих правильным вариантам в первое поле ответа и краткую аргументацию во второе поле ответа**

- А. Грейзены  
Б. Пропилиты  
В. Скарны  
Г. Лиственииты

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**17. Какие минералы являются индикаторами давления при метаморфизме?**  
**Напишите краткую аргументацию во второе поле ответа**

- А. Кварц
- Б. Биотит
- В. Пироксен
- Г. Пирит

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**Ответ:** \_\_\_\_\_

**18. Кратко опишите процессы метасоматоза**

**Ответ:**

---

---

---

---

---

---

---

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

**Ответ:**

---

---

---

---

---

---

**20. Кратко опишите какая черта регионального метаморфизма позволяет проводить реконструкцию протолита пород: (аллохимический характер, изохимический характер, продолжительность, зональность).**

**Ответ:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### **КЛЮЧИ ПРАВИЛЬНЫХ ОТВЕТОВ К ТЕСТОВЫМ ЗАДАНИЯМ**

Номер тестового задания	Правильные ответы	
	Вариант 1	Вариант 2
1	А	Г
2	магма	Б
3	Б	Б
4	В	А, Б, В, Г,
5	Б, В	В
6	А, Б	А
7	Б, А, Г, В	В, Б, А, Г
8	В	В
9	Г	Б
10	Б	Б, В
11	Б	В
12	А	В
13	А, В, Г Основные факторы метаморфизма – температура, давление и действие флюидов	Б, Г Главную роль при метаморфизме играют флюиды, имеющие

	(летучих компонентов метаморфических систем). Процесс метаморфизма протекает под комплексным воздействием этих факторов. Влияет на процессы преобразования и возникновения минералов, повышает скорость химических реакций и интенсивность перекристаллизации. Влияет на объём горных пород, их плотность, температуру плавления. Флюиды (в первую очередь вода и углекислый газ) изменяют область устойчивости многих фаз (особенно содержащих эти летучие компоненты).	глубинный (подкоровый) источник Наиболее важные летучие компоненты – <b>H<sub>2</sub>O</b> и <b>CO<sub>2</sub></b> , они составляют в среднем 95–99%. Реже роль могут играть кислород, водород, углеводороды, соединения галогенов и некоторые другие.														
14	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <th>A</th><th>B</th><th>V</th><th>G</th></tr> <tr> <td>3</td><td>4</td><td>1</td><td>2</td></tr> </table>	A	B	V	G	3	4	1	2	3, 4, 1, 2						
A	B	V	G													
3	4	1	2													
15	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <th>A</th><th>B</th><th>V</th></tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> </table>	A	B	V	1	2	3	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <th>A</th><th>B</th><th>V</th><th>G</th></tr> <tr> <td>3</td><td>1</td><td>4</td><td>2</td></tr> </table>	A	B	V	G	3	1	4	2
A	B	V														
1	2	3														
A	B	V	G													
3	1	4	2													
16	<p>В.</p> <p>Более высокотемпературными (600–900 °C) являются <b>магнезиальные скарны</b>. Известковые скарны образуются при более низких температурах (500–600 °C). Грейзены формируются при умеренных температурах (350–500 °C). Пропилиты образуются в процессе метасоматических изменений вулканогенных пород преимущественно андезитового, а также основного, реже кислого состава. Листвениты образуются при низких температурах 250–350 °C.</p>	<p>Б.</p> <p>Пропилиты – самые низкотемпературные из перечисленных метасоматитов: они образуются при температуре 100–200 °C. Грейзены формируются при умеренных температурах - 350–500 °C. Скарны – высокотемпературные метасоматические породы, магнезиальные скарны образуются при температуре 600–900 °C, известковые скарны - при 500–600 °C. Листвениты метасоматические породы, сформировавшиеся при низких температурах 250–350 °C.</p>														
17	<p>А, В</p> <p><b>Механические барьеры.</b> Участки резкого уменьшения интенсивности механической миграции</p> <p><b>Физико-химические барьеры.</b> Возникают в местах изменения температуры, давления, окислительно-восстановительных, щелочно-кислотных и других условий.</p>	<p>Б, В.</p> <p><b>Биотит.</b> Под действием высоких температур и давлений хлорит переходит в биотит, которому сопутствуют мелкие кристаллы граната.</p> <p><b>Пироксены.</b> Характерны для гранулитовой фации метаморфизма, образуются при высоких температурах (700–800 °C) и значительных давлениях (от 2 до</p>														

		1000 МПа).
18	Дегидратация – процесс, противоположный гидратации, полное обезвоживание минералов при температуре до 200 °С. Может приводить к необратимым изменениям водных свойств коллоидных частиц торфа, т. е. теряется смачиваемость (присоединение воды).	Метасоматоз – замещение одних компонентов (элементов) породы другими с изменением её химического состава, при этом растворение старых минералов и образование новых происходит почти одновременно, объём породы не изменяется. Метасоматоз протекает активно в гипогенной зоне при высоких температурах и давлении (зона метаморфизма) на контакте с термальными поровыми растворами, что приводит к формированию метасоматической зональности. Оруденение часто накладывается на метасоматиты, характерно разнообразие рудообразования.
19	Изоморфизм - способность химических элементов (атомов, ионов или молекул) а также целых блоков кристаллической решетки замещать друг друга в минералах. Это понятие введено, как сходство внешней кристаллической фазы у веществ родственных по химической формуле и образующих кристаллы переменного состава. Эти замещения возможны при условии близости размеров частиц, составляющих кристаллическую решетку (атомов или ионов), тождества знака заряда, относительно близких величин поляризации а также сходство типа их химической формулы, типа химической связи, термодинамических факторов (давления и температуры). Изоморфизм бывает полный (или совершенный) и частичный, изовалентный и гетеровалентный.	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. Давление приводит к сокращению объёма пород, более плотной «упаковке» минеральных зёрен, переориентации минералов. Кроме того, давление повышает температуру плавления пород, что увеличивает пределы температурного 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	Мagma представляет собой гетерогенные расплав (ионноэлектронная гетерогенная жидкость), состоящий из тугоплавких и летучих компонентов. Главными катионами магмы являются $\text{Na}^+$ ,	<b>Изохимический характер регионального метаморфизма</b> позволяет проводить реконструкцию протолита пород. Это объясняется тем, что при таком процессе валовый химический

	<p>К + , Ca<sup>2+</sup> , Mg<sup>2+</sup> , Fe<sup>2+</sup>, а анионами комплексные силикатные и алюмосиликатные анионы. Большое значение в расплаве имеют анионы OH<sup>-</sup> , PO<sub>4</sub> 3- , BO<sub>3</sub> 3- , S<sup>2-</sup> и др. Важную роль в магме имеют летучие компоненты, растворенные в расплаве. Главным летучим компонентом в магме являются пары воды. Значительно меньше в магме углекислоты, H<sub>2</sub>S, HCl, HF, CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> и др.</p>	<p>состав метаморфической породы и породы, за счёт которой она образовалась (протолита), остаются одинаковыми.</p> <p>.</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.*