

**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 № 5 от 26.04.2024 г.

Директор ИГХ СО РАН д.г.-м.н. А.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 2024 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.....	5
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов.....	5
4.2. План и перечень тем самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	6
4.3. Содержание учебного материала	7
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	8
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	12
5.1. Перечень основной и дополнительной литературы	12
5.2. Периодические издания.....	13
5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы	13
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	13
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	13
6.2. Программное обеспечение	13
6.3. Технические и электронные средства обучения:	13
7. Образовательные технологии	14
8. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	14
8.1. Оценочные материалы для текущего контроля:	14
8.2. Оценочные материалы для промежуточной аттестации.....	14

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
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	Знать: Основные закономерности поведения химических элементов в геологических процессах Уметь: Анализировать геологические карты разной специализации для выявления геохимических особенностей территории Владеть: Навыками организации геохимических научных и прикладных исследований
	ИД-2пк1 Воспринимает фундаментальные теоретические знания как способ получения фактической информации и инструмент для	Знать: Условия миграции и накопления элементов Уметь: Интерпретировать полученную информацию, излагать в устной и письменной форме результаты своего исследования и

	создания моделей и интерпретации результатов научных исследований	аргументировано отстаивать свою точку зрения в дискуссии Владеть: Навыками анализа ландшафтно-геохимической обстановки
ПК-4 Способен изучать и использовать научно-техническую информацию, применять отечественный и зарубежный опыт при выполнении задач научно-исследовательской работе	ИД-1пк4 Использует учебную, справочную, периодическую, фондовую литературу и информационные ресурсы геологического, геохимического и экологического профиля при выполнении научно-исследовательских работ	Знать: базовую литературу и источники информации в области геохимии процессов рудообразования; принципы поиска необходимой информации, понимая терминологию и содержание дисциплины, Уметь: Применять методы и компьютерные программы обработки геохимической информации Владеть: Методами системного анализа геохимических условий миграции и накопления химических элементов
	ИД-2пк4 Ориентируется в структуре современных информационных источников, ресурсов и литературе для поиска и подбора актуальной информации или углубления знаний в рамках решения конкретной профессиональной задачи	Знать: основные методы получения геохимической информации Уметь: Анализировать результаты геохимических аномалий Владеть: навыками оценки перспективности аномалий

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
Всего			108	36	36		1	30	2	3

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-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-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-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-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-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}	См.п. 5 - учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	6
4	Геохимические особенности породообразующих элементов в природных системах	Выполнение домашнего задания	собеседование	ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-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-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-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 одновременности 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/п	№ 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 в 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 окончании 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 $S_{\text{сист.}}$ (2), которая показывает, во сколько раз первые результаты систематически больше или меньше вторых:

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

Значения $S_{\text{сист.}}$ 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 $\Delta_{\text{сист.}}$ алгебраически вычитаются из всех $\lg C_i$.

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

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

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 стандартизированным 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:

$$C_a = C_{\phi} + 3S - \text{норм. закон распределения}$$

$$C_a = C_{\phi} + 3\varepsilon - \text{логнорм. закон распределения}$$

Где S – стандартное отклонение, ε – стандартный множитель

В этих пределах с вероятностью 99,86 % лежат значения фоновых содержаний элементов, поэтому вероятность ошибочного отнесения к числу аномалий точек, характеризующихся только случайными 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 «ОК» 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 окончании 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 стандартизированным 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:

$$C_{\phi} = \text{среднее (Mean)}$$

При логарифмически-нормальном законе распределения:

$$C_{\phi} = \text{медиана (Median)}$$

Чтобы охарактеризовать уровень отклонений содержаний элемента в отдельных фоновых пробах от среднефоновое значения, при нормальном законе статистического распределения используется величина стандартного (среднеквадратического) отклонения S_{ϕ} , а при логарифмически-нормальном законе — стандартного множителя ε_{ϕ} .

Робастная оценка S_ф

Робастная оценка S_ф производится по квартилям распределения, соответствующим 25% (C_{25%}) и 75% (C_{75%}) накопленной частоты.

По левой и правой ветвям центральной части распределения могут быть вычислены две оценки S_ф:

$$S'_{\text{ф}} = 1.4825 \times (C_{\text{ф}} - C_{25\%}),$$

$$S''_{\text{ф}} = 1.4825 \times (C_{75\%} - C_{\text{ф}}).$$

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

$$S_{\text{ф}} = 0.5 \times (S'_{\text{ф}} + S''_{\text{ф}}).$$

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_ф лучше взять одно, более надежное значение.

Робастная оценка ε_ф

Робастная оценка ε_ф по квартилям распределения производится по формулам:

$$\varepsilon'_{\text{ф}} = (C_{\text{ф}}/C_{25\%})^{1.4825}$$

$$\varepsilon''_{\text{ф}} = (C_{75\%}/C_{\text{ф}})^{1.4825}$$

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

$$\varepsilon_{\text{ф}} = \sqrt{\varepsilon'_{\text{ф}} * \varepsilon''_{\text{ф}}}$$

В случае же существенного различия ε'_ф и ε''_ф, когда есть основания считать, что одно из этих значений не вполне соответствует фоновой совокупности данных, в качестве ε_ф 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:

$$u(C_i) = (C_i - C_{\text{ф}})/S_{\text{ф}}$$

при логнормальном распределении содержаний:

$$u(C_i) = (\lg C_i - \lg C_{\text{ф}})/\lg \varepsilon'_{\text{ф}}$$

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_ф*ε₁, u=2 – второму уровню C_ф*ε₂, u=3 – третьему уровню аномальности C_ф*ε₃ 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 получиться 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 стандартизированных 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 стандартизированных значений в программу Statistica (рис. 12) и затем выполнить последовательно действия, описанные и показанные на рисунках 13-14.

После выполнения этих действий программа строит дендограмму 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 стандартизированных 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 обстановки.

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/electronic.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.ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Зачетом является выполнение всех практических заданий, контрольных работ и активное участие в опросах.

8.1. Оценочные материалы для текущего контроля:

Материалы для проведения текущего контроля знаний студентов:

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Индикаторы достижения компетенций (компоненты), которые контролируются
1	Устный опрос	Рудообразующие системы	ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}
2	Устный опрос	Источники породо- и рудообразующих компонентов и их концентрация	ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}
3	Устный опрос	Геохимические свойства элементов и степень их проявления в различных природных системах	ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}
4	Устный опрос	Геохимические особенности породообразующих элементов в природных системах	ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}
5	Устный опрос	Геохимические особенности рудообразующих и редких элементов в природных системах	ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ИД-1 _{ПК-4} ИД-2 _{ПК-4}

8.2 Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Примерный перечень вопросов зачета

1. Основные металлогенические периоды в истории Земли.
2. Эндогенные и экзогенные процессы рудообразования.
3. Типичные месторождения, связанные с экзогенными процессами.
4. Типичные месторождения, связанные с эндогенными процессами.
5. Парагенезис стратиформных рудных и углеводородных месторождений.
6. Полигенность и полихронность рудогенеза.

7. Основные черты докембрийского периода рудообразования.
8. Основные черты фанерозойского периода рудообразования.
9. Концепция о полигенности и полихронности рудогенеза.
10. Взаимосвязь докембрийской и фанерозойской металлогении.

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.