

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт геологии и нефтегазовых технологий



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Минзарипов Р.Г.

_____ 20__ г.

Программа дисциплины

Геохимия изотопов и основы геотермобарометрии БЗ.ДВ.5

Направление подготовки: 020700.62 - Геология

Профиль подготовки: Геохимия

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Бахтин А.И., Низамутдинов Н.М.

Рецензент(ы):

Изотов В.Г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Морозов В. П.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института геологии и нефтегазовых технологий:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No

Казань
2014

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Бахтин А.И. Кафедра минералогии и литологии Институт геологии и нефтегазовых технологий , Anatoly.Bakhtin@kpfu.ru ; профессор, д.н. (доцент) Низамутдинов Н.М. Кафедра минералогии и литологии Институт геологии и нефтегазовых технологий , Nazim.Nizamutdinov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) "Геохимия изотопов и основы геотермобарометрии" являются усвоение студентами основ изотопной геохронологии и геотермобарометрии, умение датировать, определять температуру и давления образования минералов

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.5 Профессиональный" основной образовательной программы 020700.62 Геология и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

является дисциплиной по выбору профессионального цикла. Предназначена для студентов 4 курса (8 семестр).

Учитываются знания, приобретенные при изучении физики, химии, математики, кристаллографии, минералогии, геохимии, термодинамики минералов.

Студенты должны понимать закономерности формирования горных пород, знать методы диагностики минералов, должны обладать знаниями об изоморфизме и геохимии минералов.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-18 (общекультурные компетенции)	способен критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности
ПК-15 (профессиональные компетенции)	способен использовать профильно-специализированные знания в области геологии, геофизики, геохимии, гидрогеологии и инженерной геологии, геологии и геохимии горючих ископаемых, экологической геологии для решения научных и практических задач
ПК-16 (профессиональные компетенции)	способен использовать профильно-специализированные знания фундаментальных разделов физики, химии, экологии для освоения теоретических основ геологии, геофизики, геохимии, экологической геологии

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

общепрофессиональные (общегеологические) теоретические основы геохимии изотопов и геотермобарометрии; основные методы изотопной геохронологии; геохимию радиогенных изотопов; геохимию стабильных изотопов; теорию фазового равновесия; область применения геотермобарометров.

2. должен уметь:

определять горные породы и минералы для датирования методом изотопной геохронологии, для оценки температуры и давления методом геотермобарометрии. Излагать и критически анализировать базовую общегеологическую информацию; использовать базовые знания геологических наук при отборе горных пород и минералов для датирования, определения температуры и давления минералообразования

3. должен владеть:

способами внесения поправки на захваченный при минералообразовании свинец при датировании изотопным U-Pb методом геохронологии; - строить уравнение обменного равновесия и строить изотермы распределения изоморфных ионов; - строить уравнения смещенных и обменных равновесий и строить диаграммы фазового соответствия; - общепрофессиональными знаниями теории и методов полевых геологических и геохимических исследований; - методами обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной геолого-геохимической информации.

датировать методом изотопной геохронологии, оценить температуру и давление методом геотермобарометрии используя соответствующую геолого-геохимическую информацию.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Физические основы изотопной геохронологии. Основы изотопной масс-спектрологии.	8	1	2	0	0	контрольная работа
2.	Тема 2. Особенности геохимического поведения рубидия и стронция.	8	2	2	0	4	контрольная работа
3.	Тема 3. Особенности геохимии Sm и Nd.	8	3	2	0	2	контрольная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Геохимия радиогенных изотопов Sr, Nd, Hf.	8	4	2	0	2	контрольная работа
5.	Тема 5. U-Th-Pb метод изотопной геохронологии.	8	5	2	0	2	контрольная работа
6.	Тема 6. Геохимия радиогенных изотопов свинца.	8	6	2	0	2	контрольная работа
7.	Тема 7. Геохимия стабильных изотопов.	8	7	2	0	2	контрольная работа
8.	Тема 8. Основы геотермобарометрии.	8	8	2	0	2	контрольная работа
9.	Тема 9. Геохимические геобаротермометры.	8	9	2	0	2	домашнее задание
10.	Тема 10. Амфибол-клинопироксеновый парагенезис.	8	10	2	0	2	домашнее задание
11.	Тема 11. Биотит-клинопироксеновая ассоциация.	8	11	2	0	2	домашнее задание
12.	Тема 12. Парагенезис биотит-гранат.	8	12	2	0	2	контрольная работа
13.	Тема 13. Смещенные равновесия.	8	13	2	0	2	контрольная работа
14.	Тема 14. Влияние диффузии. Область применения геобаротермометров.	8	14	2	0	2	контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	экзамен
	Итого			28	0	28	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Физические основы изотопной геохронологии. Основы изотопной масс-спектрологии.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Цели и задачи курса. Физические основы изотопной геохронологии. Основы изотопной масс-спектрологии. Принцип действия ионного зонда, локальный изотопный анализ в изотопной геохронологии.

Тема 2. Особенности геохимического поведения рубидия и стронция.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Rb-Sr метод изотопной геохронологии. Особенности геохимического поведения рубидия и стронция. Датирование открытых и замкнутых изотопно-геохимических систем изохронным методом. Особенности изотопного Rb-Sr датирования изверженных, метаморфических, осадочных пород.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Особенности геохимического поведения рубидия и стронция. Датирование открытых и замкнутых изотопно-геохимических систем изохронным методом. Накопление редких элементов в гранитах. Константа распада ^{87}Rb . Построение и анализ изохроны стронция и рубидия. Определение возраста и начального изотопного отношения стронция.

Тема 3. Особенности геохимии Sm и Nd.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Sm-Nd метод изотопной геохронологии. Особенности геохимии Sm и Nd. Изохронные Sm-Nd датировки. Горные породы и минералы, пригодные для датирования Sm-Nd методом.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Особенности геохимии Sm и Nd. Изохронные Sm-Nd датировки. Sm-Nd датирования рудных процессов с использованием сульфидов. Подготовка образцов для изотопного анализа. Построение и анализ изохрон; определение возраста рудообразующего процесса и начального изотопного отношения неодима. Вывод: сульфиды могут использоваться в качестве минералов-геохронометров при Sm-Nd изотопно-геохронологических исследованиях.

Тема 4. Геохимия радиогенных изотопов Sr, Nd, Hf.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Геохимия радиогенных изотопов Sr, Nd, Hf. Радиогенные изотопы Sr и Nd в магматических породах. Геохимические свойства Sr, Rb, Sm, Nd. Первичный изотопный состав Sr и Nd. Эволюция изотопного состава Sr и Nd метеоритов, Земли и Луны. Геохимия радиогенных изотопов Sr, Nd, Hf в осадочной оболочке.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Геохимия радиогенных изотопов Sr, Nd, Hf. Изохронные Rb-Sr, Lu-Hf методы датирования. Построение и анализ изохрон. Особенности геохимии радиогенных изотопов Sr, Nd, Hf. Построение и анализ кривых зависимостей Sr, Nd. Оценка возраста горных пород.

Тема 5. U-Th-Pb метод изотопной геохронологии.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

U-Th-Pb метод изотопной геохронологии. Изотопный состав урана и тория, α -распад урана и тория, радиоактивные свойства. Геохимические процессы, приводящие к искажению рассчитываемых уран-торий-свинцовых возрастов. Эволюция земного свинца, определение модельного возраста сульфидных месторождений. Датирование полевого шпата и пород в целом Pb-Pb методом

лабораторная работа (2 часа(ов)):

U-Pb система в минералах-геохронометрах (циркон, бадделеит, сфен, апатит и др.). Локальные методы изотопного анализа (вторично-ионный зонд и лазерно-абляционные системы). Изохронная модель. Изохронные Rb-Sr, Sm-Nd, Lu-Hf, Re-Os, Pt-Os и U-Pb методы датирования. Особенности и области применения.

Тема 6. Геохимия радиогенных изотопов свинца.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Геохимия радиогенных изотопов свинца. Первичный изотопный состав свинца Солнечной системы и Земли. Дополнительные методы датирования изотопной геохронологии. Возраст Земли и шкала геологического времени.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Изучение первичный изотопный состав свинца Солнечной системы и Земли. Отношения радиогенных изотопов свинца с атомными весами 206, 207 и 208, образовавшихся за счет распада урана 238, 235 и тория 232, к нерадиогенному (первичному) свинцу с атомным весом 204 в лунных породах. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} \approx 250$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} \approx 130$; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} \approx 270$. Для первичного же свинца из железных метеоритов эти изотопные отношения соответственно равны: 9,5; 10,4 и 29,5.

Тема 7. Геохимия стабильных изотопов.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Геохимия стабильных изотопов. Причины вариаций отношений стабильных изотопов в природе. Геохимия водорода и кислорода. Принципы геотермометрии по изотопам кислорода. Геохимия изотопов углерода. Основные процессы изотопного фракционирования.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Основные процессы изотопного фракционирования. Построение и анализ графиков зависимости фактора фракционирования от мощности льдов Эффект изменения скорости промерзания, мощности граничного слоя и значений $\delta^{18}\text{O}$ на: фактор фракционирования; величину коэффициента регрессии между значениями δD и $\delta^{18}\text{O}$; фактор фракционирования; величину коэффициента регрессии:

Тема 8. Основы геотермобарометрии.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Основы геотермобарометрии. Фазовые равновесия как основа геологической термобарометрии. Кристаллохимия природных силикатов. Принципы фазового равновесия. Термодинамические методы. Мономинеральные и двуминеральные изотопные геотермометры.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Фазовые равновесия как основа геологической термобарометрии. Кристаллохимия природных силикатов.

Тема 9. Геохимические геобаротермометры.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Геохимические геобаротермометры. Температурная зависимость K_D - коэффициента распределения. Термометр Барта. Нефелин-полевошпатовый термометр. Магнетит - ильменитовый термометр Линдели. Амфибол - плагиоклазовый термометр. Изотермы распределения Mg и Fe между амфиболом и гранатом. Статистическая оценка относительной точности амфибол- гранатового термометра.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Температурная зависимость K_D - коэффициента распределения. Изотермы распределения Mg и Fe между амфиболом и гранатом.

Тема 10. Амфибол-клинопироксеновый парагенезис.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Амфибол-клинопироксеновый парагенезис. Изоморфизм в отношении $\text{Fe} \rightleftharpoons \text{Mg}$ и $\text{Ca}^{2+} \rightleftharpoons 2\text{Na}^+$. Обменное равновесие этих изоморфных компонентов. Изотермы распределения Mg и Fe между амфиболом и неомфацитовым клинопироксеном. Амфибол- клинопироксеновый термометр и его точность.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Анализ графических результатов: нефелин-полевошпатовый термометр для субвулканических и вулканических щелочных пород, лишенных автометаморфической перекристаллизации; связь между составом магнетита и температурой.

Тема 11. Биотит-клинопироксеновая ассоциация.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Биотит-клинопироксеновая ассоциация. Обменное равновесие $\text{CpxFe} + \text{BtMg} = \text{BtFe} + \text{CpxMg}$ в биотит - клинопи-роксеновом парагенезисе. Изотермы распределения Mg и Fe между биотитом и клинопироксеном; биотит - клинопироксеновый термометр.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Построение изотерм распределения Mg и Fe между Bt и Cpx . Обменное равновесие $\text{CpxFe} + \text{BtMg} = \text{BtFe} + \text{CpxMg}$ в биотит - клинопироксеновом парагенезисе. Изотермы распределения Mg и Fe между биотитом и клинопироксеном (биотит - клинопироксеновый термометр).

Тема 12. Парагенезис биотит-гранат.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Парагенезис биотит-гранат. Вывод диаграммы соответствия для средних составов Bt и Grt из разных метаморфических фаций. Изотермы распределения Mg и Fe между биотитом и гранатом; биотит-гранатовый геотермометр. Коррекция биотит - гранатового термометра для случая изоморфизма $Mn=Mg+Fe$.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Построение и анализ изотермы распределения Mg и Fe между Bt и Grt ? биотит-гранатовый термометр. Парагенезис биотит-гранат.

Тема 13. Смещенные равновесия.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Смещенные равновесия. Коэффициенты разделения и средние мольные доли. Определение T и P при помощи смещенных и обменных равновесий. Диаграммы фазового равновесия - минералогические барометры. Минеральная ассоциация кордиерит - гранат - силлиманит - кварц. Кордиерит-гранат-кварц-силлиманитовый термобарометр и его аналитическое выражение.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Минералогические барометры. Анализ результатов графической версии первого в мире пироксен-гранатового барометра. Лвупироксеновый термобарометр, откалиброванный на основе соотношения K/Mg и средней мольной доли для глубинных ксенолитов из кимберлитовых трубок.

Тема 14. Влияние диффузии. Область применения геобаротермометров.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Влияние диффузии. Область применения геобаротермометров. Примеры решения задачи о механизме образования минералов: карбонатная минерализация, силикатная и сульфидная минерализация.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

П-Т-тренды остывания глубинных магматических расплавов и твердых горных пород в мантии и коре Земли. Оценки точности диаграмм фазового соответствия и минералогических барометров. Примеры решения задачи о механизме образования минералов: карбонатная минерализация, силикатная и сульфидная минерализация. Определение P-T границ фазовых переходов в силикате глинозёма посредством термобарометрии природных ассоциаций.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Физические основы изотопной геохронологии. Основы изотопной масс-спектрологии.	8	1	Работа с литературными и электронными ресурсами по теме.	4	Конспект и рисунки, схемы по проработанным источникам
2.	Тема 2. Особенности геохимического поведения рубидия и стронция.	8	2	Ознакомление содержанием темы по электронным ресурсам	4	Составление проекта по данной теме изучения

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Особенности геохимии Sm и Nd.	8	3	Изучение особенностей геохимии элементов по электронным источникам	2	конспект материала по теме, графическое представление
				Работа с литературой и электронными ресурсами	2	проект темы особенности геохимии Sm и Nd
4.	Тема 4. Геохимия радиогенных изотопов Sr, Nd, Hf.	8	4	Работа с литературой и электронными ресурсами	4	составить проект темы проработанной литературы
5.	Тема 5. U-Th-Pb метод изотопной геохронологии.	8	5	Изучение и дополнение содержания темы при помощи электронных ресурсов	4	конспект проработанной литературы
6.	Тема 6. Геохимия радиогенных изотопов свинца.	8	6	Расширение материала темы по системе электронных ресурсов	4	составление проекта темы по проработанной литературе
7.	Тема 7. Геохимия стабильных изотопов.	8	7	Самостоятельное изучение темы. Работа с литературой и электронными ресурсами.	4	конспектирование содержания и цели изученного материала.
8.	Тема 8. Основы геотермобарометрии.	8	8	Расширить и освоить материал темы по электронным ресурсам	4	проект темы и рисунки, графики, формулы
9.	Тема 9. Геохимические геобаротермометры.	8	9	Освоение и закрепление материала при помощи самостоятельной работы с электронными ресурсами	5	Конспект содержания проработанной литературы
10.	Тема 10. Амфибол-клинопироксеновый парагенезис.	8	10	Подготовка домашнего задания: самостоятельное изучение графического материала темы по электронным	5	домашнее задание: конспект и графическое представление материала темы

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
11.	Тема 11. Биотит-клинопироксеновая ассоциация.	8	11	Подготовка домашнего задания: самостоятельное изучение характеристик биотит-клинопироксеновой ассо	5	домашнее задание: проект и графическое представление материала темы
12.	Тема 12. Парагенезис биотит-гранат.	8	12	Подготовка к контрольной работе: самостоятельное изучение и освоение материала темы по электронным	5	контрольная работа: проект темы и рисунки, графики, отражающие особенности парагенезиса
13.	Тема 13. Смещенные равновесия.	8	13	Подготовка к контрольной работе: самостоятельное изучение и расширение материала темы по электронн	5	контрольная работа: конспект проработанных источников и графическое представление данных
14.	Тема 14. Влияние диффузии. Область применения геобаротермометров.	8	14	Подготовка к контрольной работе: проработка литературы и электронных ресурсов по теме	4	контрольная работа: проект темы, графики, отражающие область применения геобаротермометров
Итого					61	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

1. Лекционные занятия проводятся в виде мультимедийных презентаций.
2. Работа с методическими пособиями и электронными версиями.
3. Работа с интернет-ресурсами.
4. Лабораторные работы включают составление уравнений радиоактивного распада, изучение цепочек радиоактивного распада, расчет K-Ar возраста, Rb-Sr возраста и т.п., графическое представление изохронны; построение конкордии и дискордии; построение изотерм распределения элементов, диаграмм фазового соответствия, номограмм для определения P-T параметров и т. п.
5. Ряд разделов курса, не включенных в лекционный материал, предлагается студентам для внеаудиторной работы с последующим обсуждением материала.
6. Для текущего контроля успеваемости по дисциплине используются контрольные работы и результаты самостоятельных работ и лабораторных вычислений и построений.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Физические основы изотопной геохронологии. Основы изотопной масс-спектрологии.

Конспект и рисунки, схемы по проработанным источникам, примерные вопросы:

Изотопы и изобары. Уравнение радиоактивного распада. Период полураспада и константа распада. Цепочки радиоактивных превращений. Виды масс-спектрометров, применяемых в современном изотопном анализе, принципиальное устройство их основных узлов. Основные задачи изотопной геохимии и геохронологии. Причины вариаций изотопного состава элементов в природе.

Тема 2. Особенности геохимического поведения рубидия и стронция.

Составление проекта по данной теме изучения, примерные вопросы:

Основы Rb-Sr метода геохронологии. Области применения. Устойчивость и механизмы нарушения Rb-Sr системы пород и минералов. Способы образования ионов, разделения и регистрации. шения Rb-Sr системы пород и минералов

Тема 3. Особенности геохимии Sm и Nd.

конспект материала по теме, графическое представление, примерные вопросы:

Способы представления Rb-Sr и Sm-Nd изотопных данных.

проект темы особенности геохимии Sm и Nd, примерные вопросы:

Диаграмма Николайсена и диаграмма Компстона-Джеффри.

Тема 4. Геохимия радиогенных изотопов Sr, Nd, Hf.

составить проект темы проработанной литературы, примерные вопросы:

Основы Sm-Nd метода геохронологии. Причины и характер вариаций изотопного состава неодима в природе. Совместное использование изотопов неодима и стронция. Проблема баланса кора-мантия в Sm-Nd и Rb-Sr изотопных системах. Причины изотопной гетерогенности мантии Земли (Sr-Nd-Pb-Hf).

Тема 5. U-Th-Pb метод изотопной геохронологии.

конспект проработанной литературы, примерные вопросы:

Модельный возраст в Sm-Nd и U-Pb системах. Принципы расчета, геологический смысл.

Основы U-Pb метода геохронологии. Главные преимущества метода.

Тема 6. Геохимия радиогенных изотопов свинца.

составление проекта темы по проработанной литературе, примерные вопросы:

Эволюция изотопного состава свинца в природе. Модель Стейси-Крамера. Определение U/Pb отношения пород и их источника по изотопному составу свинца.

Тема 7. Геохимия стабильных изотопов.

конспектирование содержания и цели изученного материала, примерные вопросы:

Закономерности распределения изотопов элементов в природном веществе и использование их для получения сведений о процессах формирования Земли. Изотопное фракционирование и его измерение. Изучение физико-хим. методами процессов разделения изотопов элементов (температуры, давления, константы скоростей, константы равновесия и др.). Точно измерение степени разделения изотопов в природных веществах и получение сведений об условиях образования этих веществ и процессах, протекавших в земной коре и приведших к наблюдаемому распределению изотопов.

Тема 8. Основы геотермобарометрии.

проект темы и рисунки, графики, формулы, примерные вопросы:

Сведения о кристаллохимии природных силикатов. Природные закономерности. Принцип фазового равновесия.

Тема 9. Геохимические геобаротермометры.

Конспект содержания проработанной литературы, примерные вопросы:

Термодинамические методы. Изотопные геотермометры: мономинеральные и двуминеральные изотопные геотермометры. Методы геотермометрии. Физические и аналоговые методы

Тема 10. Амфибол-клинопироксеновый парагенезис.

домашнее задание: конспект и графическое представление материала темы, примерные вопросы:

Амфибол-клинопироксеновый парагенезис. Обменное равновесие изоморфных ионов в системе амфибол-клинопироксен. Изотермы распределения Mg и Fe между амфиболом и неомфацитовым клинопироксеном. Амфибол-клинопироксеновый термометр.

Тема 11. Биотит-клинопироксеновая ассоциация.

домашнее задание: проект и графическое представление материала темы, примерные вопросы:

Обменное равновесие $CpxFe + BtMg = BtFe + CpxMg$ в биотит-клинопироксеновом парагенезисе. Изотермы распределения Mg и Fe между биотитом и клинопироксеном; биотит-клинопироксеновый термометр.

Тема 12. Парагенезис биотит-гранат.

контрольная работа: проект темы и рисунки, графики, отражающие особенности парагенезиса, примерные вопросы:

Парагенезис биотит-гранат в горных породах. Вывод диаграммы фазового соответствия для средних составов Bt и Crt из разных метаморфических фаций. Изотермы распределения Mg и Fe между биотитом и гранатом. Биотит-гранатовый геотермометр.

Тема 13. Смещенные равновесия.

контрольная работа: конспект проработанных источников и графическое представление данных, примерные вопросы:

Определение как T, так и P при помощи смещенных и обменных равновесий. Диаграммы фазового соответствия - минералогические барометры. Минеральная ассоциация кордиерит-гранат-силлиманит-кварц. Номограмма для определения P-T параметров по составам сосуществующих твердых растворов граната и кордиерита в парагенезисе с силлиманитом и кварцем.

Тема 14. Влияние диффузии. Область применения геобаротермометров.

контрольная работа: проект темы, графики, отражающие область применения геобаротермометров, примерные вопросы:

Кордиерит-гранат-кварц-силлиманитовый термобарометр. Применение геобаротермометров. Решение задачи о механизме образования минералов: карбонатная минерализация, силикатная и сульфидная минерализация.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Контрольные вопросы:

1. Основные задачи изотопной геохимии и геохронологии.
2. Причины вариаций изотопного состава элементов в природе.
3. Изотопы и изобары. Уравнение радиоактивного распада. Период полураспада и константа распада. Цепочки радиоактивных превращений.
4. Основные предпосылки для заметного фракционирования изотопов в природе. Виды изотопных эффектов. Правило плейд.
5. Изотопный состав кислорода и водорода в гидросфере, земной коре и мантии Земли.
6. Виды масс-спектрометров, применяемых в современном изотопном анализе, принципиальное устройство их основных узлов. Способы образования ионов, разделения и регистрации.
7. Основы Rb-Sr метода геохронологии. Области применения. Устойчивость и механизмы нарушения Rb-Sr системы пород и минералов.
8. Способы представления Rb-Sr и Sm-Nd изотопных данных. Диаграмма Николайсена и диаграмма Компстона-Джеффри.

9. Основы K-Ar метода геохронологии. Вид распада. Формула для практического расчета возраста. Аналитические способы определения калия и аргона.
10. ^{40}Ar - ^{39}Ar вариант K-Ar метода. Преимущества и сложности метода.
11. Основы изотопной геохимии стронция. Причины и характер вариаций изотопного состава стронция в природе.
12. Оценки Rb/Sr отношения в примитивной и обедненной мантии.
13. Двухкомпонентное смешение и изотопная геохимия. Двухкомпонентное смешение и изохрона.
14. Метод изотопного разбавления. Преимущества применения смешанного трассера.
15. Основы Sm-Nd метода геохронологии. Причины и характер вариаций изотопного состава неодима в природе.
16. Совместное использование изотопов неодима и стронция. Проблема баланса кора-мантия в Sm-Nd и Rb-Sr изотопных системах.
17. Модельный возраст в Sm-Nd и U-Pb системах. Принципы расчета, геологический смысл.
18. Основы U-Pb метода геохронологии. Главные преимущества метода.
19. Диаграмма с конкордией и двухстадийная модель при изучении цирконов. Устойчивость цирконов к наложенным процессам.
20. Эволюция изотопного состава свинца в природе. Модель Стейси-Крамера. Определение U/Pb отношения пород и их источника по изотопному составу свинца.
21. Изохроны и дискордии - сходство и различия. Условия возникновения и особенности интерпретации.
22. Основы Lu-Hf метода геохронологии и изотопной геохимии гафния. Причины и характер вариаций изотопного состава гафния в природе. Совместное использование изотопов неодима и гафния.
23. Основы Re-Os метода геохронологии и изотопной геохимии осмия. Причины и характер вариаций изотопного состава осмия в природе. Понятие о модельном возрасте в Re-Os системе.
24. Проблемы хондритового состава мантии Земли.
25. Hf-W и U-Pb изотопные системы и проблема определения возраста земного ядра.
26. Причины изотопной гетерогенности мантии Земли (Sr-Nd-Pb-Hf).
27. Сведения о кристаллохимии природных силикатов. Природные закономерности. Принцип фазового равновесия.
28. Методы геотермобарометрии. Физические и аналоговые методы.
29. Термодинамические методы. Изотопные геотермометры: мономинеральные и двуминеральные изотопные геотермометры.
30. Температурная зависимость коэффициента распределения.
31. Изотермы распределения Mg и Fe между амфиболом и гранатом. Амфибол-гранатовый термометр.
32. Амфибол-клинопироксеновый парагенезис. Обменное равновесие изоморфных ионов в системе амфибол- клинопироксен. Изотермы распределения Mg и Fe между амфиболом и неомфацито-вым клинопироксеном. Амфибол-клинопироксеновый термометр.
33. Амфибол-ортопироксеновая ассоциация высокотемпературных горных пород. Изотермы распределения Mg и Fe между амфиболом и ортопироксеном. Амфибол-ортопироксеновый термометр.
34. Парагенезис биотит-гранат в горных породах. Вывод диаграммы фазового соответствия для средних составов Vt и CrT из разных метаморфических фаций. Изотермы распределения Mg и Fe между биотитом и гранатом. Биотит-гранатовый геотермометр.
35. Определение как T, так и P при помощи смещенных и обменных равновесий. Диаграммы фазового соответствия - минералогические барометры.
36. Минеральная ассоциация кордиерит-гранат-силлиманит-кварц. Номограмма для определения P-T параметров по составам сосуществующих твердых растворов граната и кордиерита в парагенезисе с силлиманитом и кварцем.

37. Кордиерит-гранат-кварц-силлиманитовый термобарометр.

7.1. Основная литература:

1. Титаева Н.А. Ядерная геохимия. МГУ. 2000.
2. Рассказов С.В. и др. Радиоизотопная геология в задачах и примерах. Новосибирск, 2005.
3. Фор. Г. Основы изотопной геохимии. М., 1989.
4. Галимов Э.М. Вариация изотопного состава алмазов и связь их с условиями алмазообразования. // Геохимия. 1984. ♦8. С.1091-1115.
5. Мельников Ф.Н., Прокофьев В.Ю., Шаталин Н.Н. Термобарогеохимия. М.: изд-во Академический проект, 2008. 220 с.
6. Прасолов Э.М. Изотопная геохимия и происхождение природных газов. Л., "Недра". 1990.
7. Ермаков Н.П., Долгов Ю.А. Термобарогеохимия. - М. Недра. 1979

7.2. Дополнительная литература:

1. Справочник по изотопной геохимии. М., 1982.
2. Костицын Ю. А. Rb-Sr изотопные исследования месторождения Мурунтау. Магматизм, метаморфизм и рудообразование. // Геохимия. 1996. ♦ 4. С. 486-497.
3. Щуколюков Ю.А., Горохов И.М., Левченков О.А. Графические методы изотопной геологии. М., "Недра". 1974.

7.3. Интернет-ресурсы:

РТ-тренды остывания глубинных магматических расплавов и твердых горных пород в верхней мантии Земли и земной коре. -

<http://www.google.ru/#hl=ru&newwindow=1&sclient=psy-ab&q=перчук+Л.Л.>

Теория фазового соответствия и геологическая термобарометрия -

http://window.edu.ru/window_catalog/pdf2txt?p_id=4444

Геотермобарометрия и перемещение кристаллических пород в коре и верхней мантии Земли -

<http://window.edu.ru/library/pdf2txt/838/20838/4051>

Костицын Ю.А. Геохимия изотопов и геохронология. Курс лекций. - <http://wiki.web.ru/wiki>

Перчук Л.Л. Основы термодинамики минералов и флюидов. Теория фазового соответствия. -

<http://geo.web.ru/~serg/Perchuk/>

Титаева Н.А. Геохимия изотопов радиоактивных элементов (U, Th, Ra). - [http:// geo.web.ru ? db/msg.html?mid=1171496](http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1171496)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Освоение дисциплины "Геохимия изотопов и основы геотермобарометрии" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 020700.62 "Геология" и профилю подготовки Геохимия .

Автор(ы):

Бахтин А.И. _____

Низамутдинов Н.М. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Изотов В.Г. _____

"__" _____ 201__ г.