

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
(ФИЦ КНЦ РАН)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

По дисциплине Б1.В.ДВ.01.02 Основы физико-химической петрологии
указывается цикл (раздел) ОП, к которому относится дисциплина, название дисциплины

Для направления подготовки (специальности) 05.04.01 Геология
код и наименование направления подготовки (специальности)

Направленность программы (профиль) Прикладная геохимия, минералогия и петрология
наименование профиля /специализаций/образовательной программы

Квалификация выпускника, уровень подготовки магистр
(указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО)

Апатиты

2020

Лист согласования

1 Разработчик:

доцент
должность

УАиМ


_____ подпись

Д.Р. Зозуля
И.О. Фамилия

2. Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании учебно-методической комиссии управления аспирантуры и магистратуры 29 июня 2020 года, протокол № 02.

Председатель УМК УАиМ

29.06.2020

дата

подпись



Л.Д. Кириллова

И.О. Фамилия

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1. Методические указания составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта по образовательной программе высшего образования – программе магистратуры по направлению подготовки 05.04.01 Геология, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28.08.2015 г. № 912.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины: – изучение и применение законов физической химии для познания природных геологических процессов.

Задачи дисциплины: заложить основы системного знания о физико-химической сущности процессов магмообразования и породообразования, методах физико-химического анализа (интерпретации) геологических данных.

В результате освоения программы дисциплины «Основы физико-химической петрологии» студенты направления 05.04.01 Геология

должны знать:

- физико-химические принципы классификации магматических и метаморфических горных пород;
- принципы и правила построения диаграмм состояния (фазового равновесия);
- возможности использования диаграмм состояния, их достоверность, ограничения и адекватность геологическим процессам.

должны уметь:

- читать диаграммы состояния, прослеживать по ним тренды плавления и кристаллизации фазовых ассоциаций;
- определять физико-химические условия образования магматических и метаморфических пород и их серий (выбор систем, изобарических и изоплетических сечений);
- определять исходный расплав и субстрат;
- сопоставлять теоретические пути кристаллизации с реальными ассоциациями горных пород).

должны владеть: необходимыми знаниями и навыками методов исследования и диагностики минералов.

Планируемые результаты обучения в рамках данной дисциплины

Процесс изучения дисциплины (модуля) «Основы физико-химической петрологии» направлен на формирование элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО 05.04.01 Геология (уровень магистратуры). Результаты формирования компетенций и обучения представлены в таблице.

Таблица 1 – Результаты обучения

| № п/п | Код компетенции | Компоненты компетенции, степень их реализации | Результаты обучения |
|-------|----------------------|---|---------------------|
| 1. | ОК – 3. Готовность к | Компоненты | Знать: |

| | | | |
|----|--|--|--|
| | саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала. | компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью | - основные понятия, цели, задачи физико-химической петрологии. Уметь: - формулировать цели и определять пути их достижения; - находить информацию в различных источниках. Владеть: - методами сбора информации, ее обработки и анализа. |
| 2. | ОПК – 1. Способность самостоятельно приобретать, осмысливать, структурировать и использовать в профессиональной деятельности новые знания и умения, развивать свои инновационные способности. | Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью | Знать: - основные проблемы и задачи физико-химической петрологии. Уметь: - самостоятельно анализировать и систематизировать новые знания; - структурировать и использовать новые знания; - развивать инновационные способности. Владеть: - методами адаптации новых знаний в профессиональной деятельности. |
| 3. | ПК – 1. Способность формировать диагностические решения профессиональных задач путем интеграции фундаментальных разделов геологических наук и специализированных знаний, полученных при освоении программы магистратуры. | Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью | Знать: - базовые понятия фундаментальных разделов геологических наук и физико-химической петрологии. Уметь: - формировать диагностические решения профессиональных задач путем интеграции фундаментальных разделов геологических наук и физико-химической петрологии. Владеть: - методами интеграции фундаментальных разделов геологических наук и физико-химической петрологии. |

Перечень дисциплин и их разделов, усвоение которых необходимо студентам для изучения данной дисциплины.

- Общая геология – понятия о горных породах и их классификациях, структурах земной коры и причинах их формирования.

- Минералогия - классификация и номенклатура породообразующих и рудных минералов, их физические и химические свойства.
- Геохимия – поведение породообразующих элементов в различных геологических процессах.
- Петрография – минеральный и химический состав магматических и метаморфических горных пород, их номенклатура, структурно-текстурные особенности, форма залегания и геодинамические условия формирования.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. Жариков В.А. Основы физико-химической петрологии. М.: Изд. МГУ, 1976 - 420 с.
2. Маракушев А.А. Метаморфическая петрология: Учебник/ А.А.Маракушев, А.В. Бобров.- М.: Изд-во Моск. Ун-та: Наука, 2005. – 256с.
3. Шинкарёв Н.ф., Иванников В.В. Физико-химическая петрология изверженных пород. 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Недра, 1983. – 271с.
4. Хардигов А.Э. Петрография и петрология магматических и метаморфических пород : учебник / А.Э. Хардигов, И.А. Холодная ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», Геолого-географический факультет. - Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2011. - 324 с. - ISBN 978-5-9275-0882-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241098>.
5. Хэтч, Ф. Петрология магматических пород / Ф. Хэтч, А. Уэллс, М. Уэллс ; под ред. В.П. Петрова ; пер. с англ. П.П. Смолина. - Москва : Мир, 1975. - 511 с. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481322>

Дополнительная:

6. Жариков, В. А. Основы физической геохимии : учебник / В. А. Жариков. — М. : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2005. — 656 с. <http://www.iprbookshop.ru/13063.html>

СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Введение. Физико-химическая петрология как наука. Определение, объект и предмет изучения; основные задачи и методы

Вопросы для контроля знаний:

- Определение физико-химической петрологии как науки.
- Связь физико-химической петрологии с другими науками.
- Основные этапы становления физико-химической петрологии.
- Объект и предмет изучения физико-химической петрологии.
- Основные задачи дисциплины.
- Методы физико-химической петрологии.

Рекомендуемая литература: [1], [2], [3].

2. Основы химической термодинамики.

Простые физико-химические системы: определение, классификация. Фазы: определение, выбор химического состава, число независимых компонентов. Параметры фазового состояния

Вопросы для контроля знаний:

- Физико-химические системы. Определение.
- Классификации систем.
- Экстенсивные параметры системы.
- Фазы системы: определение, классификации.
- Полиморфизм.
- Правило фаз Гиббса.
- Энтропия.
- Интенсивные параметры системы.
- Компоненты системы.
- Общие условия термодинамического равновесия системы.
- Принцип смещения равновесия. Принцип Ле Шателье.
- Общие условия химического и термодинамического равновесия.
- Правило фаз закрытых и открытых систем.
- Принцип непрерывности.
- Принцип совместимости.

Рекомендуемая литература: [1-5].

3. Физико-химические особенности оксидной породообразующей системы.

Промежуточные 2-х и 3-х компонентные химические соединения – миналы. Нормативные и модальные миналы – компоненты. Деление оксидной системы на нормативно-минальные подсистемы на основе соотношения CaO с $(\text{MgO}+\text{FeO})$ и принципа насыщенности SiO_2 и Al_2O_3 другими оксидами.

Вопросы для контроля знаний:

- Модальный состав породы. Способы определения.
- Нормативно минальный состав. Способы определения. Состав.
- Выделение таксонов по соотношению CaO с $(\text{MgO}+\text{FeO})$.
- Выделение таксонов по степени насыщенности SiO_2 и Al_2O_3 .
- Корреляция модальных и минальных составов.
- Соподчиненность классификационных таксонов.

Рекомендуемая литература: [1-6].

4. Диаграммы состояния; принципы и методы построения.

Выражение концентраций компонентов. P-T проекции, изобарические и изоплетические сечения.

Вопросы для контроля знаний:

- Принципы построения физико-химических диаграмм.
- Принцип соответствия.
- Принцип совместимости.
- Следствие принципа совместимости.
- Методы построения диаграмм: экспериментальные, расчетные, геометрические.
- Правило Алькемаде.

Рекомендуемая литература: [1-5]

5. Однокомпонентные системы; фазовые состояния; диаграммы состояния.

Вопросы для контроля знаний:

- Фазовые состояния однокомпонентной системы.
- Диаграмма физико-химического состояния системы H_2O .
- Диаграмма физико-химического состояния системы углерод (SiO_2).
- Диаграмма физико-химического состояния системы углерод (C).

Рекомендуемая литература: [1-6].

6. Двухкомпонентные системы.

Вопросы для контроля знаний:

- Двухкомпонентные системы без твердых растворов.
- Двухкомпонентные системы с непрерывными твердыми растворами.
- Образование зональных кристаллов.
- P-T диаграмма двухкомпонентной системы.

Рекомендуемая литература: [1-6].

7. Трехкомпонентные системы.

Вопросы для контроля знаний:

- Тройная система с котектикой.
- Трехкомпонентная система с эвтектикой без твердых растворов.
- Трехкомпонентная система с эвтектикой и перитектикой.
- Трехкомпонентная система с непрерывными растворами в одной 2-х компонентной системе.
- P-T проекции трехкомпонентной системы.
- Изобарические сечения.

Рекомендуемая литература: [1-6].

8. Четырехкомпонентные системы.

Вопросы для контроля знаний:

- Четырехкомпонентная система с котектикой.
- Четырехкомпонентная система с эвтектикой без твердых растворов.
- Четырехкомпонентная система с эвтектикой и перитектикой.

- Четырехкомпонентная система с непрерывными растворами в одной 2-х компонентной системе.
- Р-Т проекции четырехкомпонентной системы.
- Изобарические сечения.

Рекомендуемая литература: [1-6].

9. Диаграммы взаимных систем.

Вопросы для контроля знаний:

- Примеры взаимных систем.
- Взаимные системы пироксенов.
- Взаимные системы полевых шпатов.
- Компонентность взаимных систем.

Рекомендуемая литература: [1-6].

10. Диаграммы состояния многокомпонентных систем.

Вопросы для контроля знаний:

- Определение диаграммы состояния многокомпонентных систем.
- Ограничения графического изображения диаграммы.
- Элементы диаграммы состояния.
- Р-Т проекции диаграммы состояния.
- Схема кристаллизации.

Рекомендуемая литература: [1-6].

11. Влияние летучих компонентов (главным образом H_2O и CO_2) на фазовые равновесия и диаграммы состояния с летучими компонентами.

Вопросы для контроля знаний:

- Влияние H_2O на температуру кристаллизации.
- Влияние CO_2 на температуру кристаллизации.
- Влияние $H_2O + CO_2$ на температуру кристаллизации.
- Образование H_2O -содержащих минералов.
- Степени насыщения расплавов H_2O и CO_2 , ликвация.

Рекомендуемая литература: [1-6].

12. Физико-химические основы комплексной классификации магматических алюмосиликатных горных пород.

Классификационные таксоны и критерии их выделения; сопоставления с таксонами и критериями классификации Петрокомитета, основанной на диаграмме $(K_2O+Na_2O) - SiO_2$ и классификации на основе минералов CIPWD.

Вопросы для контроля знаний:

- Химический состав магматической горной породы. Петрогенные элементы и элементы-примеси.
- Классификация магматических горных пород по химическому составу в оксидном выражении и минеральном.
- Минеральный состав магматических горных пород.
- Принципы классификации магматических горных пород: петрохимические и физико-химические.

- Таксонные категории, их иерархия и критерии выделения в разных классификационных схемах.

Рекомендуемая литература: [1-6].

13. Тренды дифференциации расплавов и магматические серии; варианты процессов фракционирования и усложняющие факторы; о классификации магматических серий.

Вопросы для контроля знаний:

- Прослеживание трендов кристаллизации в системах от 2^x до 4^x компонентных.
- Равновесная кристаллизация без фракционирования.
- Равновесная кристаллизация с фракционированием.
- Образование расслоенных комплексов.
- Критерии классификации магматических серий: по петрохимии и породным ассоциациям.

Рекомендуемая литература: [1-6].

14. Физико-химическая интерпретация геологических данных.

Выбор систем, изобарических и изоплетических сечений, определение исходного расплава, прослеживание теоретических путей кристаллизации и сопоставление их с реальными ассоциациями пород.

Вопросы для контроля знаний:

- Магматическая кристаллизация. Фазовые диаграммы.
- По каким параметрам определяется состав исходного расплава?
- По каким параметрам уточняются значения усложняющих факторов?
- Какую информацию дает сопоставление теоретических и реальных трендов?

Рекомендуемая литература: [1-6].

15. Определение физико-химических условий образования пород с использованием диаграмм состояния и минералогических термометров и барометров.

Вопросы для контроля знаний:

- Геологическая термобарометрия. Основные принципы
- Двуполевошпатовый термобарометр.
- Биотит-гранатовый термометр.
- Плагиоклаз-амфиболовый термометр.
- Определение P-T условий кристаллизации по P_{H_2O} -T с использованием минеральной ассоциации.

Рекомендуемая литература: [1-6].

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Программой дисциплины предусмотрено выполнение контрольной работы

При выполнении контрольной работы проверяется степень усвоения теоретических и практических знаний. Вариант контрольной работы состоит из двух вопросов.

Первый вопрос теоретический (один из предложенных):

1. Методы физико-химической петрологии.
2. Физико-химические системы. Определение.
3. Классификация физико-химической системы.
4. Фазы системы: определение, классификация.
5. Правило фаз Гиббса.
6. Экстенсивные параметры системы.
7. Энтропия.
8. Интенсивные параметры системы.
9. Компоненты системы.
10. Общие условия термодинамического равновесия системы.
11. Принцип смещения равновесия. Принцип Ле Шателье.
12. Общие условия химического и термодинамического равновесия.
13. Правило фаз закрытых и открытых систем.
14. Принцип фазового равновесия.
15. Правило фаз Гольдшмидта и Коржинского.
16. Термодинамические функции системы.
17. Принцип непрерывности.
18. Принцип совместимости.

Второй вопрос – расчетная задача.

- 1) Рассчитать направление реакции при заданных Р-Т параметрах с использованием справочников (значение Р-Т параметров для каждого студента индивидуальные).
- 2) Проследить тренды кристаллизации и плавления 2-х компонентных систем с разной топологией изобарических сечений.
- 3) Проследить тренды кристаллизации и плавления 3-х компонентных систем с разной топологией изобарических сечений.
- 4) Проследить тренды кристаллизации и плавления 4-х компонентных систем с разной топологией изобарических сечений.

КОНТРОЛЬ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Промежуточной формой контроля знаний студентов, приобретенных при изучении дисциплины «Основы физико-химической петрологии», является зачет.

Зачет выставляется по результатам работы студента в семестре. Если обучающийся набрал зачетное количество баллов согласно установленному диапазону по дисциплине с зачетом (от 60 до 100 баллов), то он считается аттестованным. Если обучающийся не набрал минимальное зачетное количество баллов (60 баллов), ему предоставляется возможность повысить рейтинг до минимального зачетного путем ликвидации задолженностей по отдельным точкам текущего контроля.

Основные вопросы при сдаче зачёта соответствуют вопросам контрольной работы, по которой студент получил неудовлетворительную оценку.

1. Объект и предмет изучения в петрологии.
2. Основные задачи и методы петрологии.
3. Причины разнообразия горных пород.
4. Физико-химические особенности петрологии.
5. Расчеты равновесия реакций минералообразования.
6. Однокомпонентные системы. Фазовые состояния. Диаграммы состояния.
7. Классификация физико-химической системы.
8. Фазы: определение, классификация.
9. Фазы магматических пород.
10. Правило фаз Гольдшмидта и Коржинского.
11. Параметры фазового состояния системы.
12. Принцип фазового равновесия.
13. Термодинамические функции системы.
14. Общие условия химического и термодинамического равновесия.
15. Правило фаз закрытых и открытых систем.
16. Типы Т-Х диаграмм двухкомпонентных и трехкомпонентных систем.
17. Физико-химическая интерпретация геологических данных
18. Методы изучения расплавных и флюидных включений.
19. Летучие составные части в магме и в горной породе.
20. Диаграммы состояния: принципы и методы построения.
21. Равновесные и неравновесные, обратимые и необратимые процессы. Принцип Ле Шателье.
22. Минералогические термометры и барометры.
23. Свободная энергия: способы её расчета и выражения для минералов.
24. Энтальпия: определение и формулы, методы измерения.
25. Общий принцип фазового равновесия.
26. Коэффициент распределения, зависимость от Т, Р и состава фаз.
27. Энтропия: определение, основные формулы, методы расчета.
28. Классификационные таксоны и критерии их выделения.
29. Нормативный минеральный состав.
30. Модальный состав. Способы определения.
31. Физико-химические основы классификации магматических горных пород.
32. Эвтектика.
33. Конгруэнтное и инконгруэнтное плавление.
34. Особенности диаграмм с летучими компонентами.
35. Диаграммы кристаллизации при образовании твердых растворов с ограниченной и неограниченной растворимостью твердых фаз.
36. Ликвация и её петрогенетическое значение.

37. Расчеты равновесия реакций минералообразования.
38. Физико-химический анализ парагенезисов минералов.
39. Принцип дифференциальной подвижности компонентов.
40. Диаграммы «состав – парагенезис» для магматических горных пород. Методика их построения и анализ.
41. Диаграммы зависимости минерального состава и парагенезисов от интенсивности параметров: температуры, давления и химических потенциалов.
42. Метаморфические и метасоматические системы.
43. Двухкомпонентные системы с непрерывными твердыми растворами. Образование зональных кристаллов.
44. Двухкомпонентные системы без твердых растворов. Трехкомпонентная система с эвтектикой.
45. Использование химических составов магматических горных пород. Вариационные диаграммы. Петрохимические параметры.
46. Геологическая термобарометрия. Основные принципы.
47. Магматическая кристаллизация. Фазовые диаграммы.
48. Концепция изоград. Индекс-минералы.
49. Принципы построения физико-химических диаграмм.
50. Дайте определение минала.
51. Физико-химическая интерпретация геологических данных.