

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан Геологического факультета
академик

_____/Д.Ю.Пушаровский/
«__» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы физической геохимии

Автор-составитель: Фяйзуллина Р.В.

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки:

05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Экологическая геология

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № _____, _____)

Москва 20__

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год приема на обучение – 2017.

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цель и задачи дисциплины

Целью курса «Основы физической геохимии» является профессиональное овладение современными проблемами, прогрессивными методами исследования, комплексной обработки и интерпретации в области физической геохимии применительно к задачам современной экологической геохимии.

Задачи - теоретическое освоение основ физической геохимии; ознакомление с современными достижениями в области физической геохимии; приобретение знаний и профессиональных навыков в области физической геохимии; освоение графических методов анализа фазовых равновесий и методов термодинамических расчётов, а также получение опыта их применения при решении геологических и экологических задач.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, профессиональные дисциплины по выбору, курс – III, семестр – 6.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «Общая геология», «Общая химия», «Основы неорганической химии», «Высшая математика», «Физика», «Минералогия с основами кристаллографии», «Петрография», «Общая геохимия».

Дисциплина необходима в качестве предшествующей для дисциплин «Экологическая геохимия», «Промышленная экология», дисциплин магистерской программы «Коллоидная геохимия», а также для научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ.

3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

ОПК-4.Б Способность применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично).

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать: основы термодинамики природных систем; физико-химические законы, управляющие поведением элементов в природных системах; графические методы анализа фазовых равновесий.

Уметь: использовать физико-химические расчеты для решения задач физической геохимии; строить и интерпретировать диаграммы в координатах интенсивных и экстенсивных параметров, а также диаграммы в смешанных координатах для заданных систем; проводить физико-химический анализ парагенезисов.

Владеть: основными принципами построения физико-химических диаграмм; системным подходом при решении задач физической геохимии; методами графического изображения фаз (минералов) постоянного и переменного состава.

4. Формат обучения – лекционные и семинарские занятия.

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., 72 академических часа, (13 часов – занятия лекционного типа, 13 часов – занятия семинарского типа, 46 академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма текущего контроля – контрольные работы, коллоквиумы, устные опросы при сдаче расчетно-графических работ. Форма промежуточной аттестации – зачет.

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе «Основы физической геохимии» излагаются следующие проблемы:

- физико-химический анализ парагенезисов, физико-химические расчеты, экспериментальное и теоретическое моделирование - их содержание и назначение;
- принцип дифференциальной подвижности компонентов;
- основы термодинамики природных систем.

На практических занятиях студенты знакомятся:

- с методами графического изображения состава минералов и парагенезисов;
- с расчетными методами физико-химического анализа природных систем.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы (виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Раздел 1. Введение. Основные понятия. Термодинамические потенциалы и следствия из них		2		2	4	4 (коллоквиум, контрольная работа, собеседование)
Раздел 2. Диаграммы состав-парагенезис		2		2	4	6 (2 расчетно-графические работы, устный опрос, контрольная работа)
Раздел 3. Диаграммы плавкости		3		3	6	10 (6 расчетно-графических работ, устный опрос)
Раздел 4. Многопучковые диаграммы состояния мультисистемы		2		2	4	9 (3 расчетно-графические работы, устный опрос, контрольная работа)
Раздел 5. <i>T-P-X</i> диаграммы с летучими компонентами		1		1	2	7 (2 расчетно-графические работы, устный опрос)
Раздел 6. Физико-химические расчеты		3		3	6	6 (4 расчетно-графические работы, устный опрос)
Промежуточная аттестация <u>зачет</u>						4
Итого	72			26		46

Содержание разделов дисциплины:

Содержание лекционных занятий

1. Термодинамические потенциалы и следствия из них.

Термодинамические потенциалы Гиббса и Коржинского, их физический смысл. Соотношения между термодинамическими потенциалами.

Химический потенциал компонентов, его зависимость от T , P и состава системы. Уравнение смещенного равновесия и выводы из него зависимостей, используемых в анализе парагенезисов. Правило фаз Гиббса, Гольдшмидта и Коржинского и их приложение.

Коллоквиум по теме: «Термодинамические потенциалы и следствия из них».

2. Диаграммы состав-парагенезис.

Принципы построения диаграмм состав-парагенезис с минералами постоянного состава и минералами-твердыми растворами. Анализ диаграмм по правилу фаз.

3. Диаграммы плавкости.

Бинарные и тройные системы с простой эвтектикой, с конгруэнтным и инконгруэнтным плавлением, с твердыми растворами и ликвацией. Последовательность кристаллизации и плавления.

4. Многопучковые диаграммы состояния мультисистемы.

Построение и анализ диаграммы зависимости парагенезисов от химических потенциалов воды и углекислоты в системе CaO-MgO-SiO_2 .

5. T - P - X диаграммы с летучими компонентами.

T - P , P - X и T - X проекции, изобарические и изотермические сечения систем «соль-летучий» и «силикат-летучий». Последовательность кристаллизации в системах с летучими компонентами.

6. Физико-химические расчеты.

Расчет T - P диаграмм твердофазовых реакций и реакций гидратации. Расчет диаграммы в координатах $\lg P(\text{S}_2)$ - $\lg P(\text{O}_2)$ и диаграммы Eh-pH.

Содержание семинарских занятий

1. Термодинамические потенциалы и следствия из них.

Вывод термодинамических потенциалов Гиббса и Коржинского. Вывод соотношений между термодинамическими потенциалами.

Химический потенциал компонентов, его зависимость от T , P и состава системы. Вывод уравнения смещенного равновесия, а также выводы из него зависимостей, используемых в анализе парагенезисов. Вывод правила фаз Гиббса, Гольдшмидта и Коржинского и их приложение.

Коллоквиум по теме: «Термодинамические потенциалы и следствия из них».

2. Диаграммы состав-парагенезис.

Построение диаграмм состав-парагенезис с минералами постоянного состава и минералами-твердыми растворами. Анализ диаграмм по правилу фаз.

3. Диаграммы плавкости.

Построение бинарных и тройных диаграмм с простой эвтектикой, с конгруэнтным и инконгруэнтным плавлением, с твердыми растворами и ликвацией. Анализ последовательности кристаллизации и плавления. Анализ диаграмм с использованием уравнений Шредера, Ван-Лаара и правила фаз.

4. Многопучковые диаграммы состояния мультисистемы.

Построение и анализ диаграммы зависимости перагенезисов от химических потенциалов воды и углекислоты в системе CaO-MgO-SiO_2 .

5. T - P - X диаграммы с летучими компонентами.

Построение и анализ T - P , P - X и T - X проекций, изобарических и изотермических сечений систем соль-летучий и силикат-летучий. Анализ последовательности кристаллизации в системах с летучими компонентами.

6. Физико-химические расчеты.

Расчет T - P диаграмм твердофазовых реакций и реакций гидратации. Расчет диаграммы в координатах $\lg P(\text{S}_2)$ - $\lg P(\text{O}_2)$ и диаграммы Eh-pH.

Рекомендуемые образовательные технологии

При освоении дисциплины «Основы физической геохимии» предусматривается широкое использование активных и интерактивных форм проведения занятий. Учащиеся осваивают методы количественного моделирования природных процессов, овладевают приемами физико-химических исследований при реконструкции условий образования минеральных парагенезисов и горных пород. По результатам внеаудиторной работы (работа с литературными источниками, ресурсами Интернет, базами данных) студенты под руководством преподавателя готовят решение задач по основным разделам дисциплины и выступают с докладами на семинарах.

При чтении лекций используются интерактивные лекции-визуализации с выделением в визуальной форме основных понятий физической геохимии.

При проведении семинарских занятий рекомендуется использовать кейс-метод с имитацией реальных геологических задач, имеющих практическую значимость, обработки реальных результатов и условий петрологических, минералогических и геохимических работ.

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля успеваемости студентов курсу «Основы физической геохимии» используются такие формы, как коллоквиум, собеседование при приеме результатов самостоятельной работы с оценкой и контрольные работы.

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля:

1. Число независимых параметров в гомогенной и гетерогенной системах.
2. Условия термодинамического равновесия систем.
3. Принцип дифференциальной подвижности компонентов. Системы с вполне подвижными компонентами.
4. Правило фаз Гиббса, его приложение.
5. Правило фаз Коржинского, его приложение.
6. Термодинамические потенциалы простых (канонических) систем и связь между ними.
7. Интегральные и дифференциальные выражения термодинамических потенциалов систем с вполне подвижными компонентами.
8. Уравнение смещенного равновесия, его приложение.
9. Закон действующих масс и связь константы равновесия с потенциалом Гиббса.

10. Уравнения изобары и изотермы химической реакции.
11. Парциальные и мольные термодинамические характеристики.
12. Химический потенциал, его зависимость от T , P и состава системы.
13. Понятие о парагенезисе и минеральной фации.
14. Минералогическое правило фаз Гольдшмидта и Коржинского.
15. Типы бинарных диаграмм плавкости. Типы твердых растворов Розебома.
16. Уравнения Шредера и Ван-Лаара.
17. Тройные диаграммы плавкости с инконгруэнтным плавлением.
18. Диаграммы плавкости с ликвацией (бинарные и тройные).
19. Диаграмма соль - летучий компонент: T - P проекция, T - X и P - X сечения.
20. Диаграмма силикат - летучий компонент: T - P проекция, T - X и P - X сечения.
21. Теория построения однопучковых диаграмм. Топология диаграмм в зависимости от числа компонентов и фаз. Правила Скрейнемакерса.
22. Системы с отрицательным числом степеней свободы. Топологический анализ диаграмм состояния моновариантных мультисистем.
23. Сингулярное равновесие. Топология диаграмм бинарных систем с сингулярными равновесиями в координатах интенсивных параметров.

Расчетные домашние задания:

1. Построить диаграмму состав-парагенезис с минералами постоянного состава. Провести анализ парагенезисов по правилу фаз.
2. Построить диаграмму состав-парагенезис с минералами-твердыми растворами. Провести анализ парагенезисов по правилу фаз.
3. Построить диаграмму с простой эвтектикой трехкомпонентной природной системы. Провести анализ кристаллизации и плавления.
4. Построить бинарную диаграмму с инконгруэнтным плавлением и ликвацией природной системы. Провести анализ кристаллизации и плавления.
5. Построить тройную диаграмму природной системы с инконгруэнтным плавлением двойных соединений. Провести анализ последовательности кристаллизации и плавления.
6. Провести анализ кристаллизации и плавления тройной диаграммы с ликвацией природной системы.
7. Построить пять типов диаграмм твердых растворов Розебома для природных бинарных систем. Провести анализ кристаллизации и плавления.
8. Построить тройную диаграмму с твердыми растворами для природной системы. Провести анализ кристаллизации и плавления.
9. Рассчитать и построить пучковую диаграмму.
10. Построить мультисистему и провести анализ парагенезисов по правилу фаз.
11. Построение и анализ T - P , P - X и T - X проекций, изобарических и изотермических сечений систем «соль-летучий» и «силикат-летучий». Анализ последовательности кристаллизации в системах с летучими компонентами.
12. Рассчитать реакцию гидратации от стандартных и экспериментальных условий для различного соотношения давления воды и общего давления.
13. Рассчитать минеральные равновесия в координатах Eh-pH для разных температур.

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Вывод числа независимых параметров в гомогенной и гетерогенной системах.
2. Условия термодинамического равновесия систем. Стабильное и метастабильное состояние.
3. Принцип дифференциальной подвижности компонентов. Системы с вполне подвижными компонентами, их термодинамический смысл.
4. Правило фаз Гиббса, его вывод и приложение.
5. Правило фаз Коржинского, его вывод и приложение.
6. Термодинамические потенциалы простых (канонических) систем и связь между ними.
7. Интегральные и дифференциальные выражения термодинамических потенциалов систем с вполне подвижными компонентами.
8. Уравнение смещенного равновесия, его вывод и приложение.
9. Закон действующих масс и связь константы равновесия с потенциалом Гиббса.
10. Вывод уравнений изобары и изотермы химической реакции.
11. Парциальные и мольные термодинамические характеристики.
12. Графический образ мольного изотермо-изобарического потенциала для систем с фазами постоянного и переменного состава.
13. Определение химического потенциала, его зависимость от T , P и состава системы.
14. Понятие о парагенезисе и минеральной фации. Построение и анализ диаграмм состав-парагенезис. Разделение компонентов.
15. Диаграмма состав-парагенезис Ниггли-Гольдшмидта. Диаграммы состав-парагенезис с минералами - твердыми растворами. Минералогическое правило фаз Гольдшмидта и Коржинского.
16. Вывод диаграммы бинарной системы с эвтектикой без твердых растворов и химических соединений с помощью кривых термодинамических потенциалов.
17. Вывод диаграммы бинарной системы с непрерывными твердыми растворами с помощью кривых термодинамических потенциалов.
18. Вывод диаграммы бинарной системы с соединением, плавящимся инконгруэнтно, с помощью кривых термодинамических потенциалов.
19. T - X диаграммы. Типы бинарных диаграмм плавкости. Типы твердых растворов Розебома.
20. Уравнения Шредера и Ван-Лаара, их вывод и анализ.
21. Изотермические и политермические сечения на тройных диаграммах плавкости.
22. Тройные диаграммы плавкости с инконгруэнтным плавлением двойных химических соединений.
23. Диаграммы плавкости с ликвацией (бинарные и тройные).
24. Влияние различных факторов на строение диаграмм плавкости.
25. Кислотно - основное взаимодействие компонентов в расплавах.
26. Влияние летучих компонентов на температуры плавления фаз и на строение диаграмм плавкости.
27. Влияние вполне подвижного компонента на температуру плавления фаз и на строение диаграмм плавкости.
28. Диаграмма соль - летучий компонент: T - P проекция, T - X и P - X сечения.

29. Диаграмма силикат - летучий компонент : T - P проекция, T - X и P - X сечения.
30. Теория построения однопучковых диаграмм. Топология диаграмм в зависимости от числа компонентов и фаз. Правила Скрейнемакерса.
31. Системы с отрицательным числом степеней свободы. Топологический анализ диаграмм состояния моновариантных мультисистем.
32. Сингулярное равновесие. Топология диаграмм бинарных систем с сингулярными равновесиями в координатах интенсивных параметров.
33. Основные уравнения для расчета фазовых равновесий. Интегрирование членов $\Delta G_{\Delta T}$ и $\Delta G_{\Delta P}$.
34. Расчет твердофазовых минеральных равновесий на T - P диаграммах.
35. Метод расчета T - P условий реакций гидратации (дегидратации) и карбонатизации (декарбонатизации).
36. Метод построения Eh-pH диаграммы.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: основ термодинамики природных систем; физико-химических законов, управляющих поведением элементов в природных системах	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: использовать физико-химические расчеты для решения задач физической геохимии	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать физико-химические расчеты	Успешное умение использовать физико-химические расчеты применительно к природным системам.
Владения: методами графического изображения фаз (минералов), системным подходом при решении задач физической геохимии	Навыки владения графическими методами отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки использования графических методов изображения парагенезисов	Владение графическими методами, использование их для решения задач

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Жариков В.А. Основы физической геохимии: учебник. – 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Московского университета: Наука, 2005. -654 с.
2. Наумов Г.Б., Рыженко Б.Н., Ходаковский И.Л. Справочник термодинамических величин (для геологов). М.: Атомиздат, 1971. – 240 с.

- дополнительная литература:

1. Коржинский Д.С. Теоретические основы анализа парагенезисов минералов. М., Наука, 1973. – 288 с.
2. Луцык В.И. Анализ поверхности ликвидуса тройных систем. М.: Наука, 1987. – 150 с.
3. Булах А.Г. Методы термодинамики в минералогии. Л.: Недра, 1968. – 176 с.

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Базы данных термодинамических величин JANAF, SLOP.

Д) Материально-технического обеспечение:

- помещения – аудитория, рассчитанная на группу из 10 учащихся; с меловой или магнитно-маркерной доской.
- оборудование – мультимедийный проектор, компьютер, экран.
- иные материалы – модели диаграмм плавкости для тройных систем.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – Фяйзуллина Р.В.

11. Автор (авторы) программы – Фяйзуллина Р.В.

Кафедра геохимии
геологического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова

(подпись)

Ассистент
Фяйзуллина Рената Вилевна

Рабочий телефон: +7-495-939-49-43,
Мобильный телефон: +7-926-387-72-87,
E-mail: fiaizullina@geol.msu.ru