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

УТВЕРЖДАЮ
Декан Геологического факультета
академик
_____/Д.Ю.Пущаровский/
«___» _____20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Экспериментальные методы геохимии

Авторы-составители: Фяйзуллина Р.В., Алехин Ю.В.

Уровень высшего образования:
Магистратура

Направление подготовки:

05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Минералогия и геохимия

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», уровень магистратуры (ММ) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г. № 1674.

Год (годы) приема на обучение – 2018.

© 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:
Цель курса «Экспериментальные методы геохимии» - овладение современными методами проведения физико-химических экспериментов при изучении геохимических систем и процессов на основе принципов физической геохимии.
Задачи – освоение экспериментальных методов исследования фазовых равновесий, растворимости и комплексообразования, практическое изучение способов контроля состава фаз, температуры и давления при исследованиях состояния геохимических систем, освоение физико-химических методов обработки экспериментальных данных при исследованиях свойств доминирующих форм нахождения элементов в равновесных флюидных фазах геохимических систем, овладение специальными методами обработки данных статических и динамических экспериментов.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – профессиональный цикл, профессиональные дисциплины по выбору, вариативная часть; курс – II, семестр – 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:
Знания в части общекультурной и общенаучной подготовки – на уровне требований Образовательного стандарта МГУ, направление «Геология», уровень бакалавриат; знания в области геологии – в соответствии с требованиями вступительного экзамена в магистратуру (общие вопросы, вопросы профиля «Геохимия»); знания дисциплин «Общая геохимия», «Общая петрология», «Методы аналитической геохимии», «Физическая геохимия (специальные главы)».
Дисциплина необходима 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-1 Способность самостоятельно формулировать цели работы, устанавливать последовательность решения профессиональных задач (формируется частично).
ОПК-2 Способность в процессе решения профессиональных задач самостоятельно получать, интерпретировать и обобщать результаты, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию (формируется частично).
ОПК-3 Способность применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки (формируется частично).
ОПК-6 Способность профессионально выбирать и использовать современное научное и техническое оборудование для решения научных и практических задач по профилю подготовки (формируется частично).
ПК-1 Способность самостоятельно проводить научные исследования с помощью современного оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (формируется частично).
ПК-2 Способность создавать и исследовать модели изучаемых объектов на основе использования теоретических и практических знаний в области геологии (формируется частично).
ПК-4 Способность к профессиональной эксплуатации современного полевого/лабораторного оборудования в соответствии с профилем подготовки (формируется частично).

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):
Знать: теоретические основы, принципы и методы термодинамического подхода к анализу природных геохимических процессов, возможности и ограничения

экспериментальной методологии при изучении геохимических процессов, методы и способы получения экспериментальной информации при проведении опытов.
Уметь: выполнять термодинамические расчеты при анализе природных систем в широком диапазоне физико-химических условий, интерпретировать результаты экспериментов для анализа условий протекания природных геологических процессов.
Владеть: навыками и приемами работы с экспериментальной и измерительной аппаратурой, информацией о современных тенденциях в развитии экспериментального естествознания, термодинамическими данными, включая поиск и подготовку исходной термодинамической информации, проведение циклов вычислений, обработку и графическое отображение результатов отдельных термодинамических расчетов.

4. Формат обучения – лекционные и семинарские занятия, самостоятельная работа студентов.

5. Объем дисциплины (модуля) составляет **4 з.е.**, **144** академических часа, в том числе **70** академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**22** часов – занятия лекционного типа, **48** часов – занятия семинарского типа), **74** академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

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

Краткое содержание дисциплины (аннотация):
Дисциплина «Экспериментальные методы геохимии» направлена на практическое освоение современных методов и экспериментальных приемов при исследованиях природных систем и геохимических процессов на основе принципов физической химии и химической термодинамики. В процессе обучения закрепляются основные навыки работы в экспериментальной лаборатории. Базовые понятия физической химии и законы химической термодинамики рассматриваются с точки зрения экспериментальных и расчетных методов их применения, а также и оценки термодинамических констант химических равновесий; исследуются влияние температуры и давления на состояние геохимических систем; даются методики расчета равновесий из экспериментальных данных и принципы динамического моделирования миграционных геохимических процессов; приводятся примеры решения экспериментальных задач для гидротермальных, экзогенных и геоэкологических процессов.

-	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				**Самостоятельная работа обучающегося, часы**
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	**Всего**	
Раздел 1. Предмет, методология экспериментальной геохимии.		2		6	8	Выполнение домашнего задания, 8 часов
Раздел 2. Техника и методы выполнения опытов и динамических экспериментов.		2		6	8	Выполнение домашнего задания, 8 часов
Раздел 3. Современные методы экспериментальных исследований.		3		6	9	Выполнение домашнего задания, 8 часов
Раздел 4. Методы калибровки экспериментальной аппаратуры.		3		6	9	Обработка данных калибровок, подготовка к сдаче результатов опытов, 8 часов
Раздел 5. Изучение фазовых равновесий и растворимости в автоклавах.		3		6	9	Обработка данных, подготовка к сдаче результатов опытов, 8 часов
Раздел 6. Изучение растворимости и кинетики растворения.		3		6	9	Обработка данных, подготовка к сдаче результатов опытов, 8 часов
Раздел 7. Определение pH и характеристик ионов. Анализ диаграмм.		3		6	9	Обработка данных, подготовка к сдаче результатов опытов, 9 часов
Раздел 8. Исследование адсорбции ионов и электроповерхностных свойств минералов.		3		6	9	Обработка данных, подготовка к сдаче результатов опытов, 9 часов
Промежуточная аттестация эк*замен*						8
Итого	**144**	**70**				**74**

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Предмет, методология экспериментальной геохимии

Место экспериментальной геохимии в системе геологических знаний. Связи между аналитической, физической и экспериментальной геохимией. Основные задачи, решаемые в экспериментальных исследованиях, соотношения между экспериментальными данными и теоретическими представлениями. История развития экспериментов в естествознании, химии и геохимии. Тенденции и направления геохимии и экспериментальной геохимии в современный период. Принципы оснащения лабораторий, современные мировые центры развития экспериментальной геохимии. Закономерность сочетания методов физической химии и химической термодинамики при экспериментальном изучении геохимических явлений. Особенности применения физико-химических расчетов на этапах планирования и обработки результатов экспериментальных работ. Определяющая роль современной термодинамики при развитии новых экспериментальных направлений в геохимии.

Раздел 2. Техника и методы выполнения опытов и динамических экспериментов

Современная техника и методология выполнения экспериментальных работ. Стратегия и тактика проведения экспериментов, формулирование целей, конкретных задач и способов достижения результата. Проблема отрицательных результатов и примеры соотношения новых экспериментальных фактов с системами геохимических парадигм. Стандартные этапы типового экспериментального исследования в естествознании. Планирование опытов и оптимизация времени исследования. Требования к чистоте исходных веществ и точности поддержания и измерения параметров. Проведение серийных опытов и правила записи всех условий и результатов экспериментов. Необходимость кинетических серий и наблюдений в ходе опытов. Влияние способов ввода (и вывода) исследуемой системы в режим *P-T-X* параметров опыта на конечный результат. Проблема воспроизводимости опытных данных в технически сложных экспериментах и пути ее решения при обработке.

Принципы организации лаборатории экспериментальной геохимии. Способы и методы, а также системы создания, поддержания и контроля температуры. Термопары, основные принципы их функционирования, наиболее распространенные типы, их характеристики, достоинства и недостатки. Калибровка термопар и их поверка. Автоклавные печи сопротивления и другие виды нагревателей и термостатов. Типы экспериментальных установок в зависимости от методов создания температуры, давления и свойств компримируемой среды. Принципы конструирования новых экспериментальных установок и этапы их освоения. Техника безопасности при проведении экспериментов и меры предосторожности.

Раздел 3. Современные методы экспериментальных исследований

Современные методы и направления экспериментальной геохимии. Методы изучения фазовых равновесий при высоких температурах и давлениях и диагностики синтезированных фаз. Правило фаз, способы учета метастабильных и закалочных фаз. Методы моновариантной кривой и нонвариантной точки. Приемы наблюдений и способы отбора проб в режиме опыта. Методы сохранения состава раствора и его дистанционного неразрушающего контроля. Требования к пробоотбору и мониторинг состава исходных и закалочных фаз. Методы определения растворимости. Особенности исследования моновариантных и дивариантных равновесий при изучении комплексов как реальных форм переноса. Eh – pH диаграммы, методы их экспериментального исследования и применение в геохимии. Ионселективные электроды и уравнение Нернста. Использование кондуктометрии с целью определения солености и определения констант диссоциации. Спектрофотометрия, потенциометрия и кондуктометрия ионных равновесий, их возможности и ограничения при высоких параметрах состояния. Экспериментальное изучение газовых равновесий и растворимости в газовой фазе.

Раздел 4. Методы калибровки экспериментальной аппаратуры

Методы и значение исследований динамических параметров геохимических систем и процессов. Методы изучения вязкости, коэффициентов диффузии, пористости, удельной поверхности, проницаемости, электропроводности, подвижности и чисел переноса ионов. Модели конвективных и диффузионных процессов переноса. Критерии подобия. Влияние скорости фильтрации и перемешивания на локальные равновесия. Хроматографическое разделение компонентов при фильтрации. Экспериментальные методы изучения кинетики важных гетерогенных и гомогенных геохимических реакций.

Раздел 5. Изучение фазовых равновесий и растворимости в автоклавах

Экспериментальное изучение газовых равновесий и растворимости в газовой фазе. Контроль коэффициентов заполнения автоклавов и способы расчета 2-х фазности флюидной фазы. Преимущества использования констант многофазных равновесий в терминах летучести реальных форм растворения краевых компонентов и состояния растворителя. Методы изучения *P-V-T-X* соотношений и другие способы экспериментального определения летучести и состава флюидных фаз.

Раздел 6. Изучение растворимости и кинетики растворения

Правило фаз, способы учета метастабильных и закалочных фаз. Методы моновариантной кривой и нонвариантной точки. Приемы наблюдений и способы отбора проб в режиме опыта. Методы сохранения состава раствора и его дистанционного неразрушающего контроля. Требования к пробоотбору и мониторинг состава исходных и закалочных фаз. Методы определения растворимости. Особенности исследования моновариантных и дивариантных равновесий при изучении комплексов как реальных форм переноса.

Раздел 7. Определение pH и характеристик ионов. Анализ диаграмм

Eh – pH диаграммы, методы их экспериментального исследования и применение в геохимии. Ионселективные электроды и уравнение Нернста. Использование кондуктометрии с целью определения солености и определения констант диссоциации. Спектрофотометрия, потенциометрия и кондуктометрия ионных равновесий, их возможности и ограничения при высоких параметрах состояния.

Раздел 8. Исследование электроповерхностных свойств минералов и адсорбции ионов

Изучение электроповерхностных, адсорбционных и ионообменных свойств пород и минералов. Роль электрокинетических измерений в исследованиях равновесий и свойств поверхности фаз. Экспериментальные определения pH изоэлектрической точки (иэт) при изучении амфолитической растворимости и pH точки нулевого заряда (тнз) при описании адсорбционных равновесий.

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 по курсу «Экспериментальная геохимия» используются такие формы, как сдача – прием результатов экспериментов, собеседование при приеме результатов самостоятельной работы и контрольные вопросы.

Примерный перечень контрольных вопросов:

1. Место экспериментальной геохимии в системе геохимических знаний.
2. Связи между аналитической, физической и экспериментальной геохимией.
3. Главные этапы развития методов исследования в естествознании.
4. История развития новых идей при экспериментальных исследованиях в химии и геохимии.
5. Основные этапы экспериментального исследования.
6. Стратегия и тактика проведения работ, планирование и оптимизация числа экспериментов и времени исследования.

7. Соотношения между общими научными и прикладными целями, текущими задачами при проведении опытов и конкретными способами их экспериментального решения.
8. Главные направления и современные тенденции развития экспериментальной геохимии как раздела экспериментального естествознания.
9. Крупнейшие мировые центры развития экспериментальной геохимии и петрологии.
10. Принципы организации экспериментальной лаборатории.
11. Основные задачи, решаемые в экспериментальных исследованиях, соотношения между новой экспериментальной информацией и теоретическими представлениями.
12. Проблема соотношения экспериментальных фактов с системами геохимических парадигм.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Место экспериментальной геохимии в системе геохимических знаний. Связи между аналитической, физической и экспериментальной геохимией.
2. Главные этапы развития методов исследования в естествознании. История развития новых идей при экспериментальных исследованиях в химии и геохимии.
3. Основные этапы экспериментального исследования. Стратегия и тактика проведения работ, планирование и оптимизация числа экспериментов и времени исследования.
4. Соотношения между общими научными и прикладными целями, текущими задачами при проведении опытов и конкретными способами их экспериментального решения.
5. Главные направления и современные тенденции развития экспериментальной геохимии. Крупнейшие мировые центры развития экспериментальной геохимии и петрологии. Принципы организации экспериментальной лаборатории.
6. Основные задачи, решаемые в экспериментальных исследованиях, соотношения между новой экспериментальной информацией и теоретическими представлениями. Проблема соотношения новых экспериментальных фактов с системами геохимических парадигм.
7. Типы систем и фазовых равновесий. Зависимые и независимые компоненты. Правило фаз. Термодинамические свойства фаз и систем. Уравнения состояния.
8. Выбор стандартных состояний для индивидуальных фаз и компонентов растворов. Стандартная свободная энергия вещества. Связь свободной энергии реакции с константой равновесия и свободными энергиями участников реакции.
9. Эксперименты по изучению растворимости и комплексообразования и методы изучения дивариантных равновесий в отношении состава реальных форм переноса в растворах.
10. Закалочные и метастабильные фазы и правило фаз. Метод моновариантной кривой и нонвариантной точки. Буферные смеси и ассоциации.
11. Экспериментальные особенности изучения равновесий при высоких температурах и давлениях. Методы диагностики и анализа синтезированных фаз.
12. Типичные *T-P* - интервалы эксплуатации экспериментальных установок различных типов. Конструкционные материалы в экспериментальных исследованиях.
13. Системы создания, поддержания и контроля температуры. Печи сопротивления и другие типы нагревателей и термостатов.
14. Термопары, основные принципы их функционирования, наиболее распространенные типы, их характеристики, достоинства и недостатки. Калибровка термопар и их поверка.
15. Системы создания, удержания и измерения давления. Типы экспериментальных установок в зависимости от методов создания давления и температуры.
16. Изучение газовых равновесий и растворимости в газовой фазе. Экспериментальные методы изучения *P-V-T-X* соотношений. Летучесть и уравнения состояния фазы.

17. Законы Рауля и Генри при стандартизации летучестей и активностей. Эксперименты по определению температурных и барических зависимостей констант равновесия. Методы изучения моновариантных равновесий.
18. Изучение адсорбционных и ионообменных равновесий. Потенциалопределяющие ионы и электроповерхностные свойства пород и минералов. Цели электрокинетических измерений. Определение констант Генри и Лэнгмюра в опытах по адсорбции.
19. Проблема отрицательного результата и воспроизводимости опытных данных при проведении экспериментов. Методы обработки результатов. Требования к чистоте всех исходных веществ и точности поддержания и измерения параметров эксперимента.
20. Правила регистрации условий при проведении опытов, специфика наблюдений в ходе процедур ввода (и вывода) исследуемой системы в режим параметров опыта.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: теоретических основ, принципов и методов термодинамического подхода к анализу природных геохимических процессов	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: выполнять термодинамические расчеты при анализе природных систем в широком диапазоне физико-химических условий, интерпретировать результаты экспериментов для анализа условий протекания природных геологических процессов	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: навыками и приемами работы с экспериментальной и измерительной аппаратурой, а также обработкой и графическим отображением результатов отдельных термодинамических расчетов	Навыки и приемами работы с экспериментальной и измерительной аппаратурой отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки и приемы работы с экспериментальной и измерительной аппаратурой	Владение навыками и приемами работы с экспериментальной и измерительной аппаратурой, использование их для решения задач

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Граменицкий Е.Н., Котельников А.Р. Экспериментальная петрография. М.: МГУ, 1984. - 252 с.
2. Граменицкий Е.Н., Котельников А.Р., Батанова А.М., Щекина Т.И., Плечев П.Ю. Экспериментальная и техническая петрология. – М.: Научный мир, 2000. - 416 с.
3. Жариков В.А. Основы физической геохимии. М., МГУ; Наука, 2005. - 654 с.
4. Савенко В.С., Савенко А.В. Экспериментальные методы изучения низкотемпературных геохимических процессов. М.: ГЕОС, 2009. - 303 с.
5. Бейтс Р. Определение pH. Теория и практика. М.-Л.: Химия, 1968. - 400 с.

- дополнительная литература:

1. Григоров О.Н., Карпова И.Ф., Козьмина З.П., Тихомирова К.П., Фридрихсберг Д.А., Чернобережский Ю.М. - Руководство к практическим работам по коллоидной химии. М.-Л., Химия, 1964. - 332 с.
2. Жариков В.А. Некоторые актуальные проблемы экспериментальной минералогии. – Записки Всесоюзного минералогического общества, 1976. Вып. 5. С. 543-561.
3. Лукс Г. Экспериментальные методы в изучении неорганической химии. - М.: Мир, 1965. - 654 с.
4. Термодинамическое моделирование в геологии. Под ред. И. Кармайкла, Х. Ойгстера. М., Мир, 1992. - 534 с.
5. Эверет Д. Введение в химическую термодинамику. - М.: ИЛ, 1963. - 300 с.
6. Робинсон Р., Стокс Р. Растворы электролитов. М.: ИЛ, 1967. - 284 с.
7. Бычков А.Ю. Геохимическая модель современного рудообразования в кальдере Узон (Камчатка). М.: ГЕОС, 2009. - 124 с.

Б) Перечень лицензионного программного обеспечения пакеты программ: программа PVT - свойств воды (разработчики ИЭМ РАН и кафедра геохимии МГУ); пакет программ HCh (автор Ю.В. Шваров, кафедра геохимии МГУ). http://www.geol.msu.ru/deps/geochems/soft/index.html ; Statistica; Microsoft Office Excel, Microsoft Office PowerPoint.

В) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (лицензионное программное обеспечение не требуется):

Д) Материально-технического обеспечение: - персональные компьютеры.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватели – Фяйзуллина Р.В., Алехин Ю.В.

11. Авторы программы – Фяйзуллина Р.В., Алехин Ю.В.