

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

УТВЕРЖДАЮ
и.о. декана Геологического факультета
чл.-корр. РАН _____/Н.Н.Ерёмин/
«__» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Включения в минералах

Авторы-составители: Прокофьев В.Ю., Дергачев А.Л.

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Направление подготовки:
05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:
Геохимия

Форма обучения:
Очная

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

Москва 2021

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*).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от __ декабря 2021 года (протокол №__).

Год (годы) приема на обучение: 2022

© 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 "Включения в минералах" является изучение студентами основ методов исследования флюидных включений в минералах руд главных типов гидротермальных месторождений полезных ископаемых, а также метасоматических и магматических пород.

Задачи - овладение методами термобарогеохимии, приобретение навыков работы на современном оборудовании для исследования флюидных включений.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе "Включения в минералах" рассматриваются место термобарогеохимии в исследовании природных процессов и в практике поисково-разведочных работ; образование, классификация и методы изучения различных по составу и агрегатному состоянию флюидных включений в минералах пневматолитового и гидротермального происхождения, а также встречающихся в минералах интрузивных и эффузивных магматических пород; морфологические и генетические особенности включений; преобразования флюидных включений при изменениях температуры и давления; изменение включений после их образования, изменение формы и объема включений включений, изменения содержимого флюидных включений; методы исследования флюидных включений (визуально-оптические, микротермометрические методы; микроминералогия дочерних фаз), а также перспективы развития термобарогеохимии.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин "Геология полезных ископаемых", "Минералогия", «Кристаллография».

Дисциплина необходима для научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ПК-5.Б Готовность к работе на современных полевых/лабораторных приборах, установках и оборудовании в соответствии с профилем подготовки (формируется частично)	Б.ПК-5. И-1. Знает физические принципы и технические характеристики стандартного современного полевого/лабораторного оборудования (по профилю подготовки). Б.ПК-5. И-2. Имеет базовые навыки работы под руководством специалиста высокой квалификации на полевом/лабораторном оборудовании (по профилю подготовки).	Знать: природу флюидных включений в минералах, их генетические типы и систематику; морфологические особенности включений; процессы преобразования включений; место термобарогеохимических исследований при изучении природных процессов и возможностями их использования при междисциплинарных исследованиях и разработке инновационных методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; Уметь: реконструировать физико-химические параметры минералообразования на основе изучения газожидких включений; Владеть: методами изучения флюидных включений и приемами работы на современном оборудовании для изучения флюидных включений визуаль-

		но-оптическими, микротермометрическими методами термобарогеохимических исследований; основами интерпретации микротермометрических данных.
--	--	---

4. Объем дисциплины (модуля) составляет **2** з.е., в том числе **32** академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и **40** академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.)

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы * <i>(виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)</i>
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Часть 1. Флюидные включения: типы, систематика, образование и связь с геологическими процессами.	9	1	1	2	Подготовка к контрольной работе, 7 час.
Часть 2. Процессы преобразования флюидных включений при изменениях температуры и давления.	15	4	4	8	Подготовка к контрольной работе, 7 час.
Часть 3. Методы исследования флюидных включений.	17	5	5	10	Подготовка к контрольной работе, 7 час.
Часть 4. Термобарогеохимия в исследовании природных процессов.	17	4	6	10	Подготовка к контрольной работе, 7час.
Промежуточная аттестация <u>зачет</u>	14	2			12
Итого	72	32			40

Содержание разделов дисциплины:

Введение.

Часть 1. Флюидные включения: типы, систематика, образование и связь с геологическими процессами. Введение. Что такое флюидные включения? Какую информацию дают флюидные включения и где применяются данные их исследования. История изучения флюидных включений. Типы флюидных включений по составу минералообразующей среды (раствор, расплав, газ).

Захват минералообразующей среды во включения. Морфологические особенности включений. Форма отрицательного кристалла. Принципы систематики флюидных включений. Генетические типы включений: первичные, первично-вторичные и вторичные включения. Систематика включений по фазовому составу. Магматические включения (силикатный расплав, карбонатный расплав, хлоридный солевой расплав, силикатные расплавы с высокими концентрациями летучих компонентов). Включения водных растворов (рассолы хлоридные, карбонатные, борные; водно-солевые растворы разной концентрации и состава; углекислотно-водные растворы; растворы с высокими концентрациями метана). Газовые включения (включения водяного пара малой плотности. Различия между включениями. Включения гомогенного захвата. Включения гетерогенного захвата. Ассоциации флюидных включений.

Часть 2. Процессы преобразования флюидных включений при изменениях температуры и давления. Образование газовых пузырьков. Появление дочерних минералов. Кристаллизация на стенках включений. Изменение включений после их образования. Изменение объема включений. Изменения содержимого флюидных включений. Перемещение флюидных включений по кристаллу в градиентных полях.

Информативность флюидных включений: возможности и ограничения. Реконструкция физико-химических параметров минералообразования. Понятия о фазовых диаграммах. Фазовые диаграммы наиболее важных систем (вода, углекислота, метан, азот, водные растворы хлорида натрия, хлоридные рассолы). Влияние граничного слоя. Аномальные включения. Явления метастабильности во флюидных включениях.

Часть 3. Методы исследования флюидных включений. Подготовка препаратов для изучения флюидных включений. Визуальное изучение флюидных включений. Методы исследования индивидуальных флюидных включений. Микротермометрические методы (термометрия и криометрия). Компьютерные программы для интерпретации микротермометрических данных. Спектральные методы. Флюоресценция. Конфокальная микроскопия. Инфракрасная спектроскопия: диагностика фаз, изучение флюидных включений в минералах, непрозрачных в диапазоне видимого света. Комбинационное рассеяние (раман-микроанализ). Протонный зонд.

Деструктивные методы исследования. Волюмометрия. Лазерный микроанализ. Сканирующая электронная микроскопия. Рентгеноспектральный микроанализатор. Ионный зонд. Лазерная абляция с анализом методом индуктивно-связанной плазмы (ICP MS).

Валовые методы. Декрепитация звуковая и вакуумная. Приготовление водных вытяжек. Газовая хроматография. Ионная хроматография. Масс-спектрометрия. ICP MS. Комплексный анализ содержимого флюидных включений из малых навесок (0.5-1.0 г). Требования к подготовке монофракций.

Часть 4. Термобарогеохимия в исследовании природных процессов. Осадочные процессы. Диагенез. Метаморфизм низких ступеней. Метаморфизм высоких ступеней. Магматические процессы. Вулканизм. Гидротермальные процессы. Подводные океанические гидротермы. Карбонатиты. Кимберлиты. Мантийные обстановки. Флюидные включения в минералах внеземных объектов. Искусственные кристаллы. Практическое использование термобарогеохимии.

Термобарогеохимия в изучении рудных месторождений. Использование флюидных включений для систематики гидротермальных месторождений. Флюидные включения в минералах эпитеpmальных месторождений. Специфика термобарогеохимических иссле-

дований медно- и молибден-порфировых месторождений. Особенности флюидных включений орогенных месторождений золота. Флюидные включения и поисково-разведочные работы. Связь оруденения с магматизмом. Оценка потенциальной рудоносности гранитоидов. Перспективы развития термобарогеохимии.

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.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при прохождении каждым студентом двух собеседований и и проведении двух контрольных работ..

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля в форме контрольных работ:

1. Возможности и ограничения исследований флюидных включений.
2. Магматические включения.
3. Типы включений по составу минералообразующей среды.
4. Включения водных растворов.
5. Газовые включения.
6. Реконструкция физико-химических параметров минералообразования.
7. Явления метастабильности во флюидных включениях.
8. Изучение флюидных включений, непрозрачных в диапазоне видимого света.
9. Флюидные включения в минералах эпитермальных месторождений.
10. Оценка потенциальной рудоносности гранитоидов.
11. Связь оруденения с магматическими процессами.
12. Флюидные включения и поисково-разведочные работы.
13. Особенности флюидных включений орогенных месторождений золота.
14. Специфика изучения флюидных включений медно- и молибден-порфировых месторождений.
15. Специфика изучения флюидных включений медно- и молибден-порфировых месторождений.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Включения минералообразующих растворов и расплавов в минералах и их классификация.
2. Затвердевшие и остаточно-магматические включения.
3. Пневматолитовые (газовые) включения..
4. Гидротермальные (жидкие) включения).
5. Методы исследования газовой-жидких включений.
6. Термометрия. Определение температуры минералообразования.
7. Криометрия. Интерпретация криометрических исследований.
8. Методы определения химического состава растворов, газов и микроминералов во включениях.
9. Микроминералогия многофазных включений.
10. Спектральные методы исследования флюидных включений.
11. Инфракрасная спектроскопия: диагностика фаз, изучение флюидных включений в минералах, непрозрачных в диапазоне видимого света.

12. Методы изучения флюидных включений: комбинационное рассеяние (раман-микроскопический анализ); протонный зонд.
13. Валовые методы изучения флюидных включений. Декрепитация звуковая и вакуумная. Газовая хроматография. Ионная хроматография. Масс-спектрометрия. ICP MS.
14. Физико-химические процессы в микросистемах включений при положительных температурах.
15. Физико-химические процессы в микросистемах включений при отрицательных температурах.
16. Как образуются флюидные включения?
17. Принципы систематики флюидных включений.
18. Генетические типы флюидных включений.
19. Использование термобарогеохимии при поисках и разведке рудных месторождений.
20. Система сбора, анализа, хранения и предоставления геологической и термобарогеохимической информации.
21. Главные типы флюидных включений в минералах гидротермальных рудных месторождений.
22. Основы микротермометрических методов исследования флюидных включений.
23. Методы исследования химического состава флюидных включений.
24. Области использования методов термобарогеохимии.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	Незачет	Зачет
Знания: природа флюидных включений в минералах, их генетические типы и систематику; морфологические особенности включений; процессы преобразования включений; место термобарогеохимических исследований при изучении природных процессов и поисково-разведочных работах	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения: реконструировать физико-химические параметры минералообразования на основе изучения газовой-жидких включений	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)
Владения: методами изучения флюидных включений и приемами работы на современном оборудовании для изучения флюидных включений визуально-оптическими, микротермометрическими методами; основами интерпретации микротермометрических данных.	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Мельников Ф. П., Прокофьев В. Ю., Шатагин Н. Н. Термобарогеохимия. Учебник для ВУЗов. М.: Изд-во Академический проект, 2008. 222с.
2. Прикладная термобарогеохимия /В.Н. Труфанов, А.Г. Грановский, Н.И. Грановская и др.; Рост.гос.ун-т. -Ростовн/Д.: изд-во Ростов. ун-та, 1992. 175с.

- дополнительная литература:

1. Борисенко А. С. Изучение солевого состава газово-жидких включений в минералах методом криометрии // Геология и геофизика. 1977. № 8. С. 16-27.
2. Ермаков Н. П. Критерии познания генезиса минералов и среда рудообразования // Льв. геол. об-во. 1949. № 3. Приложение 1-е. С. 68.
3. Ермаков Н.П., Долгов Ю.А. Термобарогеохимия. М.: Недра, 1979. 271 с.
4. Калюжный В. А. Основы учения о минералообразующих флюидах. Киев: Наукова думка, 1982. 240 с.
5. Наумов В. Б. Возможности определения давления и плотности минералообразующих сред по включениям в минералах // Использование методов термобарогеохимии при поисках и изучении рудных месторождений. Отв. ред. Лаверов Н. П. М.: Недра, 1982. С. 85-94.
6. Пизнюр А.В. Основы термобарогеохимии. Учебное пособие. Изд-во Львовского гос. университета, Львов, 1986. 200 с.
7. Реддер Э. Флюидные включения в минералах. М.: Мир, 1987. Т.1. 560 с. Т.2. 632 с.

Б) Материально-технического обеспечение: - мультимедийный проектор, компьютер, экран, выход в Интернет.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – Дергачев А.Л., Прокофьев В.Ю.

11. Автор (авторы) программы – Прокофьев В.Ю., Дергачев А.Л.