

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**

### **Термобарогеохимия**

Авторы-составители: Прокофьев В.Ю.

**Уровень высшего образования:**

*Бакалавриат*

**Направление подготовки:**

**05.03.01 Геология**

**Направленность (профиль) ОПОП:**

**Геология и полезные ископаемые**

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»

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 "Термобарогеохимия" 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 "Термобарогеохимия" излагаются следующие проблемы:

- 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);
- 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", "Петрография", "Геохимия".

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 Готов к работе на современных полевых/лабораторных приборах, установках и оборудовании в соответствии с профилем подготовки (формируется частично),	Б.ПК-5. И-2. Имеет базовые навыки работы под руководством специалиста высокой квалификации на полевом/лабораторном оборудовании (по профилю подготовки).	<b>Владеть:</b> методами изучения флюидных включений и приемами работы на современном оборудовании для изучения флюидных включений визуально-оптическими, микротермометрическими методами термобарогеохимических исследований; основами интерпретации микротермометрических данных.
СПК-2.Б Способен участвовать в междисциплинарных исследованиях и разработке инновационных технологий, применяющихся в региональной геологии, геотектонике и геодинамике, литоло-	СПК-2.Б Проводит лабораторные исследования полезных ископаемых в рамках междисциплинарных исследований в области геологии полез-	<b>Знать:</b> 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 разра-

гии и морской геологии, палеонтологии и стратиграфии, геологии полезных ископаемых (формируется частично).	ных ископаемых.	ботке инновационных методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; <b>Уметь:</b> реконструировать физико-химические параметры минералообразования на основе изучения газожидких включений.
--	-----------------	--

**4. Объем дисциплины (модуля)** составляет 3 з.е., в том числе 44 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и 64 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

**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.		12		12	Подготовка к собеседованию, 10 час.
Часть 2. Процессы преобразования флюидных включений при изменениях температуры и давления.		16		16	Подготовка к собеседованию, 10 час.
Часть 3. Методы исследования флюидных включений.		8		8	Подготовка к контрольной работе, 10 час.
Часть 4. Термобарогеохимия в исследовании природных процессов.		8		8	Подготовка к контрольной работе, 10 час.
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>		<i>Устный экзамен</i>			24
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>44</b>		<b>44</b>	<b>64</b>

## **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-микрoанализ). Протонный зонд.

Деструктивные методы исследования. Волнометрия. 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 исследований

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 проведении двух контрольных работ и двух собеседований.

#### *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 эпitherмальных 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-микроанализ); 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	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
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	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: реконструировать физико-химические параметры минералообразования на основе изучения газожидких включений	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности не принципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение реконструировать физико-химические параметры минералообразования	Успешное умение использовать изучение газожидких включений для реконструкции физико-химических параметров процессов минералообразования.
Владения: методами изучения	Навыки владения	Фрагментарное владение	В целом сформированные	Владение методами и приемами

флюидных включений и приемами работы на современном оборудовании для изучения флюидных включений визуальными-оптическими, микротермометрическими методами; основами интерпретации микротермометрических данных.	методами и приемами работы и интерпретации микротермометрических данных отсутствуют	методами и приемами работы и основами интерпретации микротермометрических данных, наличие отдельных навыков	навыки использования методов и приемов работы и основ интерпретации микротермометрических данных.	работы на современном оборудовании для изучения газово-жидких включений и основами интерпретации микротермометрических данных.
---	---	---	---	--

## 8. Ресурсное обеспечение:

### А) Перечень основной и дополнительной литературы.

#### - основная литература:

1. Ермаков Н. П. Исследование минералообразующих растворов. Харьков: Изд-во Харьк. ун-та, 1950. 460 с.
2. Ермаков Н. П. Геохимические системы включений в минералах. М.: Недра, 1972. 375 с.
3. Мельников Ф. П., Прокофьев В. Ю., Шатагин Н. Н. Термобарогеохимия. Учебник для ВУЗов. М.: Изд-во Академический проект, 2008. 222с.
4. Прокофьев В. Ю., Кигаи И. Н.. Практическая термобарогеохимия. Современные методы изучения флюидных включений в минералах. – Учебно-методическое пособие для аспирантов и студентов старших курсов геологоразведочного факультета МГГА. М.: ИГЕМ; МГГА, 1999. 62 с.
5. Реддер Э. Флюидные включения в минералах. М.: Мир, 1987. Т.1. 560 с. Т.2. 632 с.

#### - 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.

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

**9. Язык преподавания** – русский.

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

**11. Автор (авторы) программы** – Прокофьев В.Ю., профессор