

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
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**

### **Методы исследования минералов**

Автор-составитель: Власов Е.А.

**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

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*)

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** дисциплины «Методы исследования минералов» является освоение студентами методологических основ специализации минералогия, формирование представлений о физических основах и областях применения важнейших методов исследования вещества, развитие навыков самостоятельного решения задач в области исследований природного вещества, мотивирование на изучение современной научной литературы.

**Задачи** - дать представление о многообразии современных методов исследования минералов, ознакомить с важнейшими современными методами исследования вещества, дать практические навыки подготовки проб к исследованию различными методами, научить корректно интерпретировать как собственные, так и литературные данные.

### Краткое содержание дисциплины (аннотация):

курс нацелен на получение студентами представления о многообразии современных методов исследования природного вещества. Студенты должны для наиболее распространенных методов исследования минералов знать их физические основы, возможности и ограничения, особенности пробоподготовки и интерпретации получаемых данных. В течение трех семестров студенты знакомятся с иммерсионными, электронно-зондовыми, масс-спектрометрическими методами, методами оптической, ИК и КР-спектроскопии, ЭПР и т.д. Полученные студентами знания позволят корректно ставить и решать научные задачи, как в процессе обучения, так и в дальнейшей самостоятельной исследовательской деятельности.

**1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО** – вариативная часть, профессиональный цикл, курс – III-IV, является обязательной для освоения.

### 2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплины базируется на курсах блоков общенаучной подготовки базовой и вариативной части, входящих в модули Физика и Химия, на материалах дисциплин блока профильной подготовки вариативной части - «Физика минералов». Курс «Методы исследования минералов» необходим студентам для выполнения аналитических задач в рамках курсовых и дипломных работ, а также для их дальнейшей самостоятельной научно-исследовательской деятельности.

### 3. 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
ОПК-1.Б Способен применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач.	И-2. Использует базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле в профессиональной деятельности	<b>Знает:</b> классификацию современных методов исследования вещества; физические основы, возможности и ограничения важнейших методов исследования вещества
ОПК-5.Б Способен в составе научно-исследовательского	И-1. Знает требования представления результатов, принятые	<b>Умеет:</b> корректно проводить пробоотбор и пробоподготовку; интерпретировать получаемые

коллектива участвовать в составлении отчетов, обзоров по тематике работ, в подготовке докладов и публикаций.	в профессиональном сообществе. И-2. Корректно оформляет профессиональную документацию различного содержания в рамках проводимых исследовательских и прикладных работ.	аналитические данные <b>Владеет:</b> способами обработки и представления аналитических данных.
ПК-5.Б Готов к работе на современных полевых/лабораторных приборах, установках и оборудовании в соответствии с профилем подготовки.	И-1. Знает физические принципы и технические характеристики стандартного современного полевого/лабораторного оборудования (по профилю подготовки)	<b>Знает:</b> классификацию современных методов исследования вещества; физические основы, возможности и ограничения важнейших методов исследования вещества <b>Умеет:</b> корректно проводить пробоотбор и пробоподготовку; интерпретировать получаемые аналитические данные
СПК-1.Способен к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации в области наук геохимического цикла.	И-2. Владеет навыками систематизации и интерпретации данных в области наук геохимического цикла	<b>Умеет:</b> корректно проводить пробоотбор и пробоподготовку; интерпретировать получаемые аналитические данные <b>Владеет:</b> способами обработки и представления аналитических данных.

**4. Объем дисциплины (модуля)** составляет **8 з.е.**, в том числе **139** академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**83** часа – занятия лекционного типа, **14** часов – лабораторные занятия, **29** часов – практические занятия, **13** часов – семинарские занятия, **149** академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации, после пятого семестра – зачет, после 6 и 7 семестров – экзамен.

**5. Формат обучения** – очные лекционные и семинарские занятия; не предполагается 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	Все го (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы	Самостоятельная работа обучающегося, часы * (виды

аттестации по дисциплине (модулю)						самостоятельно й работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия практического типа	Занятия семинарского типа	
Раздел 1. Вводная часть. Вопросы пробоподготовки. Иммерсионные методы исследования. Плотность и микротвердость минералов. Электронно- зондовые системы.		30		18	4	Зачет 40
Раздел 2. Термический анализ минералов. Масс- спектрометрические методы исследования минералов. РФА, протонный микрозонд. Активационные виды анализа вещества.		30		11	4	Зачет 40
Раздел 3. Оптическая спектроскопия, люминесценция минералов. ИК- и КР- спектроскопия. Электронный парамагнитный резонанс		23	14		5	59
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>						10
<b>Итого</b>	288	139			149	

### Содержание разделов дисциплины:

Курс состоит из трех частей:

В первой части курса обсуждаются вопросы пробоподготовки, методы определения плотности, твердости и оптических свойств минералов. Рассматриваются теоретические основы методов, конструкции, аналитические возможности, назначение и области применения соответствующих приборов и методик. Разбираются практические приемы проведения исследований, методы подготовки образцов, возможные ошибки и методы их устранения. Также в первой части рассматривается семейство электронно-зондовых методов. К ним относятся: 1) просвечивающая электронная микроскопия – ПЭМ; 2) растровая (сканирующая) электронная микроскопия – РЭМ; 3) рентгеноспектральный микроанализ.

Во второй части курса рассматриваются термический анализ минералов (ДТА, ТГ и ДТГ), а также различные методы определения химического состава вещества – рентгенофлуоресцентный анализ, масс-спектрометрические методы (SIMS, ICP-MS), активационные методы анализа (в первую очередь нейтронно-активационный анализ) и др.

Третья часть курса посвящена разнообразным спектроскопическим методам в науках о Земле. Проводятся лекционные и лабораторные занятия по оптической спектроскопии, люминесценции минералов, инфракрасной спектроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния света, электронному парамагнитному резонансу.

## **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 используются такие формы, как контрольные работы, собеседования, сдача каждым студентом выполненных лабораторных работ. После окончания 5 и 6 семестров – промежуточный зачет, после окончания 7 семестра – экзамен.

#### ***Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля***

1 часть

1. Приготовление препаратов: шлифы, монтированные шашки, препараты для исследования на ТЭМ, СЭМ, для проведения микронзондовых исследований.
2. Дробление минералов, определение крупности материала. Методы сепарации минералов (разделение минералов по физическим, физико-химическим и химическим свойствам). Контаминация проб в процессе пробоподготовки.
3. Иммерсионные методы исследования минералов: принцип работы, области применения
4. Иммерсионные жидкости, методы приготовления препаратов (без закрепления, с закреплением, из шлифов)
5. Определение показателей преломления методом полоски Бекке
6. Определение показателей преломления методом фокального экранирования
- 7.
8. Микротвердость минералов: методы определения микротвердости, области применения.
9. Основы физики взаимодействия электронов с веществом.
10. Полезные сигналы, используемые в электронно-зондовых системах.
11. Рентгеновские микроанализаторы с волновыми спектрометрами и полупроводниковыми (Si-Li) детекторами: устройство, пределы обнаружения, точность анализа.
12. Качественный и количественный электронно-зондовый микроанализ.

2 часть

1. Электрические и магнитные свойства минералов
2. Термический анализ. Интерпретация и расшифровка термограмм: геометрические элементы кривых нагревания, идентификация термических эффектов
3. Активационные методы исследования минералов. Нейтронно-активационный анализ
4. Сравнительная характеристика протонного микронзонда, рентгенофлуоресцентного анализа и электронного микронзонда.

5. Стабильные и радиогенные изотопы; вымершие нуклиды, основные вопросы решаемые с помощью исследования стабильных изотопов в минералогии
6. Устройство и принципы работы масс-спектрометра. Области применения ионных зондов различных конструкций (SIMS и SHRIMS)
7. ICP-MS

3 часть

1. ИК-спектроскопия
2. КР-спектроскопия
3. Электронный парамагнитный резонанс
4. Оптическая спектроскопия.
5. Люминесценция и окраска минералов.

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

1. Проботбор и пробоподготовка. Методы сепарации минералов.
2. Электронно-зондовые системы. Основы физики взаимодействия электронов с веществом. Полезные сигналы.
3. ТЭМ: принципиальное устройство, области применения
4. СЭМ: принципиальное устройство, области применения
5. Оже-микроскопы: принципиальное устройство, области применения
6. Рентгеновские микроанализаторы с волновыми спектрометрами: устройство, пределы обнаружения, точность анализа
7. Рентгеновские микроанализаторы с полупроводниковыми (Si-Li) детекторами: устройство, пределы обнаружения, точность анализа.
8. Качественный и количественный электронно-зондовый микроанализ. ZAF-поправки.
9. Микротвердость минералов: методы определения микротвердости, области применения.
10. Иммерсионные методы исследования минералов: принцип работы, области применения
11. Электрические и магнитные свойства минералов
12. Термический анализ. Интерпретация и расшифровка термограмм: геометрические элементы кривых нагревания, идентификация термических эффектов
13. Активационные методы исследования минералов. Нейтронно-активационный анализ
14. Протонный микронзонда и рентгенофлуоресцентный анализ.
15. Стабильные и радиогенные изотопы; вымершие нуклиды, основные вопросы решаемые с помощью исследования стабильных изотопов в минералогии
16. Устройство и принципы работы масс-спектрометра. Области применения ионных зондов различных конструкций (SIMS и SHRIMS)
17. ICP-MS
18. ИК-спектроскопия
19. КР-спектроскопия
20. Электронный парамагнитный резонанс
21. Оптическая спектроскопия.
22. Люминесценция и окраска минералов.

### Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания (устный опрос) классификации современных методов исследования вещества; физических основ, возможностей и ограничений важнейших методов исследования вещества	Знания отсутствуют или весьма фрагментарные	Знания есть, но отсутствует их систематичность	Знания систематические, но имеются пробелы.	Систематические знания
Умения корректно проводить пробоотбор и пробоподготовку; интерпретировать получаемые аналитические данные	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности не принципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение корректно проводить пробоотбор и пробоподготовку; интерпретировать получаемые аналитические данные	Успешное умение корректно проводить пробоотбор и пробоподготовку; интерпретировать получаемые аналитические данные
Владения способами обработки и представления аналитических данных.	Навыки отсутствуют	Фрагментарное владение способами обработки и представления аналитических данных.	В целом сформированные навыки владения способами обработки и представления аналитических данных.	Владение способами обработки и представления аналитических данных.

#### 8. Ресурсное обеспечение:

##### А) Перечень основной и дополнительной литературы.

а) основная литература:

Власов Е.А., Кошуг Д.Г., Посухова Т.В. Методы исследования минералов. Растровая и просвечивающая электронная микроскопия и электронно-зондовый микроанализ. М., 2013 (на кафедре).

Власов Е.А., Посухова Т.В., Ряховская С.К. Методы исследования минералов. Физические свойства минералов и методы их изучения. М., 2014 (на кафедре)

б) дополнительная литература

Барабанов В.Ф., Гончаров Г.Н., Зорина М.Л. и др. Современные физические методы в геохимии. Л., 1990.



Берлинский А.И. Разделение минералов М, Недр 1975.  
Гаранин В.К., Кудрявцева Г.П., Посухова Т.В., Сергеева Н.Е. Электронно-зондовые методы изучения минералов. М. Изд. МГУ, 1987.  
Гаранин В.К., Кудрявцева Г.П. Применение электронно-зондовых приборов для изучения минерального вещества. М. Недр, 1983.  
Методы минералогических исследований. М., Недр, 1985.  
Рид С.Дж.Б. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии. М., 2008.  
Современные методы исследования минералов, горных пород и руд. СПб, 1997.  
Татарский В.Б. Кристаллооптика и иммерсионный метод исследования минералов. М., Недр, 1965.  
Advanced mineralogy. Volume 2. Methods and Instrumentation: Results and Recent Developments. 1995.

**Б) Интернет-ресурсы**

[www.webmineral.ru](http://www.webmineral.ru)

[www.mindate.org](http://www.mindate.org)

<https://rruff.info/>

**В) Материально-технического обеспечения:**

Часть лекции представлены в виде презентаций, при чтении лекций используется LCD проектор. При проведении занятий может использоваться/демонстрироваться научно-исследовательское оборудование факультета (микротвердомер, дериватограф, электронный микроскоп с возможностью микроанализа, спектрометры - оптический, ИК, КР, ЭПР и др.).

**9. Язык преподавания** – русский.

**10. Преподаватель (преподаватели)** – ответственный за курс – Власов Е.А.; преподаватели - Власов Е.А., Ряховская С.К., Бакшеев И.А., Вяткин С.В., Вигасина М.Ф.

**11. Разработчики программы:** – Власов Е.А., доцент каф. минералогии.