

Минобрнауки России  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки  
**Федеральный исследовательский центр  
«Карельский научный центр  
Российской академии наук»  
(КарНЦ РАН)**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Генеральный директор КарНЦ РАН  
член-корр. РАН



О.Н. Бахмет  
20 22 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ МИНЕРАЛОВ  
И ГОРНЫХ ПОРОД»**

**НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ  
1.6.10. ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА  
ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ.**

## **1. Цели освоения дисциплины**

формирование у аспирантов знаний о современных методах исследования состава и структуры минералов и горных пород, применяемых в практике геологических исследований (в том числе о различных методах пробоподготовки, статистических методах обработки аналитических данных).

Основными задачами программы являются:

- дать представление о многообразии аналитических методов используемых при изучении горных пород и минералов;
- знакомство с приемами выбора и применения основных методов изучения структуры и свойств горных пород, минералов и руд;
- знакомство на практике с функционированием различных методов изучения минералов и горных пород в аналитическом центре ИГ КарНЦ РАН, включая методы пробоподготовки, статистические методы обработки аналитических данных.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Методы исследования состава и структуры минералов и горных пород» входит в образовательный компонент программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.6.10. Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения. Согласно базовому учебному плану дисциплина проводится в III–IV

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные при освоении образовательной программы предыдущего уровня в области общей физики, геологии, минералогии, геохимии. Обучающийся должен обладать следующими входными знаниями, умениями, навыками:

Знать: основные области применения современных аналитических методов для исследования горных пород и минералов, базовые подходы к их изучению.

Уметь: проводить комплексные петрологические, геохимические и минералогические исследования; работать с литературными источниками; анализировать и интерпретировать полученную информацию; излагать в устной и письменной форме результаты своего исследования;

Владеть: навыками работы с оптическим микроскопом, базовыми компьютерными программами для обработки данных химического элементного состава минералов.

## **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:**

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач

способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области наук о Земле;

готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач;  
способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**- знать:**

физические основы аналитических методов и области их применения;  
возможности аналитических методов в решении профильных задач и способы пробоподготовки для каждого из них;

**- уметь:**

оптимизировать необходимый набор методов для эффективного решения вопросов; работать с литературными источниками и базами аналитических данных в различных геологических науках; сопоставлять результаты, полученные разными аналитическими методами исследований; интерпретировать и использовать результаты аналитических исследований в научно-исследовательской деятельности;

**- владеть:**

навыками использования современных прецизионных методов исследования для решения поставленных задач;

навыками анализа, обобщения и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности с применением современных компьютерных и информационных технологий;

#### **4. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины – 4 зачетные единицы, что составляет 144 часов.

##### **4.1. Виды учебной работы**

| Виды учебной работы                                                                           | в академ. часах |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану в том числе</b>                            | <b>144</b>      |
| <b>Аудиторные занятия:</b>                                                                    | <b>40</b>       |
| Лекции (Л)                                                                                    | 14              |
| Практические занятия (Пр)                                                                     |                 |
| Лабораторные занятия (Лаб)                                                                    | 26              |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>                                                           | <b>104</b>      |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины, выполнение домашних заданий, написание реферата | 100             |
| Подготовка и прохождение промежуточной аттестации                                             | 4               |

#### 4.2. Разделы дисциплины и виды занятий

| №<br>п/п | Название раздела и темы<br>дисциплины                                                                                                     | Трудоемкость по видам учебной<br>работы (час) |        |                 |                          |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------|-----------------|--------------------------|
|          |                                                                                                                                           | Всего                                         | из них |                 |                          |
|          |                                                                                                                                           |                                               | лекции | Лаб.<br>занятия | самосто<br>ят.<br>работа |
| 1        | Введение. Обзор современных методов исследований вещества: основные понятия, классификация, области применения, возможности, ограничения. | 18                                            | 2      |                 | 16                       |
| 2        | Рентгеновская дифрактометрия                                                                                                              | 18                                            | 2      | 4               | 14                       |
| 3        | Спектральные методы исследования. Рентгенофлуоресцентный анализ.                                                                          | 20                                            | 2      | 4               | 14                       |
| 4        | Масс-спектрометрия                                                                                                                        | 20                                            | 2      | 4               | 14                       |
| 5        | Спектроскопические методы исследования. Локальная рамановская спектроскопия.                                                              | 20                                            | 2      | 4               | 14                       |
| 6        | Методы термического анализа                                                                                                               | 18                                            | 2      | 2               | 14                       |
| 7        | Методы электронной микроскопии: просвечивающая и растровая микроскопия. Электронно-зондовый (рентгеноспектральный) микроанализ            | 24                                            | 2      | 8               | 14                       |
| 8        | Подготовка и прохождение промежуточной аттестации в форме зачета                                                                          | 4                                             |        |                 | 4                        |
|          | Итого                                                                                                                                     | 144                                           | 14     | 26              | 104                      |

#### 4.3 Содержание дисциплины:

##### I. Введение

Обзор современных методов исследований вещества: основные понятия, классификация, возможности, ограничения.

##### II. Рентгеновская дифрактометрия

1. Теоретические основы метода. Рентгеновские лучи. Закон Вульфа-Брэгга. Источники рентгеновского излучения. Рентгеновские дифрактометры.
2. Особенности подготовки образцов. Получение и расчет рентгеновских дифрактограмм поликристаллов. Определение параметров элементарной ячейки кристаллов.
3. Рентгенофазовый анализ.

### **III. Спектральные методы**

1. Основные методы спектрального анализа: обзор, общие понятия, области применения.
2. Рентгенофлуорисцентный спектральный анализ (РФСА). Физические основы метода. Качественный и количественный анализ минералов, горных пород. Диапазон анализируемых концентраций элементов. Достоинства метода. Аппаратура РФСА. Портативные рентгенофлюоресцентные анализаторы.

### **IV. Масс-спектрометрия**

1. Физические основы масс-спектрометрии. Способы получения ионов - электронный удар, химическая ионизация, ионизация в электроспрее, ионизация лазерной десорбцией, бомбардировка быстрыми атомами, плазменная-десорбционная ионизация, индуктивно-связанная плазма при атмосферном давлении, термоионизация, лазерная ионизация. Устройство масс-спектрометра. Основные виды масс-анализаторов и их характеристики: разрешающая способность, динамический диапазон, чувствительность и скорость сканирования.
2. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ICP- MS). Технологии ICP- MS. Преимущества ICP- MS перед другими технологиями. Методики подготовки и ввода образцов. Система лазерной абляции для анализа твердофазных объектов. Количественный анализ, калибровочные стандарты. Задачи, решаемые масс-спектрометрией.

### **V. Спектроскопические методы исследования**

1. Обзор спектроскопических методов исследования.
2. Физические основы методов спектроскопии. ИК-спектроскопия. Рамановская спектроскопия. Люминесценция. ЭПР спектроскопия.

### **VI. Методы термического анализа**

1. Физические и химические основы метода. Методика и аппаратура.
2. Основные виды термического анализа: дифференциально-термический анализ (ДТА) и термогравиметрия (ТГ). Процессы, протекающие с изменением массы. Простая и дифференциальная термогравиметрические кривые. Получение, расшифровка и интерпретация термогравиметрических кривых. Качественный и количественный анализ полиминеральных образований.
3. Области применения методов термического анализа в геологии.

### **VII. Методы электронной микроскопии**

1. История развития и основные достижения в области электронной микроскопии горных пород и минералов.
2. Основные виды электронной микроскопии. Просвечивающая и растровая электронная микроскопия.

3. Электронные микроскопы (ЭМ). Устройство просвечивающего и растрового ЭМ. Разрешающая способность микроскопов. Технические возможности электронных микроскопов.

4. Энергодисперсионный (рентгеноспектральный) микроанализ

5. Применение электронной микроскопии и микрозондового анализа в практике геологических исследований.

## **5. Образовательные технологии по дисциплине.**

В учебном процессе по методам исследования состава и структуры минералов и горных пород используются традиционные технологии. К ним относятся объяснительно-иллюстративная форма лекций, а также лабораторные занятия. Обучение построено на тесной интеграции с аналитическим центром Института геологии КарНЦ РАН, оснащенным комплексом современного аналитического оборудования. Здесь обучающиеся получают возможность на конкретных примерах познакомиться с особенностями проведения различных видов аналитических исследований горных пород, получить навыки использования методик для решения определенных задач. К обучению привлекаются высококвалифицированные специалисты, активно занимающиеся научной деятельностью и публикующиеся в рецензируемых отечественных и зарубежных журналах.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### *Основная литература*

Современные методы исследования минералов, горных пород и руд / Под ред. Гавриленко В.В. Санкт-Петербургский государственный горный институт, Санкт-Петербург, 1997 г., 137 с.

Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Э. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский анализ. Перевод с англ. / М. Мир, 1984, Книга 1. С. 98-189.

Количественный электронно-зондовый микроанализ / Под ред. В. Скотта, Г. Лава; Перевод с англ. А. И. Козленкова, М. Мир, 1986, 351 с.

Основы аналитической электронной микроскопии / Под ред. Грена Дж.Дж., Гольдштейна Дж.И., Джоя Д.К., Ромига А.Д. Перевод с англ. М. «Металлургия», 1990, стр. 12-37.

Павлова Л.А. Физические основы рентгеноспектрального флуоресцентного анализа: учеб. Пособие, Владивосток: Изд. дом Дальневост. федер. ун-та, 2013. 109 с.

Термический анализ минералов. Редактор(ы): Лапин В.В. Издание: Наука, Москва, 1978. 132 с.

### *Дополнительная литература:*

Jackson S.E., Longerich H.P., Dunning G.R., Fryer B.J., The application of laser ablation microprobe inductively coupled plasma mass spectrometry (LAM-ICP-MS) to in situ trace-element determination in minerals, Can. Mineral., 30, 1992, p. 1049-1064.

Светов С. А., Степанова А. В., Чаженгина С. Ю., Светова Е. Н., Рыбникова З. П., Михайлова А. И., Парамонов А. С., Утицына В. Л., Эхова М. В., Колодей В. С.

Прецизионный (ICP-MS, LA-ICP-MS) анализ состава горных пород и минералов: методика и оценка точности результатов на примере раннедокембрийских мафитовых комплексов // Труды Карельского научного центра РАН. 2015. № 7. Сер. Геология докембрия. С. 54–73.

Синдо Д., Оикава Т. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия. Перевод с англ. / М. Техносфера, 2006, стр. 219–224.

*Рекомендуемые периодические издания:*

1. Геология рудных месторождений (Изд. МАИК «Наука»)
2. Геохимия (Изд. МАИК «Наука»)
3. Петрология (Изд. МАИК «Наука»)
4. American Mineralogist (Mineralogical Society of America) 5. Canadian Mineralogist (Mineralogical Association of Canada)
6. Contributions to Mineralogy and Petrology (Springer Link)
7. Mineralogy and Petrology (Springer Link)
8. Кристаллография (Изд. МАИК «Наука»)

При самостоятельной работе аспирантам рекомендуются следующие ресурсы Интернета:

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Материально-техническая база КарНЦ РАН обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом и соответствует действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Минимально-необходимый перечень для информационно-технического и материально-технического обеспечения дисциплины:

- аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оснащенная доской, рабочими местами для обучающихся и преподавателя.
- помещение для самостоятельной работы обучающегося, оснащенное компьютером с выходом в Интернет;
- библиотека с читальным залом, книжный фонд которой составляет специализированная научная, учебная и методическая литература, журналы (в печатном или электронном виде);
- специализированный аналитический центр оснащенный комплексом современного оборудования для проведения физико-химических исследований горных пород, минералов и руд.