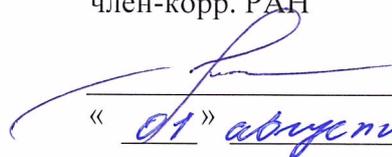


Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
**Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр
Российской академии наук»**
(КарНЦ РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор КарНЦ РАН
член-корр. РАН

 О.Н. Бахмет
« 01 » августа 20 22 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ»**

**НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ
1.6.3. ПЕТРОЛОГИЯ, ВУЛКАНОЛОГИЯ**

г. Петрозаводск
2022

РАЗРАБОТЧИК ПРОГРАММЫ

Д.Г.-М.Н,
Директор ИГ КарНЦ РАН

(должность)

К.Г.-М.Н,
Зам. дир. ИГ КарНЦ РАН

(должность)

С.А. Светов

(И.О. Фамилия)

А.В. Степанова

(И.О. Фамилия)

1. Цели освоения дисциплины

Цель преподавания дисциплины «Интерпретация геохимических данных» - является формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний об основных методах и приемах использования геохимических данных в геологических исследованиях, способах обработки и отображения результатов анализа, а также факторов, контролирующих геохимическую специфику магматических, осадочных и метаморфических пород

Задачи дисциплины - ознакомить аспирантов с современными методами исследования магматических, метаморфических и осадочных горных пород, включая методы обработки геохимических данных и их интерпретации; связь химического состава пород и характера распределения химических элементов в них с происхождением пород и закономерностями размещения данных пород в пространстве; ознакомить аспирантов с главными геохимическими резервуарами Земли и их эволюцией; подготовить аспирантов к применению полученных знаний при осуществлении петрологических исследований; сформировать представления о теоретических основах геохимии изотопов, возможностях использования данных по геохимии изотопов при решении геолого-петрологических проблем и задач прикладной геологии и металлогении.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Интерпретация геохимических данных» входит в образовательный компонент программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.6.3. Петрология, вулканология. Согласно базовому учебному плану дисциплина проводится в 5-6 семестрах.

Обучающийся должен быть широко эрудированным, иметь соответствующую фундаментальную подготовку и обладать следующими входными знаниями, умениями, навыками:

Знать: петрографические, петрохимические и петрологические методы изучения магматических, метаморфических и метасоматических пород, а также руд; основные классификационные признаки магматических, метаморфических и осадочных горных пород и руд; иметь базовые представления о: вещественном составе верхней и нижней мантии, литосферной мантии, верхней и нижней земной коре, о факторах, определяющих характер процессов плавления мантийных и коровых субстратов, кристаллизационной дифференциации магматических расплавов, о связи магматизма и оруденения, включая петрологические факторы образования рудных концентраций.

Уметь: классифицировать горные породы по химическому составу и определять сериальную принадлежность магматических горных пород по их вещественному составу, оценивать достоверность химических анализов магматических горных пород, давать петрохимическую и геохимическую характеристику магматических и метаморфических пород; работать с базами данных химических составов горных пород; анализировать и интерпретировать полученную информацию;

Владеть: навыками обработки и анализа данных о химическом составе пород; базовыми компьютерными программами для обработки данных химического состава горных пород.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Обучающиеся, завершившие изучение дисциплины «Интерпретация геохимических данных», должны:

- основы современных аналитических методов и технологий петрологических и геохимических исследований современное состояние исследований в этой области знаний;
- знать особенности взаимосвязи минерального и химического состава пород, главные породообразующие элементы, коэффициенты распределения минерал-минерал, минерал-расплав для главных породообразующих минералов;
- иметь представление о совместимых и несовместимых элементах-примесях и их поведении в ходе магматических и метаморфических процессов,
- знать основные особенности распределения литофильных элементов в породах земной коры и верхней мантии;
- уметь использовать данные о содержаниях главных и рассеянных литофильных для оценки геодинамической позиции магматических комплексов и расшифровке процессов их эволюции;
- знать главные принципы геохимической систематики магматических, метаморфических и осадочных пород;
- уметь использовать геохимические базы данных;
- знать основные принципы и подходы к моделированию геохимических процессов.

4. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины – 4 зачетных единиц, что составляет 144 часа.

4.1. Виды учебной работы

| Виды учебной работы | в академ. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| | часах |
| Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану | 144 |
| в том числе | |
| Аудиторные занятия: | 36 |
| Лекции (Л) | 14 |
| Практические занятия (Семинары) | 28 |
| Лабораторные занятия (Лаб) | |
| Самостоятельная работа (СР): | 102 |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовка к занятиям, консультации с преподавателем | 98 |
| Подготовка и прохождение промежуточной аттестации в форме зачета | 4 |

4.2. Разделы дисциплины и виды занятий

| № | Название раздела и темы дисциплины | Трудоемкость по видам учебной работы (час) | | | |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------|----------|-------------------|
| | | Всего | из них | | |
| | | | лекции | семинары | самостоят. работа |
| | Раздел 1. Пороодообразующие элементы и элементы-примеси магматических горных пород | 44 | 4 | 8 | 32 |

| | | | | | |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|------------|
| Тема 1 | Общие понятия о породообразующих элементах и элементах-примесях в магматических горных породах. Распространенность породообразующих элементов. | 10 | 1 | 2 | 7 |
| Тема 2 | Химический и минеральный составы магматических горных пород и их взаимосвязь. Кристаллохимия породообразующих элементов. | 12 | 1 | 2 | 9 |
| Тема 3 | Геохимические группы элементов. Элементы-примеси магматических горных пород. | 12 | 1 | 2 | 9 |
| Тема 4 | Основы поведения элементов-примесей в магматических процессах. Роль аксессуарных фаз в распределении элементов-примесей в магматических системах. Распределение элементов-примесей в системе расплав-флюид. | 10 | 1 | 2 | 7 |
| Раздел 2. Использование геохимических данных в петрологии | | 44 | 4 | 8 | 32 |
| Тема 1 | Строение Земли и основные геохимические резервуары. | 10 | 1 | 2 | 7 |
| Тема 2 | Классификация магматических пород по химическому составу Статистические методы. Геохимические базы данных. | 12 | 1 | 2 | 9 |
| Тема 3 | Основные методы и подходы к интерпретации геохимических данных. | 12 | 1 | 2 | 9 |
| Тема 4 | Геохимическое моделирование петрологических процессов. | 10 | 1 | 2 | 7 |
| Раздел 3. Интерпретации геохимических данных в петрологии | | 56 | 6 | 12 | 38 |
| Тема 1 | Интерпретация петро- и геохимических данных для ультраосновных пород. | 14 | 1 | 4 | 10 |
| Тема 2 | Интерпретация петрохимических данных для средних и кислых пород. | 14 | 1 | 4 | 10 |
| Тема 3 | Петро- и геохимические особенности метаморфических, метасоматических и осадочных пород. | 14 | 2 | 2 | 8 |
| Тема 4 | Геодинамическая интерпретация петро- и геохимических данных. | 14 | 2 | 2 | 10 |
| Итого | | 144 | 14 | 28 | 102 |

4.3. Содержание дисциплины:

Раздел 1. Породообразующие элементы и элементы-примеси магматических горных пород

Тема 1. Общие понятия о породообразующих элементах и элементах-примесях в магматических горных породах. Распространенность породообразующих элементов. Положение в геохимической классификации элементов. Геохимия породообразующих элементов.

Тема 2. Химический и минеральный составы магматических горных пород и их взаимосвязь. Кристаллохимия породообразующих элементов. Ионные радиусы. Заряды

ионов. Ионный потенциал. Правила Гольдшмидта. Минералы магматических горных пород и их химический состав. Оливины. Пироксены. Амфиболы. Слюды. Полевые шпаты.

Тема 3. Геохимические группы элементов. Строение атомов элементов, ионные радиусы, валентное состояние. Крупноионные литофильные элементы (LILE). Высокочargedные элементы (HFSE). Редкоземельные элементы (REE). Элементы платиновой группы (PGE). Элементы-примеси магматических горных пород.

Тема 4. Основы поведения элементов-примесей в магматических процессах. Совместимые и несовместимые элементы. Коэффициент распределения минерал-расплава. Диаграммы Онумы. Зависимость коэффициента распределения от температуры, давления, состава расплава, состава минерала. Роль аксессуарных фаз в распределении элементов-примесей в магматических системах. Распределение элементов-примесей в системе расплав-флюид. Тетрад-эффект.

Раздел 2. Использование геохимических данных в петрологии

Тема 1. Строение Земли и основные геохимические резервуары. Оценки состава основных геохимических резервуаров. Базальты океана (MORB и OIB). Химический состав и характеристики главных резервуаров Земли, референсные модели -хондрит C1, BSE, PM. Главные мантийные резервуары: примитивная мантия, деплетированная мантия, литосферная мантия. Состав коровых пород Земли: океаническая кора, континентальная кора, осадочные породы.

Тема 2. Классификация магматических пород по химическому составу Петрохимические показатели и модули. Вариационные диаграммы и диаграммы Харкера. Петрохимические пересчеты. Метод CIPW. Определение серийной принадлежности магматических пород. Мультиэлементные диаграммы, характер распределения рассеянных элементов в главных резервуарах Земли. Статистические методы. Геохимические базы данных.

Тема 3. Основные методы и подходы к интерпретации геохимических данных. Главные факторы, определяющие специфику химического состава магматических горных пород. Интерпретация классификационных и вариационных диаграмм для Мультиэлементные диаграммы и их интерпретация. Основные источники ошибок и ограничения корректного использования геохимических данных в петрологии.

Тема 4. Геохимическое моделирование петрологических процессов. Численное моделирование процессов фракционирования и смешения магм. Моделирование процессов частичного плавления. Уравнение баланса масс. Рэлеевское фракционирование. AFC - процесс. Равновесные и фракционные кристаллизация и частичное плавление. Модальное и немодальное частичное плавление. Более сложные модели частичного плавления (динамическое, агрегированное). Использование компьютерных программ (COMAGMAT, MELTs).

Раздел 3. Интерпретации геохимических данных в петрологии

Тема 1. Интерпретация петро- и геохимических данных для ультраосновных пород. Химические классификации ультраосновных пород. Коматииты и их петрохимические типы. Мантийные перидотиты. Кимберлиты и лампроиты. Интерпретация петрохимических данных для основных пород. Классификации основных пород. Базальты океанических хребтов. Базальты океанических островов. Континентальные базальты. Толеитовые, известково-щелочные, субщелочные и щелочные базиты.

Тема 2. Интерпретация петрохимических данных для средних пород. БАДР и АДР известково-щелочные серии. Интерпретация петрохимических данных для гранитоидов. Источники кислых магм. Летучие и фракционирование кислых магм.

Химические классификации гранитоидов. Особенности петрохимии кислых вулканитов. Лейкограниты. Пегматиты. Архейские гранитоиды (ТТГ, санукитоиды). Островодужные гранитоиды. Коллизионные гранитоиды. Посторогенные гранитоиды и АМСГ-ассоциация. Внутриплитные гранитоиды.

Тема 3. Петро- и геохимические особенности метаморфических и метасоматических пород. Диаграммы для определения протолитов метаморфических пород. Петрохимические пересчеты для метасоматических пород, баланс привноса-выноса элементов.

Тема 4. Геодинамическая интерпретация петро- и геохимических данных. Дискриминационные диаграммы для базитов. Дискриминационные диаграммы для гранитоидов. Ограничения в их использовании.

4.4. Рекомендации к организации самостоятельной работы аспиранта

Самостоятельная работа аспирантов осуществляется как необходимый компонент изучения дисциплины «Интерпретация геохимических данных» на протяжении всего курса в соответствии с утверждённой в учебном плане трудоёмкостью и включает:

- самостоятельную работу по обработке аналитических и экспериментальных данных;
- обобщение и анализ, петрогеохимических данных с использованием соответствующего программного обеспечения;
- построение петрогенетических моделей применительно к объектам исследования обучающегося;
- самостоятельное изучение теоретического материала, изучение литературных источников по разделам дисциплины, в соответствии со списком рекомендованной литературы;
- написание реферата, включая выбор и обоснование темы реферата, изучение литературных, картографических и фондовых материалов по теме реферата, подготовка презентации и текстовой части реферата;
- подготовку к кандидатскому экзамену.

5. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Контроль самостоятельной работы в форме собеседования, ответов на поставленные вопросы в соответствии с перечнем вопросов и программой дисциплины, либо реферат.
2. Экзамен.

Подробно средства оценивания обучающихся приведены в Фонде оценочных средств.

6. Образовательные технологии по дисциплине.

классические лекционные технологии / дистанционные технологии.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Интерпретация геохимических данных. Под ред. Е.В.Склярова. М.: Интернет Инжиниринг, 2001. 288 с.
2. Rollinson H. R., Pease V. Using geochemical data: to understand geological processes. New York: Cambridge University Press, 2021. Second ed. 661 с. электронная версия
3. White W. M. Geochemistry. New York: Wiley-Blackwell, 2013. 670 с. электронная версия

Дополнительная литература:

1. Фор. Г. Основы изотопной геологии. М.: Мир, 1989. 590 с.

Рекомендуемые периодические издания:

1. Геохимия (Изд. МАИК «Наука»)
2. Петрология (Изд. МАИК «Наука»)
3. Journal of Petrology (Oxford Journals)
4. Lithos (Elsevier)
5. Contributions to Mineralogy and Petrology (Springer)
6. Доклады Академии Наук (Изд. МАИК «Наука»)

База данных, информационно-справочные и поисковые системы – Базы данных и ресурсы, доступ к которым обеспечен из внутренней сети ИГ КарНЦ РАН и КарНЦ РАН

Научно-электронная библиотека <http://elibrary.ru>

Информационно-справочная система <http://geo.web.ru>

База геохимических данных The GEOROC Database (Geochemistry of Rocks of the Oceans and Continents) <https://georoc.eu/georoc/new-start.asp>

База геохимических, геохронологических и петрологических данных EarthChem <https://www.earthchem.org>

База геохимических данных по геохимии горных пород PetDB <https://search.earthchem.org>

Материально-техническое обеспечение дисциплины: Необходимый аудиторный фонд предоставлен аудиториями ИГ КарНЦ РАН и ФИЦ КарНЦ РАН, оснащенными необходимым для проведения лекционных занятий оборудованием.

8. 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).