

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
«АКЦЕССОРНЫЕ МИНЕРАЛЫ МАГМАТИЧЕСКИХ
И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД
КАК ПЕТРОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ»**

**НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ
1.6.3. ПЕТРОЛОГИЯ, ВУЛКАНОЛОГИЯ**

г. Петрозаводск
2022

РАЗРАБОТЧИК ПРОГРАММЫ

М.н.с

(должность)

А.В. Кервинен

(И.О. Фамилия)

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний по петрологии и вулканологии (геологических знания о горных породах, магмах и эндогенных флюидах, возникших в условиях высоких температур и широком диапазоне давлений, а также о процессах их образования и преобразования).

Задачи дисциплины: – ознакомить аспирантов с современными методами исследования вещественного состава минералов магматических горных пород, включая микрондовые (рентгеноспектральный, вторично-ионный) методы и основными подходами к интерпретации полученных результатов; дать представления о минералогических и кристаллохимических факторах, определяющих характер процессов плавления мантийных и коровых субстратов и кристаллизационной дифференциации магматических расплавов – сформировать у аспирантов представление о минералого-геохимических закономерностях образования магматических горных пород и процессах их преобразования; – подготовить аспирантов к применению полученных знаний при осуществлении петрологических исследований.

1.2. Требования к уровню подготовки аспиранта, завершившего изучение данной дисциплины

Аспиранты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:

- иметь представление: о минералогических и кристаллохимических факторах, определяющих характер процессов плавления мантийных и коровых субстратов и кристаллизационной дифференциации магматических расплавов; об использовании свойств распространенных акцессорных минералов (циркон, рутил, апатит и др.) для геохронологических, изотопно-геохимических, геохимических, геотермобарометрических исследований в петрогенетических целях.

- знать: составы и структуры распространенных акцессорных минералов магматических, метаморфических и метасоматических пород, иметь представления об основных кристаллохимических особенностях распространенных акцессорных минералов; представлять основные кристаллохимические особенности процессов плавления и кристаллизации магматических расплавов.

- уметь: определять распространенные акцессорные минералы в штуфах и петрографических шлифах; оценивать достоверность химических анализов минералов магматических горных пород; владеть навыками обработки данных микрондовых анализов минералов, в том числе статистическими методами; работать с минералогическими базами; анализировать и интерпретировать

полученную информацию; излагать в устной и письменной форме результаты своего исследования и аргументировано отстаивать свою точку зрения в дискуссии.

1.3. Связь с предшествующими дисциплинами

Курс предполагает наличие у аспирантов знаний по общей геологии, петрографии, минералогии и геохимии в объеме программы высшего профессионального образования.

1.4. Связь с последующими дисциплинами

Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, необходимы при подготовке и написании диссертации по специальности 25.00.04 «Петрология, вулканология».

2. Содержание дисциплины

2.1. Объем дисциплины и виды учебной работы (в часах и зачетных единицах)

Вид отчетности – зачет.

Виды учебной работы	в академ. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану в том числе	144
Аудиторные занятия:	40
Лекции (Л)	14
Семинары (С)	26
Самостоятельная работа аспиранта (СР):	104

2.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Название раздела и темы дисциплины	Трудоемкость по видам учебной работы (час)			
		Всего	из них		
			лекции	семинары	самостоят. работа
1	Раздел 1. Значение акцессорных минералов в петрологических исследованиях.	66	8	18	40
2	1.1 Значение акцессорных минералов в петрологических исследованиях. Общие понятия о главных и акцессорных минералах магматических горных пород. Распространенные акцессорные минералы магматических горных пород.	34	4	10	20
3	1.2 Обзор кристаллических структур и химических составов в том числе элементов-примесей, акцессорных минералов.	32	4	8	20
4	Раздел 2. Акцессорные минералы магматических горных пород.	114	16	18	80
5	2.1 Циркон и его петрогенетическое значение	28	4	4	20
6	2.2 Рутил и его петрогенетическое значение	28	4	4	20
7	2.3 Титанит и его петрогенетическое значение	28	4	4	20

8	2.4 Бадделеит и его петрогенетическое значение	30	4	6	20
	Итого				

2.3. Лекционный курс

Раздел 1. Значение акцессорных минералов в петрологических исследованиях.

Тема 1. Общие понятия о главных и акцессорных минералах магматических горных пород. Распространенные акцессорные минералы магматических горных пород. Значение акцессорных минералов в петрологических исследованиях. Роль акцессорных минералов в балансе элементов-примесей в магматических и метаморфических породах.

Тема 2. Обзор кристаллических структур и химических составов, в том числе элементов-примесей, распространенных акцессорных минералов. Локальные рентгеноспектральные и масс-спектрометрические методы определения состава акцессорных минералов, в том числе элементов-примесей в них. Рамановская спектроскопия минералов. Акцессории – концентраторы РЗЭ. U-Pb, Lu-Hf, Sm-Nd изотопные системы акцессорных минералов. Акцессорные минералы как геохронометры.

Раздел 2. Акцессорные минералы магматических горных пород

Тема 1. Циркон и его петрогенетическое значение. Структура циркона. Изоморфизм в цирконе. Примеси в цирконе. Морфология цирконов. Зональность в цирконах. Цирконы магматических и метаморфических пород. P-T диапазон устойчивости циркона. Растворимость циркона в расплавах. РЗЭ в цирконе. Циркон как геотермометр. Циркон как геохронометр. Lu-Hf изотопная система цирконов. Изотопный состав кислорода в цирконах. Бадделеит. Монацит.

Тема 2. Рутил и его петрогенетическое значение. Структура рутила, анатаза, брукита. Высокобарные полиморфы рутила. Рамановская спектроскопия рутила и его полиморфов. Изоморфизм в полиморфах TiO₂. Примеси в рутиле. Растворимость рутила в магматических расплавах. Растворимость рутила и его полиморфов в растворах и флюидах. Рутил как геотермометр. Рутил как геохронометр. Изотопный состав кислорода в рутилах. Рутил в эклогитах и ниобиевый парадокс. Рутилы в метасоматитах рудных месторождений.

Тема 3. Акцессорный апатит и его петрогенетическое значение. Структура апатита. Изоморфизм в апатите. Примеси в апатите. РЗЭ в апатите. Зональность в апатите. Апатиты из гранитоидов. Апатиты щелочных пород. Апатиты из

кимберлитов и лампроитов. Апатиты из метасоматитов. Апатиты как геохронометры. Трековое датирование апатитов.

Тема 4. Титанит и его петрогенетическое значение. Титанит в магматических, метаморфических и осадочных комплексах: главные особенности состава, методы исследований и применение для расшифровки истории формирования пород.

Тема 5. Бадделеит в магматических и метаморфических комплексах: главные особенности состава, методы исследований и применение для расшифровки истории формирования пород.

2.4. Практические занятия (семинары)

№ п/п	Номер раздела	Количество часов	Тема практического занятия
1	1.1	10	Акцессорные минералы в магматических породах. Диагностика акцессорных минералов, выявление их структурной позиции. Работа с петрографическими шлифами магматических пород различного состава, как с интрузивными, так и вулканическими.
2	1.2	6	Локальные рентгеноспектральные и массспектрометрические методы определения состава акцессорных минералов, в том числе элементов-примесей в них. Рамановская спектроскопия минералов. Обработка результатов аналитических определений составов минералов. Интерпретация полученных данных
3	1.3	2	Минералогические базы данных.
4	2.1	4	Циркон и его петрогенетическое значение. Оптические, катод-люминесцентные, микрозондовые исследования цирконов. Геохимические особенности цирконов.
5	2.2	3	Рутил и его петрогенетическое значение. Микрозондовые исследования рутилов. Геохимические особенности рутилов.
6	2.3	3	Апатит и его петрогенетическое значение. Микрозондовые исследования апатитов. Геохимические особенности апатитов.
7	2.4	4	Титанит и его петрогенетическое значение. Микрозондовые исследования титанитов. Геохимические особенности титанитов.
8	2.5	4	Бадделеит и его петрогенетическое значение. Микрозондовые исследования бадделеита. Геохимические особенности бадделеита.

3. Организация текущего и промежуточного контроля знаний

3.1. Контрольные работы – не предусмотрены

3.2. Список вопросов для промежуточного тестирования – не предусмотрено

3.3. Самостоятельная работа

Изучение учебного материала, перенесенного с аудиторных занятий на самостоятельную проработку

Выявление информационных ресурсов в научных библиотеках и сети Internet по следующим направлениям:

- библиография;

- выбор публикаций по тематическим блокам (в том числе электронные);
- научно-исследовательская литература

Конспектирование и реферирование фондовой и опубликованной научноисследовательской и научно-методической литературы по тематическим блокам.

3.3.1. Темы, вынесенные на самостоятельное изучение аспирантов:

Раздел 1. Значение акцессорных минералов в петрологических исследованиях.

Тема 1. Распространенные акцессорные минералы магматических горных пород.

Тема 2. Обзор кристаллических структур и химических составов, в том числе элементов-примесей, распространенных акцессорных минералов.

Раздел 2. Акцессорные минералы магматических горных пород

Тема 1. Циркон и его петрогенетическое значение. Цирконы магматических и метаморфических пород.

Тема 2. Рутил и его петрогенетическое значение. Рутилы в метасоматитах рудных месторождений.

Тема 3. Апатит и его петрогенетическое значение. Апатиты как геохронометры. Трековое датирование апатитов.

Тема 4. Титанит и его петрогенетическое значение. Титанит в магматических, метаморфических и осадочных комплексах: главные особенности состава, методы исследований и применение для расшифровки истории формирования пород.

Тема 5. Бадделеит и его петрогенетическое значение. Бадделеит в магматических и метаморфических комплексах: главные особенности состава, методы исследований и применение для расшифровки истории формирования пород.

3.3.2. Поддержка самостоятельной работы: Базы данных и ресурсы, доступ к которым обеспечен из внутренней сети ИГ КарНЦ РАН: elibrary.ru с доступом к электронному каталогу и базам данных, <http://www.sciencedirect.com>, <http://www.sciencemag.org/>, <http://www.nature.com/nature/index.html>

3.3.3. Тематика рефератов – не предусмотрены.

Итоговый контроль проводится в виде зачета

4. Технические средства обучения и контроля, использование ЭВМ (Перечень обучающих, контролирующих и расчетных программ и др.): • Программы пакета Microsoft Office

5. Активные методы обучения (деловые игры, научные проекты) Не предусмотрены.

6. Материальное обеспечение дисциплины (Современные приборы, установки (стенды), необходимость специализированных лабораторий и классов):

Аудитории для проведения лекций и семинаров. Локальная компьютерная сеть (ЛКС), которая представляет собой организационно-технологический комплекс, объединяющий компьютеры сотрудников Института в единую корпоративную сеть с целью обмена цифровой информацией внутри Института. Аналитические лаборатории, позволяющие вести комплексные исследования состава горных пород, руд, минералов, донных отложений, почв, растений, питьевых, природных и сточных вод на элементном и изотопном уровнях.

7. Литература

7.1. Основная

1. Бабарина И.И., Степанова А.В., Азимов П.Я., Серебряков Н.С. Неоднородность переработки фундамента в палеопротерозойском Лапландско-Кольском коллизионном орогене, Беломорская провинция Фенноскандинавского щита // Геотектоника. 2017. № 5. С. 3–19.
2. Бабарина И.И., Сибелев О.С., Степанова А.В. Гридинская зона меланжа Беломорской эклогитовой провинции: последовательность деформаций и структурное положение роев мафических даек // Геотектоника. 2014. Т. 2014. № 4. С. 67–81.
3. Скублов С.Г., Лобач-Жученко С.Б., Гусева Н.С., Гембицкая И.М., Толмачева Е.В. Распределение редкоземельных и редких элементов в цирконах из миаскитовых лампроитов Панозерского комплекса центральной Карелии // Геохимия. – 2009. – № 9. – С. 958–971.
4. Степанова А.В., Степанов В.С., Ларионов А.Н., Азимов П.Я., Егорова С.В., Ларионова Ю.О. Габбро-анортозиты 2.5 млрд лет в Беломорской провинции Фенноскандинавского щита: петрология и тектоническая позиция // Петрология. 2017. Т. 25. № 6. С. 581–608.
5. Носырев И.В., Робул В.М., К.Е. Есипчук, В.И. Осра Генерационный анализ акцессорного циркона // М.: Наука, 1989. – 203 с.
6. Степанов В.С. Основной магматизм докембрия Западного Беломорья //Л.: Наука, 1981. 216 с.

7. Daly J.S., Balagansky V. V., Timmerman M.J., Whitehouse M.J. The Lapland-Kola orogen: Palaeoproterozoic collision and accretion of the northern Fennoscandian lithosphere // Geol. Soc. London, Mem. 2006. T. 32. № 1. С. 579–598.
8. Rubatto D. Zircon trace element geochemistry: partitioning with garnet and the link between U-Pb ages and metamorphism // Chem. Geol. – 2002. – V. 184. – P. 123–138.
9. Harley S.L., Kelly M.N., Möller A. Zircon behavior and the thermal histories of mountain chains // Elements. 2007. Vol. 3. P. 25–30.
10. Watson E.B., Wark D.A., Thomas J.B. Crystallization thermometers for zircon and rutile Contrib. Mineral. Petrol., 151, 2006, pp. 413-433

Дополнительная

1. Буланов В.А., Сизых А.И. Кристаллохимизм породообразующих минералов: Учеб. пос. Иркутск: Иркут. Ун-т, 2005. – 220 с. 7.3.

Рекомендуемые периодические издания

1. Петрология (Изд. МАИК «Наука»)
2. Доклады Академии Наук (Изд. МАИК «Наука»)
3. Геология рудных месторождений (Изд. МАИК «Наука»)
4. Journal of Petrology (Oxford Journals)
5. Геохимия (Изд. МАИК «Наука»)
6. Nature (Nature Publishing Group)
7. Precambrian Research (Elsevier)
8. Lithos (Elsevier)
9. Contributions to Mineralogy and Petrology (Springer)