

«ОДОБРЕНО»

Ученым советом ИГЕМ РАН  
Протокол № 4 от 23.03.2022  
Председатель Ученого совета  
чл.-корр. РАН В.А.Петров



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

- 1. Код и наименование дисциплины (модуля):** Аксессорные минералы магматических пород как петрогенетические индикаторы.
- 2. Уровень высшего образования:** подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.
- 3. Научная специальность:** 1.6.3 «Петрология, вулканология».
- 4. Место дисциплины (модуля) в структуре программы аспирантуры:** В – дисциплины (модули), вариативная часть.
- 5. Объем дисциплины (модуля)** составляет 6 зачетных единиц, всего 216 академических часов, из которых 36 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (12 часа занятий лекционного типа) и 180 часов составляет самостоятельная работа аспиранта (выполнение домашних заданий и написание реферата).

### 6. Входящие требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:

**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 микрозондовых 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;

**ВЛАДЕТЬ:** навыками геохимического анализа состава акцессорных минералов магматических пород; владеть базовыми компьютерными программами для обработки данных химического состава акцессорных минералов.

**7. Образовательные технологии:** классические лекционные технологии / дистанционные технологии.

**8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и вида учебных занятий:**

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Л	С	ГК	ИК	ТК	Всего	СР	П	Всего
ЗНАЧЕНИЕ АКЦЕССОРНЫХ МИНЕРАЛОВ В ПЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ: общие понятия о главных и акцессорных минералах магматических горных пород; распространенные акцессорные минералы магматических горных пород; обзор кристаллических структур и химических составов, в том числе элементов-примесей, распространенных акцессорных минералов.	54	6	12				18	36		36
АКЦЕССОРНЫЕ МИНЕРАЛЫ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД: циркон и его петрогенетическое значение; рутил и его петрогенетическое значение; акцессорный апатит и его петрогенетическое значение; Fe-Ti –оксидные акцессорные минералы и их петрогенетическое значение.	162	6	12				18	108	36	144
Промежуточная аттестация, зачет										
<b>Итого:</b>	<b>216</b>	12	24				36	144	36	180

Л - занятия лекционного типа; С - занятия семинарского типа; ГК - групповые консультации; ИК - индивидуальные консультации; ТК - учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.); СР - самостоятельная работа аспиранта, включая выполнение домашних заданий; П - подготовка рефератов и т.п.

**9. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов:** файлы презентаций лекций, основная, дополнительная и учебная литература (см. п. 10).

**10. Ресурсное обеспечение:**

*Основная литература:*

1. Перчук А.Л., Сафонов О.Г., Сазонова Л.В., Тихомиров П.Л., Плечов П.Ю., Шур М.Ю. Основы петрологии магматических и метаморфических процессов: Учебное пособие. Москва МГУ, Геологический факультет. Университетская книга, 2015. 472 с. ISBN 978-5-91304-578-2

2. Перчук А.Л., Сафонов О.Г., Плечов П.Ю. Введение в петрологию: Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2014. 130 с. ISBN 978-5-16-010122
3. Шур М.Ю., Носова А.А., Ширяев А.А., Сафонов О.Г., Япаскурт В.О., Перчук А.Л. Методы петрологических исследований: Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2014. 104 с. ISBN 978-5-16-010115-6

*Дополнительная литература:*

1. Буланов В.А., Сизых А.И. Кристаллохимизм породообразующих минералов: Учебное пособие. Иркутск: Иркут. Ун-т, 2005. 220 с.
2. Zircon. Reviews in Mineralogy & Geochemistry Vol. 53. 2002
3. Колл. авторов. Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических горных пород. Под ред. В.С. Попова и О.А. Богатикова. М., «Логос», 2001.
4. Л.Л. Перчук, И.Д. Рябчиков. Фазовое соответствие в минеральных системах. Изд. "Наука М., 1976.

*Рекомендуемые периодические издания:*

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

*Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:* Базы данных и ресурсы, доступ к которым обеспечен из внутренней сети ИГЕМ РАН: elibrary.ru с доступом к электронному каталогу и базам данных из сети Интернет, с индивидуальными параметрами входа обучающегося; Электронная информационно-образовательная среда ИГЕМ РАН.

*Описание материально-технической базы:* Необходимый аудиторный фонд предоставлен аудиторией ИГЕМ РАН, оснащенной необходимым компьютером, проектором и экраном для проведения лекционных занятий. Для проведения семинаров и самостоятельных работ используются аналитические лаборатории, позволяющие вести комплексные петрографические и минералогические исследования состава горных пород, руд, минералов с использованием просвечивающих и отражающих поляризационных микроскопов, а также бинокуляров.

**11. Язык преподавания:** русский.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

### **ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) «Аксессорные минералы магматических пород как петрогенетические индикаторы»

**Итоговый контроль:** дифференцированный зачёт (в форме оценки реферата).

#### **Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Аксессорные минералы магматических пород как петрогенетические индикаторы»**

Реферат – продукт самостоятельной работы аспиранта, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различия в точках зрения, а также собственные взгляды на нее.

Реферат состоит из 3-х частей:

1. введение (обоснование выбора темы, ее актуальность, основные цели и задачи исследования);
2. основная часть (суть исследуемой проблемы, оценка существующих в литературе основных теоретических подходов к ее решению, изложение собственного взгляда на проблему и пути ее решения и т.д.);
3. заключение (краткая формулировка основных видов и результатов, полученных в ходе исследования).

Объем работы 15-20 страниц (формат А4) печатного текста (шрифт 12, Times New Roman, через 1,5 интервала, поля: верхнее и нижнее – 2 см, левое – 2,5 см, правое – 1,5 см.). Текст может быть иллюстрирован таблицами, графиками, диаграммами, причем наиболее ценными из них являются те, что самостоятельно составлены автором. Громоздкие иллюстративные материалы должны даваться в составе приложения (Объем приложений не ограничивается, но в общий объем работы не засчитывается ).

Необходимой частью реферата является список литературы, использованной в ходе работы над выбранной темой. Список составляется в соответствии с правилами библиографического описания.

Реферат представляется на рецензирование в печатном и электронном виде. Реферат рецензируется преподавателем дисциплины (модуля).

Оценка реферата – дифференцированная в зависимости от степени соответствия реферата установленным критериям (см. ниже).

Критерии оценки реферата:

Характеристика балльной системы:

п.п.	Критерии	Показатель
1	Актуальность темы	
2	Имеется ли научная проблема в формулировке и постановке темы исследования	
3	Дан ли обзор научной литературы по теме (наличие ссылок на работы российских и зарубежных ученых)	
4	Наличие теоретической базы исследования	
5	Показана ли взаимосвязь теоретических аспектов темы с российской (международной) практикой	
6	Имеется ли статистическая информация по теме, самостоятельно обобщенная автором (таблицы, графики, расчеты и др.)	
7	Насколько развернуто и полно представлена библиография по теме	
8	Присутствуют ли собственные оценки, позиция автора по аспектам исследования	

**Показатели:** 0 баллов – полное отсутствие критерия; 1 балл – частичное выполнение критерия; 2 балла – полное выполнение критерия.

Реферат считается принятым при количестве баллов более 7. Оценка «отлично» присуждается при количестве баллов от 14 до 16; оценка «хорошо» – при количестве баллов от 11 до 13; оценка «удовлетворительно» – при количестве баллов от 8 до 10, включительно.

Если по теме дисциплины (модуля) у аспиранта имеется опубликованная/принятая в печать научная публикация в периодических журналах списка ВАК и (одновременно) базы данных Web of Science, то, при предъявлении оригинала публикации, аспирант освобождается от написания реферата и ему присуждается оценка «отлично».

### **Примеры тем рефератов:**

1. Значение акцессорных минералов в петрологических исследованиях. Общие сведения.
2. Распространенные акцессорные минералы магматических горных пород.
3. Обзор кристаллических структур и химических составов, в том числе элементов-примесей, распространенных акцессорных минералов.
4. Акцессорные минералы магматических горных пород. Общие сведения.
5. Циркон и его петрогенетическое значение. Цирконы магматических и метаморфических пород.
6. Рутил и его петрогенетическое значение. Рутилы в метасоматитах рудных месторождений.
7. Апатит и его петрогенетическое значение. Апатиты как геохронометры. Трековое датирование апатитов.
8. Fe-Ti-оксидные акцессорные минералы и их петрогенетическое значение. Пикроильменит и хром-шпинели как минералы-спутники алмаза.

## ПРОГРАММА

дисциплины (модуля) «Акцессорные минералы магматических пород как петрогенетические индикаторы»

### 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. Акцессории – концентраторы высокозарядных элементов. Fe-Ti – оксидные акцессорные минералы. 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. Р-Т 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. Высоко-барные полиморфы рутила. Рамановская спектроскопия рутила и его полиморфов. Изоморфизм в полиморфах TiO<sub>2</sub>. 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.** Fe-Ti – оксидные акцессорные минералы. Ильменит. Шпинели и магнетит. Перовскит. Структура ильменита. Структуры шпинелей. Изоморфизм в ильменитах и шпинелях. Примеси в Fe-Ti – оксидных минералах. Fe-Ti – оксидные минералы в минеральной геотермометрии. Fe-Ti – оксидные минералы как минеральные оксибарометры. Перовскит, ильменит как геохронометры. Fe-Ti – оксидные минералы в мантийных перидотитовых парагенезисах. Пикроильменит и хром-шпинели как минералы-спутники алмаза.