

«ОДОБРЕНО»

Ученым советом ИГЕМ РАН  
Протокол № 7 от 12.10.2016 г.  
Председатель Ученого совета  
д.г.-м.н., К.В. Лобанов



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. **Код и наименование дисциплины (модуля):** Методы исследования состава и структуры минеральных фаз.
2. **Уровень высшего образования:** подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. **Направление подготовки:** 05.06.01 Науки о земле. Направленность (профиль) программы: 25.00.05 Минералогия, кристаллография.
4. **Место дисциплины (модуля) в структуре программы аспирантуры:** 1.В.3 - вариативная часть.
5. **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

Код компетенции по ФГОС	Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
ПК-1	Владение современной методологией теоретических и экспериментальных научных исследований в соответствии с направленностью (профилем) программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий; представлять полученные результаты на научных конференциях и публиковать результаты научных исследований в ведущих отечественных и зарубежных профильных журналах	ЗНАТЬ: основы современных аналитических методов и технологий научных исследований по направленности (профилю) программы; основные информационно-коммуникационные технологии, З(ПК-1)-I; современное состояние науки в области направленности (профиля) программы, З(ПК-1)-II; УМЕТЬ: сопоставлять результаты, полученные разными аналитическими методами исследований; использовать современные информационно-коммуникационные технологии в научно-исследовательской деятельности, У(ПК-1)-I; разрабатывать и совершенствовать методики экспериментальных исследований по направленности (профилю) программы, У(ПК-1)-II; ВЛАДЕТЬ: навыками анализа, обобщения и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности с применением современных компьютерных и информационных технологий, В(ПК-1)-II

ПК-2	Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской деятельности; получение новых и актуальных научных результатов, выдвижение и обоснование новых гипотез в соответствии с направленностью (профилем) программы	ЗНАТЬ: историю становления и развития основных научных школ, полемику и взаимодействие между ними; общие закономерности развития наук о Земле и современное состояние научных исследований по направленности (профилю) программы, З(ПК-2)-I; УМЕТЬ: выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах в области наук о Земле; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника, У(ПК-2)-I; ВЛАДЕТЬ: навыками сбора, обработки, интерпретации и презентации данных по теме исследования; навыками критического анализа и оценки современных научных достижений по решению исследовательских и практических задач в соответствии с направленностью (профилем) программы, В(ПК-2)-I;
ПК-3	Способность обобщать и использовать результаты исследований для выявления новых явлений, закономерностей, гипотез и теоретических положений в области направленности (профиля) программы	ЗНАТЬ: современные результаты отечественных и зарубежных исследований, гипотезы и научные теории, пути решения практических задач по направленности (профилю) программы, З(ПК-3)-I; УМЕТЬ: использовать опубликованные результаты современных исследований для совершенствования методов развития научных знаний, У(ПК-3)-I; ВЛАДЕТЬ: навыками использования современных прецизионных методов исследования для решения поставленных научных задач, В(ПК-3)-I

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) приведены в Приложении.

**6. 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).

**7. Входящие требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:**

ЗНАТЬ: физические основы аналитических методов; области применения современных аналитических методов и их возможностей на конкретных примерах минералогических исследований; технические требования к пробоподготовкам;

УМЕТЬ: проводить комплексные петрологического, геохимические и минералогические исследования; работать с литературными источниками и базами аналитических данных в различных геологических науках;

ВЛАДЕТЬ: владеть навыками работы с оптическими и электронными микроскопами, рентгеновскими дифрактометрами, а также базовыми компьютерными программами для обработки данных химического элементного состава минералов, данных рентгенофазового анализа.

**8. Образовательные технологии:** классические лекционные технологии.

**9. 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	ДЗ	П	Всего
ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИТИКИ, АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ	36	2	4				6	24	6	30
ЭЛЕКТРОННО-ЗОНДОВЫЙ (РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНЫЙ) МИКРОАНАЛИЗ	36	2	4				6	24	6	30
ЛОКАЛЬНАЯ КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ	36	2	4				6	24	6	30
ВТОРИЧНО-ИОННАЯ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЯ	36	2	4				6	24	6	30
МИКРОАНАЛИЗ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЯ С ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ И ЛАЗЕРНОЙ СИСТЕМОЙ ИСПАРЕ-НИЯ ВЕЩЕСТВА С ТВЕРДОЙ ПОВЕРХНОСТИ (LAM-ICP-MS)	36	2	4				6	24	6	30
РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ	36	2	4				6	24	6	30
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); ДЗ - выполнение домашних заданий; П - подготовка рефератов и тп.

**10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов:** файлы презентаций лекций, основная, дополнительная и учебная литература (см. п. 11).

**11. Ресурсное обеспечение:**

*Основная литература:*

1. Синдо Д., Оикава Т. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия. Перевод с англ. / М. Техносфера, 2006, стр. 219–224.
2. J. Application of Cathodoluminescence Microscopy and Spectroscopy in Geosciences. Microsc. Microanal. 18, 1270–1284, 2012

*Дополнительная литература:*

1. 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, стр. 98-189.
2. 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.
3. Количественный электронно-зондовый микроанализ / Под ред. В. Скотта, Г. Лава; Перевод с англ. А. И. Козленкова, М. Мир, 1986, 351 с.
4. Мак-Хью И.А. Вторично-ионная масс-спектрометрия: В кн. Методы анализа поверхности. / Пер с англ. М.: Мир, 1979. - с. 276-342.
5. 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.
6. Pearce N.G.J., Perkins W.T., Abell I., Duller G.A., Fuge R., Mineral microanalysis by laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry, J. Anal. At. Spectrom., 7, 1992, p. 53-57.
7. Shimizu, N. Hart, S.R., 1982. Application of the ion microprobe to geochemistry and cosmochemistry. Annual Review of Earth and Planetary Sciences 10, 483-526.
8. Васичев Б.Н. Электронно-зондовый микроанализ тонких плёнок, М., "Металлургия 1977, 239 с.
9. Рид. Электронно-зондовый микроанализ. М. "Мир 1979, 423 с.
10. Brooks, R.J., Finch, A.A., Hole, D.E., Townsend, P.D., Wu, Z.-L. (2002) The red to nearinfrared luminescence in alkali feldspar. Contrib. Mineral. Petrol. 143: 484-494.
11. Götze, J., Habermann, D., Kempe, U., Neuser, R.D., Richter, D.K. (1999d): Cathodoluminescence microscopy and spectroscopy of plagioclases from lunar soil (Luna20, Luna 24). Amer. Miner. 84: 1027-1032.
12. Krbetschek, M.R., Götze, J., Irmer, G., Rieser, U., Trautmann, T. (2002) The red luminescence emission of feldspar and its wavelength dependence on K, Na, Ca - composition. Mineralogy and Petrology 76: 167-177.
13. Mora, C.I. and Ramseyer, K. (1992): Cathodoluminescence of coexisting plagioclases, Boehls Butte anorthosite: CL activators and fluid flow paths. Amer. Miner. 77: 1258-1265.
14. White, W.B., Masako, M., Linnehan, D.G., Furukawa, T., Chandrasekhar, B.K. (1986): Absorption and luminescence of Fe<sup>3+</sup> in single-crystal orthoclase. Amer. Miner. 71: 1415-1419.
15. Лапина М.И., Мохов А.В. Методика подготовки эталонов для просвечивающей, растровой электронной микроскопии и микрозондового анализа. Изв. АН России, сер. физическая, 1995, 59, 2, 38-41.
16. Cliff G., Lorimer G. W. The quantitative analysis of thin specimen. J. Microscopy, 1975, 103, p. 203-207.
17. Statham P.G., Pawley J.B. A new method for particle analysis based of peak-to-background ration, Microbeam Analysis, 1979, p.247-254.

*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»)

*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 исследований по направленности программы.

**12. Язык преподавания:** русский.

**13. Преподаватель:** д.г.-м.н. А.В. Мохов

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) «Методы исследования состава и структуры минеральных фаз»

**Итоговый контроль:** реферат, зачет с оценкой.

**Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Методы исследования состава и структуры минеральных фаз» на основе карт компетенции выпускников**

Результат обучения	Критерии и показатели оценивания результата обучения					Оценочные средства
по дисциплине (модулю)	по дисциплине (модулю), баллы					
	1	2	3	4	5	
Знать основы современных аналитических методов и технологий научных исследований по направленности (профилю) программы; основные информационно-коммуникационные технологии, З(ПК-1)-I	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Знать современное состояние науки в области направленности (профиля) программы, З(ПК-1)-II	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Уметь сопоставлять результаты, полученные разными аналитическими методами исследований; использовать современные информационно-коммуникационные технологии в научно-исследовательской деятельности, У(ПК-1)-I	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Уметь разрабатывать и совершенствовать методики экспериментальных исследований по направленности (профилю) программы, У(ПК-1)-II	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Владеть навыками анализа, обобщения и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности с применением современных компьютерных и информационных технологий, В(ПК-1)-II	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Знать историю становления и развития основных научных школ, полемику и взаимодействие между ними; общие закономерности развития наук о Земле и современное состояние научных исследований по направленности (профилю) программы, З(ПК-2)-I	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование

Уметь выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах в области наук о Земле; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника, У(ПК-2)-I	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Владеть навыками сбора, обработки, интерпретации и презентации данных по теме исследования; навыками критического анализа и оценки современных научных достижений по решению исследовательских и практических задач в соответствии с направленностью (профилем) программы, В(ПК-2)-I	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Знать современные результаты отечественных и зарубежных исследований, гипотезы и научные теории, пути решения практических задач по направленности (профилю) программы, З(ПК-3)-I	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Уметь использовать опубликованные результаты современных исследований для совершенствования методов развития научных знаний, У(ПК-3)-I	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Владеть навыками использования современных прецизионных методов исследования для решения поставленных научных задач, В(ПК-3)-I	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование

В ходе проведения собеседования, результат освоения компетенции оценивается по сто бальной шкале, согласно таблице освоения результатов. Аспирант получает допуск к зачету (промежуточная аттестация) и к экзамену (итоговая аттестация) если среднее количество баллов освоения компетенций более 30.

Характеристика балльной системы:

<b>Показатели уровня сформированности компетенций знания, практические умения, опыт деятельности, которые должен получить и уметь продемонстрировать обучающийся после освоения дисциплины</b>	<b>Баллы</b>
Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию аспиранта. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные аспирантом самостоятельно в процессе ответа.	100-90
Дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен в терминах науки. Могут быть допущены 1-2 ошибки в определении основных понятий, которые аспирант затрудняется исправить самостоятельно.	89-60
Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Аспирант не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Аспирант может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	59-30

Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Аспирант не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа аспиранта не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.	29-1
Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины.	0

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 различные точки 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 состоит из 2-3 параграфов, в которых раскрывается 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 25-30 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 «удовлетворительн» – 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 вопросов к промежуточному контролю (темы рефератов, вопросы для индивидуального собеседования):**

1. Перечислите основные способы возбуждения образцов
2. Перечислите основные физические эффекты, используемые для регистрации отклика от образца
3. Почему рентгеноаморфные образцы могут давать картины электронной дифракции?
4. От каких характеристик зависит размер зоны рентгеновского возбуждения в образце?
5. Чем вызван эффект муара на электронно-микроскопических снимках?
6. Достоинства и недостатки ЭДС и волнового спектрометров?
7. Как изменятся результаты количественного электронно-зондового микроанализа при наклоне образца в сторону детектора?
8. Как выявить эффект вторичной дифракции?
9. Какие физические явления положены в основу?
10. Каковы основные свойства энергодисперсионных и волновых спектрометров?
11. В чем суть коррекции ZAF? В каких случаях эффективнее использовать PhyRoZet-метод?
12. С какими физическими характеристиками кристалла может быть связана катодолюминесценция?
13. В каких минералах можно наблюдать катодолюминесценцию?
14. Какие значения параметров электронного пучка (ускоряющее напряжение, ток) обычно используются для исследования образца методом локальной катодолюминесценции? Что дает изменение этих параметров?
15. Как происходит получение спектра катодолюминесценции?
16. Необходима ли предварительная пробоподготовка образцов для изучения их методом катодолюминесценции?
17. Сравнительная характеристика микроанализа методом вторично-ионной масс-спектрометрии и LAM-ICP-MS: чувствительность, локальность, анализируемые элементы

## **ПРОГРАММА**

дисциплины (модуля) «Методы исследования состава и структуры минеральных фаз»

**Раздел 1. Химические и физические основы аналитики. Общие принципы функционирования аналитической аппаратуры. Возбуждение образца и аналитический отклик. Предел обнаружения и точность измерения.**

### **Раздел 2. Аналитическая электронная микроскопия**

1. Сканирующая электронная микроскопия
  - 1.1. Физические основы. Вторичные, отражённые электроны и характеристическое рентгеновское излучение
  - 1.2. Устройство и работа сканирующего электронного микроскопа и его детекторов
  - 1.3. Подготовка объектов для исследования
  - 1.4. Проблемы количественного анализа
2. Просвечивающая электронная микроскопия
  - 2.1. Физические основы. Проходящие, отражённые электроны и характеристическое рентгеновское излучение. Дифракция электронов
  - 2.2. Устройство и работа просвечивающего электронного микроскопа и его детекторов
  - 2.3. Подготовка объектов для исследования
  - 2.4. Микродифракционные картины, и их интерпретация. Программы расчёта
  - 2.5. Картины высокого разрешения. Программы обработки
  - 2.6. Высокотокальный качественный и количественный элементный анализ

### **Раздел 3. Электронно-зондовый (рентгеноспектральный) микроанализ**

1. Физические основы рентгеноспектрального микроанализа
2. Устройство и работа рентгеноспектрального микроанализатора
  - 2.1. Электронная оптика
  - 2.2. Рентгеновская оптика
  - 2.3. Рентгеноспектральные детекторы энергодисперсионные и волновые, кристаллы-анализаторы
  - 2.4. Шлюзование
  - 2.5. Компьютерное управление спектрометрами и перемещением образцов
3. Подготовка объектов для исследования
4. Проблемы количественного анализа
  - 4.1. Наложение линий характеристического рентгеновского излучения
  - 4.2. Матричные эффекты и коррекция ZAF
  - 4.3. Калибровка и требования к стандартам

### **Раздел 4. Локальная катодолюминесценция**

1. Физическая природа катодолюминесценции
  - 1.1. Возбужденное электронное состояние и излучение фотона
  - 1.2. Типы катодолюминесценции по природе основного и возбужденного состояния
2. Оборудование для локальной катодолюминесценции
  - 2.1. Использование рентгеноспектрального микроанализатора
  - 2.2. Оптическая фиксация, оптический спектрометр
3. Минералогическое и петрологическое применение локальной катодолюминесценции

## **Раздел 5. Вторично-ионная масс-спектрометрия**

1. Физические основы вторично-ионной масс-спектрометрии
  - 1.1. Взаимодействие быстрых ионов с твердым телом
  - 1.2. Вторичная ионная эмиссия
2. Оборудование для микроанализа методом вторично-ионной масс-спектрометрии
  - 2.1. Источники первичных ионов
  - 2.2. Система фокусировки пучка
  - 2.3. Держатель образца
  - 2.4. Линзы вторичных ионов
  - 2.5. Масс-спектрометр
  - 2.6. Высокочувствительная система регистрации ионов
3. Подготовка объектов для исследования
4. Особенности количественного анализа
  - 4.1. Стандартизация рабочих параметров прибора
  - 4.2. Нормировка интенсивностей и концентраций
  - 4.3. Проблема геохимических стандартов
  - 4.4. Возможность анализа легких элементов
  - 4.5. Чувствительность, локальность и применимость метода в минералогии

## **Раздел 6. Микроанализ масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой и лазерной системой испарения вещества с твердой поверхности (LAM-ICP-MS)**

1. Физические основы метода LAM-ICP-MS
2. Техника для анализа редких элементов методом LAM-ICP-MS
3. Особенности количественного анализа методом LAM-ICP-MS

## **Раздел 7. Рентгеноструктурный анализ**

1. Дифракция рентгеновских лучей
2. Устройство и работа порошкового и монокристалльного дифрактометров
3. Подготовка объектов для исследования
4. Рентгенограммы и рентгеновские спектры и их интерпретация. Программы расчёта