

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана Геологического факультета  
чл.-корр. РАН

\_\_\_\_\_/Н.Н.Ерёмин/

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Минералогия литофильных редких элементов в гранитоидных и щелочных комплексах**

Автор-составитель: Пеков И.В.

**Уровень высшего образования:**

*Магистратура ИМ*

**Направление подготовки:**

**05.04.01 Геология**

**Направленность (профиль) ОПОП:**

**Геохимия**

**Магистерская программа**

**Геммология**

Форма обучения:

*Очная*

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методическим Советом Геологического факультета  
(протокол № \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_)

Москва

---

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*).

Год (годы) приема на обучение – 2022.

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова  
*Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.*

## Цель и задачи дисциплины

**Цель** – расширение общего научного и научно-практического кругозора в областях минералогии, кристаллохимии и геохимии на примере большой группы редких элементов в гранитоидных и щелочных комплексах и получение систематических знаний о них на современном уровне;

### Задачи:

- подготовка учащихся к решению минералогических задач
- ознакомление с современным состоянием минералогии, в том числе структурной и генетической, Li, Be, B, Rb, Sr, Ba, Y, лантаноидов, Zr, Hf, Nb и Ta

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе рассматриваются:

- Современная трактовка основных понятий минералогии, кристаллохимии, химии и геохимии, в применении к редкоэлементной тематике в гранитоидных и щелочных комплексах.

Общая характеристика литофильных редких элементов в геохимико-генетическом аспекте. Общая и генетическая минералогия, базовые представления о кристаллохимии и геохимии концентрированного состояния лития, бериллия, бора, рубидия, цезия, стронция, бария, иттрия, лантаноидов всего ряда, циркония, гафния, ниобия и тантала. Характеристика ведущих минералов этих элементов, главных обстановок нахождения и условий формирования редкоэлементной минерализации. Краткие сведения о месторождениях редких элементов в гранитоидных и щелочных комплексах.

- Собственные минералы и минералы-концентраты химического элемента. Общая характеристика редких элементов в геохимико-генетическом аспекте.

**1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО** – вариативная часть, профессиональный цикл, профессиональные обязательные дисциплины.

**2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:**

освоение дисциплин «Общая геология», «Общая химия», «Минералогия», «Геохимия».

Дисциплина необходима для научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ.

**3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.**

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ОПК-4.М Способен в процессе решения профессиональных задач самостоятельно получать, интерпретировать и обобщать результаты, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию (формируется частично)	М.ОПК-4. И-1. Владеет навыками самостоятельного получения результатов при решении задач профессиональной деятельности. М.ОПК-4. И-2. Объективно оценивает полученные результаты, обобщает их, формулирует выводы. М.ОПК-4. И-3. Использует полученные результаты	<b>Знает:</b> физико-химические законы, управляющие поведением элементов в минералообразующих системах, современное состояние минералогии, в том числе структурной и генетической, Li, Be, B, Rb, Sr, Ba, Y, лантаноидов, Zr, Hf, Nb и Ta; <b>умеет:</b> самостоятельно разобраться с оригинальными аналитическими данными, касающимися минералов редких элементов, которые могут быть получены им в процессе научной или научно-производственной работы; <b>владеет:</b> современными подходами к

	для выработки рекомендаций по их практическому использованию.	изучению минералов редких элементов в гранитоидных и щелочных комплексах.
ПК- 6.М Способен использовать современные методы обработки и интерпретации комплексной информации для решения производственных задач (формируется частично)	<b>М.ПК-6. И-1.</b> Имеет представление о современных методах обработки и комплексной интерпретации информации, используемых для решения производственных задач (по профилю подготовки). <b>М.ПК-6. И-2.</b> Применяет методы обработки и комплексной интерпретации информации с использованием стандартных и специализированных программных пакетов	<b>Умеет:</b> использовать минералогические и кристаллохимические параметры для интерпретации геологических и геохимических данных.

**4. Формат обучения** – лекционные и семинарские занятия, не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.).

**5. Объем дисциплины (модуля)** составляет **3** з.е., в том числе **56** академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (занятия лекционного типа), **16** академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы * (виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа		Всего
Вводная часть. Литий. Бериллий. Бор		24			24	6
Цезий и рубидий. Редкоземельные элементы. Цирконий и гафний		24			24	6
Ниобий и тантал		8			8	4
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>						
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>56</b>				<b>16</b>

## Содержание разделов дисциплины:

Содержание лекционных и семинарских занятий

Лекция 1-2.

Вводная часть. Краткая информация о том, что и в каких аспектах будет рассматриваться в рамках курса. Современная трактовка основных понятий минералогии, кристаллохимии, химии и геохимии, которые наиболее часто затрагиваются в данном курсе. Собственные минералы и минералы-концентраты химического элемента. Общая характеристика литофильных редких элементов в геохимико-генетическом аспекте.

Лекции 3-8. Литий. Строение атома и свойства элемента. Особенности нуклеосинтеза «дефицитных» элементов – Li, Be и B. Литий в структурах минералов: различия между поведением в тетраэдрической и октаэдрической координациях, изоморфные замещения с участием Li. Общие особенности поведения и механизмы накопления лития в минералообразующих системах. Литиевая минерализация и ее эволюция в: гранитных пегматитах (в т.ч. классификация редкометальных гранитных пегматитов по типам литиевой минерализации); грейзенах и цвиттерах; агапитовых постмагматических системах. Важнейшие «несобственные» минералы-концентраты лития. Сподумен и сподуменовые пегматиты. Петалит и петалитовая подформация редкометальных пегматитов. Эвкрипит и бикитаит. Литий в турмалинах. Литиевые и Li-содержащие слюды: разнообразие, кристаллохимия, распределение катионов и сопряженные изоморфные замещения, «связка» Li–F, типоморфизм и эволюция состава Li-слюд в дифференциатах гранитоидов и высокощелочных пород. Кукеит. Литиевые и Li-содержащие амфиболы: разнообразие, структурное положение лития и изоморфные замещения с его участием, обстановки нахождения. Группы нептунита и осумилита. Ряд амблигонит–монтебразит. Ряд трифилин–литофилит и процессы изменения этих фосфатов. Литиевые фторалюминаты и танталаты.

Лекции 9-17. Бериллий. Строение атома и свойства элемента. Особенности кристаллохимии бериллия, причины его кристаллохимической индивидуальности. Случаи изоморфизма Be с Al, B, Li в минералах. Бериллиевая минерализация и ее эволюция в: гранитных пегматитах; грейзенах и цвиттерах; контактовых метасоматитах; гидротермалитах; щелочных постмагматических системах. Связь кристаллохимических особенностей минералов бериллия с щелочностью среды. Группа берилла: структурно-химические особенности, сопряженные изоморфные замещения, роль щелочных катионов и воды (воробьевит, пеззоттаит, водно-натриевый берилл), типохимизм, генетические типы берилловой минерализации, бацит. Хризоберилл и мариинскит. Группа тааффеита. Бромеллит. Фенакит. Бертрандит. Группа гельвина: кристаллохимия, генетические типы минерализации. Гадолинит-(Y). Эвклаз. Бавенит. Лейкофан. Щелочные бериллосиликаты (чкаловит, тугтупит, эпидидимит, группа лейфита) и эволюция бериллосиликатной минерализации в агапитовых комплексах. Фосфаты бериллия и гипергенная бериллиевая минерализация. Бораты бериллия.

Лекции 18-24. Бор. Строение атома и свойства элемента. Основные принципы структурной химии бора, причины его кристаллохимической индивидуальности, разнообразия и своеобразия борных минералов. Типы боратных и боросиликатных анионов. Различия в свойствах и генезисе у минералов с бором в треугольном и тетраэдрическом кислородном окружении. Природные бораты: классификации, связь структуры с условиями образования, типоморфизм. Эндогенная и экзогенная ветви минералогии бора, различия между ними. Вулканогенная борная минерализация. Вулканогенно-осадочная бороносная формация: генетические типы месторождений и проявлений, их возраст, механизмы боратообразования. Борная минерализация морского осадочного генезиса, боратообразование при галокинезе. Элювиальные, постэлювиальные и другие экзогенные месторождения и проявления боратов. Борная минерализация, связанная со скарнами: в магнезиальных скарнах и кальцифирах; в апомагнезиальных известковых скарнах; в марганцовистых скарноидах; в известковых скарнах; в скарново-

грейзеновых образованиях. Минералы бора в гранитных пегматитах и нормальных грейзенах. Борная минерализация в метаморфитах разных типов. Бораты надгруппы людовигита. Котоит и суанит. Минералы ряда флюоборит–гидроксилборит. Магнезиально-кальциевые бораты и карбонато-бораты. Перцевит и борсодержащие минералы группы гумита. Бор в минералах группы этрингита. Гамбергит, еремеевит и минералы ряда родицит–лондонит. Бораты Та и Nb. Ссайбелиит. Борацит. Группа хильгардита. Калиборит. Гидроборацит. Бура и тинкалкониит. Кернит. Улексит. Иньоит. Колеманит. Прайсеит. Стронциевые бораты. Природные борные кислоты. Группа данбуриита. Ридмерджерит. Датолит и изоморфизм в минералах структурного типа датолита–гадолинита. Турмалины. Группа аксинита. Бор в слюдах и хлоритах. Группа дюмортьерита. Бор в минералах группы везувиана.

Лекция 25-32. Цезий и рубидий. Строение атомов и свойства элементов. Сравнительная кристаллохимия цезия в концентрированном и рассеянном состояниях, структурные особенности собственных минералов цезия. Разделение цезия и калия в природных системах. Коэффициент агпаитности как величина, определяющая минералогию цезия. Генетические типы цезиевой минерализации. Поллуцит и поллуцитоносные гранитные пегматиты. Другие минералы цезия в гранитных и щелочных пегматитах. Рубидий – ярчайший пример рассеянного элемента. Калиевые минералы – концентраторы Rb. Собственные минералы рубидия – рубиклин и волошинит. Механизмы концентрирования рубидия и отделения его от калия. Халькогенидная ветвь цезиевой и рубидиевой минерализации и причины халькофильного поведения Cs и Rb.

Барий и стронций. Строение атомов и свойства элементов. Сходство и различия в кристаллохимии и геохимии бария и стронция. Изоморфные замещения с участием Ba и Sr, распределение этих элементов между сосуществующими минералами.

Индивидуальные черты минералогии бария и стронция. Стронциевая и бариевая минерализация в экзогенных образованиях. Высокобариевые метаморфиты. Стронциевая и бариевая минерализация в дифференциатах щелочных пород. Обогащенные Sr и Ba карбонатиты. Барит и целестин. Витерит и стронцианит. Группа анкилита. Двойные карбонаты Ba и Ca. Группа бербанкита и карбоцернаит. Группа маккельвиита. Слоистые BaREE-фторкарбонаты. Стронций в минералах группы апатита. Минералы группы лампрофиллита. Бариевые гетерофиллосиликаты. Sr и Ba в оксидах групп перовскита и криптомелана. Бариевые урановые слюдки.

Лекции 33-40. Редкоземельные элементы (REE = лантаноиды + иттрий). Строение атомов и свойства элементов. Главные особенности структурной химии REE. Изоморфные замещения с участием REE в минералах. Эффект лантаноидного сжатия и его значение в минералогической кристаллохимии. Разделение лантаноидов на геохимико-кристаллохимические подгруппы. Структурная избирательность минералов в отношении определенных REE; селективные и комплексные («безразличные») редкоземельные минералы; фракционирование REE между минералами и по позициям в одной структуре. Современная номенклатура редкоземельных минералов; правило Левинсона. Собственные минералы индивидуальных REE. Акцессорная редкоземельная минерализация в магматических породах нормального ряда. Редкоземельная минерализация в гранитных пегматитах. Минералы REE в жилах альпийского типа. Редкоземельная минерализация в комплексах пород щелочной формации: щелочных гранитах; щелочных сиенитах и их производных; карбонатитах; фенитах; агпаитовых породах и их дифференциатах. Кристаллохимическая специфика минералов REE и эволюция редкоземельной минерализации в щелочных магматических комплексах. Минералогенез REE в экзогенных условиях. Монацит-(Ce). Рабдофан-(Ce). Ксенотим-(Y). Чёрчит-(Y). Редкоземельные элементы в фосфатах надгруппы апатита. Группа флоренсита. Арсенаты серии агардита. Алланит-(Ce) и другие REE-содержащие минералы группы эпидота. Группа чевкинита–перрьерита. Бритолиты – редкоземельные силикатные апатиты. Редкоземельные члены группы датолита–гадолинита. Щелочные редкоземельные силикаты. Редкоземельные

карбонаты полисоматического семейства бастнезита–фатерита: структурные особенности, разнообразие, обстановки формирования, месторождения. REE в карбонатах групп анкилита, бербанкита, маккельвиита. Особенности фракционирования REE в сложных оксидах группы кричтонита. Группа перовскита: изоморфные замещения с участием REE, обстановки формирования, лопаритовые месторождения. Собственно редкоземельные и REE-содержащие тантало-ниобаты. Церианит – минерал четырехвалентного церия. Генетическая кристаллохимия REE во флюорите и твейтите-(Y). Гагаринит-(Y). Лекция 41-48. Цирконий и гафний. Строение атомов и свойства элементов. Причины и следствия кристаллохимической близости циркония и гафния. Природные системы, в которых происходит разделение Zr и Hf; гафнон. Общие особенности кристаллохимии и минералогии циркония. Изоморфные замещения с участием Zr. Сравнительная кристаллохимия Zr, Ti и Nb; минералогические и геохимические следствия кристаллохимических различий между этими элементами. Генетическая кристаллохимия силикатов с Zr. Циркон: химический состав, изоморфизм, обстановки формирования, научная и практическая значимость. Группа эвдиалита. Группа ловозерита. Вадеит и катаплеит. Группа илерита. Паракелдышит. Эльпидит. Диортосиликаты групп вёлерита и розенбушита. Согдианит и цектцерит. Циркониевые гранаты. Бадделеит. Цирконолиты. Кальциртит и тажеранит. Фосфаты и карбонаты циркония. Лекции 49-56. Ниобий и тантал. Строение атомов и свойства элементов. Сходство и различия в кристаллохимии и минералогии ниобия и тантала. Изоморфные замещения с участием Nb и Ta. Танталовая минерализация в редкометальных гранитных пегматитах. Акцессорная ниобиевая минерализация в магматических породах. Минералы ниобия в пегматитах нормальных и щелочных гранитов. Оксидная ниобиевая минерализация в дифференциатах и метасоматитах щелочных силикатных пород и в карбонатитах. Ниобосиликаты в высокощелочных системах. Группа пирохлора: вариации состава, типохимизм, природные процессы ионного обмена, декатионирования и гидратации. Структурная вариативность тантало-ниобатов, производных от структурного архетипа брукита. Группа иксиолита. Колумбиты–танталиты. Группа воджинита и тантало-ниобаты с видообразующим вольфрамом. Тапиолит и Nb,Ta-содержащий рутил. Группа стибииотанталита. Группы эшинита и эвксенита. Группа фергюсонита. Самарскит и ишикаваит. Nb и Ta в оксидах группы перовскита. Водные ниобаты группы франконита. Ниобиевые силикооксиды. Группа лабунцовита. Вуоннемит, процессы и продукты его изменения. Nb и Ta в минералах группы эвдиалита. Холтит. Ниобиевые сульфиды.

## **7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

### **7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.**

Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные опросы.

#### ***Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля***

##### **ВВОДНАЯ ЧАСТЬ**

Литофильные элементы. Признаки, по которым химические элементы относятся к литофильным, сидерофильным или халькофильным.

Собственные минералы и минералы-концентраты того или иного химического элемента.

##### **ЛИТИЙ**

Почему литий, бериллий и бор, несмотря на малые атомные номера, относятся к редким элементам?

Главные генетические типы литиевой минерализации.

Литиевая минерализация в гранитных пегматитах.

Изоморфизм с участием лития в минералах. Связь характера изоморфизма с координацией лития.

Главные минералы лития.

Сподумен и петалит: общие черты и различия – кристаллохимические и генетические.

Литиевые слюды: разнообразие, кристаллохимические особенности, генезис.

Литиевые амфиболы: разнообразие, изоморфизм катионов, генезис.

Несиликатные минералы лития.

БЕРИЛЛИЙ

Главные генетические типы бериллиевой минерализации.

Изоморфизм с участием бериллия в минералах. Причины, по которым бериллий обособливается в кристаллических структурах.

Главные минералы бериллия.

Различия в составе бериллиевой минерализации и в кристаллохимии минералов бериллия в дифференциатах гранитоидов нормального ряда и в дифференциатах щелочных пород. Кристаллохимические особенности берилла и изоморфные замещения в нем. Щелочные металлы в берилле.

Несиликатные минералы бериллия.

Фенакит и бертрандит: генетические типы месторождений (проявлений).

Минералы группы гельвина: кристаллохимия, катионный изоморфизм и генетические типы месторождений (проявлений).

Гадолинит и датолит: кристаллохимия, катионный изоморфизм и генетические типы месторождений (проявлений).

БОР

Главные индивидуальные особенности кристаллохимии бора в минералах и причины, определяющие его кристаллохимическую индивидуальность.

Главные минералы бора.

Бораты эндогенного и экзогенного происхождения: различия в химическом и структурном аспектах.

Главные генетические типы экзогенных борных месторождений (проявлений) и их минералогические различия.

Борная минерализация в скарнах разных типов и гранитных пегматитах.

Эндогенные Mg- и Fe-бораты.

Экзогенные Mg- и Ca-бораты.

Натриевые бораты.

Кальциевые боросиликаты.

Минералы групп турмалина и аксинита: разнообразие, катионный изоморфизм и генезис.

ЦЕЗИЙ и РУБИДИЙ

Главные особенности кристаллохимии рубидия и цезия в минералах, в том числе изоморфизм с участием Rb и Cs.

Генетические типы цезиевой и рубидиевой минерализации. Главные минералы-концентраторы рубидия и цезия.

СТРОНЦИЙ и БАРИЙ

Сходства и различия в кристаллохимии стронция и бария в минералах.

Главные генетические типы стронциевой и бариевой минерализации.

Главные собственные минералы и минералы-концентраторы стронция и бария.

Природные карбонаты стронция и бария. Обстановки их образования.

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Общие особенности кристаллохимии REE в минералах. Различия в кристаллохимии двух групп REE (цериевой и иттриевой) в минералах и причины этих различий.

Изоморфизм REE с другими элементами в минералах.

Номенклатура редкоземельных минералов. Правило Левинсона.

Селективные и комплексные («безразличные») редкоземельные минералы. Причины резкой селективности минералов в отношении определенных REE. Фракционирование REE между минералами.

Главные генетические типы редкоземельной минерализации.

Пары монацит – ксенотим и монацит – рабдофан: общие черты и различия в кристаллохимии и генезисе.

Редкоземельные минералы, принадлежащие к структурному архетипу апатита и его производным.

Редкоземельные карбонаты.

Редкоземельные минералы и главные «несобственные» минералы-концентраторы REE, относящиеся к оксидам и галогенидам.

### ЦИРКОНИЙ

Особенности кристаллохимии и изоморфизм циркония в минералах.

Кристаллохимические различия между Zr и Ti.

Циркон: изоморфизм и генетические типы минерализации.

Эвдиалиты: основные особенности кристаллохимии и генезис.

Природные оксиды циркония.

### НИОБИЙ и ТАНТАЛ

Кристаллохимия ниобия и тантала: общие особенности и различия. Изоморфизм ниобия и тантала с другими элементами в минералах.

Главные минералы ниобия и тантала.

Генетические типы ниобиевой и танталовой минерализации.

Минералы группы пироклора: химическое разнообразие, изоморфизм, ионообменные свойства, генетические типы месторождений (проявлений).

Члены группы колумбита и родственные им минералы со структурами, производными от структурного архетипа брукита: связь «химический состав – структура», генетические типы месторождений (проявлений).

Редкоземельные тантало-ниобаты и титано-ниобаты.

Ниобий и REE в минералах группы перовскита.

### **Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.**

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: современного состояния минералогии, в том числе структурной и генетической, Li, Be, B, Rb, Sr, Ba, Y, лантаноидов, Zr, Hf, Nb и Ta	Знания отсутствуют или весьма фрагментарны	Знания есть, но отсутствует их систематичность	Знания систематические, но имеются пробелы	Систематические знания в достаточном объеме
Умения: самостоятельно разбираться с оригинальными аналитическими данными, касающимися минералов редких элементов,	Умения отсутствуют	Демонстрирует умения только по отдельным пунктам	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	Успешное умение самостоятельно разбираться с оригинальными аналитическими данными

которые могут быть получены им в процессе научной или научно-производственной работы				
Владения: современными подходами к изучению минералов редких элементов	Навыки владения отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки использования, но имеются пробелы	Владение современным и подходами к изучению минералов редких элементов

## 8. Ресурсное обеспечение:

### А) Перечень основной и дополнительной литературы.

а) основная литература: отсутствует (база – материал лекций)

б) дополнительная литература:

Волошин А.В. (1993): Тантало-ниобаты: систематика, кристаллохимия и эволюция минералообразования в гранитных пегматитах. СПб., Наука, 297 с.

Волошин А.В., Пахомовский Я.А. (1988): Минералогия тантала и ниобия в редкометалльных пегматитах. Л., Наука. 239 с.

Воронков А.А., Шумяцкая Н.Г., Пятенко Ю.А. (1978): Кристаллохимия минералов циркония и их искусственных аналогов. М., Наука, 181 с.

Загорский В.Е., Макагон В.М., Шмакин Б.М., Макрыгина В.А., Кузнецова Л.Г. (1997): Гранитные пегматиты. Т. 2. Редкометалльные пегматиты. Новосибирск: Наука. 285 с.

Нетрадиционные типы редкометалльного минерального сырья (1991). М., Недра, 248 с.

Пеков И.В., Кононкова Н.Н. (2010): Рубидиевая минерализация в редкометалльных гранитных пегматитах Вороньих тундр (Кольский полуостров, Россия) // Геохимия, 7, 741-760.

Пятенко Ю.А. (1990): Основные черты минералогической кристаллохимии лития // Изв. АН, сер. геол., 4, 67-74.

Пятенко Ю.А., Курова Т.А., Черницова Н.М., Пудовкина З.В., Блинов В.А., Максимова Н.В. (1999): Ниобий, тантал и цирконий в минералах. М., Изд. ИМГРЭ, 213 с.

Пятенко Ю.А., Угрюмова Н.Г. (1988): Минералогическая кристаллохимия редкоземельных элементов // Изв. АН, сер. геол., 11, 75-86.

Солодов Н.А., Балашов Л.С., Кременецкий А.А. (1980): Геохимия лития, рубидия и цезия. М.: Недра. 233 с.

Хомяков А.П. (1990): Минералогия ультраагпаитовых щелочных пород. М., Наука, 196 с.

Bayliss P., Levinson A.A. (1988): A system of nomenclature for rare earth mineral species: revision and extension // Amer. Miner., v. 73, 422-423.

Henderson P. (1984): Rare Earth Element Geochemistry. Elsevier, 510 pp

Б) Перечень лицензионного программного обеспечения – не требуется

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем - не требуется

Г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (лицензионное программное обеспечение не требуется):

Д) Материально-технического обеспечение: - мультимедийный проектор, компьютер, экран.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – И.В. Пеков

11. Автор (авторы) программы – главный научный сотрудник И.В. Пеков