

«УТВЕРЖДАЮ»
Декан геологического факультета МГУ
академик Д.Ю. Пушаровский
«2» сентября 2015 года



Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Код и наименование дисциплины (модуля) **Минералогия редких элементов в гранитоидных и щелочных комплексах**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. **Направление подготовки 05.06.01 Науки о Земле. Направленность программы «Минералогия, кристаллография».**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП **относится к вариативной части ОПОП и является элективом для освоения на определенном периоде обучения (2-й год, 3-й семестр)**
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том	З1 (УК-1) <i>Знать</i> основные методы научно-исследовательской деятельности. У1 (УК-1) <i>Уметь</i> выделять и систематизировать основные идеи в

<p>числе в междисциплинарных областях</p>	<p>научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач. В1(УК-1) Владеть навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования</p>
<p>ОПК-1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области минералогии и кристаллографии с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>З1 (ОПК-1) ЗНАТЬ: цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов У1 (ОПК--1) УМЕТЬ: составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты В1(ОПК--1) ВЛАДЕТЬ: систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме</p>
<p>ПК1 Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области минералогии и кристаллографии</p>	<p>З1 (ОПК-1) ЗНАТЬ: современное состояние минералогии, в том числе структурной и генетической, Li, Be, В, Rb, Sr, Ва, Y, лантаноидов, Zr, Hf, Nb и Та У1 (ОПК--1) УМЕТЬ: самостоятельно разобраться с оригинальными аналитическими данными, касающимися минералов редких элементов, которые могут быть получены им в процессе научной или научно-производственной работы В1(ОПК--1) ВЛАДЕТЬ: систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме</p>
<p>ПК2 Владение современными методами научных исследований в области минералогии и кристаллографии, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных</p>	<p>З-1(ПК2) ЗНАТЬ: новейшие информационно-коммуникационных технологии в области минералогии и кристаллографии У-1(ПК-2) УМЕТЬ: пользоваться новейшими информационно-</p>

технологий	коммуникационных технологиями в области минералогии и кристаллографии В-1(ПК-2) ВЛАДЕТЬ: современными методами научных исследований в области минералогии и кристаллографии, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий
ПК4 способность выдвигать и обосновывать новые гипотезы в области минералогии и кристаллографии.	З-1(ПК4) ЗНАТЬ: современные дискуссионные темы в области минералогии и кристаллографии У-1(ПК-4) УМЕТЬ: выдвигать и обосновывать новые гипотезы в области минералогии и кристаллографии В-1(ПК-4) ВЛАДЕТЬ: методическими навыками проведения дискуссий по обсуждению новых гипотез в области минералогии и кристаллографии
ПК5 способность обобщать и использовать результаты исследований для выявления новых явлений, закономерностей, законов и теоретических положений в области минералогии и кристаллографии.	З-1(ПК-5) ЗНАТЬ: новые явления, закономерности и теоретические положения в области минералогии и кристаллографии У-1(ПК-5) УМЕТЬ: обобщать и использовать результаты исследований для выявления новых явлений, закономерностей, законов и теоретических положений в области своей научной специальности В-1(ПК-5) ВЛАДЕТЬ: навыками выдвижения новых теоретических положений в области минералогии и кристаллографии
ПК6 способность обобщать и использовать результаты научных исследований в области минералогии и кристаллографии для решения практических задач хозяйственной деятельности.	З-1(ПК-6) ЗНАТЬ: практические направления применения результатов своей научной деятельности У-1(ПК-6) УМЕТЬ: обобщать и использовать результаты научных исследований для решения практических задач В-1(ПК-6) ВЛАДЕТЬ: приемами решения задач прикладного характера на основании результатов своей научной деятельности

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

б. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет ___6___ зачетных единиц, всего ___216___ часов, из которых _72_ часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (_24_ часов занятия лекционного типа, , _31_ часов индивидуальные консультации, ___5_ часов мероприятия текущего контроля успеваемости), ___144___ часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия. **Базовая подготовка по геологической специальности**

8. Образовательные технологии (отметить если применяется электронное обучение и дистанционные технологии).

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

Краткая аннотация

Рассматриваются различные аспекты минералогии редких элементов, характерных для гранитоидных и щелочных комплексов: **лития, бериллия, бора, цезия и рубидия, бария и стронция, редкоземельных элементов (лантаноидов и иттрия), циркония и гафния, ниобия и тантала**. Для минералов этих элементов обсуждаются важнейшие закономерные связи «состав – структура – свойства – генезис». Основной упор делается на те минералы, где редкие элементы находятся в концентрированном состоянии, и на минералы, имеющие сегодня или в перспективе важное научное или практическое значение. Фактографическая основа – вся совокупность современных знаний о видовом и структурном разнообразии минералов перечисленных элементов, их кристаллохимии, распространенности, главных обстановках нахождения и условиях формирования.

Программа

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 редких элементов в геохимико-генетическом аспекте.

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; агпаитовых постмагматических системах. Важнейшие «несобственные» минералы-концентраторы лития. Сподумен и сподуменовые пегматиты. Петалит и петалитовая подформация редкометальных пегматитов. Эвкриптит 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.

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; 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, баццит. Хризоберилл и мариинскит. Фенакит. Берtrandит. Группа гельвина: кристаллохимия, генетические типы минерализации. Гадолинит-(Y). Эвклаз. Бавенит. Лейкофан. Щелочные бериллосиликаты (чкаловит, тугтупит, эпидидимит, группа лейфита) и эволюция бериллосиликатной минерализации в агпаитовых комплексах. Фосфаты бериллия. Бораты бериллия.

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. Борная минерализация в скарново-грейзеновых образованиях. Минералы бора в гранитных пегматитах и нормальных грейзенах. Гамбергит, еремеевит и минералы ряда родицит–лондонит. Бораты Ta и Nb. Группа данбурита. Турмалины. Группа аксинита. Бор в слюдах и хлоритах. Группа дюмортьерита.

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 апаитности 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 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.

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 гранитоидах. Редкоземельная минерализация в гранитных

пегматитах. Редкоземельная минерализация в комплексах пород щелочной формации: щелочных гранитах; щелочных сиенитах и их производных; карбонатитах; фенитах; агпайтовых породах и их дифференциатах. Кристаллохимическая специфика минералов *REE* и эволюция редкоземельной минерализации в щелочных магматических комплексах. Монацит-(Ce). Рабдофан-(Ce). Ксенотим-(Y). Чёрчит-(Y). Редкоземельные элементы в фосфатах надгруппы апатита. 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. Группа перовскита: изоморфные замещения с участием *REE*, обстановки формирования, лопаритовые месторождения. Собственно редкоземельные и *REE*-содержащие тантало-ниобаты. Генетическая кристаллохимия *REE* во флюорите и твейтите-(Y). Гагаринит-(Y).

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. Бадделеит. Цирконолиты. Кальциртит и тажеранит. Фосфаты и карбонаты циркония.

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 гранитоидах. 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 стибиотанталита. 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.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Тема 1 Вводная часть	1	1			1					
Тема 2 Литий	18	2			4			10		10
Тема 3 Бериллий	35	3			4			22		22
Тема 4 Бор	18	2			4			16		16
Тема 5 Цезий и рубидий	17	1			1			16		16
Тема 6 Барий и стронций	35	3			3	1		22		22
Тема 7 Редкоземельные	38	6			5	2		22		22

элементы											
Тема 8 Цирконий и гафний	18	2			4				16	16	
Тема 9 Ниобий и тантал	36	4			5	2			20	32	
Промежуточная аттестация _____	нет	нет						XX			
Итого	216	24			31	5		72		144	144

10. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы аспирантов по дисциплине (модулю).

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы,

основная литература отсутствует (база – материал лекций)

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. Редкометальные пегматиты. Новосибирск: Наука. 285 с.

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

Пеков И.В., Кононкова Н.Н. (2010): Рубидиевая минерализация в редкометальных 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 ультраапатитовых щелочных пород. М., Наука, 196 с.

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

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

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):Пр
- Описание материально-технической базы.

12. Язык преподавания. **русский**

13. Преподаватель (преподаватели). **Пеков И.В.**

Приложение

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) Минералогия редких элементов в гранитоидных и щелочных комплексах

на основе карт компетенций выпускников

Планируемые результаты обучения	Критерии и показатели оценивания результата обучения					Оценочные средства
	менее 15 баллов по БРС	от 15 до 39 баллов по БРС	от 40 до 59 баллов по БРС	или от 60 до 79 баллов по БРС	80 и более баллов по БРС	
<p>ЗНАТЬ: методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях Код 31(УК-1)</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач	Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных	Сформированные систематические знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных	Баллы определяются на основе количественных оценок ПК

<p>УМЕТЬ: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов Код У1 (УК-1)</p>	<p>Отсутствие умений</p>	<p>Частично освоенное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>	<p>В целом успешно, но не систематически осуществляемые анализ альтернативных вариантов решения исследовательских и практических задач и оценка потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов</p>	<p>В целом успешно, но содержащие отдельные пробелы анализ альтернативных вариантов решения исследовательских задач и оценка потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов</p>	<p>Сформированное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>	<p>Баллы определяются на основе количественных оценок ПК</p>
<p>ВЛАДЕТЬ: навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях Код В1 (УК-1)</p>	<p>Отсутствие навыков</p>	<p>Фрагментарное применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>	<p>Баллы определяются на основе количественных оценок ПК</p>
<p>ЗНАТЬ: цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы</p>	<p>Отсутствие знаний</p>	<p>Фрагментарные представления о современных способах использования информационно-</p>	<p>В целом успешные, но не систематические представления о современных способах использования информационно-</p>	<p>В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современных способах использования информационно-</p>	<p>Сформированные представления о современных способах использования информационно-</p>	<p>Баллы определяются на основе количественных оценок ПК</p>

их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов Код 31 (ОПК-1)		коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	
УМЕТЬ: составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследование по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты Код У1(ОПК-1)	Отсутствие умений	Фрагментарное использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи	В целом успешное, но не систематическое использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи	Сформированное умение выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи	Баллы определяются на основе количественных оценок ПК
ВЛАДЕТЬ: систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	В целом успешное, но не систематическое применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	Успешное и систематическое применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации	Баллы определяются на основе количественных оценок ПК

направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме Код В1(ОПК-1)						
Знание методологии теоретических и экспериментальных исследований в области минералогии и кристаллографии Код З1(ПК-1)	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с анализом современной зарубежной литературы
Уметь пользоваться результатами современных теоретических и экспериментальных исследований в области минералогии и кристаллографии Код У1(ПК-1)	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальные собеседования (по количеству тем)
Владеть современными методами теоретических и экспериментальных исследований в	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с демонстрацией практических

области минералогии и кристаллографии Код В1(ПК-1)						навыков
Знание новейших информационно-коммуникационных технологий в области минералогии и кристаллографии Код З-1(ПК2)	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с анализом современной зарубежной литературы
Уметь пользоваться новейшими информационно-коммуникационными технологиями в области минералогии и кристаллографии Код У-1(ПК-2)	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальные собеседования (по количеству тем) и письменные ответы на вопросы
Владеть современными методами научных исследований в области минералогии и кристаллографии, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с демонстрацией практических навыков

технологий Код В-1(ПК-2)						
Знать современные дискуссионные темы в области минералогии и кристаллографии Код З-1(ПК4)	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с анализом современной зарубежной литературы
Уметь выдвигать и обосновывать новые гипотезы в области минералогии и кристаллографии Код У-1(ПК-4)	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальные собеседования (по количеству тем) и письменные ответы на вопросы
Владеть методическими навыками проведения дискуссий по обсуждению новых гипотез в области минералогии и кристаллографии Код В-1(ПК-4)	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальные собеседования (по количеству тем) и письменные ответы на вопросы
Знать новые явления, закономерности и теоретические положения в области	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальные собеседования (по количеству тем) и

минералогии и кристаллографии Код З-1(ПК-5)						письменные ответы на вопросы
Уметь обобщать и использовать результаты исследований для выявления новых явлений, закономерностей, законов и теоретических положений в области своей научной специальности Код У-1(ПК-5)	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальные собеседования (по количеству тем) и письменные ответы на вопросы
Владеть навыками выдвижения новых теоретических положений в области минералогии и кристаллографии Код В-1(ПК-5)	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с демонстрацией практических навыков
Знать практические направления применения результатов своей научной деятельности Код З-1(ПК-6)	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с анализом современной зарубежной литературы

Уметь обобщать и использовать результаты научных исследований для решения практических задач Код У-1(ПК-6)	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальные собеседования (по количеству тем) и письменные ответы на вопросы
Владеть приемами решения задач прикладного характера на основании результатов своей научной деятельности Код В-1(ПК-6)	0 баллов	1 балл	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	Индивидуальная защита реферата (по количеству тем) с демонстрацией практических навыков

Для оценивания результатов обучения в виде знаний:

- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

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

Собственные минералы и минералы-концентраторы 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: кристаллохимия, катионный изоморфизм и генетические типы месторождений (проявлений).

БОР

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

Борная минерализация в гранитных пегматитах.

Боросиликаты в щелочных породах.

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.

Разработчик МГУ им. М.В. Ломоносова,

Геологический ф-т

Профессор



Пеков И.В.