

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**

### **Генетическая минералогия. Часть 2**

Автор-составитель: Э.М. Спиридонов

**Уровень высшего образования:**  
*Бакалавриат*

**Направление подготовки:**  
**05.03.01 Геология**

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
**Геохимия**

***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, 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** – получение систематических знаний на современном уровне по генетической минералогии магматических горных пород и рудных месторождений, продуктов кристаллизации силикатных, силикатно-солевых, карбонатных и сульфидных расплавов, так и образований, возникших при переработке этих продуктов флюидами, которые выделились при кристаллизации магматических расплавов.

### Задачи:

- подготовка студентов к решению минералогических задач
- изучение студентами основ генетической минералогии магматических горных пород.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе «Генетическая минералогия. Часть 2» рассмотрена генетическая минералогия магматических силикатных горных пород от ультраосновных до ультракремнекислых, от крайне низко щелочных коматиит – марианит – бонинитовой серии до ультраагпаитовых, от глубинно мантийных до коровых, продукты кристаллизации карбонатных магм – от вулканических натрокарбонатитов до плутонических кальцитовых, доломитовых и бенстонитовых карбонатитов, продукты кристаллизации сульфидных магм Fe-Ni-S, Cu-Fe-Ni-S, Pb-Cu-Fe-Ni-S, продукты кристаллизации силикатно-солевых-флюидных расплавов - гранитных пегматитов: глубинных керамических и мусковитовых, менее глубинных уран-редкоземельных и редкометальных, малоглубинных камерных с пьезокварцем и самоцветами, с учётом данных кристаллохимии и геохимии.

**1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО** – к базовой части ОПОП, является обязательной для освоения, профессиональный цикл, профессиональная обязательная дисциплина. IV курс, 8 семестр.

**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. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.**

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ОПК-1.Б Способен применять знания фундаментальных разделов наук о Земле базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично).	Б.ОПК-1. И-1. Использует базовые знания фундаментальных разделов математических и естественных наук в профессиональной деятельности Б.ОПК-1. И-2. Использует базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле в профессиональной	<b>Знает:</b> физико-химические законы, управляющие поведением химических элементов при процессах магматического минералообразования. <b>Умеет:</b> использовать генетические признаки минералов, типохимизм и особенности геохимии ведущих породообразующих минералов и наиболее важных аксессуарных минералов магматических горных пород, приёмы онтогенического и стадияльного анализа.

	деятельности	
ОПК-2.Б. Способен применять теоретические основы фундаментальных геологических дисциплин при решении задач профессиональной деятельности (формируется частично). частично)	<b>Б-ОПК-2.1.</b> Использует теоретические знания о закономерностях и особенностях геологических процессов для решения профессиональных задач	<b>знает:</b> основы генетической минералогии магматических горных пород, типохимизм основных породообразующих и важнейших акцессорных минералов магматических горных пород и сопряжённых с ними рудных концентраций. <b>умеет:</b> использовать познанные генетические признаки минералов для решения минералогических проблем.
СПК-1.Б. Способен к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации в области наук геохимического цикла (формируется частично).	<b>Б-СПК-1.2.</b> Владеет навыками систематизации и интерпретации данных в области наук геохимического цикла	<b>знает:</b> основные понятия и методы онтогении и филогении минералов магматических горных пород и руд. <b>умеет:</b> использовать познанные признаки минералов для особенностей строения, истории и условий формирования минеральных агрегатов. <b>владеет:</b> методами графического представления результатов минералогических наблюдений.

**4. Объем дисциплины (модуля)** составляет **2** з.е., в том числе **44** академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекции и практические занятия), **30** академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

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

**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 *
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного	Занятия лабораторного	Занятия практического	Всего	
Вводная. Лекция 1. Презентация № 032	4	2		2	4	
Генетические особенности минералов магматических пород. Лекции 2-4. Презентации № 033-035	6	2		2	4	2
Генетическая минералогия магматических пород с рудами Cr и Fe-Ti-V. Лекция 5-8. Презентация № 036-039	10	2		4	6	4
Генетическая минералогия магматических пород с рудами Cu-Ni-Co-Ru-Os-Ir-Rh=Pt-Pd. Лекции 9-15. Презентации № 040-046	8	2		4	6	2
Генетическая минералогия щелочных базальтов, кимберлитов и лампроитов. Лекции 16-17. Презентация № 047-048	10	4		4	8	2
Генетическая минералогия щелочных пород и карбонатитов. Лекции 18-25. Презентации № 049-056	10	6		2	8	2
Генетическая минералогия гранитоидов и гранитных пегматитов. Лекции 26-32. Презентации № 057-063	8	4		2	6	2
Пересчёт анализов минералов и их генетическая интерпретация	4			2	2	2
Реферат «Генетические типы одного из минералов»	4					4
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>	10					10
<b>Итого</b>	<b>74</b>			<b>44</b>		<b>30</b>

## **Содержание разделов дисциплины:**

Содержание лекционных и семинарских занятий

**ФИЛОГЕНИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД.** Учебное пособие. Лекции 1-32.

Презентации № 032-063.

Лекция 1. Презентация № 032.

Вводная. История Земли и изотопия Sr, Nd. Типы магм. Механизмы магнообразования. Обстановки проявления и процессы магматизма. Классификация магматитов и их флюидный режим. Ряды минералов магматических пород по насыщенности кремнезёмом. Параметры давления, температуры, времени и скорости подъёма – внедрения магматических расплавов; времени и скорости их остывания – отжига. Вулканические и плутонические образования. Процессы и механизмы магматической дифференциации. Кристаллизационно-реакционный ряд Н.Л. Боуэна. Т.В.Ф. Барт – «магма не столько вещество, сколько процесс».

**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛОВ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД.**

Лекции 2-4. Презентации № 033-035.

Лекция 2. Презентация № 033.

Оливин – главный минерал Земли, первая ликвидусная фаза. Эволюция состава оливина  $Mg^{2+}(Ni, Cr^{2+}, Co, Ca) \rightarrow Fe^{2+} \rightarrow Mn^{2+} \rightarrow Zn^{2+}$ . Магматический оливин всегда содержит Ca, Ni.  $Cr^{2+}$  в оливине мантии и связи руд хромшпинелидов и оливиновых магматических пород. Магнезиальный оливин – главный носитель Ni и Co в земной коре. В оливине коматиитов до 1-3 масс. % Ni. Ni:Co в оливине альпинотипных гипербазитов ~30, в оливине базитов ~10. Оливин – индикатор магматической дифференциации, геотермометр. Высоко железистый оливин – фаялит равновесен с кварцем.

Лекция 3. Презентация № 034.

Генетические особенности плагиоклаза. По экспериментальным данным, при более высоком  $P_{H_2O}$  возникают более натровые плагиоклазы. Поэтому в малоглубинных плутонах базитов и во многих эффузивах обилеет анортит, а в наиболее глубоких плутонах анортозитов развит андезин. Магматические кальциевые плагиоклазы содержат около 1% Fe и Ti; при отжиге в них возникает масса ламелл ильменита - причина чёрной окраски плагиоклаза свежих анортозитов... ВысокоТ плагиоклазы офиолитовых габброидов бедны Sr, в послеофиолитовых габброидах плагиоклаз нередко содержит >1000 г/т Sr. Кальциевые плагиоклазы магматитов обогащены  $Eu^{2+}$ , у таких магматитов положительная европиевая аномалия. В отличие от анортита и битовнита, лабрадор и андезин, тем более олигоклаз содержат заметное количество калия; это особенно характерно для магматитов платформ, таких как анортозиты. Са плагиоклазы молодых магматитов иногда содержат сотни ppm Cu.

Лекция 4. Презентация № 035.

Генетические особенности пироксенов и амфиболов. Наиболее высокотемпературные пироксены – клиноэнстатит, клинобронзит и клиногиперстен – развиты в коматиитах и бонинитах. Ромбические пироксены и пижонит типичны для магматитов, насыщенных кремнезёмом, - толеитовых и бонинитовых. Соотношения магнезиального ромбипироксена и пижонита. Ромбо- и клинопироксены мантийных низкощелочных пород обогащены Sr, коровых низкощелочных пород – Ti, Fe, Mn. Моно-, дву-, трёх-пироксеновый геотермометры Д.С. Линдсли. Замещение Чермака в пироксенах. Фассаит – клинопироксен магматитов высокой щёлочности. Сверхглубинные щелочные оливиновые базальты содержат густо сиреневый титанавгит с  $Ti^{3+}$ . Клиннопироксены высоких и очень высоких давлений – жадеит, «К» жадеит, «Са» жадеит. Магматические Na-Ca амфиболы – паргасит, керсутит, гастингсит, эденит, - индикаторы водонасыщенных расплавов, геотермометры и геобарометры. Низко кальциевые Mg-Fe амфиболы – грюнерит... нередки в кремнекислых магматитах.

**ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ ХРОМИТОНОСНЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД**

Лекции 5-7. Презентации № 036-038.

#### Лекция 5. Презентация № 036.

Генетические особенности хромшпинелидов. Магматические хромшпинелиды развиты только в оливин содержащих гипербазитах и базитах. Ряды шпинелидов по составу. Связь состава хромшпинелидов и вмещающих пород. Наиболее высокотемпературные магматические хромшпинелиды высоко хромистые, наиболее высокобарные – высоко глинозёмистые. Эволюция состава хромшпинелидов – индикатор вертикальных перемещений магм. Генеральный тренд эволюции хромшпинелидов от перидотитовых минеральных ассоциаций к габброидным – от магнезиохромита и алюмомагнезиохромита к хромтитаномагнетиту (хромсульвошпинели) (в расплавах, бедных водой). Отличия хромшпинелидов лунных пород от земных и их причина. Связь окраски хромшпинелидов в проходящем свете и их состава. Франклинитовый тип изоморфных замещений в хромшпинелидах магматитов повышенной щёлочности. Преобразования хромшпинелидов при превращении их шпинелевых лерцолитов в плагиоклазовые.

#### Лекция 6. Презентация № 037.

Минералогенез офиолитовых гипербазитов – в дунитах – магнезиохромит и алюмомагнезиохромит, в гарцбургитах – алюмомагнезиозромит и хромшпинель, в лерцолитах – хромшпинель и хромгерцинит, бедные  $Fe_2O_3$  <5 масс. %, с 0.1-0.2 масс. %  $TiO_2$  и  $MnO$ . Подформные залежи хромшпинелидов в секущих телах дунитов среди гарцбургитов. Рай-Иза (Полярный Урал): дуниты – оливин  $Fo_{92}$ ,  $NiO$  0.4 %; шпинелиды 0.05-0.15 мм,  $Cr_2O_3$  44 %,  $Al_2O_3$  7 %,  $MgO$  6 %; вкрапленные руды - оливин  $Fo_{96}$ ,  $NiO$  0.5 %; шпинелиды 0.5-1.5 мм,  $Cr_2O_3$  58 %,  $Al_2O_3$  8 %,  $MgO$  12 %; сплошные руды - оливин  $Fo_{98}$ ,  $NiO$  1.2 %; шпинелиды 2-20 мм,  $Cr_2O_3$  59 %,  $Al_2O_3$  9 %,  $MgO$  15 %.

#### Лекция 7. Презентация № 038.

Стратиформные залежи хромшпинелидов в расслоенных гипербазит-базитовых интрузивах. Магматические кумуляты = магматические кумулятивные породы можно рассматривать как магматические осадочные породы, со всеми текстурными признаками осадочных пород. Хромититы – магматические кумуляты. Эволюция состава хромшпинелидов от алюмомагнезиохромита до хромтитаномагнетита. Мощные пласты хромититов среди горизонтов бронзититов и анортозитов – продукты процесса контаминации, раскисления базитовой магмы Бушвелда.

#### ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД С РУДАМИ Fe-Ti-V

#### Лекция 8. Презентация № 039.

Титаномагнетит - твёрдый раствор магнетита, ульвошпинели, шпинели, герцинита, кулсонита. Состав титаномагнетита – индикатор состава и эволюции магматических пород. Титаномагнетит – основной носитель ванадия. Ильменит – твёрдый раствор ильменита – гематита – гейкилита – пирофанита – экандрюссита. Титаномагнетит – ильменитовый термометр. Ферримагнитные свойства оксидов и их минералогическое значение. Титаномагнетит-оливиновые клинопироксениты = косьвиты ( $\pm$  шпинель – герцинит). Титаномагнетитовые кумуляты Бушвелда – крупнейший источник ванадия.

#### ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД С РУДАМИ ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ

#### Лекции 9-11. Презентации № 040-042.

#### Лекция 9. Презентация № 040.

Офиолитовая формация. Судя по низкой концентрации  $Fe^{3+}$  в хромшпинелидах, расплавы были бедны водой. Тренд состава хромшпинелидов расслоенных перидотитов – от магнезиохромита и алюмомагнезиохромита в дунитах, через алюмомагнезиохромит в гарцбургитах до хромшпинели в лерцолитах, - отвечает снижению температуры кристаллизации, характерен изоморфизм  $Cr - Al$ . Зёрна хромшпинелида гипербазитов нередко содержат включения мелких кристаллов лаурита  $RuS_2$  и иридий осмий. Максимальная концентрация  $Ru$ ,  $Os$ ,  $Ir$  установлена в скоплениях наиболее хромистых хромшпинелидов.

#### Лекция 10. Презентация № 041.

Послефиолитовые зональные дунит-верлит-клинопироксенит-габбровые плутоны с рудами платиновых металлов. Оливин– хризолит и железистый хризолит, Ni:Co=10-15. Клинопироксены низкощелочные, бедные Al, Ti, Mn. Са плагиоклазы обогащены Sr. Все типы пород содержат то или иное количество амфибола – паргасита и примесь флогопита, акцессорные ангидрит и графит. Следовательно, магмы были водонасыщенные, их кристаллизация проходила при повышенном окислительном потенциале и низкой активности сульфидной серы. Этому отвечает состав и эволюция состава хромшпинелидов – от магнезиохромита через феррихромит к хроммагнетиту, все они богаты Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, содержат до 1.5-2 масс. % TiO<sub>2</sub> и MnO, характерен изоморфизм Cr – Fe<sup>3+</sup>. Хромшпинелидов немного, они слагают шпирь среди перекристаллизованных – пегматоидных дунитов. В шпирях феррихромита развиты метакристаллы и скопления метакристаллов изоферроплатины, осмия и иридия, с включениями зональных лаурита – эрлихманита OsS<sub>2</sub> и кашинита Ir<sub>2</sub>S<sub>3</sub> – бовиита Rh<sub>2</sub>S<sub>3</sub>.

Лекция 11. Презентация № 042.

Платформенные расслоенные перидот-ортопироксенит-норит-анортозитовые интрузивы с феррогаббро-диоритами и графировыми гранитами, с рудами платиновых металлов на примере коматиит-бонинитового Бушвелда. Вариации состава оливина от форстерита Fo 90 до фаялита, ромбопироксена от бронзита En 87 до эулита En 23, клинопироксена от диопсида Ca<sub>47</sub>Mg<sub>47</sub>Fe<sub>6</sub> до геденбергита Ca<sub>42</sub>Mg<sub>1</sub>Fe<sub>57</sub>, - свидетельство поразительной сухости расплава, отсутствия в нём воды. Широко распространён пижонит. В вертикальном разрезе интрузива сменяют друг друга кумуляты – оливиновые, оливин-бронзитовые, оливин-бронзит-плагиоклазовые, гиперстен-авгит-плагиоклазовые... В критическом горизонте – частом переслаивании ортопироксенитов, норитов и анортозитов множество прослоев хромититов, порождённых процессами контаминации базитовой магмы веществом вмещающих гнейсово-кварцитовых толщ. Вверх по разрезу горизонты хромититов обогащаются минералами платиновых металлов вплоть до знаменитых крупнейших в Мире месторождений платины – рифа UG-2 и рифа Меренского. Основные минералы платины и палладия в них – моносulfиды – куперит PtS, брэггит (Pt,Pd,Ni)S, высоцкит (Pd,Pt,Ni)S.

#### ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ СУЛЬФИДНЫХ Co-Ni-Cu МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Лекции 12-15. Презентации № 043-046.

Лекция 12. Презентация № 043.

Природный металлургический – доменный процесс на контактах базальтов или габбро-долеритов с капсулированными (в виде ксенолитов) углеродистыми породами. Самородное железо, когенит, графит, вюстит, фаялит, геденбергит, ферропижонит, ульвошпинель, троилит, медь, шрейберзит, камасит. Различия железа земного и космического.

Лекция 13. Презентация № 044.

О реальности существования сульфидных расплавов. Возникновение и эволюция сульфидных расплавов. Процессы взаимодействия сульфидных расплавов с силикатными вмещающими. Процессы сульфуризации и ферритизации. Изотопные метки серы и осмия.

Лекция 14. Презентация № 045.

История кристаллизации сульфидных расплавов. Гексагональные моносulfидные твёрдые растворы на основе троилита – пирротина – Mss = (Fe,Ni,Co,Cu)S, которые по мере снижения T крист. от 1180-1100° C до 1000-950° C заметно обогащаются медью. Более легкоплавкие кубические моносulfидные твёрдые растворы на основе кубанита – халькопирита (Cu,Fe,Ni,Co)S сменяют Mss при соотношении Fe:Cu < 4:1 при T плав. ~950° C. В ходе эволюции сульфидный расплав и продукты кристаллизации всё более истощались Fe и обогащались Cu, вплоть до состава халькопирита с T плав. ~760° C. Зональное распределение высокоT сульфидных твёрдых растворов обусловило зональное строение тел магматических сульфидов от малых капель до гигантских залежей. Продукты твердофазных превращений высокоT сульфидных твёрдых растворов Mss -



минералы группы пирротина и пентландит, Iss – кубанит, халькопирит, пентландит, минералы группы пирротина, а также минералы группы халькопирита с дефицитом серы и избытком металлов – талнахит, моихукит, путоранит.

Лекция 15. Презентация № 046.

Одни из замечательных образований трапповой формации Восточно-Сибирской платформы – рудно-магматические системы Норильского рудного поля. На поздних стадиях становления рудоносных интрузивов сосуществовали кашеобразные силикатные расплавы «габбро-долеритовый» и «плагиоцерцолит-троктолитовый (пикритовывый» и более легкоплавкий сульфидный расплав. Этим обусловлено неравномерное строение головных частей интрузивов, где доля «пикритов» с каплями сульфидов колеблется от 0 до 70 %. На заключительных стадиях при остывании и сокращении в объёме рудоносных интрузивов более легкоплавкий и тяжёлый сульфидный расплав в значительной степени был выжат преимущественно в область нижнего эндо- и экзоконтакта. При этом, из-за неравномерной нагрузки вышележащих толщ значительная часть сульфидных расплавов была перемещена в головную часть интрузивов, расположенную гипсометрически выше. Этим прежде всего и объясняются непропорциональные соотношения мощности головной части интрузивов и сульфидных залежей. Ореолы флюидного воздействия около тел магматических сульфидов от малых капель до крупных залежей.

**ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ ЩЕЛОЧНЫХ БАЗАЛЬТОВ**

Лекция 16. Презентация № 047.

Генетические особенности Ca, Na-Ca, Na(K) амфиболов, тёмных слюд, полевых шпатов, лейцита, нефелина – кальсилита, гаюина, нозеана, содалита. Минералогенез щелочных оливиновых базальтов. Сапфир, рубин, шпинель, циркон, оливин (перидот) – хризолит, санидин. Типохимизм сапфира, клинопироксенов. Хромшпинелиды и клинопироксены – индикаторы глубинности. Амфиболы – индикаторы щёлочности и водонасыщенности магм. Анортоклаз – лунный камень. Минералогенез лейцитовых и мелилитовых базальтов. Лейцит и продукты его превращений. Дихроичный лабрадор.

**ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ КИМБЕРЛИТОВ И ЛАМПРОИТОВ**

Лекция 17. Презентация № 048.

Минералогенез кимберлитов, которые состоят из различных пропорций силикатных и карбонатитовых расплавов; наиболее обычны кальцитовые карбонатиты. Минералы вкрапленники и мегакристы – хризолит, ильменит, Ti флогопит, Ti пироп, пироксены, циркон. Источники алмаза в кимберлитах. Минералы цементирующей массы – кальцит, оливин – монтичеллит – кирштейнит, диопсид, флогопит, перовскит. ильменит, хромшпинелиды, титаномагнетит, бадделеит, джерфшерит. Типохимизм ильменита. Тренды состава хромшпинелидов. Связь размера кристаллов хромшпинелидов цементирующей массы и алмазоносности кимберлитов (критерий И.В. Серова). Связь морфологии кристаллов оливина и алмазоносности кимберлитов (критерий Е.В. Путинцевой). Лампроиты – существенно калиевые щелочные магматиты, второй тип лифта, доставляющего алмазы к поверхности Земли. Эндемичные алмазы лампроитов. Хромшпинелиды оливиновых лампроитов – индикаторы их алмазоносности. Типохимизм лейцита, клинопироксена лампроитов. Фторфлогопит – тетраферрифлогопит. Ильменит. Фторкалиевый рихтерит. Перовскит. Богатый стронцием барит. Вадеит, Прайдерит.

**ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ ЩЕЛОЧНЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД И КАРБОНАТИТОВ**

Лекции 18-25. Презентации № 049-056.

Лекция 18. Презентация № 049.

Дуниты, оливиниты, клинопироксениты, мелилититы платформенных интрузивов центрального типа. Оливин со спайностью. Для хромшпинелидов характерны повышенные содержания Ti (даже в дунитах), повышенные концентрации Mn и Zn, франклинитовый тип изоморфных замещений. Рудные клинопироксениты с перовскитом, шорломитом, моримотоитом, Мелилититы – турьяиты, монтичеллит, цирконолит.

#### Лекция 19. Презентация № 050.

Ультраосновные-щелочные породы – от мельтейгитов через ийолиты и ийолит-уртиты к уртитам. Уртиты – один из важнейших видов алюминиевого сырья в нашей стране, попутно главный источник Ga и Rb. Кальцитовые ийолит-уртиты, связующие силикатные щелочные породы и карбонатиты. Щелочные клинопироксены рядов – авгит – эгириин-авгит – эгириин, диосид-геденбергит – эгириин, фассаит – эгириин. Крупнейшие в Мире месторождения апатита – залежи магматических апатит-нефелиновых пород – продуктов магматической дифференциации – ликвации в мощном интрузивном теле апатитоносных ийолит-уртитов и уртитов в составе Хибинского плутона; причина ликвации – избыток фторида натрия (в дальнейшем минерала виллиомита) в расплаве. Залежи апатит-нефелиновых пород окружены многочисленными телами щелочных пегматитов, богатых виллиомитом, скопления виллиомита достигали 10 и более кубометров. Апатит-нефелиновые породы включают вкрапленники богатого калием нефелина и гломерокристаллические грубозернистые срастания нефелина и титаномагнетита – ульвошпинели и также тонко расслоены – содержат бесчисленные прослои и линзы мелкокристаллических уртитов и ийолит-уртитов среди апатитовой матрицы. Местами с апатит-нефелиновыми породами ассоциируют апатит-титанитовые породы (сфениты). Хибинский фторапатит содержит до 1 масс. % лёгких лантанидов. Якутиты – калиевые аналоги уртитов, сложены кальсилитом.

#### Лекция 20. Презентация № 051

Щелочные магматиты плюмазитовые – с избытком Al,  $Na+K/Al < 1$ ; миаскитовые –  $Na+K/Al \sim 1$ ; агпайтовые  $Na+K/Al > 1$  и до 3. Плюмазитовые сиениты и сиенитовые пегматиты с корундом и эшинитом. Сиениты и сиенитовые пегматиты умеренно щелочные, ларвикиты, нордмаркиты с лунным камнем. Сиениты с железистыми K и K-Na полевыми шпатами. Железистый санидин («золотой ортоклаз») из сиенит-пегматитов Мадагаскара. Продукт отжига железистого калишпата – солнечный камень. Зависимость габитуса кристаллов циркона от щелочности магматитов. Алланит-Се. Пирохлор. Бритолит. Монацит. Чевкинит. Пирофанит. Гельвин. Мелинофан. Эндогенный повеллит. Эпилейцитовые и эпилейцит-кальсилитовые сиениты. Эпилейцит = калишпат+кальсилит. Нефелиновые сиениты и их пегматиты миаскитовые: нефелин, зелёная окраска нефелина из-за наличия иголок распада эгирина; эгириин-авгит, солнечный нефелин со структурами распада гематита; ильменит и титанит; циркон – вариации морфологии кристаллов, окраски, состава; бастнезит; графит. Нефелиновые сиениты и их пегматиты агпайтовые: нозеан, тренды эволюции состава клинопироксенов от диопсида к эгириину или от диопсида к геденбергиту и далее к эгириину, - в зависимости от щёлочности среды; эволюция амфиболов от паргасита и керсутита к гастингситу, далее к катофориту, рибекиту, экерманиту и арфведсониту; лучистый титанит – продукт замещения ильменита; пирохлор; содалит по нефелину. Синяя окраска содалита обусловлена присутствием сульфидных радикал-ионов  $S_2^{-1}$  и  $S_3^{-1}$ . Канкринит по нефелину на контакте с кальцитом, солнечный канкринит со структурами распада гематита; тенардит.

#### Лекция 21. Презентация № 052.

Общая эволюция щелочных магматитов обычно идёт от низко агпайтовых нефелин-содержащих пород или минеральных агрегатов к агпайтовым, высоко агпайтовым, а изредка к ультраагпайтовым с колоссальным накоплением Na, K, P, Cl, F, S. При этом, вместо титаномагнетита, ильменита и титанита развиты щелочные титаносиликаты (энигматит, рамзаит, лампрофиллит...), вместо перовскита – лопарит, вместо циркона – щелочные цирконосиликаты – эвдиалит..., вместо апатита – стронцийапатит и щелочные фосфаты – беловит, натрофосфат, вместо пирохлора – щелочные ниоботитаносиликаты – ломоносвит..., вместо пирротина и халькопирита – щелочные сульфиды – джерфишерит, расвумит, развиты щелочные бериллосиликаты, щелочные силикаты лантанидов и тория, в ассоциации с эгирином, виллиомитом, уссингитом, натросилитом, содовыми минералами. Ультраагпайтовые – обычно самые поздние минеральные ассоциации

щелочных магматитов и пегматитов; иногда - щелочные магматиты целиком, включая ранние вкрапленники. Какортокиты – антигравитационные концентраты эвдиалита. Разнообразие минералов группы эвдиалита. Обычные минералы щелочных магматитов обогащены лёгкими лантанидами – Ce, La, Nd. Эвдиалит, богатый цирконием, обогащён как лёгкими лантанидами, так и тяжёлыми – иттриевыми – Dy, Yb... и иттрием. Лампрофиллит, Астрофиллит. Щербаковит. Нептунит. Содалит. Гакманит. Окраска содалита – гакманита красного цвета вызвана преобладающими нейтральными молекулами  $S_4^0$  совместно с  $S_3^{-1}$  и  $S_2^{-1}$ .

Лекция 22. Презентация № 053.

Позднемагматические и позднепегматитовые щелочные образования. Виллиомит. Натрит. Натросилит. Натроксалат. Уссингит. Сульфиды – клейофан, вюртцит и причина их появления. Серандит. Вуоннемит. Умбозерит. Стенструпин. Рамзаит. Богатый стронцием апатит, беловит. Гентгельвин. Тугтупит. Полилитионит. Тайниолит. Чкаловит. Лейкофан, мелинофан, эвдидимит. Термонатрит. Натрофосфат. Дельхайелит. Продукты замещения= гидролиза более ранних эвдиалита, ломоносовита, энигматита. На примере ловозерита А.П. Хомяков ввёл понятие «трансформационные минералы», поскольку ловозерит образуется только путём замещения эвдиалита. Катаплеит – псевдоморфозы по эвдиалиту и новообразованный. Мурманит – «сиреневый жемчуг» – продукт частичной гидратации ломоносовита, ещё один пример трансформационного минерала. Шомиокит – карбонат Y и Dy – продукт содового выщелачивания эвдиалита. Альбититы с эгирином, эвдиалитом, энигматитом, астрофиллитом, лопаритом, куплетскитом, ринкитом, нормандитом, Nb титанитом. Натролит, анальцим, пектолит, серандит. Кварц.

Лекция 23. Презентация № 054.

Минералогенез щелочных гранитов – экеритов гиперсольвусных и субсольвусных, пегматитов щелочных гранитов. Зависимости минеральных ассоциаций от степени агпаитности. Эгириин и Zr-Ti эгириин. Щелочные амфиболы: тренд кристаллизации тарамит → катофорит → рибекит → арфведсонит со снижением содержаний Ca, Al, Mg, Ti и накоплением Na, K,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ , Mn, Li, F, Zr, Zn. Многие магматические щелочные амфиболы содержат несколько %% Ti, Mn, F, нередко до 1% и более Li, Zn, Zr. Циркон – ксенотим. Монацит – чералит – хаттонит. Иттрофлюорит и продукты его превращений. Иттросинхизит. Бастнезит. Гр. гельвина. Криолит. Типохимизм ильменита и колумбита. Гр. кричтонита. Эльпидит – армстронгит. Редмержнерит (бороальбит).

Лекция 24. Презентация № 055.

Карбонатиты – продукты кристаллизации мантийных флюидонасыщенных карбонатных и силикатно-карбонатных расплавов. Вулканические натрокарбонатиты (лавы, туфы, агломераты, вулканические брекчии): Т кристаллизации 540-490° C; перенасыщены  $CO_2$ ,  $H_2O$ , NaOH,  $Na_2CO_3$ ,  $K_2CO_3$ ; главный минерал – ньеререйт  $(Na,K)_2Ca[CO_3]_2$ ; обилён богатый Sr и Ba кальцит, флюорит, сильвин, фторapatит, титаномагнетит, содовые минералы, кальсилит, волластонит... За счёт мантийных расплавов натрокарбонатитов на глубине формируются субвулканические и плутонические тела кальцитовых и иных карбонатитов, окружённые мощными ореолами фенитов – ореолами выноса преобладающей массы щелочных Na и K компонентов. Карбонатиты кальцитовые ранние: Т кристаллизации 640-620° C; перенасыщены  $CO_2$ ,  $H_2O$ , NaOH,  $Na_2CO_3$ ,  $K_2CO_3$ ; поэтому переход расплав – раствор плавный, почти незаметный; крайне характерны разнообразные явления перекристаллизации и замещения; пластины магматического магнезиального кальцита, фторapatит, фторфлогопит, эгириин-авгит и эгириин-диопсид, титаномагнетит, пирротин, пирохлор, дизаналит, Zr шорломит, кимцеит, кальциртит, бербанкит.

Лекция 25. Презентация № 056.

Кальцитовые карбонатиты поздние: тетраферрифторфлогопит, богатый стронцием кальцит, титанистый клиногумит, хондродит, фторрихтерит, манганильменит, пирохлор, уранпирохлор, церпирохлор, гаттчетолит (пирохлор, богатый U и Ta), цирконолит, баделеит, циркон, анкилит, бастнезит. Доломитовые карбонатиты: щелочные амфиболы,

гейкилит, стронцианит, бастнезит, магнетит, альстонит, анкилит, хуанхэит. Карбонатиты анкеритовые, сидеритовые, кутногоритовые: бербанкит, анкилит, паризит, бастнезит, монацит, барит, целестин. Бенстонитовые карбонатиты – природная руда Sr-Ba, продукты распада бенстонита. Генетические связи – тип щелочных магматитов – тип карбонатитов. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ ГРАНИТОИДОВ И ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ  
Лекции 26-32. Презентации № 057-063.

Лекция 26. Презентация № 057.

Минералогенез гранитоидов. Минеральные и петро-геохимические типы гранитоидов складчатых областей и активизированных платформ. История формирования гранитоидных комплексов и гранитоидных плутонов – 1 и 2 этапы. Состав гранитных минимумов и кварц-полевошпатовых котектик – функция  $P_{H_2O}$ . Сингенез гранитоидов. Типохимизм и тренды состава паргасита, гастингсита и эденита, триоктаэдрических слюд, ильменита, апатита, циркона, алланита. Амфиболы – индикаторы температур и давлений. Содержание титана в биотите – термометр. Состав биотита и апатита – индикаторы типа рудоносности и активности фтора во флюиде. Типохимизм полевых шпатов. Граниты гиперсольвусные и субсольвусные. Проблема магматических мусковита, граната, кордиерита – секанинита (феррокордиерита), андалузита, ставролита.

Лекция 27. Презентация № 058.

Все типы гранитных пегматитов – остаточные дифференциаты малого объёма в гранитных плутонах, камерные в верхней части гранитных тел или жильные в материнском плутоне и их кровле в породах рамы, или палингенные, не связанные с интрузивами гранитоидов, – суть пегматиты по А.Е. Ферсману, т.е. продукты кристаллизации флюидонасыщенного магматического расплава гранитного или лейкогранитного состава. Поскольку главное в генезисе пегматитов – поведение летучих, постольку ведущий параметр их классификации – давление = глубинность формирования. I. Гранитные пегматиты относительно низких давлений при начальном минералообразовании – 1-2 кбар. – миароловые или кристаллоносные. II. Гранитные пегматиты умеренных давлений при начальном минералообразовании – 2-4 кбар, – редкометалльные. III. Гранитные пегматиты повышенных давлений при начальном минералообразовании – 4-6 кбар, – редкометалльно-мусковитовые. IV. Гранитные пегматиты высоких давлений при начальном минералообразовании – 6-10 кбар, = мусковитовые, уран-редкоземельные, керамические. Глубинные гранитные пегматиты – в составе гранитной эвтектики менее 25 % кварца. Перистериты – беломориты. K-Na полевые шпаты – лунный камень. Сингенез биотит – мусковит. Розовый кварц, причина его окраски – берлинитовое замещение. Кианит. Титанит – иттротитанит. Алланит-Се. Типохимизм уранинита. Торианит. Торит – ураноторит. Циркон. Монацит-Се, богатый Th. Чевкинит-Се. Эшинит-Се, эшинит-У. Ксенотим-У. Эвксенит-У. Гадолинит-Се, У. Тортвейтит. Иттротанталлит. В гадолините и иттротанталлите полевошпатовых пегматитов Иттерби (Швеция) были открыты Yb, Y, Tb, Er, Gd, Ho, Tm, Sc, Lu, Ta.

Лекция 28. Презентация № 059.

Редкометалльные гранитные пегматиты – зональность состава относительно плутонов материнских гранитов. История формирования и типы. Главное петрогенетическое семейство редкоэлементных гранитных пегматитов – Li-Cs-Ta (сподумен-калишпат-альбитовые с минералами лития и тантала, бериллом, поллуцитом), генерируемые умеренно-глинозёмистыми до крайне высоко глинозёмистых гранитами S-типа. Амазонит – продукт амазонитизации. Голубая окраска амазонита обусловлена наличием в структуре полевого шпата –  $Pb^{3+}$ , зелёная –  $Pb^{1+}$ . Полого залегающие мощные интенсивно дифференцированные залежи – Бикита (Центр. Африка), Карибиб (Намибия), Танко и Монтгари (Канада), Варутреск (Швеция), Вольта Гранде (Минас Жераис, Бразилия), Вишняковское – Елаш (Саяны), Калбинские (ЮЗ Алтай). Величина  $Ta:Nb > 1$ , до 5-10. Вертикальная минеральная и геохимическая зональность редкометалльных пегматитов.

Кварц-мусковитовый замещающий комплекс. Спессартин. Шерл. Альбитовый замещающий комплекс. Эльбаит. Типохимизм касситерита.

Лекция 29. Презентация № 060.

Редкометальные пегматиты. Колумбит и танталит – типоморфные минералы, упорядоченные и неупорядоченные, тренд эволюции – ферроколумбит→мангантанталлит. Некоторые образцы мангантанталлита – дорогие самоцветы. Микролит и пирохлор. Висмутомикролит. Плюмбомикролит. Группа воджинита – крайне богатые Ta упорядоченные сложные оксиды на основе структуры рутила, Ильменорутит (ниоборутит) – стрюверит (танталрутил). Самарскит. Симпсонит. Стибиоколумбит – стибиотанталлит- висмутотанталлит. Берилл – ростерит – воробьевит. Гельвин.

Лекция 30. Презентация № 061.

Редкометальные гранитные пегматиты. Сподумен – продукт прямой кристаллизации и распада петалита или эвкриптита. Li-Rb-мусковит. Лепидолит – циннвальдит. Амблигонит - монтебразит. Литиофиллит – трифилин. Поллуцит, вариации его состава, Для выделений поллуцита типично наличие прожилков микрочешуйчатого лепидолита. Продукты кристаллизации из остаточных крайне кислотных флюидов, - родицит, цезий-родицит = лондонит, еремеевит. Сульфиды Fe, Zn, Cu-Fe-Sn, Cd. Инверсионные образования - при переходе к пневмато-гидротермальному этапу развития гранитных пегматитов, фиксированному инверсией высокий кварц – низкий кварц с большим объёмным эффектом, пегматитовые «автоклав» нередко приоткрывался и флюиды выбрасывались в окружающую среду, реагировали с ней, частично возвращались в пегматитовую камеру; при этом, в зависимости от состава окружающей среды возникали минералы с Mg, Ti... - кордиерит, дравит, магноколумбит, магнотанталлит, бетафит (вместо микролита и пирохлора). Возникшие при этом околопегматитовые ореолы среди амфиболитов богаты Li амфиболом – холмквиститом и богатым Cs биотитом.

Лекция 31. Презентация № 062.

Миароловые – кристаллоносные гранитные пегматиты «чистой линии». Крупные до гигантских кристаллы полевых шпатов, кварца, сподумена, берилла, мусковита, турмалина и топаза исключительного качества свидетельствуют о чрезвычайно медленной скорости кристаллизации. Термостатирование и фракционная кристаллизация пегматитовых расплавов обеспечили поразительную степень дифференциации вещества. Собственные минералы образовали даже те химические элементы, которые обычно полностью маскированы в минералах распространённых элементов: Hf-гафнон HfSiO<sub>4</sub>, Cs - поллуцит CsAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>, Rb - рубиклин RbAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, Cd - черниит Cu<sub>2</sub>CdSnS<sub>4</sub>. Кварц-полевошпатовые графические сростания весьма богаты кварцем. Микроклин-пертит и ортоклаз-пертит. Амазонитизированный микроклин. Морион. Пьезокварц. Альбит-клевеландит. Шерл. Спессартин. Тсилаизит. Топаз. Эльбаит. Росманит. Флюорит. Берилл-аквамарин. Li-Na берилл – ростерит. Li-Na-Cs берилл – воробьевит, морганит. Li-Cs берилл – пезоттаит. Фенакит. Сподумен двух генераций, прозрачный при T <550° C. Лепидолит. Предельно кислотные образования – еремеевит, гамбергит, рутил.

Лекция 32. Презентация № 063.

Минералогенез гранитных пегматитов миароловых. Процессы формирования гранитных пегматитов расшифрованы далеко не полностью. Где те огромные массы флюидов, количество которых по оценке А.А. Маракушева и Е.Н Граменицкого достигает 80% пегматитообразующего расплава? Как и когда возникли околопегматитовые минеральные и геохимические ореолы, иногда значительных размеров? Существуют ли гранитные пегматиты скрещения, иначе гибридные? При переходе к пневмато-гидротермальному этапу развития гранитных пегматитов, фиксированному инверсией высокий кварц – низкий кварц с большим объёмным эффектом пегматитовые «автоклав» нередко приоткрывался и флюиды выбрасывались в окружающую среду, реагировали с ней, частично возвращались в пегматитовую камеру. При этом, кислотность флюида снижалась, возникли минералы с Fe<sup>3+</sup> Mn<sup>3+</sup>, а также в зависимости от состава

окружающей среды – минералы с Mg, Ti, Cr, Cu... Полагаю правильным именовать такие образования – инверсионными. Среди них самоцветы гранитных пегматитов – аметист, цитрин, ярко окрашенные спессартин, эльбаит – рубеллит, лиддикоатит – рубеллит, эльбаит – верделлит, арбузный эльбаит-верделлит, эльбаит-индиголит, оленит – индиголит, арбузный лиддикоатит, сложно зональные полихромные лиддикоатит – дравит – бюргерит – увит, хромистый турмалин, медистый эльбаит, густо фиолетовый фторапатит, чайный и красный хромистый топаз, берилл – гелиодор, хризоберилл, марганцовистый сподумен – кунцит, хромистый сподумен – гидденит, яркий розовокарминный лепидолит. Позднепегматитовые образования – пролукты кристаллизации из щелочных растворов – криолит, хиолит, бразилианит, эосфорит, гердерит... Отходы «пегматитового производства» - позднепегматитовые бериллонит, бертрандит, родохрозит, кукцит.

## **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 и контрольные работы.

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

Особенности состава оливина ультраосновных, основных и кремнекислых магматических пород  
Кальций в составе оливина

Какой из магматических пироксенов наиболее высокотемпературный

Пижонит и эпипижонит

Что такое субкальциевый авгит

Генеральный тренд состава хромшпинелидов от ультраосновных пород к базитам

Хромульвошпинель – характерный минерал каких магматических пород.

Причина золотисто-зелёной окраски оливина – перидота – вкрапленников щелочных базальтов

Лейцит и продукты его превращений

Мелилит магматических пород

Особенности состава сапфира вкрапленников щелочных базальтов

Различия минералогии кимберлитов и лампроитов

Типохимизм ильменита кимберлитов

Почему ильменит в кимберлитах часто окружён каймой перовскита

Хромшпинелиды – индикаторы алмазности оливиновых лампроитов

Протоминерал солнечного камня – полевого шпата

Состав магматического нефелина

Причина зелёной окраски магматического нефелина

Какой минерал более агпаитовый – альбит или нефелин

Какой минерал более агпаитовый – калишпат, лейцит, кальсилит

Эгирин или эгирин-авгит – минерал агпаитовый

Виллиомит – минерал агпаитовый или ультраагпаитовый

Чем лопарит отличается от перовскита. Причина кристаллизации лопарита

Эвдиалит – минерал агпаитовый или ультраагпаитовый

Какими лантанидами обогащён эвдиалит

В каких щелочных магматитах развит лампрофиллит, в каких – астрофиллит.

Два генетических типа катаплеита

Мурманит и как он возникает

Что такое трансформационные минералы

Каким образом в ультращелочных пегматитах появился кварц.

Какой минерал щелочных гранитов назван в честь первого астронавта Земли и его состав

Карбонатиты, их типы, минеральный состав и параметры формирования.

Различия карбонатитов плутонических и вулканических.

Особенности магматического кальцита карбонатитов.

Что такое бенстонит. Продукты его распада.

Пироксены и амфиболы карбонатитов.  
 Отличия флогопита и тетраферрифлогопита. О чём свидетельствуют полихромные флогопиты.  
 Особенности состава главного рудного минерала карбонатитов - пирохлора.  
 Чем определяется ценность пирохлора.  
 Почему в ранних кальцитовых карбонатитах развит кальцитрит, а в поздних – цирконолит.  
 В чём причины появления бадделеита или циркона.  
 Основные минералы лантанидов карбонатитов и их эволюция.  
 Титановые и циркониевые гранаты карбонатитов.  
 Сульфидная минерализация карбонатитов.  
 Состав гранитных эвтектик – функция давления.  
 Типы магматических амфиболов гранитоидов.  
 Глинозёмистость магматических амфиболов гранитоидов - геотермометр.  
 Содержание титана в биотите гранитоидов - геотермометр.  
 Концентрации фтора и хлора в биотите гранитоидов – индикаторы рудоносности гранитоидов.  
 Почему магматический кварц всегда непрозрачный, сотовый.  
 Причина окраски амазонита.  
 Особенности состава ильменита гранитоидов различных типов.  
 Состав апатита гранитоидов – индикатор флюидного режима и рудоносности.  
 Циркон – зависимость морфологии и щелочности гранитоидов.  
 Особенности состава алланита в гранитоидах I-типа, S-типа, A-типа.  
 Пегматитовосность различных гранитоидных формаций.  
 Стандартная зональность тел гранитных пегматитов.  
 По какой причине наиболее глубинные гранитные пегматиты – керамические.  
 Почему одни из наиболее глубинных гранитных пегматитов содержат крупнолистовой мусковит.  
 Причина появления перистерита – беломорита в керамических гранитных пегматитах.  
 Причина розовой окраски кварца глубинных гранитных пегматитов.  
 Типы редкометальных гранитных пегматитов.  
 Зональность редкометальных гранитных пегматитов.  
 Минералы ряда колумбит – танталит – индикаторы дифференциации гранитных пегматитов.  
 Турмалины редкометальных гранитных пегматитов.  
 Типохимизм касситерита гранитных пегматитов.  
 Микролит и воджинит гранитных пегматитов.  
 Берилл редкометальных пегматитов – эволюция состава и морфологии.  
 Два генетических типа сподумена.  
 Фосфаты лития – марганца – железа гранитных пегматитов.  
 Особенности состава и морфологии лепидолита.  
 Поллуцит  
 Минералы околоспегматитовых ореолов – холмквистит и цезиевый биотит.

### Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
(устный опрос): Знания теоретических основ генетической минералогии, умение их применять	Знания отсутствуют или весьма фрагментарны	Знания есть, но отсутствует их систематичность	Знания систематические, с некоторыми пробелами	Систематические знания в достаточном объеме
(устный опрос): Умение самостоятельно разобраться с оригинальными	Умения отсутствуют	Демонстрирует умения только по отдельным пунктам	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает	Успешно проводить самостоятельные наблюдения,

наблюдениями и аналитическими данными, которые могут быть получены в процессе научной или научно-производственной работы			неточности непринципиально го характера	грамотно их интерпретировать, полученные результаты отображать на графиках и диаграммах
(устный опрос): Владения современными подходами генетической минералогии	Навыки владения отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки использования, но имеются пробелы	Владение навыками и приёмами генетической минералогии

## 8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

а) основная литература:

*Боуэн Н.Л.* Эволюция изверженных пород. М.-Л.-Новосибирск: ОНТИ НКТП СССР. 1934. 324 с.

Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов (ред. К.А. Власов). М.: Наука. Т. 1. Геохимия редких элементов. 1964. 687 с. Т. 2. Минералогия редких элементов. 1965. 830 с. Т. 3. Генетические типы месторождений редких элементов. 1966. 869 с.

*Гинзбург А.И., Тимофеев И.Н., Фельдман Л.Г.* Основы геологии гранитных пегматитов. М.: Недра. 1979. 253 с.

*Годлевский М.Н.* Магматические месторождения. В кн.: Генезис эндогенных рудных месторождений. М.: Недра. 1968. С. 7-83.

*Доусон Дж.* Кимберлиты и ксенолиты в них. М.: Мир. 1983. 300 с.

*Заварицкий А.Н.* Изверженные горные породы. М.: изд. АН СССР. 1955. 480 с.

*Загорский В.Е., Макагон В.М., Шмакин Б.М., Макрыгина В.А., Кузнецова Л.Г.*

Редкометальные гранитные пегматиты. Новосибирск: Наука. 1997. 285 с.

*Иванов О.К.* Расслоенные хромитоносные ультрамафиты Урала. М.: Наука. 1990. 243 с.

*Иванов О.К.* Концентрически-зональные пироксенит-дунитовые массивы Урала (Минералогия, петрология, генезис). Екатеринбург: изд. Урал. Ун-та. 1997. 487 с.

*Иванова Т.Н.* Апатитовые месторождения Хибинских тундр. М.: Госгеолтехиздат. 1963. 282 с.

*Киевленко Е.Я., Сенкевич Н.Н.* Геология месторождений поделочных камней. М.: Недра. 1976. 280 с.

*Козлов В.Д.* Геохимия и рудоносность гранитоидов редкометальных провинций. М.: Наука. 1985. 304 с.

*Коржинский Д.С.* Физико-химические основы анализа парагенезисов минералов. М.: изд. АН СССР. 1957. 184 с.

*Лазаренко Е.К., Павлишин В.И., Латыш В.Т., Сорокин Ю.Г.* Минералогия и генезис камерных пегматитов Волыни. Львов: Вища школа. 1973. 360 с.

*Латидес И.Л., Коваленко В.И., Коваль П.В.* Слюдь редкометальных гранитоидов. Новосибирск: Наука. 1977. 104 с.

*Левинсон-Лессинг Ф.Ю.* Петрография. Л.: ГОНТИ. 1931. 556 с.

*Пеков И.В.* Генетическая минералогия и кристаллохимия редких элементов в высокощелочных постмагматических системах. Докт. дисс. М.: 2005. 652 с.



*Рамдор П.* Рудные минералы и их сростания. М.: ИЛ. 1962. 1132 с.

*Рингвуд А.Е.* Состав и петрология мантии Земли. М.: Недра. 1981. 584 с.

*Спиридонов Э.М.* Некоторые замечания о базальтах и анортозитах Земли и Луны в связи с особенностями эволюции этих планет // Докл. АН СССР. 1980. Т. 251. С. 951-953.

*Спиридонов Э.М.* Рудно-магматические системы Норильского рудного поля // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. С. 1356-1378.

*Урусов В.С., Таусон В.Л., Акимов В.В.* Геохимия твёрдого тела. М.: Геос. 1997. 500 с.

*Уэйджер Л., Браун Г.* Расслоенные изверженные породы. М.: Мир. 1970. 551 с.

*Фёдоров Е.С.* О петрографической номенклатуре // Тр. Моск. сельхоз. ин-та. 1899. Т. 5. С. 17-24.

*Хомяков А.П.* Минералогия ультраагпаитовых щелочных пород. М.: Наука. 1990. 196 с.

*Шинкарёв Н.Ф.* Происхождение магматических формаций. Л.: Недра. 1978. 304 с.

*Яковлев П.Д.* Промышленные типы рудных месторождений. М.: Недра. 1986. 358 с.

*Ярош П.Я.* О первоисточнике хрома в дунитах и природе акцессорного хромита // Зап. ВМО. 1980. Ч. 105. Вып. 1. С. 98-105.

*Ярошевский А.А.* Проблемы современной геохимии. Новосибирск: изд. Новосиб. гос. ун-та. 2004. 194 с.

*Anderson D.J., Lindsley D.H.* New (and final!) models for the titanomagnetite-ilmenite geothermometer and oxygen barometer // EOS Transactions. 1985. Vol. 66. P. 416.

*Le Bas M.J., Le Maitre R.W., Streckeisen A. & Zanettin B.* A chemical classification of volcanic rocks on total alkali – silica diagrams // J. Petrol. 1986. Vol. 27. P. 745-750.

*Lindsley D.H.* Pyroxene thermometry // Amer. Mineral. 1983. Vol. 68. P. 477-493.

*Philpotts A.R. & Ague J.J.* Principles of igneous and metamorphic petrology. Cambridge University Press. 2009. 667 p.

*Sørensen H.* The agpaite rocks: an overview // Mineral. Mag. 1997. Vol. 61. P. 485-498.

*Zircon* (eds. Hancler J.M., Hoskin P.W.O.) // Rev. Mineral. Geochem. 2004. Vol. 53. 500 p.

б) дополнительная литература:

Два учебных пособия по второй части курса «Генетическая минералогия» на сайте кафедры минералогии МГУ.

*Барт Т.В.Ф.* Теоретическая петрология. М.: ИЛ. 1956. 414 с.

*Болдырев А.К., Бетехтин А.Г., Годлевский М.Н., Григорьев Д.П., Киселёв А.И., Левицкий О.Д., Разумовский Н.К., Смирнов А.А., Соболев В.С., Соловьёв С.П., Успенский Н.М., Черных В.В., Шаталов Е.Т., Шафрановский И.И.* Курс минералогии. М.-Л.: ОНТИ. 1936. 1056 с.

*Бородин Л.С.* Главные провинции и формации щелочных пород. М.: Наука. 1974. 376 с.

*Бородин Л.С., Быкова А.В.* О циркониевом шорломите // Докл. АН СССР. 1961. Т. 141. № 6. С. 1454-1456.

*Кепежинская В.В.* Кайнозойские щелочные базальтоиды Монголии и их глубинные включения. М.: Наука. 1979. 308 с.

*Коптев-Дворников В.С.* К вопросу о некоторых закономерностях формирования комплексов гранитоидов (на примере Центрального Казахстана) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1952. № 4. С. 63-80.

*Костов И., Минчева-Стефанова И.* Сульфидные минералы. Кристаллохимия, парагенезисы, систематика. М.: Мир. 1984. 290 с.

*Котульский В.К.* Современное состояние вопроса о генезисе медно-никелевых сульфидных месторождений // Советская геология. 1948. № 29. С. 11-24.

*Нагата Т.* Магнетизм горных пород. М.: Мир. 1965. 346 с.

*Наумов В.Б., Коваленко В.И., Дорофеева В.А., Гирнис А.В., Ярмлюк В.В.* Средний состав магматических расплавов главных геодинамических обстановок по данным изучения расплавных включений в минералах и закалочных стёкол пород // Геохимия. 2010. № 12. С. 1266-1288.

- Полканов А.А.* Гравитационное фракционирование твёрдой фазы и кристаллизационная дифференциация. В кн.: Вопросы петрографии и минералогии. М.: изд. АН СССР. 1953. С. 27-37.
- Попов В.С.* Состав граната как показатель генезиса известково-щелочных изверженных пород // Изв. АН СССР. Геология. 1982. № 3. С. 36-48.
- Ритман А.* Вулканы и их деятельность. М.: Мир. 1964. 437 с.
- Розенбуш Г.* Описательная петрография. М.-Л.: ОНТИ НКПТ. 1934. 720 с.
- Спиридонов Э.М.* Инверсионная плутоногенная золото-кварцевая формация каледонид севера Центрального Казахстана // Геология рудных месторождений. 1995. Т. 37. № 3. С. 179-207.
- Спиридонов Э.М.* Фаялит и феррогортонолит в послеостроводужных плагиогранитах горы Кабель в киммеридах Горного Крыма // Зап. РМО. 2021. Ч. 150. Вып. 2. С. 57-68.
- Спиридонов Э.М., Семиколенных Е.С., Лысенко В.И., Филимонов С.В., Коротаева Н.Н., Армоколлит-содержащие островодужные плагиолецциты и оливковые габбро-норит-долериты Балаклавы, Горный Крым // Вестник МГУ. Сер. геол. 2019. № 3. С. 51-60.*
- Таланцев А.С.* Камерные пегматиты Урала. М.: Недра. 1988. 144 с.
- Устиев Е.К.* К вопросу о номенклатуре эффузивных пород // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1959. № 11. С. 3-7.
- Фролова Т.И., Бурикова И.А.* Магматические формации современных геотектонических обстановок. М.: МГУ. 1997. 317 с.
- Фрондел Д.* Минералогия Луны. М.: Мир. 1978. 334 с.
- Ярошевский А.А., Багдасаров Ю.А.* Геохимическое разнообразие минералов группы пирохлора // Геохимия. 2008. С. 1322-1345.
- Arndt N.T., Naldrett A.J. & Pyke D.R.* Komatiite and iron-rich tholeiite lava of Munro Township, northeast Ontario // J. Petrol. 1977. Vol. 18. P. 319-369.
- Basaltic volcanism on the terrestrial Planets.* New York: Pergamon Press. 1981. 1286 p.
- Cross W., Iddings J.P., Pirsson L.V. & Washington H.S.* A quantitative chemico-mineralogical classification and nomenclature of igneous rocks // J. Geol. 1902. Vol. 10. P. 555-690.
- Černý P. & Siivola J.* The Tanko pegmatite at Bernic Lake, Manitoba. XII. Hafnian zircon // Canad. Mineral. 1980. Vol. 18. P. 313-321.
- Deer W.A., Howie R.A. & Zussman J.* Rock-forming minerals (2nd ed.). Vol. IA. Orthosilicates. London: Longman, Green and Co. 1982. 597 p.
- Deer W.A., Howie R.A. & Zussman J.* Rock-forming minerals (2nd ed.). Vol. II. Disilicate and ring silicate. London: Longman, Green and Co. 1986. 629 p.
- Deer W.A., Howie R.A., Wise W.S. & Zussman J.* Rock-Forming Minerals. 4B. Framework Silicates: Silica Minerals, Feldspathoids and the Zeolites (2<sup>nd</sup> ed.). The Geological Society, London. 2004. 982 p.
- Kuno H.* Lateral variation of basaltic magma type across continental margins and island arcs // Bull. Volcan. 1966. Vol. 29. P. 195-220.
- Luht W.C., Jahns R.H. & Tuttle O.F.* The granite system at pressure of 4 to 10 kilobars // J. Geophys. Res. 1964. Vol. 69. P. 759-773.
- Rouse J.D.* Garnet. London: Butterworths. 1986. 134 p.
- Zirkel F.* Lehrbuch der Petrographie. 2<sup>nd</sup> ed. Leipzig: Wilhelm Engelmann. 1893. 845 s.

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):

- поисковая система научной информации [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

- электронная база научных публикаций [www.webofscience.com](http://www.webofscience.com)

Д) Материально-технического обеспечение: - Учебная аудитория с мультимедийным проектором, компьютер, экран, выход в Интернет; учебно-научные коллекции по всем основным типам горных пород, включая коматииты, ультрабазиты и базиты расслоенных интрузивов от Бушвелда до Мончегорска и Йоко-Довырена, базиты и магматические сульфидные руды Норильских месторождений, разнообразные гранитоиды, разнотипные гранитные пегматиты и породы околпегматитовых ореолов, карбонатиты, кимберлиты, лампроиты, миаскитовые, апаитовые и ультраапаитовые щелочные породы и пегматиты (более 1600 образцов пород и руд, более 550 минеральных видов).

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – Э.М. Спиридонов

11. Автор (авторы) программы – профессор Э.М. Спиридонов