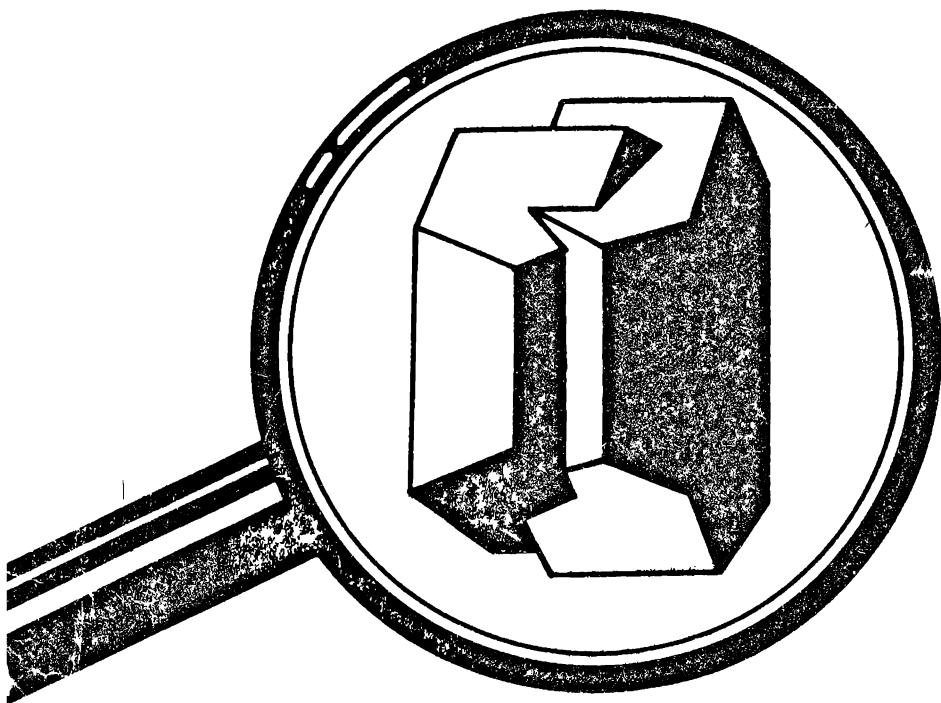


---

**А. И. БАЖЕНОВ, Т. И. ПОЛУЭКТОВА**

**ПРАКТИКУМ  
ПО  
МИНЕРАЛОГИИ**

---



Министерство высшего и среднего специального образования  
Р С Ф С Р

Томский ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового  
Красного Знамени политехнический институт им. С.М.Кирова

---

А.И. Баженов, Т.И. Полуэктова

ПРАКТИКУМ ПО МИНЕРАЛОГИИ  
СИЛИКАТЫ

Учебное пособие

Томск 1989

УДК 549.6

Баженов А.И., Полуэктова Т.И., Практикум по минералогии. Учебное пособие. Томск, изд. ТПИ им. С.М.Кирова, 1968. — 95 с.

В учебном пособии приведена классификация силикатов, описаны подклассы и отдельные группы минералов. Описания минералов, их агрегатов, физических свойств, парагенезисы, условия образования и применения сведены в таблицы, объединяющие минералы по признакам близости их химизма и физических свойств. Особое внимание уделяется диагностике минералов, для чего указываются похожие минералы и признаки, по которым они могут быть надежно определены. Учебное пособие подготовлено на кафедре минералогии и петрографии ТПИ. Пособие предназначено для студентов очного и заочного обучения специальностей 0101, 0103, 0107.

Печатается по постановлению Редакционно-издательского Совета Томского политехнического института

Рецензент:

директор Томского отделения Сибирского  
академического института геологии,  
С рья, кандидат геолого-

Томского

С.М.Кир ва,

## ВВЕДЕНИЕ

К силикатам относятся соли различных кремниевых кислот, причем они составляют наиболее распространенный класс минералов. От общего числа минералов к силикатам и алюмосиликатам принадлежит около 1/3, а по весовому количеству 3/4 земной коры сложена ими. Только минералы группы полевых шпатов слагают 50% веса земной коры. К силикатам и алюмосиликатам принадлежат почти все главнейшие породообразующие минералы.

В составе минералов этого класса принимает участие большинство литофильных элементов - натрий, калий, литий, кальций, магний, титан, цирконий, редкие земли и др. и сидерофилы - железо, марганец, никель и др. Специфическую роль играет алюминий. Он может играть роль катиона, образуя силикаты алюминия, например, дистен  $Al_2[SiO_4]O$  или же алюминий входит в состав анионной группы, образуя алюмосиликаты, например, ортоклаз  $K[AlSi_3O_8]$

Широким распространением среди минералов этого класса пользуются изоморфные смеси различного состава. К ним относятся минералы групп оливины, граната, пироксенов, амфиболов, хлоритов, полевых шпатов и многие другие.

Химические составы минералов класса силикатов отличаются своей сложностью. В многочисленных справочниках и руководствах приводятся очень сложные формулы, характеризующие изоморфные замещения химических элементов в кристаллических решетках. В предлагаемом учебном пособии выбраны упрощенные кристаллохимические формулы, легко доступные для обучающегося и позволяющие понять закономерности парагенетических ассоциаций минералов.

Силикаты кристаллизуются преимущественно в низших сингониях - ромбической, моноклинной и триклинной, хотя известны минералы, кристаллизующиеся в высшей (кубической) и средних (гексагональной, тригональной тетрагональной) сингониях. Довольно часто встречаются хорошо образованные кристаллы.

Диагностика минералов этого класса вызывает определенные трудности, так как физические свойства их весьма близки. Все силикаты и алюмосиликаты обладают стеклянным блеском, исключение составляют лишь циркон и сфен имеющие алмазный блеск. Твердость редко снижается менее обычной твердость 5-6. Удельный вес колеблется в пределах 2,3-3,5 (исключение - циркон с удельным весом 4,0). Окраска силикатов и их отлив от наличия в их составе железа, марганца и других элементов - хромовый. Широким распространением пользуются также цветные, белые, серые, желтые, розовые минералы. Минералы, содержащие хромовый, железный,

ют темную, до черной, окраску.

В основе структуры силикатов, как показал рентгеновский анализ, лежит кремнекислородный или алюмокремнекислородный тетраэдр. Этот структурный элемент образует различные комбинации вследствие полимеризации. В соответствии с чем выделяют следующие подклассы:

- I. Силикаты с изолированными тетраэдрами или с изолированными группами тетраэдров (островные силикаты).
- II. Силикаты с плоскими кольцами тетраэдров (кольцевые силикаты).
- III. Силикаты с бесконечными цепочками тетраэдров.
- A. Силикаты с одинарными цепочками тетраэдров (цепочечные силикаты).
- B. Силикаты с двойными цепочками тетраэдров (ленточные силикаты).
- IV. Силикаты со слоями (листами) тетраэдров (слоевые или листовые силикаты).

V. Силикаты с трехмерными каркасами тетраэдров (каркасные силикаты). Эта классификация и принята в учебном пособии.

В каждом подклассе минералы объединены в группы по сходству физических свойств, а описания их сведены в таблицы. Характерные особенности всех минералов группы указаны в заголовке таблицы. Описания минералов содержат только самые необходимые сведения, так как подробные данные приведены в курсах минералогии А.Г.Бетехтина, Е.К.Лазаренко и др. Учебное пособие предназначено для лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов, поэтому в нем подробно разбирается диагностика каждого минерала. С этой целью указывается, на какие минералы походит изучаемый минерал и по каким признакам он может быть надежно определен. Диагностика минералов приводится в тексте, и она основывается на наиболее типичных ошибках, допускаемых обучающимися в процессе освоения курса минералогии. В отдельных случаях после названия похожего минерала стоит знак "(см)", означающий, что отличительные признаки илагаются в описании данного минерала далее по тексту в этом же выпуске учебного пособия.

Для минералов, образующих характерные парагенетические ассоциации, имеющие диагностическое значение, в тексте приведен перечень наиболее типичных минералов - спутников. Описания минералов, часто встречающихся в виде кристаллов, сопровождаются зарисовками их габитусов.

В 1961 г. была издана "Практическая минералогия", содержащая вводную часть курса минералогии, а также описание минералов, принадлежащих к типам самородных элементов; сульфидов, сульфосолей и их аналогов; оксидов и гидроксидов.

В 1985 г. вышел из печати "Практикум по минералогии", включающий в себя следующие типы минералов: галогидные соединения; органические соединения; кислородные соли. В типе кислородных солей описаны минералы всех классов, кроме силикатов, - карбонаты; сульфаты; вольфраматы и молибдаты; фосфаты, арсенаты и ванадаты; хроматы; бораты.

**1. СИЛИКАТЫ С ИЗОЛИРОВАННЫМИ ТЕТРАЭДРАМИ ИЛИ  
С ИЗОЛИРОВАННЫМИ ГРУППАМИ ТЕТРАЭДРОВ  
(островные силикаты)**

По химическому составу к островным силикатам отнесены минералы, представляющие собой соли кислот  $H_4SiO_4$  и  $H_6Si_2O_7$ . Кристаллическая структура этих силикатов состоит из обособленных тетраэдрических анионов  $[SiO_4]^{4-}$  или  $[Si_2O_7]^{6-}$ . В качестве катионов участвуют  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ti^{4+}$ ,  $Zr^{4+}$  и др. В составе отдельных групп минералов содержатся также дополнительные анионы:  $O^{2-}$ ,  $(OH)^-$ ,  $Fe^-$ ,  $Cl^-$  и др., нейтрализующие избыточный положительный заряд катионов.

Минералы характеризуются, как правило, изометрическим обликом кристаллов, высокой твердостью (более 6), разнообразной окраской, зависящей от содержания элементов-хромофоров. Генезис островных силикатов – эндогенный.

По кристалломорфологическим особенностям и физическим свойствам островные силикаты объединены в следующие группы:

1. Группа оливина.
2. Группа топаза.
3. Группа дистена.
4. Группа граната.
5. Группа везувiana.
6. Группа циркона-сфена.
7. Группа фенакита.
8. Группа аксинита.
9. Группа эпидота.
10. Группа каламина.
11. Группа ринколита.

**I. Группа оливина**

К группе оливина относятся минералы переменного химического состава с общей формулой  $A_2^{2+}[SiO_4]$ , где  $A^{2+} = Mg, Fe, Mn$ .

Форстерит	$Mg_2[SiO_4]$
Оливин	$(Mg, Fe)_2[SiO_4]$
Фаялит	$Fe_2[SiO_4]$
Кнебельит	$(Mn, Fe)_2[SiO_4]$
Тейфройт	$Mn_2[SiO_4]$

Кнебельит и тейфройт встречаются сравнительно редко, и характеристика их здесь не приводится.

Таблица I  
 Мине али ромбической сингонии, кристаллы изометрические, стеклянный блеск, несовершенная  
 спайность, твердость 7, не встречается в парагенезисе с кварцем

	Фосфорит 2	Оливин 3	Зенит 4
Сингония	Ромбическая		
блеск кристаллов	Изметрический, короткий столбчатый, таблитчатый		
Агрегаты	Отдельные вращенные кристаллы или зерен, зернистые		
Цвет	Бесцветный, прозрач- ный, серовато-белый	Оливково-зеленый, бледно-зе- леный, прозрачный железный (хризолит)	Темно-желтый до зеленовато-чер- ного
Блеск	Стеклянный		
спайность	Несовершенная		
твердость	7		
относительный вес	3,2		
Г. ези	Эпидемный, контак- тово-метаморфичес- кий	Эпидемный, только малгати- ческий (в ультраосновных породах)	В гранитных интма- тигах, кислых ла- вах
Локация	При производстве огнеупор- ного фарфорового кирпи- ча. Хризолит используется в кварцовой промышленности	При производстве огнеупор- ного фарфорового кирпи- ча. Хризолит используется в кварцовой промышленности	Не имеет

Кристаллизуются минералы в ромбической сингонии, имеют изометрический или слегка уплощенный облик кристаллов (рис. 1).

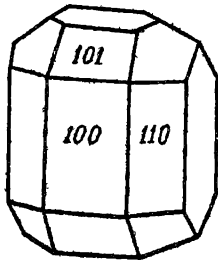


Рис. 1. Кристаллы оливины

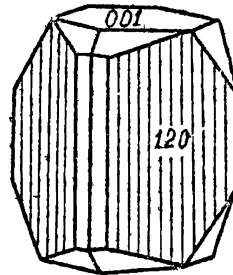
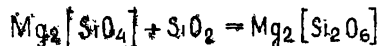


Рис. 2. Кристалл топаза

Физические свойства их приведены в табл. I. Происхождение минералов эндогенное, формируются породах, обедненных кремнекислотой. В парагенезисе с кварцем обычно не встречается, т.к. появление в расплаве избытка кремнезема приводит к образованию пироксена по схеме:



Форстерит чаще встречается в контактово-метаморфических богатых магнием породах (доломитах, известняках) в парагенезисе с шпинелью, диопсидом, флогопитом. Оливин исключительно магматического генезиса, как породообразующий минерал встречается в ультраосновных породах в парагенезисе с хромшифелидом, хромдиопсидом, энстатитом, дирипом, основными плагиоклавами. Под воздействием гидротермальных растворов по минералам этой группы охотно развивается серпентин, имеющий невысокую твердость (менее 4,5). Фаялит иногда встречается в некоторых гранитных пегматитах, а также в кислых лавах, туфах.

Диагностика. Минералы группы оливины походят на кварц. Отличаются от него парагенезисом.

## 2. Группа топаза

Из этой группы рассмотрен топаз.

ТОПАЗ -  $Al_2[SiO_4](F,OH)_2$ .

СИНТОНИЯ. Ромбическая. Кристаллы встречаются часто и довольно крупные. Облик их призматический, на гранях призмы обычно наблюдается штриховка, параллельная вертикальной оси (рис. 2).

**Агрегаты.** Отдельные вкрапленные кристаллы, друзы, иногда зернистые.

**Цвет.** Обычно бесцветный, прозрачный или окрашен в бледные оттенки голубого, винно-желтого, розового цветов

**Блеск.** Стеклоподобный.

**Спайность.** Совершенная по пинакoidу (001) Излом раковистый.

**Твердость.** 8 (является эталонным минералом шкалы Мооса) д. в. о. 3.5.

**Диагностика.** Топаз походит на горный хрусталь. Отличается от него спайностью (у топаза - совершенная проходит перпендикулярно штриховке а граях (120) Кристаллы отличаются также характером штриховки (у топаза она проходит вдоль удлинения у горного хрусталя - поперек (рис ))

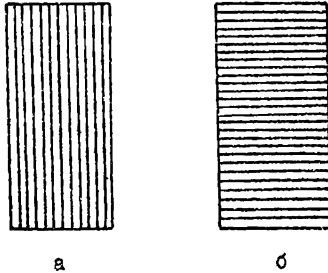


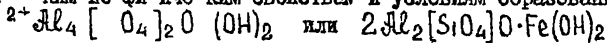
Рис 3. Характер штриховки на гранях кристалла топаза (а) и горного хрусталя (б)

**незис.** Топаз образуется пневматолитово-гидротермальным путем в гранитных пегматитах, грейзенах в ассоциации с кварцем, слюдами, полевыми шпатами, касситеритом, турмалином, бerylлом, ольфрином и др.

**мелкие.** розовые и красиво окрашенные кристаллы топаза используются как драгоценные поделочные камни

### 3. Группа дистена

В эту группу объединены дистен, андалузит, sillimanит характеризующиеся общей формулой  $Al_2[SiO_4]O$ . Здесь же рассматривается близкий им по физическим свойствам и условиям образования ставролит



К этой группе относятся минералы этих сингоний (триклинная или ромби-

чекан). Кристаллы шестоватые, охотно образуют двойники, лучистые или радиально-лучистые агрегаты. Происхождение минералов регионально-метаморфическое или контактово-метаморфическое. При процессах выветривания на земной поверхности минералы группы дистена легко разрушаются и покрываются тонкошелушчатим агрегатом мусковита, в результате чего у минералов снижается твердость, теряется блеск. Физические свойства приведены в табл. 2.

**ДИСТЕН** -  $Al_2 [SiO_4] O$ . Равновидность - кианит-дистен снежного цвета.

Минерал характеризуется четко выраженной анизотропией твердости - на грани шпатоида по удлинению кристалла твердость равна 4,5, а в поперечном направлении - 6 - 6,5 (рис. 4).

**Парагенезис.** Кварц, биотит, мусковит, алмазандин, отавролит.

**Диагностика.** Дистен походит на десковидные кристаллы снедунена и корунд, от которых легко отличается анизотропией твердости.

**АНДАЛУЗИТ** -  $Al_2 [SiO_4] O$ .

Минерал образует окрашенные одиночных кристаллов в темных углито-глинистых породах или в кварце. Облик кристаллов псевдотетрагональный (рис. 5а). В поперечном сечении кристаллы обычно имеют квадратные или близкие к ним очертания.

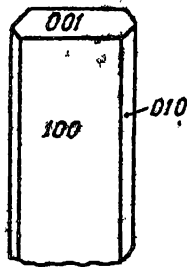


Рис. 4. Кристалл дистена

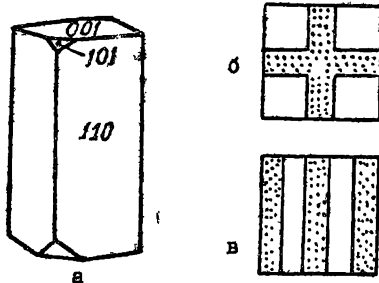
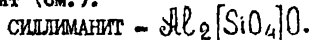


Рис. 5. Кристаллы андалузита (а); поперечное сечение кристалла хластолита (б); продольное сечение кристалла хластолита (в)

В качестве разновидности выделяется хластолит - окрашения в углито-глинистых породах светлых кристаллов андалузита, содержащего закономерно ориентированные примеси углито-б веществ. Распределение их обуславливает в поперечном сечении кристалла хластоли-

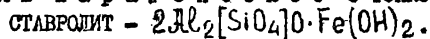
та черный или светлый крест (рис. 5б). В продольном сечении наблюдаются параллельные темно и светлоокрашенные полосы (рис. 5в).

**Д и а г н о с т и к а.** Андалузит походит на скаполит (см.) и скарролит (см.).



Распространен в виде шестоватых игольчатых и волосовидных форм кристаллов и их агрегатов.

**Д и а г н о с т и к а.** Походит на тремолит (см.), волластонит (см.), натролит (см.). От похожих минералов отличается отсутствием головок кристаллов — окончания индивидов напоминают обломанную лучину. Встречается в парагенезисе с тонкозернистым кварцем.



Встречается обычно в виде одиночных вкрапленных кристаллов призматического облика с шестиугольной формой поперечного сечения (рис. 6).

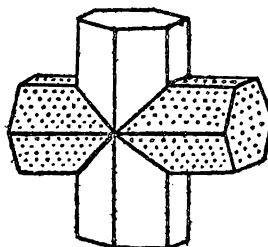
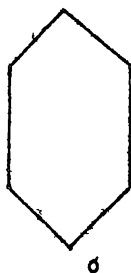
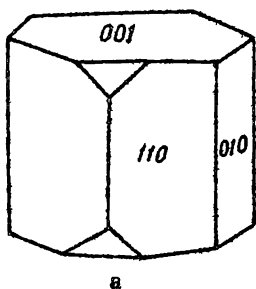


Рис. 6. Кристалл ставролита (а); Рис. 7. Двойник ставролита, форма поперечного сечения кристалла (б)

Часто встречается крестообразные двойники прорастания (рис. 7).

**П а р а г е н е з и с.** Встречается только в регионально-метаморфических породах в ассоциации с мусковитом, алмандином, дистеном, кварцем.

**Д и а г н о с т и к а.** Ставролит походит на андалузит, отличается более темной окраской, двойниками, формой поперечного сечения (квадратная — у андалузита и гексагональная — у ставролита).

Таблица 2

линнопризматические кристаллы, иногда в виде сингоний, часто двойникование, лучистые или радиально-цветные агрегаты, регионально-метаморфического или контактово-метаморфического генезиса

	Дистен	Андалузит		Силлиманит		Ставролит
		2	3	4	5	
Относительная твердость	Григгинский	Ромбоэдрический				5
Формы кристаллов	Длиннопризматический, досковидно-ушлованный по (100)	Длиннопризматический, псевдогексагональный призматический	Длиннопризматический, водородо-видный, шольчатый, шестоватый			Длиннопризматический, псевдогексагональный, призматический
Агрегаты	Шестоватые, лучистые, луччатые					Вкрапления кристаллов. Крестообразные двойники прямые и косые
Цвет	Голубой, синий, зелено-зеленый, серовато-белый, реже бесцветный. Синия окраска часто распределяется пятнами	Серовато-белый, желтоватый, розовый, красно-оранжевый, зеленоватый	Серовато-белый, светло-зеленый			Красно-оранжевый, буровато-черный
Блеск	Стеклообразный					
Спайность	Совершенная по (100)	Совершенная по (110). При выветривании и гидротермальном изменении спайность теряется		Совершенная по (110)		Несовершенная

Продолжение таблицы 2

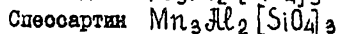
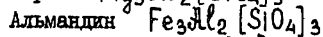
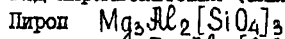
I	2	3	4	5
Твердость	Анизотропия твердости: на грани пинкояда (100) по удлинению - 4,5, попереk удлинению - 6 - 6,5	7 - 7,5	6,5 - 7 При выветривании и гидротермальном изменении снижается до 4,5 - 5	7 - 7,5
Уд. вес	3,5	3,0	3,0	3,7
Генезис	Регионально-метаморфический или контактово-метаморфический			
Применение	Высокотемпературные огнеупоры в металлургии и керамическое сырье, а также руда для получения кремнеалюминиевого сплава-силумина			

#### 4. Группа граната

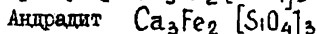
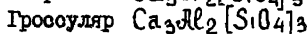
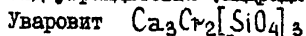
В группу граната объединяются минералы с общей формулой  $A_3^2+ B_2^3+ [SiO_4]_3$ , где  $A^{2+} = Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Ca^{2+}$ ;  $B^{3+} = Al^{3+}, Fe^{3+}, Cr^{3+}$ .

Выделяются два изоморфных ряда минералов:

1. Ряд пиральспитовый (альмандиновый)



2. Ряд уграндитовый (андрадитовый)



Кроме того, различают две разновидности гранатов: **демантоид** — гроссулярь ослепзеленого цвета, прозрачный; **шорломит** — андрадит черного цвета с высоким содержанием титана.

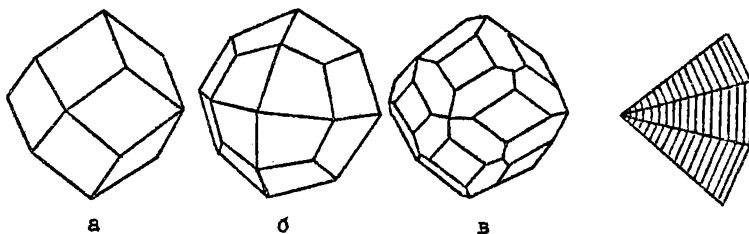


Рис. 8. Кристаллы граната: а — ромбододекаэдр, б — тетрагонтриоктаэдр, в — комбинация ромбододекаэдра и тетрагонтриоктаэдра

Рис. 9. Секториальная штриховка на кристалле граната

Встречаются гранаты в виде отдельных окрашенных кристаллов ромбододекаэдрического, тетрагонтриоктаэдрического облика или их комбинаций (рис. 8). На гранях часто наблюдается штриховка, параллельная длинной диагонали ромба. Гранаты уграндитового ряда образуют сплошные зернистые массы, в которых отмечается нередко секториальная штриховка, обусловленная особенностями роста кристаллов (рис. 9).

Физические свойства гранатов представлены в табл. 3.

**Диатомитика.** Гранаты походят на циркон (см.), везувиан (см.), эвклазит (см.), шпинель. От шпинели отличаются обликом кристаллов (у шпинели — октаэдры). Пиральспитовый ряд отличается от угранди-

того агрегатами и царегенезисом. Гранаты пиральсонитового ряда образуют одиночные вкрапленные кристаллы, уграндитового ряда — друзы кристаллов или оплошные зернистые массы.

**П а р а г е н е з и с.** Пироп образуется магматическим путем, встречается в ультраосновных породах, кимберлитах в ассоциации с оливином, энстатитом, хромдиопсидом, основным плагиоклазом. Альмандин, регионально-метаморфического генезиса, встречается с оикотитом, диотеном, ставролитом, кварцем. Спессарти — в гранитных пегматитах с кварцем, альбитом, микроклином, турмалином, бериллом, слюдами.

Гранаты уграндитового ряда только контактово-метасоматического генезиса. Уваровит встречается на контакте гранитоидов с ультраосновными породами, например, в трещинах отдельности серпентинитов. Андрадит и гроссуляр образуют непрерывный изомерный ряд и резкой границы между ними нет. Гроссуляр имеет более светлую окраску (желтовато-бурая, зеленоватая, светло-красно-бурая), андрадит — темно-красно-бурый до черного. Оба минерала распространены в скарпах с кальцитом, эпидотом, диопсидом, волластонитом, магнетитом, шеллитом, сульфидами.

### 5. Группа везувиана

В этой группе рассматривается только везувиан

**ВЕЗУВИАН** —  $Ca_2Al_2[SiO_4]_2(OH)_4$ .

**С и н г о н и я.** Тетрагональная.

**О б л и к к р и с т а л л о в.** Короткопризматический в комбинации с бипирамидой (III), срезанной гранями пинакоида (001). Грани кристаллов обычно имеют сложный скульптурный рисунок (рис. 10).

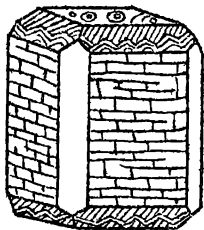


Рис. 10. Кристаллы везувиана

**А г р е г а т ы.** Отдельные вкрапленные кристаллы, шестоватые, зернистые, плотные.

**Ц в е т.** Зеленый, желтовато-зеленый, буроватый, красно-бурый.

**Б л е с к.** Стеклоподобный.

**С л а й н о с т ь.** Н совершенная.

**Т в е р д о с т ь** 6-6.

**У д в е с.** 3,4.

**Д и а г н о с т и к а.** Везувиан

походит на циркон (с.), зернистые агрегаты пидота (ом.), граната. От гранатов отличается облик кристаллов.

**Г е н е з и с.** Контактново-метасоматический, встречается в скарпах в ассоциации с кальцитом, андрадитом или гроссуляром, эпидотом, хлоритами

Таблица 3

Кристаллы кубической сингонии, ромбодекаэдр, тетраэдроморфавид и их комбинации. друзы или сплошные агрегаты, стеклянный блеск, несовершенная спайность, твердость 7,5 - 8

	Цитроп	Альмадин	Спессартин	Уваровит	Гроссуляр	Андралит
I	2	3	4	5	6	7
Сингония	Кубическая					
Облик кристаллов	Ромбодекаэдр, тетраэдроморфавид и их комбинации					
Агрегаты	Отдельные кристаллы - друзы кристаллов, сплошные агрегаты					
Цвет	Красный, красно-бурый		Ярко-зеленый		Желтого - бурый, зеленоватый, бурый, темно-красно-бурый, буровато-черный	
Блеск	Стеклообразный					
Спайность	Несовершенная					
Твердость	6,5 - 7,5					
Уд. вес	3,5 - 4,3					

Продолжение таблицы 3

	2	3	4	5	6	7
Ге зис	Магматический, в ультраосновных ородах камберлитах России	Регионально - метаморфический	В гранитных пегматитах	КОНТАКТОВО-МЕТА- СОМАТИЧЕСКИЙ		
Примечание	Абразивный материал, красноватый камень разности - драгоцennyй камень					

## 6. Группа циркона - сфена

В группе рассматриваются два минерала - циркон и сфен (табл. 4).  
ЦИРКОН -  $Zr [SiO_4]$ . Примеси  $U, Th, Hf$ .

Встречаются только в кристаллах, размер которых редко превышает 1 см. Облик их тетрагонально-призматический или бипирамидальный (в нефелиновых сиенитах) (рис. II).

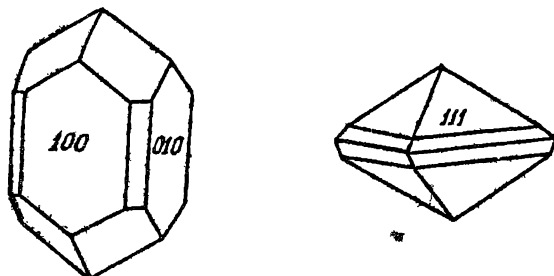


Рис. II. Кристаллы циркона

**Разновидности.** Малакон и циртолит - содержат повышенные количества радиоактивных элементов и  $H_2O$ . Находятся в метамиктном состоянии, темнобурого цвета, характеризуются матовым или смолистым блеском.

**Парагенезис.** Как акцессорный минерал, циркон распространен во всех изверженных горных породах. В виде отдельных вкрапленных кристаллов встречается в гранитных и щелочных пегматитах в ассоциации с микроклином, альбитом, нефелином, эгирином, биотитом, сфеном, пирохлором, апатитом.

**Диагностика.** Циркон сходит на сфен (см.), везувиан, пирохлор, касситерит, рутил, шпинель.

От кристаллов везувиана циркон отличается отсутствием граней пинакоида (001), алмазным блеском, твердостью и парагенезисом.

От пирохлора отличается:

1. Обликом кристаллов - у пирохлора кристаллы октаэдрические.
2. Бóльшей твердостью - у пирохлора она равна 6. Хрупкостью кристаллов пирохлора.
3. Чертой - у пирохлора - бледно-желтая, у циркона - белая.
4. Отсутствием продуктов разложения на поверхности кристаллов циркона; на кристаллах пирохлора часто наблюдается мучнистый налет.
5. Иногда циркон можно отличить парагенезисом: циркон может встре-

чаться в ассоциации с кварцем, пироклор - в нефелиносодержащих щелочных породах.

От касситерита и рутила циркон легко отличается парагенезисом: в кварцевых гидротермальных жилах он не встречается. От шпинели - облик кристаллов (у шпинели - октаэдр), парагенезисом.

СФЕН -  $\text{CaTi}[\text{SiO}_4]\text{O}$ . Синоним - титанит. В качестве примесей присутствуют Nb, Ta, Fe.

Всегда наблюдается в виде вкрапленных кристаллов клиновидного, призматического или уплощенного конвертообразного облика. В поперечном сечении кристаллы имеют форму острого ромба (рис. 12).

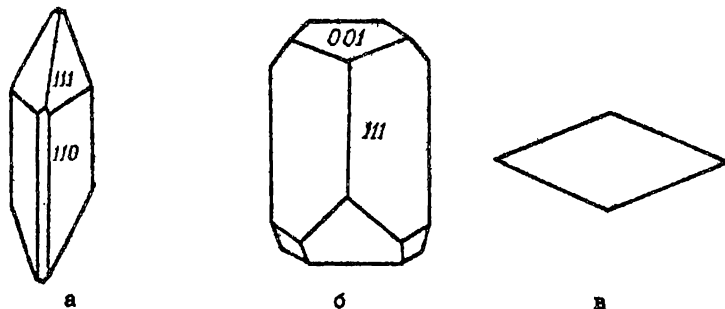


Рис. 12. Кристаллы сфена: а - клиновидный призматический; б - уплощенный, конвертообразный; в - поперечное сечение рис алла

**П а р а г е н е з и с** Как акцессорный минерал, сфен встречается в некоторых магматических горных породах (гранитах, оригах, сиенитах). Крупные кристаллы его встречаются в щелочных пегматитах. Встречается в ассоциации с оклином, томом, нефелином, биотитом, эгирином, вадляитом, асрофиллом, инколитом, ильменитом, апатитом. Сфен обходит на аксинах (см.), циркон при этом отличается от циркона и пироклора обликориталла, формой поперечного сечения от циркона, а, кроме того, более низкой твердостью.

Таблица 4

Вкрапления кристаллов, алмазный блеск, несовершенная спайность, твердость 5,5 - 8

	Циркон	Сфен
I	2	3
Сингония	Тетрагональная	Моноклиная
Облик кристаллов	Призматический, бипирамидальный, их комбинации	Призматический, клиновидный, уплощенный конвертообразный
Агрегаты	Вкрапления кристаллов	Вкрапления кристаллов, иногда зернистые
Цвет	Бесцветный, розовый, красноватый, красно-бурый, желто-бурый, темно-бурый	Медово-желтый, желто-бурый, зеленоватый, красноватый
Черта	Б е л а я	
Блеск	А л м а з н ы й	
Спайность	Н е с о в е р ш е н н а я	
Твердость	8	5,5
Уд. вес	4,7	3,5
Прочие свойства	Радиоактивен	Иногда отдельность по (ООГ)
Генезис	Э н д о г е н н ы й Магматический, пегматитовый. Россыпи	Магматический, пегматитовый (преимущественно в щелочных породах)
Применение	Получение окиси циркония, обладающей высокой огне- и кислотоустойчивостью И в л е т г а ф н и й	Для получения окиси титана

## 7. Груша Фенакита

Груша включает силикаты бериллия, цинка, марганца, среди которых наиболее распространен фенакит.

ФЕНАКИТ -  $\text{Be}_2[\text{SiO}_4]$ .

С и г о н и я. Тригональная.

О б л и к к р и с т а л л о в. Ромбоэдрический, короткостолбчатый (рис. 13). Часто встречаются двойники прорастания по  $(10\bar{1}0)$ .

А г р е г а т ы. Отдельные вкрапленные кристаллы, реже - друзы кристаллов.

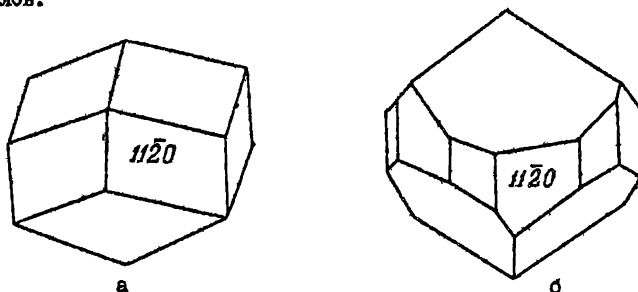


Рис. 13. Кристаллы фенакита:

а - ромбоэдрический облик, б - короткостолбчатый облик

Ц в е т. Прозрачный бесцветный или слабо окрашен в вино-желтый, розоватый, буроватый цвета.

Б л е с к. Стеглянный, в изломе - жирный.

С п а й н о с т ь. Несовершенная. Раковистый излом.

Т в е р д о с т ь. 7,5.

У д. в е с. 3,0.

Д и а г н о с т и к а. Походит фенакит на горный хрусталь, топаз. От кварца отличается обликом кристаллов, от топаза - обликом кристаллов и несовершенной спайностью. В случае вкрапленников зерен, похожих на кварц, необходим спектральный анализ на бериллий.

Г е н е з и с. Пневматолитово-гидротермальный. Встречается в гранитных негматитах в ассоциации с бериллом, топазом, полевыми шпатами, ольдами, кварцем и др.

П р и м е н е н и е. Руда бериллия. Прозрачные, красиво окрашенные разновидности используются в ювелирной промышленности.

### 8. Группа аксинита

В этой группе рассматриваются боросиликаты — аксинит и датолит (табл. 5).

Таблица 5

Пластинчатые клиновидные или призматические кристаллы, плотные зернистые агрегаты, стеклянный блеск, несовершенная спайность, твердость 5,5 — 7

	АКСИНИТ	ДАТОЛИТ
I	2	3
Сингония	Триклинная	Моноклиная
Облик кристаллов	Пластинчатый, призматический; Клиновидный с острыми двугранными углами	
Агрегаты	Друзья кристаллов Листоватые, пластинчатые, сплошные массы	Плотные зернистые, шестоватые
Цвет	Буровато-коричневый, фиолетовый, красноватый, зеленоватый, серовато-белый	Белый, бледно-зеленый, желтоватый, розоватый, фиолетовый
Блеск	Стеклообразный	
Спайность	Несовершенная	
Твердость	6,5 — 7	5 — 6,5
Уд. вес	3,3	3,0
Генезис	Гидротермальный, контактно-метасоматический	
Применение	Не имеет	Борная руда

АКСИНИТ -  $\text{Ca}(\text{Mn}, \text{Fe}^{2+})\text{Al}_2\text{B}[\text{SiO}_4]_4$ . Минерал получил свое название по характерным формам кристаллов - клиновидные с острыми двугранными углами (греч. "аксина" - топор) (рис. 14).

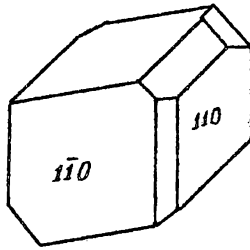


Рис. 14. Кристаллы аксинита

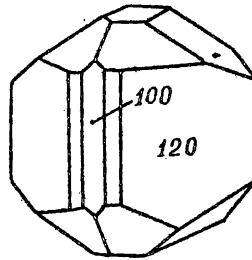


Рис. 15. Кристалл датолита

**П а р а г е н е з и с.** Образуется аксинит в гидротермальных условиях, встречается в пустотах в основных эффузивных породах и в рудных жилах в ассоциации с кварцем, кальцитом, галенитом, сфалеритом, халькопиритом и др.

**Д и а г н о с т и к а.** Походит на сфен. Отличается от него стеклян-ным блеском, более высокой твердостью (6,5 - 7), парагенезисом - особенно характерна ассоциация аксинита с кальцитом.

**ДАТОЛИТ -  $\text{CaB}[\text{SiO}_4](\text{OH})$ .**

Кристаллы призматического облика, часто богаты простыми формами (рис. 15). На гранях призмы иногда наблюдается продольная штриховка.

**П а р а г е н е з и с.** Образуется в гидротермальных процессах, а также контактово-метасоматическим путем в скарнах в ассоциации с волластонитом, кальцитом, геденбергитом, цеолитами, пренитом и др.

**Д и а г н о с т и к а.** В плотных агрегатах датолит походит на кварц, флюорит. От кварца отличается меньшей твердостью (5 - 5,5), от флюорита - несовершенной спайностью и более высокой твердостью.

### 9. Группа эпидота

В этой группе рассматриваются цоизит, эпидот, ортит. Общая формула минералов может быть выражена в следующем виде:  $\text{A}_2\text{B}_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]_2\text{O}(\text{OH})$ , где  $\text{A}^{2+} = \text{Ca}^{2+}$ , иногда редкие земли (Ce, La),  $\text{B}^{3+} = \text{Al}, \text{Mn}^{3+}, \text{Fe}^{3+}$ . Все минералы группы кристаллизуются в низших сингониях (ромбическая или моноклиная), обладают близкими кристалломорфологическими и физи-

Ческими свойствами (табл. 6)  
ЦОИЗИТ -  $\text{Ca}_2\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$ .

П а р а г е н е з и с. Цоизит образуется в результате гидротермального изменения плагиоклазов основного состава и встречается в а с с о ц и а ц и и с амфиболами, сульфидами, кварцем.

Д и а г н о с т и к а. Цоизит походит на эпидот, от которого отличается более светлой окраской.

ЭПИДОТ -  $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$ .

Р а з н о в и д н о с т и. П ъ е м о н т и т - эпидот с высоким содержанием  $\text{Mn}^{3+}$  (до 15%), характеризуется темно-красным или красно-вазо-бурым цветом.

Встречающиеся кристаллы эпидота обычно хорошо образованы, призматического („гробоводры“), шестсватого или таблитчатого облика, в поперечном сечении кристаллы имеют форму параллелограмма (рис. 16), характеризуются обилием простых форм. Грани часто покрыты штриховкой, параллельной длинной оси "в" кристалла.

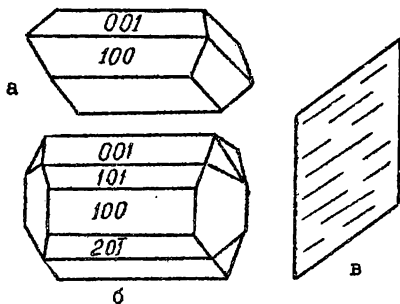


Рис. 16. Кристаллы эпидота (а, б); форма поперечного сечения (в)

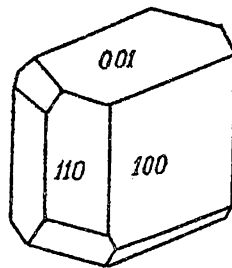


Рис. 17. Кристалл ортита

П а р а г е н е з и с. Встречается в скарнах в а с с о ц и а ц и и с гранатами, диопсидом, роговой обманкой, кальцитом, волластонитом, магнетитом. В метаморфических породах эпидот распространен с амфиболами, полевыми шпатами (плагиоклазом), кварцем.

Д и а г н о с т и к а. Эпидот походит на пироксены (см.), амфиболы (см.), турмалин (см.), везувиан. От везувиана отличается совершенной спайностью.



ОРТИТ -  $(Ca, Ce \dots)_2 (Al, Fe)_3 [Si_2O_7][SiO_4]O(OH)$ .

Примеси - La, Y, Th.

**П а р а г е н е з и о.** Распространен ортит в гранитных пегматитах, где находится в ассоциации с полевыми шпатами, кварцем, уранинитом, цирконом и другими минералами редких и радиоактивных элементов.

Минерал радиоактивный, вокруг вкрапленных кристаллов или зерен его наблюдается красно-бурый ореол.

**Д и а г н о с т и к а.** Ортит походит на уранинит, колумбит - танталит, ильменит. Отличается от них белой чертой.

#### Ю. Группа каламина

В этой группе рассматривается один минерал - каламин.

КАЛАМИН -  $Zn_4[Si_2O_7](OH)_2 \cdot H_2O$ .

**С и н г о н и я.** Ромбическая.

**О б л и к к р и с т а л л о в.** Таблитчатый (рис.18), обычно мелкие, встречаются в пустотах горных пород.

**А г р е г а т ы.** Натечные кристаллические корки с радиально-лучистым строением, почковидные, сталактитовые, реже сплошные зернистые или землистые массы.

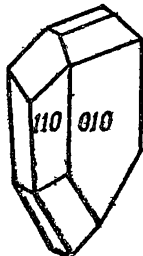


Рис.18. Кристалл каламина

**Ц в е т.** Кристаллы каламина бесцветны, в агрегатах окраска серовато-белая, зеленоватая, голубая, бурая.

**Б л е с к.** Стекланный, в агрегатах матовый или восковой.

**С п а й н о с т ь.** Совершенная по {110}.

**Т в е р д о с т ь.** 4 - 5.

**У д. в е с.** 8,5.

**Д и а г н о с т и к а.** Каламин походит на смитсонит, халцедон. От смитсонита отличается реакцией с соляной кислотой (каламин разлагается в HCl медленно без выделения пузырьков  $CO_2$ , смитсонит - бурно реагирует с выделением  $CO_2$ ), а также меньшим уд. весом (3,5 - у каламина и 4,5 - у смитсонита). От халцедона отличается меньшей твердостью.

**Ф е н е з и с.** Экзогенный. Образуется каламин в зонах окисления свинцово-цинковых месторождений, где находится в парагенезисе с смитсонитом, перусситом, лимонитом и др.

**П р и м е н е н и е.** Важная руда цинка.

Таблица 7

Кристаллы редки, обычно лучистые, шестоватые или стекловатые (клееноподобные) массы, буровато-желтая окраска, бледно-желтая черта, твердость 5, в ассоциации с кварцем не встречается

1	Ринколит	Ловчоррит
2	3	
Сингония	Моноклинная	Аморфный
Облик кристаллов	Призматический, уплощенный	-
Агрегаты	Лучистые, сплошные зернистые	Стекловатые, напоминающие столярный клей
Цвет	Темно-желтый, буровато-желтый, зеленовато-желтый	
Черта	Бледно-желтая	
Блеск	Стеклянный	Воковой, жирный
Спайность	Совершенная по (100)	-
Твердость	5	5
Уд. вес	3,4	
Прочие свойства		Раковистый излом
Прочие свойства	Пегматитовый (в нефелиновых пегматитах)	
Применение	Для получения редких элементов	

## II. Группа ринколита

В группу объединяются минералы сложного химического состава, насыщенными кремнекислотой, содержащие редкие земли. Здесь рассматриваются наиболее распространенные минералы группы - ринколит и ловчоррит (табл. 7).

**РИНКОЛИТ** -  $(Ca, Na)_6 (Ti, Ce)_3 [SiO_4]_4 (F, OH)_4$ .

**П а р а г е н е з и о**. Распространен минерал в щелочных нефелиновых пегматитах в ассоциации с микроклином, альбитом, нефелином, эгирином, авдиалитом, сфеном, апатитом.

**Д и а г н о с т и к а**. Похожих минералов на ринколит нет. Характерны для него лучистые или оноповидные агрегаты, желтоватая окраска бледно-желтая черта и парагенезис.

**ЛОБЧОРРИТ** – аморфная разновидность ринколита. Обычно встречается в виде стекловатых масс, напоминающих сухой столярный клей.

**П а р а г е н е з и о.** Аналогичен ринколиту.

**Д и а г н о с т и к а.** Иногда бывает похож на опал, от которого легко отличается парагенезисом.

## П. СИЛИКАТЫ С ПЛОСКИМИ КОЛЬЦАМИ ТЕТРАЭДРОВ

(кольцевые силикаты)

В основе кристаллической структуры находятся кремнекислородные тетраэдры, которые, соединяясь друг с другом, образуют кольца. Анионный комплекс –  $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$ . Минералы кристаллизуются в гексагональной, тригональной или ромбической сингониях, характеризуются хорошей кристаллизационной способностью. Облик их – гексагональные, тригональные или псевдогексагональные призмы.

Происхождение минералов – эндогенное, главным образом, пегматитовое.

В этом подклассе рассматриваются следующие группы минералов:

1. Группа берилла.

2. Группа эвдиалита.

3. Группа диоптаза.

### 1. Группа берилла

В группу берилла объединены следующие минералы:

Берилл –  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$

Кордиерит –  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$

Турмалин –  $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Mg} \dots)(\text{Al}, \text{Fe} \dots)_3[\text{B}_3\text{Al}_3\text{Si}_6\text{O}(\text{OH})_{30}]$

Кристалломорфологические и физические свойства их приведены в табл. 8.

**БЕРИЛЛ** –  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ . Примеси Na, K, Li, Cs, Fe, Cr, Ti.

**Р а з н о в и д н о с т и:** 1) **изумруд** – изумрудно-зеленого цвета (окраска обусловлена примесью Cr); 2) **аквамари** – прозрачная разновидность синевато-голубой окраски (содержит примесь Ti, Fe); 3) **в ор о б ь е в и т** – розового цвета (примесь Cs); 4) **т е л и о д о р** – прозрачный, желтоватого цвета (примесь  $\text{Fe}^{3+}$ , следы U).

Распространен берилл в виде одиночных вкрапленных кристаллов столбчатого или призматического облика (рис. 19), на гранях призмы иногда наблюдается слабая продольная штриховка.

**П а р а г е н е з и о.** Образуется берилл в гранитных пегматитах в ассоциации с полевым шпатом, кварцем, олами, турмалином, вольфрамитом, касситеритом, молибденитом.

Таблица 8

Вкрапленные кристаллы призматического, столбчатого облика, со стекляннм блеском, несовер-  
ш ой спайностью, твердость 7 - 8

	Берилл	Кордиерит	Тузмалин
I	2	3	4
Сингония	Гексагональная	Ромбическая	Тригональная
Облик кристаллов	Гексагональные призмы	Призматический, псевдогексагональный	Столбчатый, призматический
Агрегаты	Вкрапленные и друзы	Зернистые	Друзы, лучистые, радиально-лучистые, волосовидные, редко плотные, зернистые
Цвет	Желтовато-белый, зеленоватый, голубоватый, изумрудно-зеленый	Бесцветный, синеватый, желтоватый, бурый	Разнообразный - от черного до бесцветного
Блеск	Стеклянный		
Спайность	Несовершенная		
Твердость	7,5 - 8		
Уд. вес	2,9	2,6	3,0
Прочие свойства	Редко на гранях призм - продольная штриховка	Отдельность по (001)	Обычно продольная штриховка на гранях призм. Иногда - грязноголубая черта
Генезис	Петматитовый (в гранитных пегматитах), пневматолитическо-гидротермальный	Регионально-метаморфический	Петматитовый (в гранитных пегматитах), регионально-метаморфический, гидротермальный
Применение	Руда бериллия. Красиво окрашенные разновидности - в ювелирном деле	Не имеет	Термо- и пьезоэлектрическое сырье, поделочный камень

**Д и а г н о с т и к а.** Берилл походит на кварц, корунд, апатит. От кристаллов кварца отличается штриховкой (у кварца она поперечная). От корунда - отсутствием отдельности и парагенезисом (корунд встречается в десилицированных бескварцевых пегматитах). От кристаллов апатита - твердостью (у апатита она равна 5).

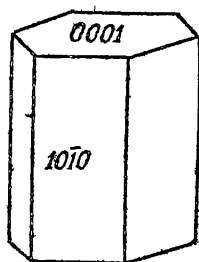


Рис. 19 Кристалл берилла

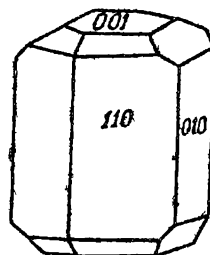


Рис. 20. Кристаллы кордиерита

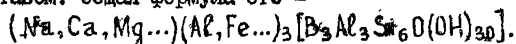
**КОРДИЕРИТ** -  $(Mg, Fe)_2 Al_3 [AlSi_5O_{18}]$ .

Крис аллы ромбической сингонии, облик их псевдогексагональный (ис. 20).

**П а р а г е н е з и с.** Кордиерит встречается в метаморфических породах (гнейсах, сланцах). При процессах выветривания кордиерит легко разрушается, в результате с поверхности и на плоскостях отдельности его наблюдаются чешуйки олюдитых минералов, при этом снижается твердость, блеск становится матовым.

**Д и а г н о с т и к а** Кордиерит походит на кварц, Отличается от него продуктами разложения.

**ТУРМАЛИН** - минерал характеризуется сложным многокомпонентным химическим составом. Общая формула его -



В зависимости от химического состава выделяются следующие разновидности: 1) **д р а в и т** - магниевый (бурого цвета); 2) **ш е р л** (шерлит) - железистый (черного цвета); 3) **з л ъ б а н т и р у б е л и т** - литиевые (соответственно синего и розового или малинового цвета).

Распространен турмалин в виде крупных кристаллов призматического или столбчатого облика (рис. 21). В поперечном сечении кристаллы имеют форму сферического треугольника (рис. 22). На гранях призм очень часто находит в себя характерная для турмалина продольная штриховка,

обусловленная комбинацией многочисленных граней призматического пояса.

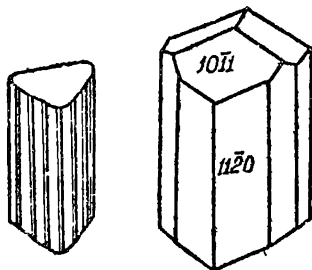


Рис. 1 кристаллы турмалина

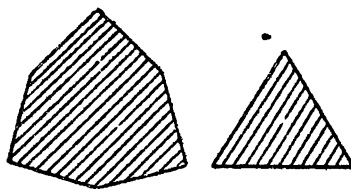


Рис. 22 Формы поперечного сечения кристаллов турмалина

в т.ч. Пестоватые турмалины свое солнце (рис. 23).

лучистые или радиально-лучистые -

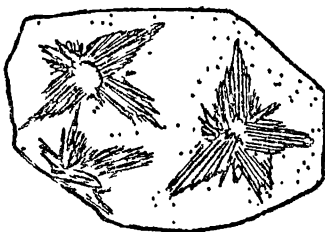


Рис. 23 Радиально-лучистый агрегат турмалина (турмалиновое солнце)

Цвет турмалина разнообразный и зависит от его химического состава: безжелезистые - светлые, розовые, красные, зеленые, синие; железистые - бурые, желто-бурые; железистые - черные. Наибольшим распространением пользуется турмалин черного цвета. Полихромный турмалин обладает зональным распределением окраски в одном и том же кристалле. Причем, смена различных окрашенных

зон наблюдается как поперек кристалла, так и вдоль его. В последнем случае в изломе ядро кристалла имеет красный цвет, а с периферии одна или несколько резко очерченных полигональных зон окрашены в различные оттенки зеленого или любого другого цвета.

**П а р а г е н е з и с.** Образуется турмалин в гранитных пегматитах, регионально-метаморфических породах, а также в гидротермальных жилах. Минералы - спутники его - полевые шпаты, слюды, ~~слюда~~, кварц, споду-

мен, опесчан и др.

**Д и а г н о з т и к а.** Турмалин походит на эпидот, ортит, актинолит (см.), роговую обманку (см.), пирокоены (см.). От эпидота и ортита отличается формой поперечного разреза кристалла, несовершенной спайностью и более выколотостью (7,5 - 8 - у турмалина и 6 - 6,5 - у эпидота, ортита)

## 2. Групп а э в д и а л и т а

В этой группе рассматриваются пространенные в щелочных породах минералы эвдиалит

**ЭВДИАЛИТ** -  $\text{Na}_4\text{Ca Zr}[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ . Примеси - редкие земли (Ce, La Y) Fe, Mn, H<sub>2</sub>O

**Разновидность** - эвколит (обогащен  $\text{Fe}^{2+}$ )

**С и н г н и я.** Тригональная. Кристаллы толстотаблитчатые или призматические, для которых характерна комбинация ромбоэдра, пинакоида и призма (рис. 24)

**А р а г т н.** Вращенные зерна, сплошные зернистые массы.

**Ц в е т.** Розовый до о-красный, красно-бурый.

**Б л е с к.** Стеглянный.

**С п а й н о с т ь.** Несовершенная

**Т в е р д о с т ь** 5 - 5,5

**в о з д.** 2,9.

**Д и а г н о з т и к а.** Эвдиалит походит на алмаздин. Отличается от алмаздина твердостью (соответственно 7,5 - 8 и 5 - 5,5 у граната и эвдиалита) парагенезисом - алмаздин обычно ассоциируется с кварцем

**Г е н е з и с.** Образуется эвдиалит в магматических пегматитовых процессах. Встречается только в щелочных обедненных кремнистыми породах в парагенезисе с нефелином, полевыми шпатами, ринкитом или сачорритом, гирином, астробиллитом, офеом апатитом.

## 3. Групп а д и о п т а з а

В группе диоптаза рассматриваются диоптаз и хризозолла - водные окислы меди (табл. 9)

**ДИОПТАЗ** -  $\text{Cu}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  или  $\text{Cu}_6\text{Si}_6\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Синоним - аширит. Встречается, как правило, в призматических кристаллах тригональной сингонии (рис. 25).

**П а р а г е н е з и с.** Образуется диоптаз в зоне окисления медных месторождений и находится в ассоциации с хризозоллой, бурым железняком и др.

Таблица 9

Водные силикаты меди, зеленого, голубовато-зеленого или синего цвета, зеленоватой чертой, твердость 2 - 5, экзогенного происхождения

I	Диоптаз	Хризоколла
	2	3
Сингония	Тригональная	Аморфный
Облик кристаллов	Призматический	-
Агрегаты	Вкрапленники кристаллов, друзы	Плотные натечные корки, сплошные массы, землистые, рыхлые
Цвет	Изумрудно-зеленый	Голубовато-зеленый, синий, буроватый
Черта	Зеленая	Светло-зеленая
Блеск	Стеклянный	Стеклянный, восковой, матовый
Спайность	Совершенная по ромбоэдру (1011)	-
Твердость	5	2 - 4
Уд. вес	3,3	2,3
Другие свойства		Раковистый излом
Генезис	Экзогенный, в зоне окисления медных месторождений	
Применение	Н е и м е е т	

**Д и а г н о с т и к а.** Диоптаз походит на малахит, от которого легко отличается реакцией с  $HCl$  (малахит растворяется в соляной кислоте с шипением). В прозрачных кристаллах хорошо видна спайность. Походит на изумруд, отличаясь от него низкой твердостью (соответственно 5 и 8).

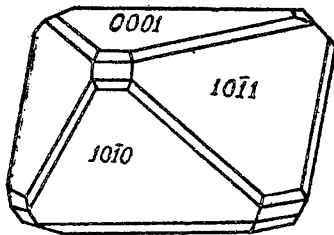


Рис. 24. Кристалл эвдиалита

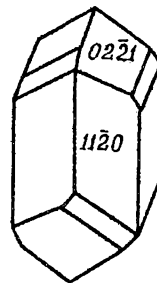


Рис. 25. Кристалл диоптаза

ХРИЗОКОЛЛА -  $CuSiO_3 \cdot nH_2O$  . Часто содержит примеси  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $P_2O_5$

Минерал аморфный, встречается в опаловидных агрегатах в виде натечных корочек.

П а р а г е н е з и с. Распространена в зоне окисления медных месторождений.

Д и а г н о с т и к а. Хризоколла походит на малахит, азурит, опал, бирюзу. От малахита и азурита отличается реакцией с  $HCl$  (азурит и малахит бурно реагируют с  $HCl$ ), от опала и бирюзы - меньшей твердостью (соответственно от 2 до 4 - у хризоколлы и 5,5 - 6 - у опала и бирюзы).

### Ш. СИЛИКАТЫ С БЕСКОНЕЧНЫМИ ЦЕПОЧКАМИ ТЕТРАЭДРОВ

Структура силикатов данного подкласса характеризуется непрерывными цепочками связанных друг с другом кремнекислородных тетраэдров. Различаются силикаты с одинарными цепочками (ц е п о ч е ч н ы е) и двойными цепочками (л е н т о ч н ы е). В одинарных цепочках кремнекислородные тетраэдры связаны с общей вершиной, и анионный комплекс имеет формулу  $[Si_2O_6]^{4-}$  или  $[SiO_3]^{2-}$ . Двойные цепочки или ленты построены из одинарных путем полимеризации, анион их -  $[Si_4O_{11}]^{6-}$ . В кремнекислородных тетраэдрах ионы кремния могут частично замещаться алюминием и тогда анион таких алюмосиликатов -  $[(Si, Al)_2O_6]$  или  $[(Si, Al)_4O_{11}]$ . В качестве катионов участвуют следующие элементы:  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ti^{4+}$ ,  $Fe^{3+}$ . Кроме того, в силикатах с двойными цепоч-

ками присутствуют дополнительные ионы  $(OH)^-$ ,  $F^-$ .

Происхождение силикатов описываемого подкласса эндогенное. Все они являются породообразующими минералами.

#### А. Силикаты с одинарными цепочками тетраэдров (цепочечные силикаты)

К цепочечным силикатам относятся две группы минералов:

1. Группа пироксенов.
2. Группа пироксеноидов.

#### 1. Группа пироксенов

В эту группу объединяется большое число породообразующих минералов, очень близких как по химическому составу, так и по кристалло-морфологическим и физическим свойствам. Анионный радикал их  $[Si_2O_6]^{4-}$ ; катионы —  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ti^{4+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Na^+$ ,  $Li^+$ . По кристаллографическим признакам пироксены подразделяются на два ряда — а) ромбические и б) моноклинные, характеризующиеся общими и морфологическими, и физическими свойствами.

Облик кристаллов пироксенов призматический (рис. 26).

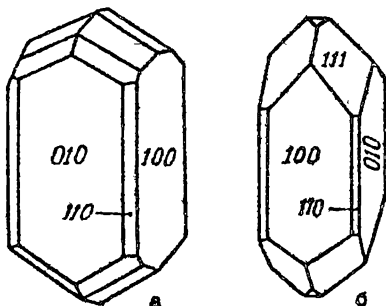


Рис. 26. Кристаллы пироксенов:  
а — ромбический (анстатит),  
б — моноклинный (диопсид)

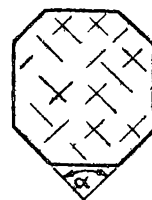


Рис. 27. Форма поперечного сечения кристалла пироксена б направлениями следов спайности; угол  $\alpha = 90^\circ$  или  $87^\circ$

Окраска пироксенов темно-зеленая до черной. Спайность средняя, проходит параллельно граням призмы (110), по кости спайности не сдается под прямым углом у ромбических пироксенов или близким к нему у

моноклинных пироксенов (рис. 27).

Для всех кристаллов пироксенов характерна отдельность, проходящая параллельно грани (001). Д и а г н о з и с называется пироксен с четко выраженной отдельностью.

Группа пироксенов в целом походит на группу амфиболов (см.), эпидот, турмалин. От эпидота пироксены отличаются характером спайности (в одном направлении — у эпидота, в двух направлениях — у пироксенов). От турмалина — спайностью (у турмалина — несовершенная), обликом кристаллов и формой поперечного разреза (сферические треугольники — у турмалина и восьмиугольники — у пироксенов).

### Ряд ромбических пироксенов

К ромбическим пироксенам относятся энстатит  $Mg_2[Si_2O_6]$  и гиперстен  $Fe_2[Si_2O_6]$ .

ЭНСТАТИТ —  $Mg_2[Si_2O_6]$ . Минерал образует непрерывную изоморфную смесь с гиперстеном —  $Fe_2[Si_2O_6]$ . Разновидность энстатита, содержащая от 5 до 14% закиси железа и обладающая характерным бронзовым отливом, наиболее четко проявляющимся на выветрелых поверхностях, называется бронзитом.

С и н г о н и я. Ромбическая. Облик кристаллов короткопризматический или таблитчатый. Кристаллы редки.

А г р е г а т ы. Зернистые или отдельные краешки зерен.

Ц в е т. Серовато-белый с зеленоватым оттенком (у бронзита окраска бронзово-желтая).

Б л е с к. Стеклообразный со слабо перламутровым отливом (у бронзита блеск металлоидный).

С п а й н о с т ь. Средняя по кристе (110), угол между плоскостями спайности  $90^\circ$ .

Т в е р д о с т ь. 5 — 6. У д. в е с ы 3,1 — 3,2.

П р о ч и е с в о й с т в а. Минерал обладает четкой отдельностью по пинакoidу (001).

Д и а г н о з и к а. Минералов, похожих на энстатит, нет. Для него характерна серовато-белая или светло-зеленая окраска, перламутровый отлив на плоскостях спайности. От гиперстена условно отличается более светлой окраской (цвет гиперстена зеленый до темно-зеленого).

Бронзит походит на желтые колчеданы (пирит, халькопирит, пирротин, пентландит), от которых легко отличается средней спайностью, четкой (у бронзита — белая, у всех желтых колчеданов — темноокрашенная).

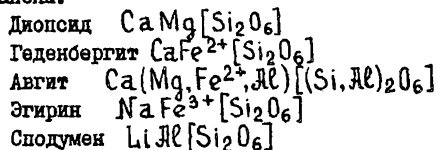
**Г е н е з и с.** Магматический, встречается как породообразующий минерал в ультраосновных породах.

**П а р а г е н е з и с.** Встречается энстатит обычно в мономинеральных агрегатах или в ассоциации с оливином, плагиоклазом основного состава, хромшпинелидами. Под действием гидротермальных растворов по энстатиту развивается серпентин, тальк.

**П р и м е н е н и е.** В промышленности не применяется.

### Р я д м о н о к л и н н ы х п и р о к с е н о в

Среди многочисленного ряда моноклинных пироксенов наиболее распространены:



Эгирин и сподумен, содержащие в своем составе щелочные металлы и Li, относятся к щелочным пироксенам. Все пироксены этого ряда имеют темную окраску. Исключение представляет сподумен и довольно редкая разновидность диопсида - лейкодиопсид, имеющие соответственно светло-серую и бледно-зеленую окраску.

Физические свойства минералов представлены в табл. 10.

**ДИОПСИД-**  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ . Содержит примеси FeO, MnO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Р а з н о в и д н о с т и.** 1. **Х р о м д и о п с и д** - изумрудно-зеленого цвета с высоким содержанием хрома. 2. **В и о л а н** - синего цвета, натриево-глиноземистый. 3. **Д е й к о д и о п с и д** - светло-серого или бледно-зеленого цвета, маложелезистый. 4. **Б а й к а л и т** - крупные кристаллы диопсида из Слюдянского месторождения.

**П а р а г е н е з и с.** Диопсид входит в состав известковых скарнов вместе с воластонитом, кальцитом, кварцем, андрадитом или гроссуляром, эпидотом, магнетитом, сульфидами, а также с скаполитом, флогопитом, апатитом. Хромдиопсид встречается исключительно в ультраосновных породах с форстеритом, широпом.

**Д и а г н о с т и к а.** Диопсид походит на эпидот, турмалин, актинолит (см.). От эпидота отличается характером спайности - совершенная в одном направлении у эпидота и средняя в двух направлениях под углом 87° - у диопсида. От турмалина - спайностью (несовершенная - у турмалина), обликом кристаллов, формой поперечного сечения их (столбчатые кристаллы с продольной штриховкой и сферическим треугольником в сече-

Таблица 10

Минералы моноклинной сингонии с призматическими или уплощенными досковидными кристаллами, темне-зеленой или зеленовато-черной окраски (за исключением сподумена), стеклянным блеском, средней спайностью в двух направлениях под углом 87°

	Диопсид	Геденбергит	Авгит	Эгирин	Сподумен
I	2	3	4	5	6
Сингония	М о н о к л и н н а я				
Облик кристаллов	Короткостолбчатый	Кристаллы редкие	Короткостолбчатый, таблитчатый	Длиннопризматический столбчатый, игловидный, уплощенный, досковидный	Уплощенный, досковидный
Агрегаты	В к р а п л е н н ы е к р и с т а л л ы				
Цвет	Друзы, шестоватые, слоистые, радиально-лучистые зернистые	Шестоватые, лучистые, радиально-лучистые	Вкрапленные кристаллов	Друзы, лучистые, радиально-лучистые, слоистые, зернистые	Вкрапленные досковидных кристаллов
	Серовато-зеленый, грязно-зеленый, изумрудно-зеленый, сероватый, белый	Темно-зеленый, зеленовато-черный	Черный, зеленовато-черный	Зеленовато-черный, темно-зеленый	Шелково-серый, серовато-белый, розоватый, фиолетовый

Продолжение таблицы 10

	2	3	4	5	6
	С т е к л я н н ы й				
пайо ть	С р е д н н я в д в у х н а п р а в л е н и я х п о (110), у г о л с п а й н о с т и 87°				
Твердость	5,5 - 6				
Уд вес	3,3	3,5	3,5	3,5	3,2
Д р у г и е с в о й - с т в а	И н о г д а д в о й н и к и, п а р а л - л е л ь н о г р а н н ы м (100) н а б л ю д а е т с я о б ъ е д и н е н о с т ь Г р а н и (100) ч а с т о д е ф о р м и - р о в а н н				
Ц в е т и с	Магматический (в основных породах), кон- тактово-мега- соматический	Контактово-ме- гасоматический	Магматичес- кий (в эф- фузивных основных породах)	Магматический (в пелочных нефе- линовых сленитах и пегматитах)	Пегматитовый (в гранитных железных пег- матитах)
	Э н д о г е н н ы й				
П л и м е н е н и е	П о р о д о о б р а з о в а н и е				В а ж н а я р у д а л и т я

ний - у турмалина, призматические кристаллы с восьмиугольным поперечным сечением - у диопсида) (рис. 26б, рис. 27), а также парагенезисом. **ГЕДЕНБЕРГИТ** -  $\text{CaFe}^{2+}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ .

Распространен геденберgit в лучистых, пестоватых или радиально-лучистых агрегатах темно-зеленого, зеленовато-черного цветов. При выветривании вследствие окисления железа он легко буреет.

**П а р а г е н е з и с.** Геденберgit - минерал контактово-метасоматического генезиса, распространен в мономинеральных агрегатах или в ассоциации с сферлеритом, галенитом. Кроме того, геденберgit встречается в скарных вместе с волластонитом, датолитом, кальцитом.

**Д и а г н о с т и к а.** Геденберgit походит на актинолит (см.), турмалин. От турмалина отличается теми же признаками, что и диопсид.

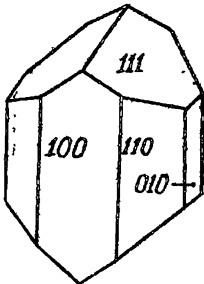
**АВГИТ** -  $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$ . В зависимости от содержания примесей выделяют такие разновидности авгита: 1) титан-авгит ( $\text{TiO}_2$  - до 5%), 2) эгирин-авгит ( $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Обе эти разновидности встречаются в щелочных горных породах.

**П а р а г е н е з и с.** Авгит наблюдается в виде отдельных вкрапленников блестящих кристаллов короткопризматического облика (рис. 28) в эффузивных породах.

**Д и а г н о с т и к а.** Авгит походит на роговую обманку (см.).

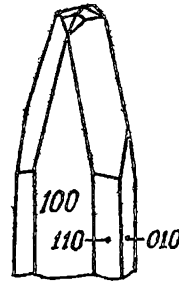
**ЭГИРИН** -  $\text{NaFe}^{3+}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ . Щелочной пироксен. Синоним минерала - **авгит**.

Кристаллы эгирина, как правило, вытянутые, иглочатые, призматические или досковидные при преимущественном развитии граней пинакоида (100) (рис. 29). Часто во вкрапленниках наблюдается лишь одна грань пинакоида (100), имеющая очертание вытянутого шестиугольника. На гранях призмы иногда наблюдается продольная штриховка.



с К

а



К алл ина

**Парагезит**. Эгирин — минерал исключительно щелочных, обедненных кремнеземом пород (нефелиновых сменитов), поэтому в ассоциации с кварцем не встречается. Обычные минералы — спутники его — нефелин, альбит, микроклин, офен, эциалиит, ринколит (ловчоррит), апатит и др.

**Диагностика**. Эгирин походит на арфведсонит (см.), роговую обманку (см.), турмалин. От турмалина легче отличается парагезитом (эгирин не встречается с кварцем, турмалин — в кварцевых породах); чертой (эгирин дает бледно-зеленую черту, турмалин — белую, иногда грязно-голубую) и спайностью (у турмалина она несовершенная).

**СПОДУМЕН** —  $\text{LiAlSi}_3\text{O}_6$ . Щелочной пироксен.

Среди минералов группы пироксенов сподумен резко обособляется своими специфическими свойствами: светлая окраска (серовато-белая, пепельно-серая, бледно-розовая, фиолетовая), более высокая твердость (6,5–7), слабо проявляющаяся средняя спайность. В отличие от ранее рассмотренных пироксенов сподумен встречается только в гранитных пегматитах вместе с кварцем.

Кристаллы сподумена всегда вытянутые уплощенные, дооковидные, часто деформированные.

**Парагезит**. Сподумен образуется в гранитных пегматитах с литиевой специализацией, находится в ассоциации с альбитом, микроклином, лепидолитом, мусковитом, розовым турмалином (рубеллитом), бериллом, кварцем, иногда с касситеритом, колумбитом-танталитом.

В процессе выветривания на поверхности кристаллов сподумена образуются дендриты гидроокислов марганца (псиломелана).

**Диагностика**. Сподумен походит на полевые шпаты (см.), скаполит (см.), канкринит (см.), дистен. От дистена отличается характером спайности (совершенная в одном направлении — у дистена, средняя под углом  $87^\circ$  — у сподумена), твердостью (анизотропия твердости — у дистена).

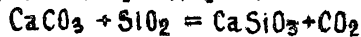
## 2. Группа пироксеноидов

Силикаты этой группы характеризуются анноном  $[\text{SiO}_3]^{2-}$ , в качестве катионов в них принимают участие  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ . К минералам этой группы относятся волластонит  $\text{Ca}[\text{SiO}_3]$  и родрит  $\text{Mn}[\text{SiO}_3]$  (табл. II).

ВОИЛАСТОНИТ -  $\text{Ca}[\text{SiO}_3]$ .

Синоним - досчатый шпат.

П а р а г в е з и с. Образуется воиластонит на контакте изверженных пород (чаще гранодиориты) с известняками по схеме:



Встречается в скарпах вместе с диопсидом, андрадитом или гроссуляром, кальцитом. Образует также мономинеральные агрегаты.

Таблица II

Сплошные массы розового цвета или волокнистые и пластинчатые агрегаты белого цвета, с совершенной спайностью, стеклянныи блеском, твердостью 4,5 - 6,5, контактово-метасоматического или регионально-метаморфического генезиса

	Воиластонит	Родонит
I	2	3
Сингония	Т р и к л и н н а я	
Облик кристаллов	Т а б л и т ч а т ы й (рис. 30)	
Агрегаты	Лучистые, спутанно-волокнистые, радиально-лучистые	Плотные сплошные массы
Цвет	Белый, серовато-белый, розоватый	Розовый, малиновый
Блеск	С т е к л я н н ы й	
Спайность	Совершенная по (100) и средняя по (001), угол $74^\circ$	Совершенная по (110) и (110)
Твердость	4,5 - 5	6 - 6,5
Уд. вес	2,8	3,5
Другие свойства	Медленно разлагается в НСС	
Генезис	Контактово-метасоматический	Низкотемпературный гидротермальный, регионально-метаморфический
Пр. менение	Производство минеральной ваты	Подделочный камень

**Д и а г н о с т и к а.** Волластонит походит на тремолит (см.), силиманит, гидробоарцит, арагонит, натролит (см.). От силиманита отличается парагенезисом (силиманит не встречается в окарнах), меньшей твердостью (соответственно равной 4,5 - у волластонита и 7 - у силиманита). От гидробоарцита волластонит отличается твердостью (равной соответственно 2 и 4), агрегатами (звездчатые - у гидробоарцита и лучистые, спутанно-волокнистые - у волластонита). От арагонита отличается реакцией с соляной кислотой (арагонит бурно реагирует с HCl, выделяя CO<sub>2</sub>, волластонит разлагается в HCl медленно, без выделения CO<sub>2</sub>), спайностью (у арагонита - несовершенная, у волластонита - совершенная).

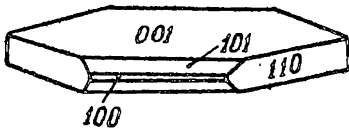


Рис.30. Кристаллы волластонита

**РОДОНИТ** -  $Mn[SiO_3]$ . Синоним - орлец.

**П а р а г е н е з и с.** Обычно родонит образуется в регионально - метаморфическом процессе в виде плотных мономинеральных агрегатов. С поверхности по трещинам по нему развиваются черные марганцевые минералы - поломелан или пиролизит, образующиеся в результате выветривания.

**Д и а г н о с т и к а.** Походит родонит на родохрозит. Отличается от него реакцией с соляной кислотой (родохрозит разлагается в HCl с выделением пузырьков CO<sub>2</sub>), спайностью (у родохрозита - совершенная по {001}, у родонита - спайность совершенная, но она обычно не различима в его плотных агрегатах) и твердостью (соответственно 3,5 - 4,5 - у родохрозита и 6 - 6,5 - у родонита).

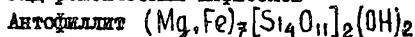
**С л и к а т ы с д в о й н ы м и ц е п о ч к а м и  
в раздрос (ленточные силикаты)**

К ленточным силикатам относится группа амфиболов, объединяющая большое число породобразующих минералов эндогенного происхождения.

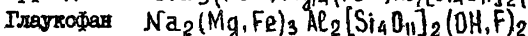
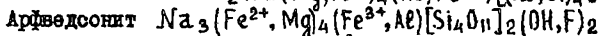
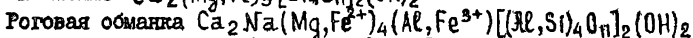
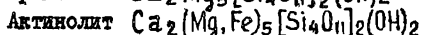
Амфиболы характеризуются близкими химическим составом кристаллофорной группе  $[4O]^{6-}$  физич. свойствами. Анионный радикал их катионы  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $F^{2-}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ , ос. все амфиболов постоянно присутствует допони-

тельные ионы  $(OH)^-$ ,  $O^{2-}$ ,  $F^-$ . Кристаллизуются они в низших сингониях (ромбическая или моноклинные), и в соответствии со структурой выделяют два ряда:

1. Ряд ромбических амфиболов



2. Ряд моноклинные амфиболов



Арфведсонит и глаукофан, существенно натриевые по составу, называются щелочными амфиболами, и распространены они в щелочных недосыщенных кремнеземом породах – нефелиновых сиенитах (арфведсонит) или в кристаллических сланцах (глаукофан).

Ромбические амфиболы (антофиллит) пользуются ограниченным распространением и здесь не рассматриваются.

Моноклинные амфиболы образуют длиннопризматические кристаллы, поперечное сечение которых часто ромбической формы (рис. 31).

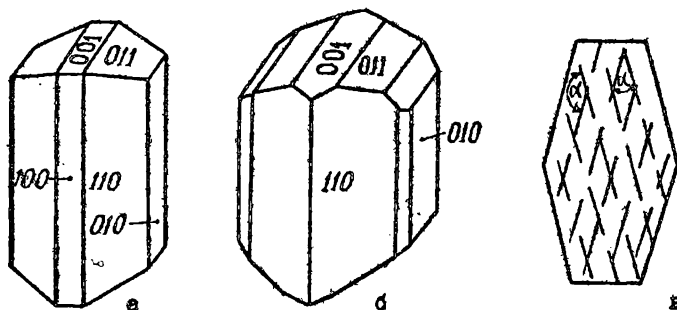


Рис. 31. Кристаллы рогой обманки (а, б); форма поперечного разреза кристалла (в) с направлениями следов спайности, углом  $\alpha = 124^\circ$  или  $56^\circ$

Окраска амфиболов обычно темная. Спайность совершенная, проходит параллельно граням призма (110), плоскости спайности перекрещиваются под углом  $124^\circ$  или  $56^\circ$ . По своим физическим свойствам они близки к группе пироксенов. Отличие амфиболов от пироксенов состоит в следующем.

## I. Облик кристаллов

Короткопризматические, таблитчатые, уплощенные, досковидные      Длиннопризматические, шестоватые

## 2. Форма поперечного сечения кристалла

Восьмиугольная

Ромбическая

## 3. Характер спайности

Средняя по (110) с углом  $90^\circ$  или  $87^\circ$       Совершенная по (110), с углом  $124^\circ$  или  $56^\circ$

## 4. Блеск

Тускло-стеклянный

Сильно стеклянный

## 5. Отдельность

Характерна по (100)

Отсутствует

Как и пироксены, амфиболы походят на эпидот, турмалин. Отличаются от них характером спайности, от турмалина, кроме того, формой поперечного разреза.

Физические свойства амфиболов приведены в табл. 12.

ТРЕМОЛИТ -  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ .

АКТИНОЛИТ -  $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ .

Тремолит и актинолит образуют непрерывный изоморфный ряд, поэтому резкого различия в их свойствах нет и отличаются друг от друга лишь цветом (белый или серый - у тремолита, зеленый с оттенками - у актинолита).

Распространены минералы в виде лучистых, шестоватых или волокнистых (войлокоподобных) агрегатов.

В зависимости от агрегатов выделены следующие разновидности минералов:

1. Нефрит - скрутокристаллические, плотные, необычно вязкие массы белого цвета или различных зеленых оттенков с матовым блеском.

2. Тремолит-аобест, актинолит-аобест (амиянт) - прожилки параллельно-волокнистых агрегатов с шелковистым блеском.

Парагенезис. Тремолит и актинолит - минералы регионально-метаморфического или гидротермального генезиса. Тремолит встречается в мономинеральных агрегатах, а также в ассоциации с доломитом, тальком. Актинолит чаще находится с такими минералами, как биотит, хло-

Таблица 12

Менюльменные амфиболы длиннопризматического облика кристаллов, лучистыми, лучистыми, радиально-лучистыми или лучистыми агрегатами, обычно темной окраски, стеклинным блеском, совершенной спайностью в двух направлениях под тупым или острым ( $124^\circ$  или  $56^\circ$ ) углами между плоскостями спайности, твердость 5,5 - 6

Тремолит	Актинолит	Роговая обманка	Арфведсонит	Глаукофан
2	3	4	5	6
Синония				
М о н о к л и н и а я				
Д л и н н о п р и з м а т и ч е с к и й				
Оснск кристаллов	Лучистые, шестоватые, слутанчно-волокистые, радиально-лучистые, открыто-кристаллические (нефрит)	Вкрапленные кристаллы или зерна, друзы, зернистые	Игольчатые, лучистые, радиально-лучистые, опуханно-волокистые, па-рацельно-волокистые	Радиально-лучистые, опуханно-волокистые, па-рацельно-волокистые
Цвет	Белый, серовато-белый, бледно-зеленый	Темно-зеленый до черного	Черный	Голубовато-оливный
Блеск	С т е к л я н н ы й			
Журта	Б е л я я			
Спайность	Голубовато-серая			
Твердость	Совершенная в двух направлениях по (110) с углом $124^\circ$ или $56^\circ$			
Уд. вес	3,0	3,2	3,4	3,1
		5,5 - 6		

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6
Генезис	Регионально-метаморфический, гидротермальный		Во всех эндогенных процессах	Гидротермальный, в пеллогах нефелиновых породах	Регионально-метаморфический, гидротермальный
Применение	Скандинавская разновидность - нефрит используется как поделочный камень		-	-	-

риты, эпидот, тальк, мигнетит, сульфиды, кварц.

**Д и а г н о с т и к а.** Тремолит походит на арагонит, гидроборанит, воластонит, натролит (см.). От арагонита отличается нерастворимостью в соляной кислоте, от гидроборанита - большей твердостью (соответственно - 3 и 5,5), от воластонита - более высокой твердостью (равной соответственно 4,5 и 5,5), характером спайности (у тремолита - совершенная в двух направлениях под тупым углом или острым, у воластонита - спайность совершенная в одном направлении), парагенезисом (тремолит, в отличие от воластонита, в скарпах не встречается).

Актинолит походит на эпидот, геденбергит, турмалин. От эпидота отличается характером спайности (в одном направлении - у эпидота, в двух направлениях - у актинолита); от геденбергита - парагенезисом (геденбергит встречается с галенитом и сфалеритом); от турмалина актинолит отличается совершенной спайностью, меньшей твердостью (соответственно - 5,5 и 7,5), формой поперечного сечения кристаллов.

Нефрит своими плотными агрегатами и матовым блеском напоминает халцедон и серпентин. Отличается от них необычайно высокой вязкостью и твердостью (у халцедона - 7, серпентина - 3,5, нефрита - 5,5 - 6).

Тремолит - и актинолит-асбест своими волокнистыми агрегатами походят на кризотил-асбест (см.).

**РОГОВАЯ ОБМАНКА** -  $\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_4(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})[\text{Al}, \text{Si}]_4\text{O}_{11}\text{}_2(\text{OH})_2$ .  
В качестве примеси почти всегда содержит  $\text{TiO}_2$ .

**П а р а г е н е з и с.** Как породообразующий минерал входит в состав магматических (диоритов, гранодиоритов, сиенитов) и метаморфических горных пород (амфиболитов). Роговая обманка встречается в ассоциации с полевыми шпатами, биотитом, кварцем, гранатами (альмандином), эпидотом, корундом.

**Д и а г н о с т и к а.** Роговая обманка походит на эгирин, авгит, арфведсонит (см.). От эгирина отличается парагенезисом (эгирин всегда вместе с нефелином), углом спайности. От авгита отличается более длиннопризматическими кристаллами и углом спайности.

**АРФВЕДСОНИТ** -  $\text{Na}_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_4(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{F}, \text{OH})_2$ .  
Минерал относится к щелочным амфиболом, что и определяет его нахождения в нефелиновых породах.

Встречается арфведсонит в игольчатых, шестсватых агрегатах черного цвета.

**П а р а г е н е з и с.** Распространен арфведсонит в щелочных недосматенных кремнеземею породах в ассоциации с нефелином, эгирином, эвдиалитом, сфеном, совалитом, канкринитом, апатитом и другими минералами

щелочных пород.

**Д и а г н о с т и к а.** Арфведсонит походит на эгириин и роговую обманку, от которых легко отличается своей голубовато-серой чертой, от роговой обманки, кроме того, парагенезисом (роговая обманка с нефелином и эгирином не встречается).

**ГЛАУКОФАН** -  $\text{Na}_2(\text{Mg,Fe})_3 \text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{F,OH})_2$ .

Распространен минерал в радиально-лучистых, спутанно-волокнистых агрегатах. Р а з н о в и д н о с т ь глаукофана о параллельно-волокнистыми агрегатами голубого цвета называется р о д у с и т - а с - б е с т о м.

**П а р а г е н е з и с.** Глаукофан обычно наблюдается в мономинеральных агрегатах, реже в ассоциации с альбитом, кварцем, хлоритами, кальцитом.

**Д и а г н о с т и к а.** Похожих минералов на глаукофан нет - характерен голубовато-синий цвет, голубая черта, агрегаты.

#### IV. СИЛИКАТЫ СО СЛОЯМИ (ЛИСТАМИ) ТЕТРАЭДРОВ

(с л о е в н ы е и л и л и с т о в н ы е с и л и к а т ы)

Структура силикатов этого подкласса состоит из кремнекислородных тетраэдров, уложенных в отдельные слои, которые связаны друг с другом тионами. Анионная группа этих силикатов  $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$  или  $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$  строении слоевнх силикатов всегда участвует гидроксильная группа  $(\text{OH})^-$ , нередко вместе с  $\text{F}^-$ . Катионные оставляющие -  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$   $\text{Li}^+$ . Кроме того, в составе минерала могут быть молекулы  $\text{H}_2\text{O}$ .

Слоевая структура минералов находит свое отражение на облике их кристаллов и в физических свойствах. Кристаллизуются они моноклинной сингонии, однако таблитчатый или пластинчатый облик кристаллов их очень близок к гексагональной симметрии (рис. 32)

Сравнительно слабая связь между отдельными кремнекислородными листами в структуре обуславливает весьма слабую рнвенную спайность в одном направлении по (001), невысокую твердость 2,5 - 3,5, у отдельных минералов она снижается до 1 или достигает своего максимального значения - 5 - 6. Уд. вес 2,7 - 3,5. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности с перламутровым отливом.

Образуются слоевые силикаты в эндогенных условиях, а небольшая часть - в экзогенных.

В данном подклассе рассматриваются следующие группы минералов:

1. Группа талька.
2. Группа олод.
3. Группа хрушких олод.
4. Группа гидроолод.
5. Группа хлоритов.
6. Группа каолинита-монтмориллонита.
7. Группа серпентина-хризотил-асбеста.
8. Группа силикатов никеля.
9. Группа астрофиллита.

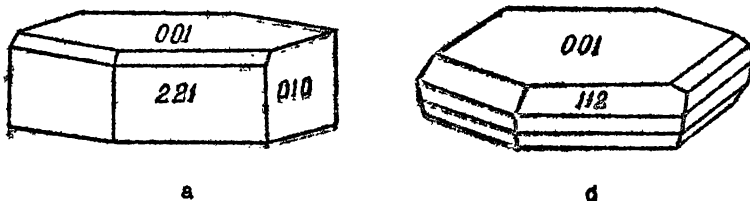


Рис.32. Кристаллы слоистых силикатов:  
а - кристалл олоды б - клинохлора

### 1. Группа талька

В эту группу входят два минерала: тальк  $Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$   
 пирофиллит  $Al_2[Si_2O_5](OH)_2$  (табл. I).  
 ТАЛЬК  $Mg_3[Si_4O_{10}](H)_2$

\* В зависимости от агрегативного минерала выделяются такие разновидности: бланго-одный тальк - крупношубчатые агрегаты полупрозрачные, голубовато-зеленого цвета; жиро-вощак, стеатит горшечный и меньший, мыльный камень - плотные, тонкошубчатые агрегаты.

Парагенезис. Тальк, образовавшийся в результате водостывания гидротермальных растворов на богатые магнием породы, находится вместе с такими магниевыми минералами, как доломит, магнезит, брейнерит- $(Mg,Fe)CO_3$ , тремолит, актинолит, энстатит. Кроме того, с

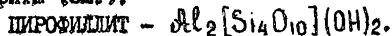
Таблица 13.

Чешуйчатые агрегаты минералов, светлой окраски, твердость I (легко режутся ногтем), жирные на ощупь, листочки гибкие, но не упругие

	Тальк	Пирофиллит
I	2	3
Сингония	М о н о к л и н н а я	
Облик кристаллов	П л а с т и н ч а т ы й	
Агрегаты	Крупночешуйчатые, листоватые, плотные мелкочешуйчатые	
Цвет	В отдельных чешуйках - бесцветный, белый; в агрегатах - бледно-розовый, желтоватый, зеленовато-голубой	
Блеск	Стекланный, с перламутровым отливом на плоскости спайности; в сплошных, мелкочешуйча- тых агрегатах - матовый	
Спайность	Весьма совершенная по (001)	
Твердость	I	
Уд. вес	2,6	2,9
Другие свойства	Жирные на ощупь, тонкие листочки, гибкие, но не упругие	
Генезис	При воздействии гидро- термальных растворов на магнезиальные поро- ды	Низкотемпературный, гидротермальный
Применение	В резиновой и бумажной промышленности (как наполнитель), в парфюмерии, медицине, в производстве огнеупорного кирпича, электро- изолятора	

талыком могут быть встречены гематит, магнетит, хромшиналид.

**Д и а г н о з т и к а.** Талык походит на пирофиллит (см.), срицит (см.), каолинит (см.), монтмориллонит (см.), светлоокрашенные хлориты (см.).



**Р а з н о в и д н о с т ь а г а л ь м а т о л и т** - плотный тонкозернистый агрегат.

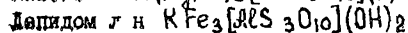
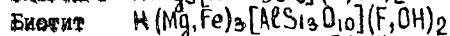
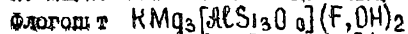
**П а р а г е н е з и с.** Как низкотемпературный гидротермальный минерал, пирофиллит всегда встречается с кварцем, образуя в нем характерные звездчатые агрегаты

**Д и а г н о з т и к а.** Пирофиллит походит на железные минералы, тальк и альбит. От талька отличается парагенезисом (талык в ассоциации с кварцем не встречается).

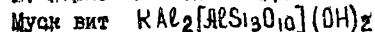
## 2. Группа о л и д

Среди минералов этой группы по химическому составу выделяются магнезиально-железистые и алюмо-калиевые слюды (таб I4).

**А. Магнезиально-железистые слюды**



**Б. Алюмо-калиевые слюды**



Образуются слюды во всех эндогенных процессах. Все они походят, особенно магнезиально-железистые, на вермикулит (см.), хлориты (см.).

### А. Магнезиально-железистые слюды

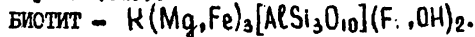
Магнезиально-железистые слюды образуют между собой непрерывный изоморфный ряд поэтому физические свойства их изменяются постепенно, без резких границ



**П а р а г е н е з и с.** Распространен в породах контактово-метасоматического генезиса вместе с диопсидом, кальцитом, апатитом скаполитом форстеритом. Встречается флогопит также в гранитных пегматитах

**Д и а г н о з т и к а** Походит на биотит (см.), лепидомелан (с

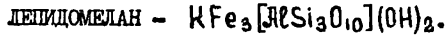
вермикулит (см.).



**П а р а г е н е з и с.** Как породообразующий минерал, биотит широко распространен во многих изверженных и метаморфических породах, пегматитах.

**Д и а г н о с т и к а.** От флогопита биотит отличается окраской (флогопит в тонких пластинках бесцветен или слабо окрашен, биотит имеет темную окраску), парагенезисом (в контактово-метасоматических породах обычен флогопит).

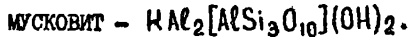
Походит биотит также на лепидомелан (см.), вермикулит (см.) и хлориты (см.).



**П а р а г е н е з и с.** Как и биотит, лепидомелан встречается во многих изверженных породах, однако преимущественно распространен в щелочных породах с нефелином, агрином, канкринитом, альбитом, микроклином, эвдиалитом, апатитом и др.

**Д и а г н о с т и к а.** От флогопита и биотита лепидомелан отличается черной окраской, которая сохраняется и в тонких пластинках, парагенезисом (лепидомелан ассоциирует с нефелином), хрупкостью — листочки его при деформации легко разламываются.

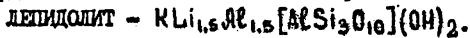
#### Б. А л ь м о - к а л и е в ы е с л ь д ы



**Р а з н о в и д н о с т и:** **ф у к с и т** — хромосодержащий мусковит ярко-зеленого цвета; **с е р и ц и т** — тонкочешуйчатые массы с шелковистым блеском; **ж и л ь б е р т и т** — крупнокристаллические агрегаты, образующиеся в зольбандах кварцевых жид.

**П а р а г е н е з и с.** Мусковит — минерал, образующийся практически во всех эндогенных процессах, и парагенезисо его разнообразен.

**Д и а г н о с т и к а.** Мусковит походит на светлоокрашенные хлориты (см.), маргарит (см.); серицит — на тальк, пирофиллит, каолинит (см.), монтмориллонит (см.). От талька и пирофиллита серицит отличается на ощупь (серицит — сухой, тальк и пирофиллит — жирные), большей твердостью (соответственно 1 и 2,5).



Синоним — литиевая слюда.

**П а р а г е н е з и с.** Лепидолит — минерал гранитных пегматитов и обычно встречается вместе с литиевыми минералами: оподуменом, розовым турмалином, а также с альбитом, микроклином, бериллом, кварцем.

Таблица 14

Пластинчатые или таблитчатые кристаллы с псевдооктаэдрическими очертаниями, листоватые или чешуйчатыми агрегатами, весьма совершенной спайностью в одном направлении, стеклинным блеском в перламутровом отливом, твердость 2-3. Минералы легко расщепляются на отдельные чешуйки, углубленные листочки

	Флоколит	Блогит	Липциомелан	Мусковит	Лепидолит
I	2	3	4	5	6
Спайность	М о н о к л и н н а я				
Облик кристаллов	Псевдооктаэдрический, пластинчатый, таблитчатый (рис. 32, а), короткопризматический, усеченнопризматический				
Агрегаты	Листоватые, чешуйчатые, вкрапленные отдельные чешуйки, кристаллов				
Цвет	В агрегатах - бурый, красноватый, в тонких листоватых слабо окрашенный		Темно-зеленый, зеленовато-черный, буроватый, черный	Черный	Розовый, малиновый
			Бесцветный, сероватый-белый, бледно-зеленый, желтоватый	мелкочешуйчатые	
Черта	Б л е д н о - з е л е н а я				
Блеск	С т е к л я н н ы й с п е р л а м у т р о в ы м о т л и в о м				
Спайность	В о с ь м а с о в е р ш е н н а я п о (001)				

Продолжение таблицы I4

I	2	3	4	5	6
Тве ость	2 - 3				
Уд. вес	2,8	3,0	3,2	2,9	2,9
Другие свойства	Легко раетеца для втоспаинооти на отделеине мисточек, уешуйки; мксточки гикбкке и упружке; криоталинохотно образувт двойники				
Генезис	Э к д о г е н н и й Контактово-метасоматический, Магматический, Во всех эндогенных петматитовый (в гранитных петматитах с литтевой минерализацией) Регионально-метаморфический, петматитовый (в мелочных нефелиновых породах)				
Применение	В электротехнике для изготовления изоляторов, конденсаторов, резисторов, огнестойких строительных материалов	Не х м е т		Как у флогопита	Руда лития

**Диагностика.** Похожих на лепидолит минералов нет, для него характерна розовая, малиновая, сиреневая окраска.

### 3. Группа хрупких слюд

Минералы хрупких слюд по своим морфологическим и физическим свойствам близки к слюдам, отличаясь от них более высокой твердостью (3,5 - 6), хрупкостью листочков, хуже проявляющейся спайностью. Генезис хрупких слюд регионально-метаморфический, и находятся они обычно как породообразующие минералы в кристаллических сланцах.

В этой группе рассматриваются маргарит  $CaAl_2[Al_2Si_2O_{10}](OH)_2$ , хлоритоид  $Fe_2^{2+}Al_2[Al_2Si_2O_{10}](OH)_4$ , а также пренит  $Ca_2Al[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ , характеризующийся сходной с хрупкими слюдами структурой, но резко отличающийся от них морфологическими и физическими свойствами (табл. 15).

**МАРГАРИТ** -  $CaAl_2[Al_2Si_2O_{10}](OH)_2$ .

Синевым - жемчужная слюда.

**Диагностика.** Встречается маргарит вместе с корундом, диаспоров.

**Диагностика.** Маргарит походит на слюды, в частности на мусковит, от которого отличается более высокой твердостью (соответственно 3,5 - 5,5 и 2,5 - 3). Кроме того, листочки маргарита хрупкие, мусковита - упругие.

**ХЛОРИТОИД** -  $Fe_2^{2+}Al_2[Al_2Si_2O_{10}](OH)_4$ .

**Диагностика.** Хлоритоид обычно встречается в мономинеральных пластинчатых или скорлуповатых агрегатах. В коре выветривания окривается буроватым налетом и сопровождается лимонитом.

**Диагностика.** Хлоритоид походит на хлориты, от которых легко отличается твердостью (5-6 - у хлоритоида и 2-2,5 - у хлоритов).

**ПРЕНИТ** -  $Ca_2Al[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ .

Распространен пренит в натечных почковидных агрегатах с радиально-лучистым строением.

**Диагностика.** Пренит встречается в гидротермальных жилах основных изверженных породах, а также в пустотах и миндалинах в основных эффузивных породах. Обычно пренит образует мономинеральный агрегат, иногда находится в ассоциации с цеолитами, кальцитом, самородной медью.

**Диагностика.** Пренит походит на цеолиты (см.), халцедон, с теснит. От халцедона отличается меньшей твердостью (соответственно 7 и 6 - 6,5), спайностью (у халцедона - несовершенная, пренита -

Таблица 15

Минералы кристаллах встречаются редко наиболее обычны листоватые, чешуйчатые или нелочные агрегаты с тонкой или средней спайностью, стелющимся бл склом, твердостью 3,5-6,5, регионально-метаморфического или гидротермального генезиса, листочки хрупкие

	Маршанит	Хлоритонит	Пренит
1	2	3	4
Синонимы	Монноклиновая	Ромбическая	
Оснок кристаллов	Табличатый	Кристаллы редки	
Агрегаты	Листоватые, чешуйчатые, скорлуповатые		Нелочные почковидные с радиально-волокнистым строением
Цвет	Молочно-белый, желтоватый	Темно-зеленый, зелено-ваго-черный	Белый, зелено-зеленый, зеленоваго-серый
Блеск	Стекло-клинный		В нелочных агрегатах - матовый
Спайность	Свершенная по (001)		Средняя по (100)
Твердость	3,5 - 5,5	5,5 - 6,5	6,5
Уд вес	3,0	3,4 - 3,8	3,0
Друга свойства	Листоватый клиновидный		
Генезис	Регионально-метаморфический		Гидротермальный
Применение	Неизвестно		

средняя). От смитсонита отличается твердостью. (у смитсонита она равна 5, у пренита - 6,5), уд. весом (у смитсонита - 4,5, пренита - 3,0), реакцией с соляной кислотой (смитсонит разлагается в HCl с выделением CO<sub>2</sub>, пренит - не разлагается).

#### 4. Группа гидрослюд

В эту группу объединяются минералы, содержащие в своем составе свободную воду, которая легко удаляется при нагревании. По кристаллографическим и физическим свойствам минералы близки к слюдам и по-этому они в процессе выветривания слюд, образуя часто по ним псевдоморфы.

В группе гидрослюд рассматриваются два минерала (табл. 16): вермикулит  $(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+})_3[Al, Si)_4O_{10}](OH)_2 \cdot 4H_2O$  и глауконит  $(Fe^{3+}, Fe^{2+}, Al, Mg)_{2-3}[AlSi_3O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$ .

**ВЕРМИКУЛИТ** -  $(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+})_3[Al, Si)_4O_{10}](OH)_2 \cdot 4H_2O$ .

**П а р а г е н е з и с.** Вермикулит образуется в процессе выветривания или гидротермального изменения биотита, поэтому он встречается в тех же породах, что и биотит.

**Д и а г н о с т и к а.** Вермикулит походит на биотит, флогопит, ортит. Отличается от них поведением при нагревании: вермикулит даже в пламени спички расщепляется и увеличивается в объеме в 18-25 раз. Название минерала, от латинского слова, вермикулус<sup>88</sup> - червячок, обязательно этому свойству изменяться при нагревании.

**ГЛАУКОНИТ** -  $K(Fe^{3+}, Fe^{2+}, Al, Mg)_{2-3}[AlSi_3O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$ .

**П а р а г е н е з и с.** Глауконит образует округлые пластинки диаметром менее 1 мм в пещаниках, песках и других осадках.

**Д и а г н о с т и к а.** Похожих минералов на глауконит нет.

#### 5. Группа хлоритов

Группа Хлоритов объединяет около 30 породообразующих минералов регионально-метаморфического или низкотемпературного гидротермального происхождения. В химическом составе их участвуют анионы  $[AlSi_3O_{10}]^{5-}$  или  $[2Si_2O_{10}]^{6-}$ . В качестве катионов основную роль играют  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ . Однако широкий изоморфизм этих элементов обуславливает большое разнообразие химического состава минералов группы хлоритов, оно они в зависимости от преобладания в них магnezияльной или железной молекул подразделены на два ряда - ортохлориты (магnezияльные) и птохлориты (железистые). Свойства хлоритов, особенно внутри каждого ряда очень близки (табл. 17).

Таблица 10

Чешуйчатые или листоватые агрегаты зеленого цвета, часто с золотистым отливом; встречается иногда с биотитом, а также в кварцевых песках или песчаниках; твердость менее 3

	Вермикулит	Глауколит
I	2	3
Сингония	Моноклинная	
Облик кристаллов	Кристаллы редкие мелкие пластинчатые	
Агрегаты	Псевдоморфозы по кристаллам биотита, листоватые	Мелкие округлые пластинки в рыхлых кварцевых песках, песчаниках
Цвет	Бурый, желтовато-бурый, золотисто-желтый, бронзово-желтый	Темно-зеленый, зеленовато-черный
Блеск	Стеклообразный с перламутровым отливом	
Спайность	Совершенная по (001)	
Твердость	I - 1,5	2 - 3
Уд. вес	2,5	
Другие свойства	При нагревании вспучивается и увеличивается в объеме. Легко теряет воду при нагревании от пламени спички	
Генезис	Экзогенный При выветривании биотита	Осадочный. В кварцевых песках и песчаниках
Применение	Обожженные массы как теплоизоляционный и звукопоглощающий материал	В сельском хозяйстве для удобрения почв

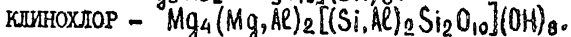
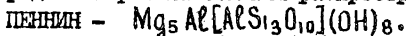
1. Перелаз зеленого с различными оттенками цвета, с плавничатыми или табличчатыми кристаллами моноклинной сингонии, чешуйчатый агрегатом с совершенной спайностью в одном направлении, твердость 2 - 2,5; ленточки хлопка и неупругие; регионально-метаморфического, гидротермального или осадочного происхождения

	Целин	Клиноклор	Шамсайт	Грингут
I	2	3	4	5
Сингония	М о н о к л и н н а я			
Облик кристаллов	П л а с т и н ч а т н ы й, (рис. 32, б), т а б л и ч ч а т н ы й			
Агрегаты	Ч е ш у й ч а т н ы е, д р у з я			
Цвет	С в е т л о - з е л е н ы й, б у з л о ч н о - з е л е н ы й, и н о г д а р о з о в а т ы й, б е л ы й			
Черта	Б л е д н о - з е л е н а я			
Блеск	О т р е к л я н н ы й			
Спайность	С о в е р ш е н н а я п о (001)			
Твердость	2 - 2,5			
Уд. вес	2,8	2,7	3,4	3,2
Другие свойства	Л и с т о ч к и г и б к и е, н е н е у п р у г и е			
Генезис	Р е г и о н а л ь н о - м е т а м о р ф и ч е с к и й, г и д р о т е р - м а л ь н ы й			
Применение	Н е ж м е е т			
				В о л у ч а е к р у п н ы х с о к о л е н и й - ж е л е з н а я р у д а

Магнезиальные хлориты более светлые, железистые – темные. Достоверно отличаются они друг от друга по оптическим константам.

В целом кристалломорфологические и физические свойства хлоритов во многом напоминают слюды, отличаясь от них тем, что листочки хлоритов гибкие, но не упругие. Походят хлориты также на тальк и пирофиллит, хлоритоид. От талька и пирофиллита легко отличаются на ощупь (тальк и пирофиллит – жирные, хлориты – сухие). От хлоритоида отличаются меньшей твердостью (соответственно 5,5 – 6,5 и 2 – 2,5).

К о р т о х л о р и т а м относятся минералы переменного состава, среди которых наибольшим распространением пользуются два минерала:



Клинохлор представляет собой изоморфную смесь собственно пеннинна и алюминиевой разновидности –  $\text{MgAl}_4 [\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_{10}] (\text{OH})_8$ . В качестве примесей в минерале устанавливаются  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

П а р а г е н е з и с. Встречаются пеннин и клинохлор как главные породообразующие минералы в регионально-метаморфических породах, сланцевая хлоритовые и хлорито-серпичитовые сланцы

Л е п т о х л о р и т ы также представляют собой минералы переменного состава от чисто железистого ШАМОЗИТА –  $\text{Fe}_5^{2+} \text{Fe}^{3+} [\text{AlSi}_3 \text{O}_{10}] (\text{OH})_8$  до алюминиевого ТЮРИНГИТА –  $\text{Fe}_4^{2+} (\text{Al}, \text{Fe})_2 [\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_{10}] (\text{OH})_8$ . Минералы, особенно шамозит, характеризуются несколько не типичными для слоистых силикатов агрегатами – о л и т о в н е с т я ж е н и е к о н ц е н т р и ч е с к и – з о н а л ь н ы м с т р о е н и е м.

П а р а г е н е з и с. Шамозит как осадочный минерал, формирующийся в прибрежных зонах морей в условиях дефицита кислорода, встречается вместе с сульфидами железа и сидеритом. Турингит распространен в некоторых осадочных и гидротермальных месторождениях руд железа, в ассоциации с магнетитом, бурым железняком, сульфидами железа, сидеритом.

## 6. Группа каолинита-монтмориллонита

Минералы этой группы характеризуются близким составом, сходны по кристалломорфологическим и физическим свойствам, условиям образования (табл. 18). Анион из  $[\text{Si}_4 \text{O}_{10}]^{4-}$ , катионами являются  $\text{Mg}^{2+} \text{Al}^{3+} \text{Fe}^{3+}$ .

В группе рассматриваются следующие минералы:

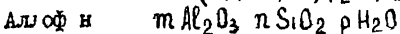
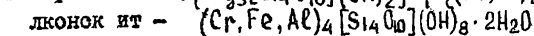
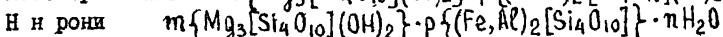
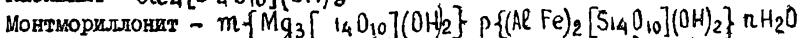
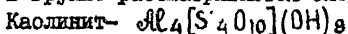


Таблица 18

Минералы в плотных или туфлых, землистых агрегатах светлой окраски, на окисленном фоне асбеста, твердость 1,5 - 2,5, слабо поглощают влагу, образуют тестообразные массы, распадаются на осколки, особенно во влажном состоянии

	Кошнит	Монтмориллонит	Нонтронит	Волконскоит	Амфибан
I	2	3	4	5	6
Сингония	Моноклиническая				
Облик кристаллов	Кристаллы мелкие, размерами менее 1 мм				
Агрегаты	Плотные, рыхлые, землистые, налеты, корочки				
Цвет	Белый, голубоватый, розовый, бурый, красно-бурый	Желто-бурый			Темно-зеленый, луково-зеленый
Блеск	Матовый		Матовый	Блесковой, матовый	Стеглянный, жарный
Черта	Белая		Ржаво-бурая	Зеленая	Белая
Спайность	Совершенная по (001), в агрегатах не заметна				
Твердость	1,5 - 2,5				
Уд. вес	2,6	2,2 - 2,9	1,9	2,3	1,9

Продолжение таблицы 18

I	2	3	4	5	6
Другие свойства	Поглощает влагу, липнет к языку, сухой на ощупь. С водой образует тестообразную массу		Мягится в воде, имеет горьковатый запах, полируется ногтем	Хрупкий, раковистый излом, зеленая черта, полируется ногтем	
Генезис	Имеет запах глины, особенно во влажном состоянии	При выветривании основных магматических пород в условиях щелочной среды	При выветривании основных магматических пород в условиях щелочной среды	Встречается в грейзах и породах песчано-глинистых пород	В зонах окисления рудных месторождений
Применение	В керамической, бумажной промышленности	В нефтяной, текстильной, мыловаренной, косметической, бумажной, резиновой, керамической промышленности	-	Прочная зеленая краска	-

КАОЛИНИТ -  $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$ .

Р а з н о в и д н о с т ь: Г о р н ы й м о а г - плотная диагенезированная разность.

П а р а г е н е з и с. Образуется каолинит в кислой среде в процессе выветривания пород, богатых глиноземом при участии  $H_2O$  и  $CO_2$  по хем:  $4K[AlSi_3O_8] + 4H_2O + 2CO_2 = Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8 + 8SiO_2 + 2K_2CO_3$ .

Встречается обычно в мономинеральных агрегатах. Механическая смесь каолинита с обломками кварца, полевых шпатов и других минералов называется к а ф л и н о м.

Д и а г н о с т и к а. Каолинит походит на тальк, пирофиллит, сепицит и все другие минералы группы каолинита-монтмориллонита (см.).

От похожих минералов отличается отношением к воде: каолинит жадно поглощает влагу, липнет к языку, обладает типичным запахом глины или ухой штукатурки, с водой образует пластичное тесто. От талька и пирофиллита каолинит отличается, кроме того, на ощупь (каолинит - сухой, тальк и пирофиллит - жирные).

МОНТМОРИЛЛОНИТ -  $m\{Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2\} \cdot p\{Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2\} \cdot nH_2O$ .

Химическая формула минерала представляется как водное оседущение альюковой и пирофиллитовой молекул.

П а р а г е н е з и с. Формируется монтмориллонит в процессе выветривания изверженных пород основного состава в условиях щелочной среды. Как и каолинит, встречается в мономинеральных агрегатах.

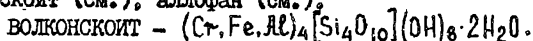
Д и а г н о с т и к а. От похожих на него талька и пирофиллита отличается теми же признаками, что и каолинит. От каолинита отличается поведением в воде: каолинит жадно впитывает влагу и при этом уплотняется, образуя пластичное тесто, а монтмориллонит, поглощая влагу, разбухает, хорошо мылится. Кроме того, монтмориллонит обладает слабым горьковатым запахом, легко царапается ногтем (на поверхности каолинита след от ногтя остается матовым). Походит монтмориллонит также на нонтронит, волконскоит, аллофан (см.).

НОНТРОНИТ -  $m\{Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2\} \cdot p\{(Fe, Al)_2[Si_4O_{10}](OH)_2\} \cdot nH_2O$

По химическому составу аналогичен монтмориллониту отличаюсь от него лишь присутствием железа.

П а р а г е н е з и с. Образуется нонтронит при выветривании основных и ультраосновных пород в условиях щелочной среды. Обычно мономинеральный. В процессе выветривания нонтронит разлагается с образованием на его поверхности лимонита и опала, переходящего в полуопал и каше дон.

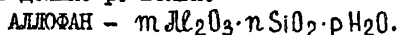
**Д и а г н о о т и к а.** Нонтронит походит на те же минералы, что и монтмориллонит, т.е. на тальк и пиррофиллит, каолинит. Отличительные признаки такие же, как у монтмориллонита. От монтмориллонита отличается по зеленовато-желтому или зеленому цвету. Походит также на волконскоит (см.), аллофан (см.).



**П а р а г е н е з и с.** Волконскоит встречается в виде гнезд или стяжений, а также прожилков в песчано-глинистых породах, конгломератах. Агрегаты его мономинеральные.

**Д и а г н о с т и к а.** На волконскоит нет похожих минералов. Для него типичны мономинеральные аморфные массы темно-зеленого (луково-зеленого) цвета и такого же цвета черта. От нонтронита отличается отсутствием желтого оттенка в окраске.

**П р и м е н е н и е.** Волконскоит используется для производства высококачественной краски для живописи. Месторождения его известны только в долине р. Волги.



Аморфный минерал с типичными стеклоподобными массами и раковистыми поверхностями излома

**П р а г е н е з и с.** Аллофан наблюдается в трещинах и пустотах в зонах окисления рудных месторождений и горных пород совместно с хри околдой, кварцем, карбонатами и др.

**Д и а г н о с т и к а.** Аллофан походит на диагенетизированный каолинит, от которого отличается блеском, раковистым изломом, отсутствием запаха. От нонтронита - белой или розовой окраской.

## 7. Г р у п п а с е р п е н т и н а - х р и з о т и л - а с б е с т а

Серпентин - общее название группы минералов одинакового химического состава -  $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ , различающихся лишь структурными и морфологическими особенностями. К наиболее распространенным относятся следующие: антигорит, лизардит и хризотил-асбест.

В качестве примесей в составе минералов установлены  $\text{Ni}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cr}$ .

**С и н г о н и я** Моноклиная. Для антигорита и хризотил-асбеста существуют, кроме того, ромбические политипные модификации. Кристаллы минералов описываемой группы не известны.

**А г р е г а т.** Антигорит и лизардит образуют плотные листоватые агрегаты, при этом у антигорита заметнее шуйчатое строение. Лизардит скрыт кристаллическое. На отельных агрегатах антигорита и лизардита

рдита (вследствие тектонических подвижек в серпентинизированных массах) четко выражены зеркала скольжения с блестящими поверхностями. Оба минерала могут образовывать псевдоморфы по ромбическим пироксенам (энстатиту), называемых **б а с т и т о м**.

Хризотил-асбест образует параллельно-волокнистые агрегаты обычно в виде жилок в серпентиновой массе (рис. 33).

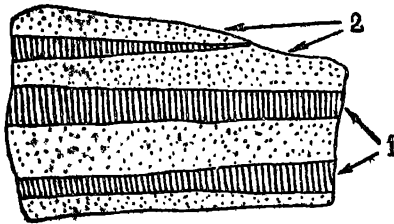


Рис. 33. Параллельно-волокнистые агрегаты хризотил-асбеста (1), пересекающие в виде жилок серпентиновую массу (2)

Волокна обычно располагаются перпендикулярно стенкам трещин. Длина волокон — от десятых долей миллиметра до 50—150 мм. Волокна эластичны, легко расщепляются на отдельные нити, при ударе превращаются в белую вату.

**Ц в е т.** Белый, желтоватый, зеленый различных оттенков до черного. Окраска часто неравномерная, пятнистая. Хризотил-асбест обычно белый, иногда серовато-зеленый, голубоватый.

**Б л е с к.** Длестевагие агрегаты имеют стеклянный блеск с пер-

ламутровым отливом; плотные, скрытокристаллические — матовый; волокнистые — шелковистый.

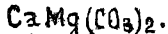
**С и а й н о с т ь.** Совершенная по (001), но макроскопически практически не заметна.

**Т в е р д о с т ь.** 3,5 — 3,5.

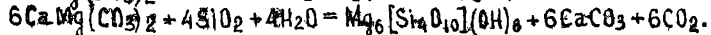
**У д е л с я к.** 2,6.

**Д р у г и е с в о й с т в а.** У минералов группы серпентина отмечаются магнитные свойства, обусловленные примесями тонкозернистых агрегатов магнетита, особенно часто он образует линзочки и просечки в центральной части жилок хризотил-асбеста.

**Г е н е з и с.** Минералы группы серпентина образуются при воздействии гидротермальных растворов на породы, богатые магнием (ультраосновные или карбонатные). В ультраосновных породах они возникают в результате изменения энстатита, оливина, в карбонатных — за счет доломита



Например, по следующей схеме:



**В а с о ц и а ц и я** с минералами группы серпентина встречаются хальцит, доломит, оливин, энстатит, хлорит, хромшпинелид, магнетит.

**Д и а г н о з т и к а.** Плотные агрегаты минералов группы серпентина походят на халцедон, нефрит, алунит. От халцедона и нефрита отличаются меньшей твердостью (ответственно 7 и 6 — у халцедона и нефрита и менее 3,5 — у минералов группы серпентина). От алунита отличаются парагенезисом и агрегатами (алунит характеризуется своеобразными пятнистыми агрегатами, появившимися в результате замещения темноокрашенных туфов). Волокнистые агрегаты хризотил-асбеста походят на тремолит — и актинолит — асбест, от которых отличается парагенезисом (хризотил-асбест всегда в серпентиновой массе и часто в ассоциации с магнетитом).

**П р и м е н е н и е.** Плотные красиво окрашенные разновидности используются как поделочный и облицовочный камень. Наибольшее значение в промышленности имеет хризотил — асбест, используемый в производстве огнеупорных тканей и других огнестойких и строительных материалов.

### 6. Группа силикатов никеля

В этой группе рассматривается гарниерит.

**ГАРНИЕРИТ** —  $\text{Ni}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

По химическому составу близок минералам группы серпентина, отличается от них повышенным содержанием Ni.

**С и н г о н и я.** У гарниерита сингония точно не установлена.

**О б л и к к р и с т а л л о в.** Гарниерит кристаллов не образует.

**А г р е г а т ы.** Скрытокристаллические, пленки плотные, порошковые, землистые, редко натежные.

**Ц в е т.** Голубовато-зеленый, зеленовато-голубой.

**Б л е с к.** Магновый, восковой, жирный.

**С л а й н о с т ь.** Отсутствует.

**Т в е р д о с т ь.** 2 — 2,5.

**У д. в е с.** 2,5 — 3.

**Д р у г и е с в о й с т в а.** Гарниерит полируется ногтем. На воздухе теряет воду, растрескивается и переходит в землистые массы.

**Г е н е з и с.** Образуется гарниерит экзогенным путем при выветривании ультраосновных пород и встречается в серпентинитовых массивах.

**Д и а г н о з т и к а.** Гарниерит встречается исключительно в трещинах отдельности и на зеркалах скольжения в серпентиновых породах (серпентинитах).

**П р и м е н е н и е.** Используется попутно при переработке никелевых руд.

Таблица 19

Пластинчатые и игольчатые кристаллы, звездчатые, тонкоигольчатые, пластинчатые агрегаты, золотисто-желтого или бронзово-желтого а, совершенной (слодоподобной) спайностью по (100), твердостью магматического и пегматитового происхождения, распространены в очках нефелинсодержащих породах; листочки хрупкие

	Астрофиллит	Лампрофиллит
1	2	3
ионы	Триклинная	Ромбическая
лик кристаллов	Пластинчатый, удлиненный игольчатый (рис.34)	Табличчатый, вытянутый (рис. 36)
агаты	Игольчатые, звездчатые, радиально-лучистые, спутанно-волокнистые (рис. 35)	Пластинчатые
ет	Бронзово-желтый, золотисто-желтый	Бронзово-бурый
ок	Стеклянный с перламутровым отливом на плоскости спайности	
спайность	Совершенная по (100)	
ердость	2 - 3	
д. вес	3,3 - 3,5	
Другие свойства	Листочки хрупкие	
Генезис	Магматический, пегматитовый в щелочных нефелиновых породах	
Применение	Не имеет	

## 9. Группа астрофиллита

В группу астрофиллита объединяется большое число редких минералов довольно сложного и изменяющегося химического состава. По кремнекислородному радикалу  $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$  или  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  минералы напоминают цепочечные или островные силикаты. Однако по своей кристаллической структуре они соответствуют слоевым силикатам. К наиболее распространенным минералам этой группы относятся астрофиллит  $(\text{K}, \text{Na}, \text{Ca})(\text{Fe}, \text{Mn})_4(\text{Ti}, \text{Zr})[\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{OH})$  и лампрофиллит  $\text{Na}_2\text{SrFe}^{2+}\text{Ti}_2[\text{SiO}_4]_3\text{O}$  (табл. 19), представляющие собой сложные силикаты циркония, титана, стронция и др. Встречаются минералы только в щелочных нефелиновых обесцененных кремнеземом породах.

**АСТРОФИЛЛИТ** -  $(\text{K}_2, \text{Na}_2, \text{Ca})(\text{Fe}, \text{Mn})_4(\text{Ti}, \text{Zr})[\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{OH})$ .

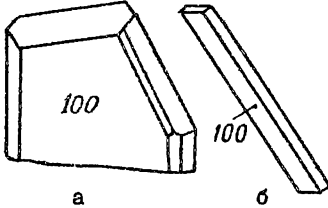


Рис. 34. Пластинчатый (а) и игольчатый (б) кристаллы астрофиллита

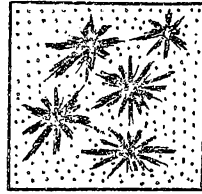


Рис. 35. Звездчатый агрегат астрофиллита

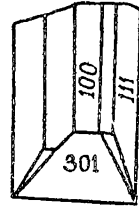


Рис. 36. Кристалл лампрофиллита

**Парагенезис.** Астрофиллит распространен в щелочных нефелинсодержащих породах с нефелином, эгирином, ловchorритом, сфеном, полевым шпатом, апатитом, эвдиалитом, лампрофиллитом и др. В ассоциации с кварцем не встречается.

**Диагностика.** Походит астрофиллит на лампрофиллит (см.).

**ЛАМПРОФИЛЛИТ** -  $\text{Na}_2\text{SrFe}^{2+}\text{Ti}_2[\text{SiO}_4]_3\text{O}$ .

**Парагенезис.** Встречается совместно с астрофиллитом и минералами группы нефелина.

**Диагностика.** Походит на астрофиллит, от которого отличается агрегатами (астрофиллит обычно образует тонкоигольчатые, звездчатые; лампрофиллит - вытянутые пластинчатые, таблитчатые).

### У. СИЛИКАТЫ С ТРЕХМЕРНЫМИ КАРКАСАМИ ТЕТРАЭДРОВ (каркасные силикаты)

По химическому составу минералы представляют собой типичные алмосиликаты, т.е. кристаллические структуры их состоят не только из тетраэдров  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  но и  $[\text{AlO}_4]^{5-}$  Число ионов  $\text{Si}^{4+}$

замещенных ионами  $Al^{3+}$  не превышает половины, и анионный радикал чаще соответствует следующим формулам:  $[AlSi_1O_4]^-$ ,  $[AlSi_3O_9]^-$ ,  $[Al_2Si_2O_9]^{2-}$ ,  $[Al_2Si_3O_{10}]^{2-}$ . При этом между ионами радикала, как правило, устанавливаются вполне определенные стехиометрические соотношения:



В качестве катионов в строении каркасных силикатов участвуют  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$  реже  $Cs$  и  $Rb$ . Характерно, что катионы  $Mn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ti^{4+}$  и др., столь типичные для предыдущих подклассов, здесь отсутствуют. Это объясняется особенностями каркасной структуры соединений, крупные "полости" которой предпочтительно занимают катионы с наибольшими ионными радиусами и большим координационным числом. В состав отдельных групп минералов дополнительно входят  $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $(OH)^-$ ,  $O^{2-}$ ,  $(SO_4)^{2-}$ ,  $(CO_3)^{2-}$ , а также молекулы  $H_2O$ .

Каркасная структура алюмосиликатов обуславливает высокую симметричность кристаллов (кубическую, тетрагональную, гексагональную). Кристаллы низших сингоний (ромбическая, моноклинная, триклинная) по своему облику приближаются к изометричным формам, охотно образуют двойники, симметрия которых более высокая, чем у не двойникованных индивидов.

Физические свойства минералов также находятся в зависимости от кристаллической структуры. Окраска их вследствие отсутствия элементов - хромофоров преимущественно светлая. Блеск стеклянный. Твердость обычно 5-6. Уд. вес 2,5 - 2,7.

Генезис минералов эндогенный. В процессе выветривания они неустойчивы и легко превращаются в каолинит.

Минералы объединены в следующие группы:

1. Группа полевых шпатов.
2. Группа скаполита.
3. Группа поллуцита.
4. Группа фельдшпатовидов.
5. Группа цеолитов.

#### 1. Группа полевых шпатов

Полевые шпаты - наиболее распространенные породообразующие минералы, слагающие примерно 50% массы литосферы. Характерной особенностью химического состава минералов этой группы является способность их к изоморфизму и образовывать, главным образом, бинарные ряды. Выделяется три ряда минералов.

Ряд 1. Калиево-натриевые полевые шпаты - щелочные полевые шпаты.

Ряд 2. Натриево-кальциевые полевые шпаты - плагиоклазы.

Ряд 3. Калиево-бариевые полевые шпаты - гялофаны.

В природе гялофаны встречаются крайне редко и здесь они не рассматриваются.

Кристаллизуются минералы группы полевых шпатов в моноклинной или триклинной сингониях. Облик кристаллов их таблитчатый или призматическо-таблитчатый (рис. 37).

Полевые шпаты переходят на сподумен, скаполит (см.), канкринит (см.). От сподумена отличаются характером спайности (у полевых шпатов - совершенная в двух направлениях, пересекающихся под прямым углом или близким к нему, у сподумена - средняя, проявляется слабо).

Физические свойства полевых шпатов близки и представлены в табл. 20.

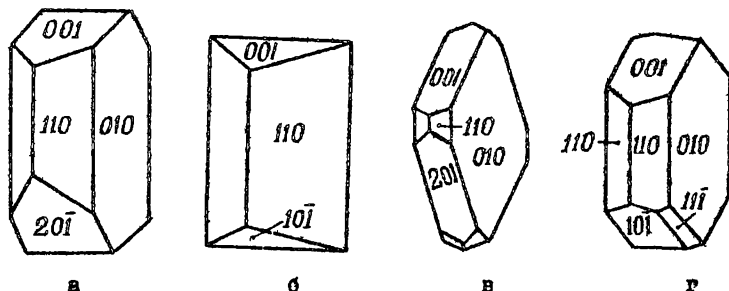


Рис. 37. Кристаллы полевых шпатов:

а - ортоклаз; б - альбит; в - санидин; г - плагиоклаз

#### Ряд 1. Щелочные полевые шпаты

Общая формула щелочных полевых шпатов представляется как изоморфная смесь калиевого  $K[AlSi_3O_8]$  и натриевого - альбитового  $Na[AlSi_3O_8]$  компонентов:  $(K, Na)[AlSi_3O_8]$ , в которой преобладающей является калиевая составная часть. Поэтому щелочные полевые шпаты обычно называются калиевыми - сокращенное обозначение КПШ.

Однородный гомогенный кристалл состава  $(K, Na)[AlSi_3O_8]$  существует лишь при высокой температуре (выше  $1000^{\circ}C$ ). При понижении температуры происходит распад этого твердого раствора на калишпатовую и альбитовую составляющие с образованием своеобразных агрегатов, известных под названием п е ф т и т а - закономерных вростков альбита в калиевом полевом шпате и а н т и п е р т и т а - прорастание альбита калиевым полевым шпатов.

Калиевый полевой шпат образует две полиморфные модификации: моноклинную и триклинную. К моноклинной сингонии относятся санидин и ортоклаз, к триклинной — микроклин.

САНИДИН —  $K[AlSi_3O_8]$  . Содержит примесь Ba

Довольно редкий минерал, встречается в виде таблитчатых (рис.37, в) одно-прозрачных кристаллов в эффузивных вулканических породах, а также образует порфировые выделения в современных лавах.

ОРТОКЛАЗ —  $K[AlSi_3O_8]$ .

Примеси — Ba, Ca, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Sr, Rb, Cs.

МИКРОКЛИН —  $K[AlSi_3O_8]$ .

Оба минерала описываются совместно, т.к. имеют близкие кристаллографические и физические свойства.

Кристаллы ортоклаза и микроклина таблитчатые или призматические (рис. 37, а), встречаются часто и иногда очень крупных размеров (весом до нескольких тонн). Кристаллы охотно образуют простые двойники — и (рис. 38). Плоскости спайности таких удвоенных индивидов как бы поделены на две части: одна — тусклая, вторая — блестящая (рис.3

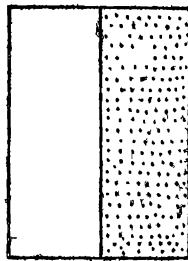
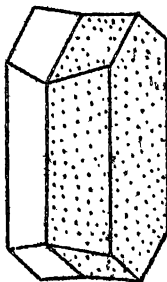
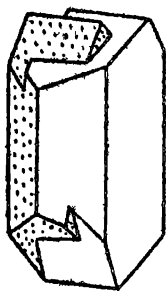


Рис.38. Двойники калиевого полевого шпата

Рис.39. Плоскость спайности двойника КШШ

#### Разновидности

1. Адуляр — бесцветный прозрачный кристалл ортоклаза (рис 7, б) с сильным стекляннм блеском, образует своеобразные кристаллы типа альпийского типа

2. Амазонит — микроклин зеленого, синевато-зеленого цвета окраска часто бывает неоднородной, распределяется пятнами и правильной формы или в виде жиллок . Нередко агрегаты амазонита пронизаны длинными, жилковидными выделениями альбита белого цвета или кварца . зонит в повышенных количествах содержит примесь рубидия (до 1,5

и цезия (до 0,5%).

**П а р а г е н е з и с.** Ортоклаз и микроклин, как породообразующие минералы, распространены во многих магматических горных породах. При этом ортоклаз кристаллизуется преимущественно в высокотемпературную стадию магматического процесса, микроклин – существенно низкотемпературный минерал. Широко распространен микроклин в гранитных пегматитах, иногда в щелочных нефелиновых пегматитах. Минералы – спутники в гранитных пегматитах – кварц, альбит, слюды, турмалин, берилл, сподумен, гранаты (спессартин) и др. В пегматитах встречаются оригинальные сростания микроклина (или амазонита), иногда альбита с кварцем, напоминающие буквы еврейского алфавита (рис. 40). Такие агрегаты носят название "еврейского камня", "письменного гранита" или просто "пегматита".

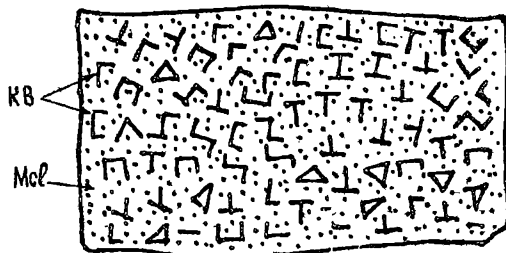


Рис.40. Закономерное сростание кварца (KB) с микроклином (Mc)

**Д и а г н о с т и к а.** Ортоклаз от микроклина достаточно надежно отличается под микроскопом: у микроклина – обнаруживается четкое решетчатое строение. Макроскопически можно отличить друг от друга следующими признаками: 1. Окраской – микроклин чаще окрашен в розовый, красный, мясокрасный цвета, а ортоклаз – белый, желтоватый, розоватый. Разновидность микроклина – амазонит легко определяется по цвету. 2. Парагенезисом – в пегматитах наиболее обычен микроклин.

Калиевые полевые шпаты походят на плагиоклазы (см.), сподумен, скаполит (см.), канкринит (см.). От сподумена полевые шпаты отличаются характером спайности (у полевых шпатов – совершенная в двух взаимно перпендикулярных направлениях под прямым углом или близким к нему, у сподумена – оредняя, проявляется слабо). Кроме того, облик кристаллов сподумена более уплощенный, досковидный.

бликчате, призматическо-таблитчатые кристаллы и о или трапезной снговной, светлой окраски, стекляннм блеском, совершенной спайностью под прямым углом для бликам в нем, твердостью 6, эндогенного происхождения

	Синциин	Ортогмаз	Микроглин	Плагиоклазы
I	2	3	4	5
ИГОНИЯ	МОНОКЛИННАЯ			
Олик кр таллов	ТАБЛИТЧАТЫЙ, ПРИЗМАТИЧЕСКИ-ТАБЛИТЧАТЫЙ			
Агре а	ВКРАПЛЕННИКИ КРИСТАЛЛОВ, ЗЕРЕНА, ДРУГАЯ КРИСТАЛЛОВ			
Цве	Бесцветный, прозрачный	Бледно-розовый, желтоватый, белый	Розовый, красный, красно-оранжевый; амазонит - зеленый, синеватый, то-зеленый	Мелкозернистые, сероватые, пластичные
Ть	СОВЕРШЕННАЯ ПО (001) И (010), УГОЛ МЕЖДУ ПЛОСКОСТЯМИ СПАЙНОСТИ 90° ИЛИ 89°			
Блес	СТЕКЛЯНИЙ			
Твердость	6			
• вс	2,6			

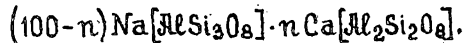
Продолжение таблицы 20

I	2	3	4	5
Другие свойства	Простые двойники			
Генезис	Эндогенный в эффузивных породах и лавах	Зидогенный в кислых и средних магматических породах, пегматитах		Полигенетические двойники, на плоскости спайности - параллельная штриховка
Применение	<p>Породообразующие фарфоро-фаянсовая, керамическая, стеклокляная промышленности</p> <p>Змагонит - в ювелирной промышленности</p> <p>Красиво окрашенные разновидности (лунный, солнечный камень) - в ювелирной промышленности, лапидар - облицовочный камень</p>			

## Ряд 2. Плаггиоклазы

По химическому составу плаггиоклазы представляют непрерывный изоморфный ряд, крайними членами которого являются альбит (Аб) -  $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$  и анортит (Ан) -  $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ .

Содержание анортитовой молекулы в составе плаггиоклазов меняется от 0 до 100%. Общая формула плаггиоклазов имеет вид:



Состав плаггиоклаза принято обозначать номером, соответствующим процентному содержанию в нем анортитовой молекулы. Например, Pl № 70 - представляет изоморфную смесь, содержащую 70% Ан и 30% Аб.

В зависимости от состава плаггиоклазов принята следующая классификация изоморфного ряда (табл. 2I).

Таблица 2I

Химический состав	Содержание анортитовой молекулы (%)
Альбит	0 - 10
Олигоклаз	10 - 30
Андезин	30 - 50
Лабрадор	50 - 70
Битовнит	70 - 90
Анортит	90 - 100
Изоморфные смеси Аб + Ан	

Как видно из формул крайних членов изоморфного ряда, содержание кремнезема уменьшается от альбита к анортиту. В связи с этим плаггиоклазы принято делить и по содержанию в них кремнезема:

кислые	№ 0 - 30
средние	№ 30 - 60
основные	№ 60 - 100

Одиночные кристаллы призматического или таблитчатого призматического облика встречаются редко. Обычно они распространены в виде сложных полисинтетических двойников (рис. 4I), четко проявляющиеся под микроскопом (рис. 42). Макроскопически на плоскости спайности кристалла заметны двойниковые швы в виде тонкой параллельной штриховки (рис. 43). При этом, чем меньше номер плаггиоклаза, тем гуще штриховка.

Агрегаты плаггиоклазов разнообразны, однако в виде друз кристаллов, мелкозернистых сахаровидных масс предпочтительно встречаются альбит и олигоклаз. Альбит, кроме того, образует агрегаты пластинчатых кри-

теллов, называемых **клевеляндитом** белого или голубоватого цвета.

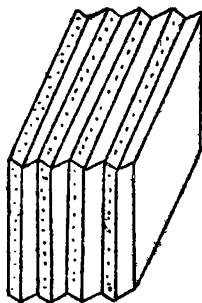


Рис.41. Полисинтетический двойник плагиоклаза

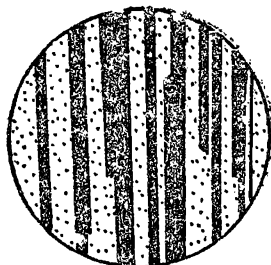


Рис.42. Полисинтетически двойникованный плагиоклаз под микроскопом



Рис.43. Двойниковые швы в виде штриховки на плоскости спайности плагиоклаза

Окраска плагиоклазов преимущественно светлая, благодаря оптическим эффектам выделены также разновидности:

1. **Лунный камень** — кислый плагиоклаз белого цвета с красивым синеватым, голубоватым отливом.

2. **Солнечный камень** (авантюрин) — кислый плагиоклаз с красным или искристо-золотистым мерцающим отливом.

3. **Лабрадор** — средний или основной плагиоклаз темно-серого или серовато-зеленого цвета с переливчатым отсветом в синевато-зеленых и фиолетовых тонах.

**Парагенезис.** Плагиоклазы как породообразующие минералы распространены во всех магматических горных породах. Современная классификация магматических пород (кислые, средние, основные) основана на составе плагиоклазов. Парагенезис плагиоклазов разнообразный.

**Диагностика.** Плагиоклазы походят на скаполит (см.), каккринит (см.), щелочные полевые шпаты и сподумен.

Мелкозернистые сахаровидные агрегаты альбита часто путают с апатитом, карбонатами. Отличаются от них по твердости (6 — у альбита, соответственно 5 — у апатита и 3-4,5 у карбонатов); от карбонатов, кроме того, реакцией с соляной кислотой (альбит в HCl не разлагается). О апатита альбит отличается и своей совершенной спайностью.

### Отличия плагиоклазов от калиевых полевых шпатов:

1. Окраской - калиевые полевые шпаты имеют всегда цветную окраску или цветной оттенок в окраске - розовую, красную, зеленую. У плагиоклазов окраска белая или серая без цветного оттенка (за исключением цветов иризации у лабрадора и лунного камня).

2. Двойниками - у плагиоклазов сложные полисинтетические двойники, проявляющиеся в виде тонкой штриховки на плоскости спайности (рис. 43),

КШШ - двойники простые, обнаруживающиеся на плоскости спайности в вытянутой и блестящей половине (рис. 39).

3. Формой сечения кристаллов - в вертикальном разрезе параллельные грани пинакоида (010) кристаллы плагиоклазов дают вытянутые формы с отношением длины к ширине 3 : 1 или 5 : 1, а калиевые полевые шпаты имеют более несимметричные сечения с отношением - 2 : 1 или 3 : 2 (рис. 44).

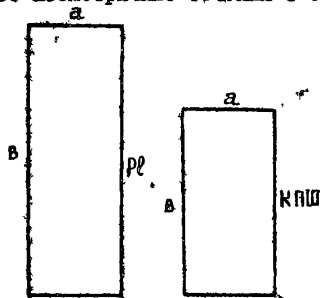


Рис. 44. Формы сечения кристаллов плагиоклаза (Pl) - отношение  $a:b = 3:1$  и калиевого полевого шпата (КШШ) - отношение  $a:b = 2:1$ .

4. Парагенезисом - калиевые полевые шпаты не встречаются в ультраосновных породах в ассоциации с оливином, не типичны они и с пироксеном (кроме эгирина и сподумена), плагиоклазы же распространены в этих ассоциациях.

### 2. Группа скаполита

По химическому составу группа скаполита имеет много общего с минералами ряда плагиоклазов, но в отличие от них содержит дополнительные анионы  $Se^{-}$ ,  $(CO_3)^{2-}$ . Как и плагиоклазы, минералы группы скаполита представляют собой непрерывный изоморфный ряд, конечные члены которого соответствуют чисто натриевому минеральному виду - ма р и а - л и т у (Ma) -  $3Na[AlSi_3O_8] NaCl$  и кальциевому минеральному виду - м е й о н и т у (Me) -  $3Ca[Al_2S_2O] Ca(CO_3SO_4)$ . Содержание мейонитовой молекулы изменяется от 0 до 100%. Как и для плагиоклазов, существует классификация минералов группы скаполита по процент-

ному содержанию в нем мейонита, и минералы также обозначаются номером.

Ниже остановимся на характеристике скаполита, представляющего изоморфную смесь мариалита и мейонита.

СКАПОЛИТ -  $(100-n)3Na[AlSi_3O_8]NaCl \cdot n3Ca[Al_2Si_2O_8](Ca(CO_3,SO_4))$ ,

или -  $(100-n)Ma \cdot nMe$ .

С и н г о н и я. Тетрагональная.

О б л и к к р и с т а л л о в. Призматический, столбчатый, вытянутый по вертикальной оси (рис.45).

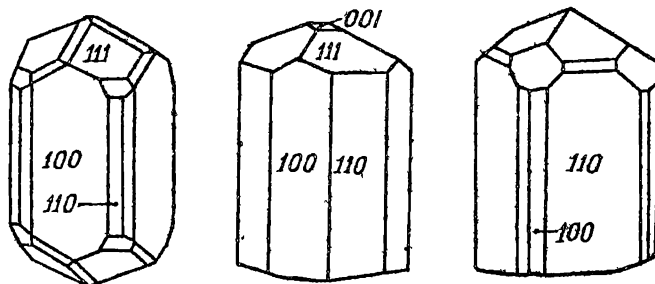


Рис 45 Кристаллы скаполита

А г р е г а т ы. Шестов ты, сплошные зернистые редко друзы.

Ц в е т. Белый, зеленоватый, желтоватый, розоватый, реже бесцветный. Разновидность скаполита - г л а в к о л и т имеет голубую окраску.

С п а й н о с т ь. Совершенная параллельно граням призмы (110), т.е. плоскости спайности пересекаются под прямым углом.

Б л е с к. Стеклоподобный.

Т в е р д о с т ь. 5,5 - 6.

У д. в е с. 2,5 - 2,8.

Д р у г и е о в о й с т в а. В процессе выветривания скаполит легко разрушается, при этом теряется спайность, блеск становится тусклым, снижается твердость. Скаполит, содержащий преимущественно кальциевую мейонитовую молекулу, разлагается в соляной кислоте с выделением  $CO_2$ .

Г е н е з и с. Образ ется каполит при метаморфических процессах, часто замещает плагиоклаз и встречается в кристаллических сланцах, окарнах. В р а г е н е з и с е с ним находятся кальцит, диоксид, оло, гранаты (андради или гроссуляр) эпидот и др

Д а г н о с т и к а. Скаполи походит на полявы шпа, осони и пл клази, андалуз т оп думе

От полевых шпатов скаполит отличается обликом кристаллов (столбчатые - у скаполита и таблитчатые - у полевых шпатов), характером спайности (у скаполита спайность проходит по удлинению кристалла, у полевых шпатов - одно направление по удлинению, второе - перпендикулярно ему), парагенезисом и реакцией с соляной кислотой.

От андалузита, на который скаполит походит обликом кристаллов, цветом и твердостью, отличается кроме наличия темного креста у андалузита, парагенезисом (андалузит находится в темных углито-глинистых ородах или в кварцевой массе, скаполит - в светлых метаморфических ородах или скарнах), вторичными минералами (по андалузиту в процессе выветривания образуется мелкочешуйчатый агрегат слюды, по скаполиту - розоватые агрегаты каолинита), иногда реакцией с HCl.

От сподумена скаполит отличается обликом кристаллов (досковидный, уплощенный - у сподумена, столбчатый - у скаполита), характером спайности (средняя - у сподумена, совершенная по удлинению кристалла - у скаполита), парагенезисом (сподумен - в гранитных пегматитах в ассоциации с литиевыми минералами), иногда реакцией с HCl.

**Применение.** Скаполит - породообразующий минерал, применяемый в промышленности не имеет.

### 3. Группа поллуцита

В группе рассматривается поллуцит - единственный минерал, богатый цезием,

**ПОЛЛУЦИТ** -  $Cs[AlSi_2O_6]$  . Обычно содержит примеси  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $Rb_2O$ ,  $Li_2O$ , а также  $H_2O$ .

**Сингония** Кубическая.

**Облик кристаллов.** Кубический. Кристаллы встречаются редко.

**Агрегаты** Плотные, зернистые массы, заполняющие микротрещины и пустоты, трещинки в пегматитах.

**Цвет.** Бесцветный, прозрачный

**Блеск.** Стеклоподобный.

**Спайность.** Несовершенная

**Твердость** 6,5

**Уд. вес** 2,9

**Генезис** Образуется поллуцит в гранитных пегматитах с литиевой минерализацией. Встречается в парагенезисе с лантанитом, пеллуцитом, лантанитом, рубеллитом, каситером, броманалитом.

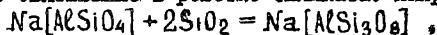
**Д и а г н о с т и к а.** Поллуцит походит на кварц, от которого отличается многочисленными тонкими белыми или слегка розоватыми, желтоватыми прожилками каолиноподобных минералов. Иногда необходим анализ на цезий.

**П р и м е н е н и е.** Важная руда цезия.

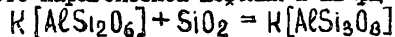
#### 4. Группа фельдшпатов

Группа фельдшпатов по химическому составу близка к полевым шпатам. В качестве катионов в них основную роль играют  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ . В отличие от полевых шпатов они характеризуются недосыщенностью кремнекислотой и присутствием дополнительных анионов -  $Cl^-$ ,  $(CO_3)^{2-}$ ,  $(SO_4)^{2-}$ ,  $S^{2-}$ . В некоторых фельдшпатах существенную роль играет кристаллизационная вода.

Условия образования фельдшпатов несколько специфичны - они кристаллизуются в магме вместо полевых шпатов при дефиците  $SiO_2$  и являются породообразующими минералами щелочных горных пород. В парагенезисе с первичным кварцем фельдшпатоиды не встречаются, так как при наличии в магме свободного кремнезема происходит его связывание в решетке силиката. Например,



т.е. вместо парагенезиса нефелин и кварц образуется альбит.



т.е. вместо лейцита и кварца появляется калиевый полевой шпат.

Группа фельдшпатов объединяет следующие три подгруппы минералов:

Подгруппа лейцита - анальцима.

Подгруппа нефелина.

Подгруппа лазурита.

#### П о д г р у п п а л е й ц и т а - а н а л ь ц и м а

В этой подгруппе рассматриваются два минерала - лейцит  $K[AlSi_2O_6]$  и анальцим  $Na[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$  (табл. 22).

ЛЕЙЦИТ -  $K[AlSi_2O_6]$ .

Для кристаллов лейцита существует две полиморфные модификации: кубическая устойчивая при температуре выше  $620^\circ C$  и тетрагональная - появляется при более низких температурах (менее  $620^\circ C$ ). В природе преимущественно распространены кристаллы кубической сингонии, по которым иногда развиваются параморфозы тетрагональной модификации.

Таблица 22

Кристаллы кубической сингонии, тетрагонтриоктаэдрического облика, ветлой окраски, несовершенной спайностью, стеклянним блеском, твердостью 5-6, эндогенного происхождения в парагенезисе с кварцем не встречаются

	Лейцит	Анальцим
Г	2	3
игония	К у б и ч е с к а я	
блик кристаллов	Т е т р а г о н т р и о к т а э д р (рис.46) комбинации куба и тетрагонтриоктаэдра (рис.47)	
регаты	Вкрапления кристаллов или округлых зерен в темных эффузивных породах	Друзы кристаллов, кристаллические корочки, жемды
ет	Белый, бесцветный, желтоватый, розоватый	
айнотсть	Н е с о в е р ш е н н а я	
еок	С т е к л я н н ы й	
ердотсть	5 - 6	
д. вес	2,2 - 2,5	
Другие овойва	Образует полиморфные модификации; двойники по (110)	
енезис	Магматический - в эффузивных породах	Низкотемпературный, гидротермальный
Применение	П о р о д о о б р а з у ю щ и е м и н е р а л ы	

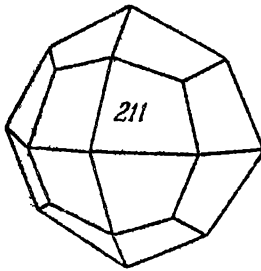


Рис.46 Кристалл лейцита

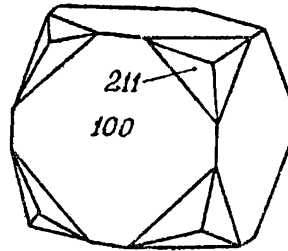
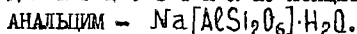


Рис 47. Кристалл анальцима

**П а р а г е н е з и с.** Встречается лейцит, как высокотемпературный магматический минерал, в темноокрашенных щелочных эффузивных породах в виде вкрапленников одиночных кристаллов или оплавленных шаровидных зерен.

**Д и а г н о с т и к а.** Лейцит походит на анальцим (см.).

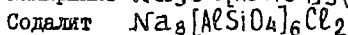
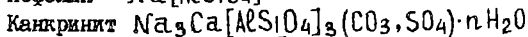
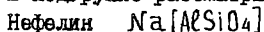


**П а р а г е н е з и с.** Как низкотемпературный гидротермальный минерал, встречается среди эффузивных пород в мономинеральных агрегатах или в ассоциации с цеолитами (натролитом), кальцитом, пиритом.

**Д и а г н о с т и к а.** От лейцита отличается агрегатами. Анальцим образует кристаллические корки, друзы а лейцит - вкрапленники отдельных кристаллов в темных эффузивах.

### П о д г р у п п а н е ф е л и н а

В подгруппе рассматриваются следующие минералы:



Как видно из формул, все три минерала близки по химическому составу и содержат так называемое нефелиновое ядро -  $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$ . Физические свойства их приведены в табл. 23.

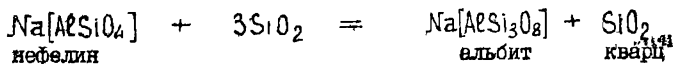
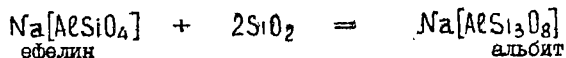
**НЕФЕЛИН** -  $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$ . Примеси K,  $\text{Fe}^{3+}$ . Синоним - э л е о л и т.

В кристаллах минерал встречается редко. Распространен в сплошных плотных массах или в идиоморфных с правильными квадратными, прямоугольными, шестиугольными очертаниями зернах, вкрапленных в темную эффузивную породу (фонолит).

Чистый без примеси нефелин - бесцветный или серовато-белый. Чаще имеет различную окраску за счет механической примеси.

**П а р а г е н е з и с.** Распространен нефелин исключительно в магматических бедных кремнеземом щелочных породах - нефелиновых сиенитах и их пегматитах, фонолитах и др. В породах, более богатых кремнеземом, нефелин ассоциирует с альбитом, а при избытке  $\text{SiO}_2$  нефелин не образуется (наблюдается ассоциация альбита с кварцем).

Химические реакции этих процессов могут быть представлены следующим образом:



Встречается нефелин в парагенезисе с альбитом, калиевым полевым

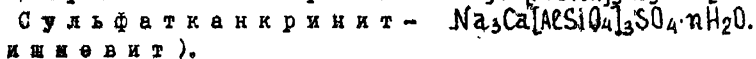
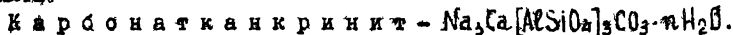
шпатом, канкринитом, содалитом, арфведсонитом, биотитом, сфеном, цирконом, эвдиалитом, астрофиллитом, ловчорритом, апатитом, ильменитом.

При выветривании нефелин сравнительно легко разрушается и выщелачивается, при этом поверхность его кристаллов или зерен покрывается белым мучнистым налетом или приобретает кавернозное строение.

**Д и а г н о з и к а.** Нефелин относится к числу трудно диагностируемых минералов и имеет большое сходство с кварцем. Отличается от него меньшей твердостью (равной 7 — у кварца и 5-6 — у нефелина), парагенезисом, продуктами разложения нефелина.

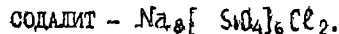


Соответственно химическому составу выделено две разновидности канкринита:



**П а р а г е н е з и с.** Образуется канкринит при воздействии сульфатных или карбонатных гидротермальных растворов на нефелин, поэтому часто наблюдается в тесной ассоциации с нефелином, замещая его, или содержит реликты этого минерала.

**Д и а г н о з и к а.** Походит канкринит на сподумен, полевые шпаты, скаполит. Вышевит голубого цвета, часто путают с содалитом (см.), лазуритом (см.) От сподумена канкринит легко отличается парагенезисом (сподумен встречается в ассоциации с кварцем, манкринит — с нефелином). От полевых шпатов и скаполита отличается углом спайности (прямой угол у полевых шпатов и скаполита, тупой ( $120^\circ$ ) по гексагональной призме у канкринита). Кроме того карбонатканкринит в отличие от полевых шпатов разлагается медленно в соляной кислоте, выделяя пузырьки углекислого газа.



**П а р а г е н е з и с.** Содалит магмаического происхождения также встречается в обских цветных ингусивных породах в ассоциации с нефелином, канкринитом и другими минералами (см. парагенезис нефелина).

**Д и а г н о з и к а.** Содалит походит на вышевит и минералы под группы лазурита) в шневите торым часто находится в ассоциации, отличается спайностью с ершенная — у шневита, несомненная — у содалита.

Таблица 23

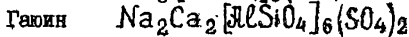
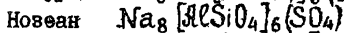
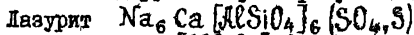
К и талы встречаются редко, обычно зернистые агрегаты, светлой окраски со стеклинным или жирным блеском, тверд от 5,5 - 6, распространены в мелочных обедненных кремнеземом породах, в ассоциации с кварцем не встречается

	Нефелин	Канкринит	Содалит
I	2	3	4
Синония	Г е к о а г о н а л ь н а я		Кубическая
Слук кристаллов	Г е к с а г о н а л ь н ы е п р и з м ы		Ромбододекаэдр (кристаллы редки)
Агрегаты	Отдельные вкрапления видимойных зерен сплош- ные зернистые	Сплошные зернистые	Вкрапления зерен, зерни- стые
Цвет	Бесцветный, серовато-бе- лый, розоватый, желтова- тый, красно-бурый, мясо- красный зеленоватый, голубоватый	Белый, розоватый, у вишневита - голубой	Голубой, синий, иногда серовато-белый
Блеск	Жирный	Стеклянный	Стеклянный, в изломе - жирный
Сп	Не совершенная	Совершенная по (1010), угол между плоскостями спайнос- ти 120° и 60°	Не совершенная
Твердос	5,5 - 6		

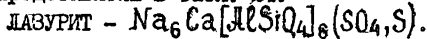
I	2	3	4
Уд. вес	2,3 - 2,6		
Другие свойства	В процессе выветривания легко разрушается, покрываясь белым мучнистым налетом	Карбонаткакрицит разлагается медленно в соляной кислоте, выделяя углекислый газ	
Происхождение	Магматический, пегматитовый	Гидротермальный	Магматический
Применение	Сырье для получения глинозема, кремнезема, соды		
Н е х м е т			

## Подгруппа лазурита

В этой подгруппе характеризуются следующие минералы:

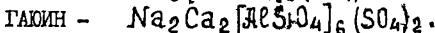
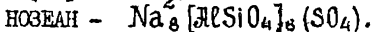


Из приведенных формул видно, что все три минерала содержат в своем составе нефелиновую молекулу -  $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$  и дополнительный сульфат-анион. Генетически они тесно связаны с нефелином. Физические свойства их представлены в табл. 24.



**П а р а г е н е з и с.** Образуется лазурит на контакте щелочных магматических пород (нефелиновых сиенитов) с карбонатами и находится в ассоциации с кальцитом, пиритом.

**Д и а г н о з т и к а.** По окраске лазурит походит на следующие голубые или синие минералы: азурит, вишневит, содалит. Легко отличается от них парагенезисом с кальцитом и пиритом, а также реакцией с азотной кислотой: азурит растворяется в  $\text{HCl}$ , выделяя  $\text{H}_2\text{S}$ , который ощущается по специфическому запаху (азурит бурно реагирует с  $\text{HCl}$  с выделением пузырьков  $\text{CO}_2$ ).



Минералы имеют сходные физические и морфологические свойства, находятся в виде отдельных окрашенных кристаллов или округлых оплавленных зерен в щелочных эффузивных породах, вулканических лавах. Отличаются друг от друга окраской: гаюин - обычно синий, голубой, нозеан - серовато-белый, серый. От похожих содалита, лазурита и вишневита нозеан и гаюин отличаются парагенезисом.

## 5. Группа цеолитов

Группа цеолитов довольно многочисленная, в настоящее время она включает более 30 минералов. Они представляют собой водные алюмосиликаты, приближающиеся по химическому составу к группе полевых шпатов. В качестве катионов, как и в полевых шпатах, в цеолитах главную роль играют  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , причем большинство минералов - существенно кальциевые. Анионная группа также аналогична полевощатовой -  $[\text{AlSi}_3\text{O}_8]^-$  или несколько более насыщена кремнеземом -  $[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]^{5-}$ .

Отличает их химический состав содержание так называемой жесткой воды, вхождение которой обусловлено особенностями строения

Таблица 24

Кристаллы редки, обычно зернистые агрегаты, окрашенные округлых зерен синего, голубого или серовато-белого цвета со стекляным блеском, несовершенной спайностью, твердость 5,5 - 6, контактово-метасоматического или магматического (эффузивного) генезиса, в а с с о ц и а ц и с к в а р ц е м н е в с т р е ч а ю т с я

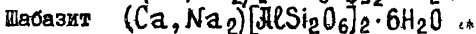
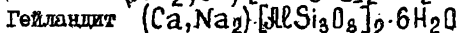
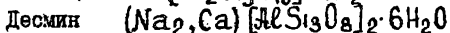
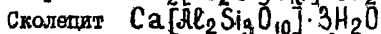
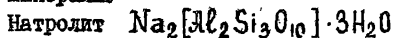
	Лазурит	Нозеан	Галун
I	2	3	4
Сингония	Кубическая		
Облик кристаллов	Кристаллы ромбоэдра		Октаэдр
Агрегаты	Сплошные зернистые	Вкрапления округлых зерен в эффузивах	
Цвет	Лазурно-синий, голубой, зеленовато-синий	Серовато-белый, серый с желтоватым, зеленоватым, голубоватым оттенками	Ярко-синий, голубой, зеленовато-синий
Блеск	Стеклянный		
Спайность	Несовершенная		Средняя по (110)
Твердость		5,5 - 6	
Удельный вес		2,4 - 2,5	
Другие свойства	Разлагается в HCl с выделением H <sub>2</sub> S		
Генезис	Контактово-метасоматический (на контакте плечных пород с известняками)	Магматический в эффузивных породах	
Применение	Подделочный камень		Не имеет

туры цеолитов. Кристаллические решетки цеолитов представляют собой каркас из колец алюмокремнекислородных тетраэдров, крупные пустоты между которыми соединены широкими каналами. В пустотах и каналах такой "пористой" структуры и располагаются молекулы цеолитной воды. В отличие от кристаллизационной воды цеолитная может быть удалена из минерала (свойство дегидратации) без нарушения его структуры и без существенного изменения его физических свойств, затем при соответствующих условиях происходит вновь поглощение воды из растворов (регидратация). Дегидратированные цеолиты могут адсорбировать не только воду, но и молекулы различных органических веществ (этиловый спирт,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , углеводороды и др.).

Наличие в структуре цеолитов полостей, каналов обуславливает также их способность к катионному обмену путем диффузии. Например,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Na}^+$  могут обмениваться с находящимися в растворе катионами  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ .

Эти два замечательных свойства цеолитов: 1) дегидратация и регидратация; 2) способность к катионному обмену позволяет их широко использовать в промышленности как своеобразные молекулярные сита, избирательно поглощающие определенные вещества, например, в нефтехимическом производстве, при очистке питьевой и сточных вод, в сельском хозяйстве как адсорбент минеральных удобрений и т.д.

В группе цеолитов рассматриваются следующие наиболее распространенные минералы:



Кристалломорфологические и физические свойства их представлены в табл. 25.



**П а р а г е и з и с.** Натролит чаще встречается в мономинеральных агрегатах, реже в ассоциации с низкотемпературным халцедоновидным кварцем, пиритом, анальцимом.

**Д и а г н о з т и к а.** Натролит в радиально-лучистых агрегатах происходит на арагонит, гидроборацит, волластонит, тремолит, сколецит (см.). От арагонита и гидроборацита натролит отличается более высокой твердостью (у арагонита она равна 3,5, гидроборацита - 2, натролита - 5); а также реакцией с соляной кислотой (арAGONIT - разламывается в  $\text{HCl}$ ;

Кристаллы редки, сочны лучитые, радиально-лучистые или пластинчатые агрегаты, светло-окрашенные, со стеклянными включениями, на плоскостях спайности - о перламутровом отливом, со ершенной или средней спайностью, твердость 3,5 - 5, гидротермального генезиса

	Нагролит	Скол.цит	Десмин	Гейландит	Шабазит
Интния	2	3	4	5	6
Облик кристаллов	Ромбическая	Моноклиная	Пластинчатый, таблитчатый (рис. 48, б, в)	Ромбоэдрический кубовидный (рис. 48, г)	Тригональная
Агрегаты	Игольчатые, радиально-лучистые, друзы		Слоповидные сростания кристаллов	Друзы, натечные почковидные	Друзы, корочки, секрции, плотные
Цвет	Белый, желтоватый, розоватый			Белый, бесцветный, красноватый	Белый, красноватый
Блес	Стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый, отлив				Стеклянный
Спайность	Средняя по (110)		Совершенная по (010)		Средняя по ромбоэдру
Твердость	5 - 5,5		3,5 - 4		3,5 - 4
Уд. вес	2 - 2,5		2,0 - 2,2		2,0 - 2,2
Генезис		Гидротермальный			Гидротермальный
Применение	В сельском хозяйстве (искусственные)				полученные

бурно выделяя  $\text{CO}_2$ , натролит - не растворяется). От волластонита и тремолита - спайностью (у волластонита и тремолита - совершенная, у натролита - средняя) и парагенезисом (волластонит встречается с кальцитом, диоксидом, андрадитом или гроссуляром, тремолит - с тальком, редко с кальцитом, натролит - мономинеральный или с анальцимом, иризом).

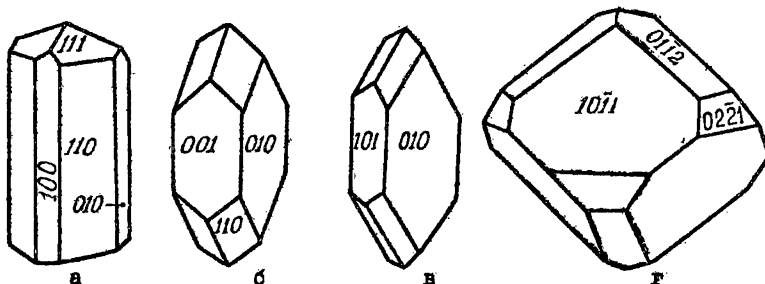


Рис. 48. Кристаллы цеолитов: а - натролит, б - десмин, в - гейландит, г - лабазит

СКОЛЕЦИТ -  $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

Минерал имеет одинаковые облик кристаллов и физические свойства с натролитом. Отличается от него более тонкими игольчатыми агрегатами и формой кристаллов. У натролита головка кристалла представляет тетрагональную пирамиду, а у сколецита она имеет диэдрическую форму.

ДЕСМИН -  $(\text{Na}_2, \text{Ca})[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

Синоним - стильбит.

П а р а г е н е з и с. Образует мономинеральные агрегаты в пустотах и трещинах эффузивных пород, а также встречается в гидротермальных жилах.

Обычно минерал распространен в виде двойников, сгруппированных в снопообразные формы агрегатов (рис. 49), за что и получил свое название ("десме" - по гречески связка).

Д и а г н о с т и к а. Десмин походит на гейландит (см.)

ГЕЙЛАНДИТ -  $(\text{Ca}, \text{Na}_2)[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

П а р а г е н е з и с. Встречается гейландит в базальтах, иногда в гидротермальных жилах вместе с кварцем.

Д и а г н о с т и к а. Гейландит походит на десмин и пренит. От десмина отличается почковидными агрегатами и таблитчатым обликом кристаллов.

Гейландит и пренит отличаются твердостью (3,5 - 4 - у гейландита и 6 - у пренита) и характером натечных агрегатов. На поверхности почковид-

ных агрегатов гейландита видны пирамидки (рис.50), а на агрегатах пренита — усеченные пирамидки или пластинки. Спайность у кристаллов гейландита совершенная, на плоскостях спайности прекрасно проявляется перламутровый отлив, у пренита спайность средняя, блеск стеклянный.

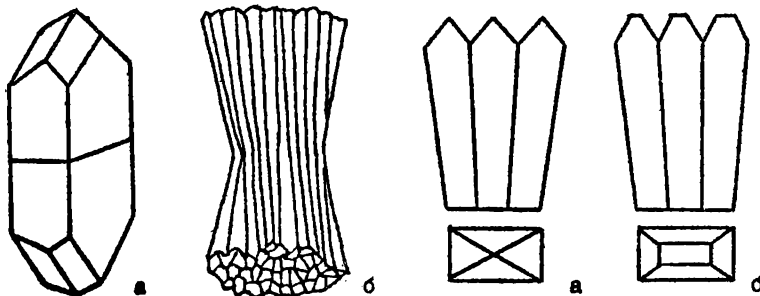


Рис.49. Двойник прорастания (а) и волокнистый агрегат (б) десмина.

Рис.50.Сечение головки агрегатов гейландита (а), пренита (б)

**ШАБАЗИТ** —  $(Ca, Na)[AlSi_2O_6] \cdot 6H_2O$ .

**П а р а г е н е з и о.** Встречается в виде миндалин в пустотах базальтов, нередко в ассоциации с кальцитом.

**Д и а г н о с т и к а.** Шабазит походит на флюорит, от которого отличается обликом кристаллов, напоминающих деформированные гексаэдры (тугие ромбоэдры).

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите современную кристаллохимическую классификацию силикатов.
2. Приведите общую характеристику островных силикатов.
3. По каким признакам отличаются оливин от кварца, топаз от кварца?
4. Приведите отличительные свойства минералов внутри группы граната.
5. По каким признакам отличаются андалузит и ставролит?
6. Приведите общую характеристику кольцевых силикатов.
7. По каким признакам можно отличить кристаллы берилла от кристаллов апатита и кварца?
8. Как различить эвдиалит и алмаздин?
9. Приведите общую характеристику цепочечных и ленточных силикатов.
10. Охарактеризуйте минералы группы пироксенов.
11. Охарактеризуйте минералы группы амфиболов.
12. Как можно отличить дистен от сподумена, волластонит от тремолита?
13. Приведите общую характеристику слоевых силикатов.
14. По каким признакам можно отличить тальк от пиррофиллита?

15. Как различить тальк, мусковит, каолинит?
16. Чем отличаются друг от друга каолинит и монтмориллонит?
17. Как можно отличить биотит и вермикулит друг от друга?
18. Каковы характерные особенности маргарита?
19. Охарактеризуйте химический состав и физические свойства калиевых полевых шпатов.
20. Охарактеризуйте свойства плагиоклазов.
21. Приведите общую характеристику каркасных силикатов.
22. Как можно отличить калиевые полевые шпаты и плагиоклазы?
23. По каким признакам можно отличить лейцит от анальцима?
24. Приведите общую характеристику скаполитов.
25. Охарактеризуйте минералы группы цеолитов.
26. Какие минералы входят в группу фельдшпатоидов и каковы их химические составы и физические свойства?
27. По каким признакам можно отличить нефелин от кварца?
28. Как можно отличить лазурит от азурита и содалита?
29. По каким признакам отличается канкринит от полевых шпатов?
30. Как отличить пренит от гейландита?
31. По каким признакам отличаются эгирин от роговой обманки, турмалин от роговой обманки?
32. Приведите диагностику диопсида, гсценбергита.
33. Назовите парагенезис нефелина, оливина.
34. По каким признакам отличаются гранаты уграндитового ряда от пиральспитового?
35. Как можно отличить тальк от серицита и хлоритов?
36. Признаки отличия лепидолита и мусковита.
37. Почему нефелин и кварц не могут одновременно образовываться?
38. Почему невозможен парагенезис оливина и кварца?
39. Как можно отличить ловчоррит от опала?
40. Как можно отличить серпентин от халцедона?
41. С какими минералами ассоциирует маргарит?
42. Как различаются хлоритоид и хлориты?
43. В каких условиях образуется кордиерит?
44. Как отличается ставролит от андалузита?
45. Признаки отличия циркона от сфена.
46. С какими минералами ассоциирует дистен?
47. С какими минералами встречается сподумен?

## Л и т е р а т у р а

1. Баженов А.И., Полуэктова Т.И. Практическая минералогия. Самородные элементы. Сульфиды. Окислы и гидроксиды. — Томск: Ротапринт ТПИ, 1981. — 64 с.
2. Баженов А.И., Полуэктова Т.И. Практикум по минералогии. Карбонаты. Сульфаты. Вольфраматы и молибдаты. Фосфаты, арсенаты, ванадаты, бораты. Галлоидные соединения. Органические соединения. — Томск: Ротапринт ТПИ, 1985. — 57 с.
3. Бетехтин А.Г. Минералогия. — М.: Геологиздат, 1950. — 950 с.
4. Годовиков А.А. Минералогия. — М.: Недра, 1975. — 519 с.
5. Костов И. Минералогия. — М.: Мир, 1971. — 584 с.
6. Лазаренко Е.К. Курс минералогии. — М.: Высшая школа, 1971. — 607 с.
7. Смольянинов Н.А. Практическое руководство по минералогии. 2-е издание, испр. и доп./ Под ред. Б.Е.Карского. — М.: Недра, 1972. — 360 с.

### У к а з а т е л ь м и н е р а л о в

Авгит	39	Глаукофан	48
Адуляр	71	Гроссуляр	13
Аксинит	22	Датолит	22
Актинолит	44	Десмин	90
Аллофан	64	Диопсид	36
Альмандин	13	Диоптаз	31
Анальцим	82	Дистен	9
Андалузит	9	Каламин	25
Анрадит	13	Канкринит	83
Арфведсонит	47	Каолинит	63
Астрофиллит	68	Клинохлор (хлориты)	60
Берилл	27	Кордиерит	29
Биотит	52	Лазурит	86
Везувиан	14	Лампрофиллит	68
Вермикулит	57	Лейцит	80
Волконскоит	64	Лепидолит	52
Волластонит	41	Лепидомелан	52
Гарниерит	66	Ловчоррит	27
Гаоин	86	Маргарит	55
Геденбергит	39	Монтмориллонит	63
Гейландит	90	Микроклин	71
Гиперстен	35	Мусковит	52
Глауконит	57	Натролит	88

Малахит	82	Сфен	18
Нозеан	86	Тальк	49
Нонтронит	63	Топаз	7
Оливин	5	Тремолит	44
Ортит	25	Турмалин	29
Ортоклаз	71	Турингит (хлориты)	60
Пеннин	60	Уваровит	13
Пироп	13	Фаялит	5
Пирофиллит	51	Фенакит	20
Плагиоклаз	75	Флогонит	51
Поллуцит	79	Форстерит	5
Пренит	55	Хлоритомд	55
Ринколит	26	Хлориты	60
Роговая обманка	47	Хризоколла	33
Родонит	42	Хризотил-асбест	65
Санидин	71	Циркон	17
Серпентин	64	Цоизит	23
Силлиманит	10	Шабазит	91
Скаполит	78	Шамозит	60
Сколецит	90	Эвдиалит	31
Содалит	83	Энстатит	35
Спессартин	13	Эгирин	30
Сподумен	40	Эпидот	23
Ставролит	10		

## С о д е р ж а н и е

Введение.....	3
Силикаты с изолированными тетраэдрами или с изолированными группами тетраэдров (островные силикаты).....	5
Силикаты с плоскими кольцами тетраэдров (кольцевые силикаты).....	27
Силикаты с бесконечными цепочками тетраэдров.....	33
А. Силикаты с одинарными цепочками тетраэдров (цепочечные силикаты).....	34
В. Силикаты с двойными цепочками тетраэдров (ленточные силикаты).....	42
Силикаты со слоями (листами) тетраэдров (слоевые или листовые силикаты).....	48
Силикаты с трехмерными каркасами тетраэдров (каркасные силикаты). ....	68
решет для самопроверки.....	91
Литература.....	92
Указатель минералов.....	93

Александр Иванович Баженов  
Тамара Ивановна Полуэктова

Практикум по минералогии  
Силикаты  
Учебное пособие

Научный редактор доц., к.г.-м.н. А.И.Баженов  
Редактор Т.И. Антипова  
Технический редактор Н.А. Вихорь

Подписано к печати 22.07.88. К306234  
Формат 60x84/16. Бумага писчая № 1  
Плоская печать. Усл.печ.л. 5,5. Уч.-изд.л. 5  
Тираж 500 экз. Заказ № П196                      Цена 15 к.  
Ротапринт ТПИ. 634004, Томск, пр. Ленина, 30