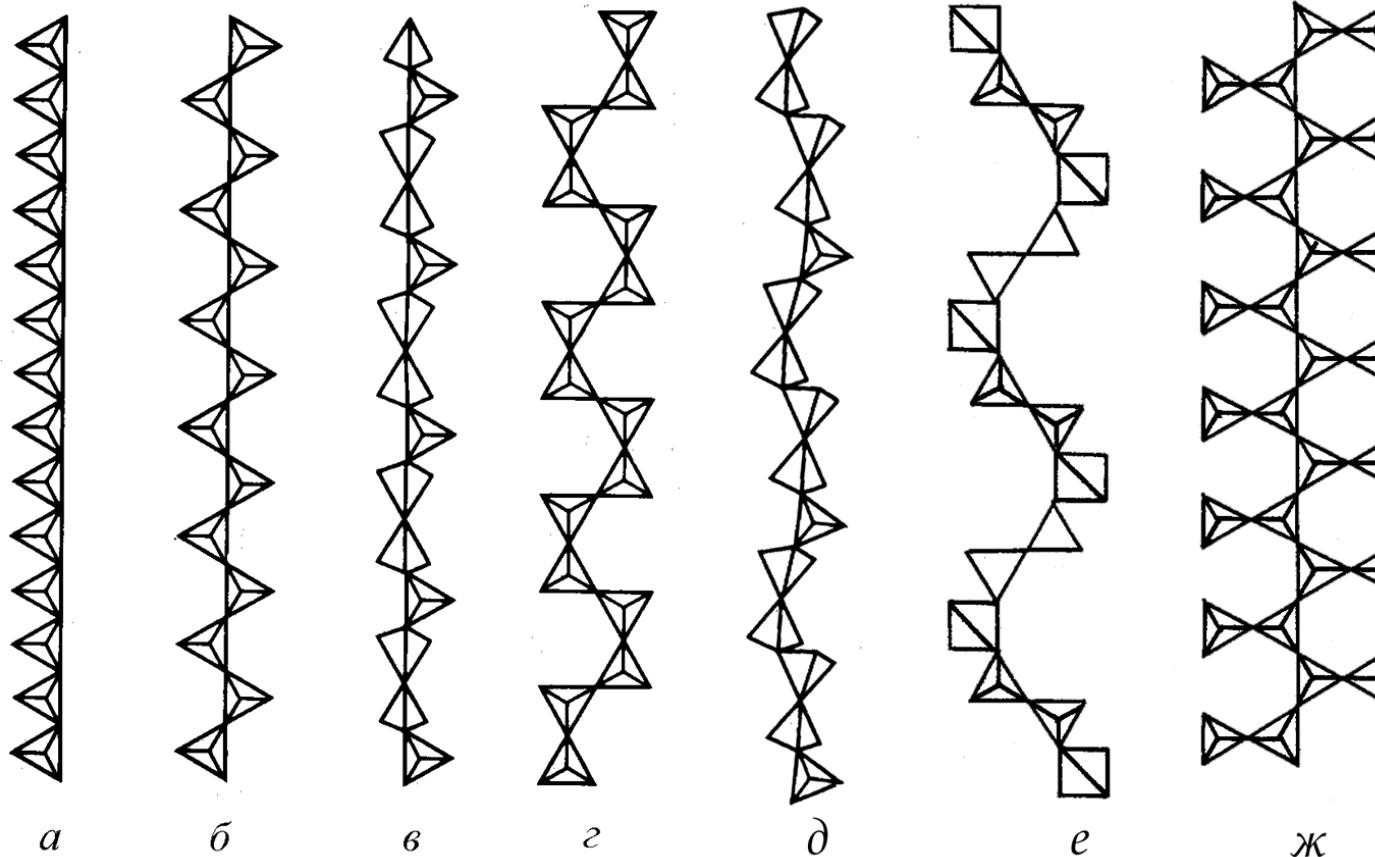


# ЦЕПОЧЕЧНЫЕ и ЛЕНТОЧНЫЕ СИЛИКАТЫ

# Цепочечные силикаты



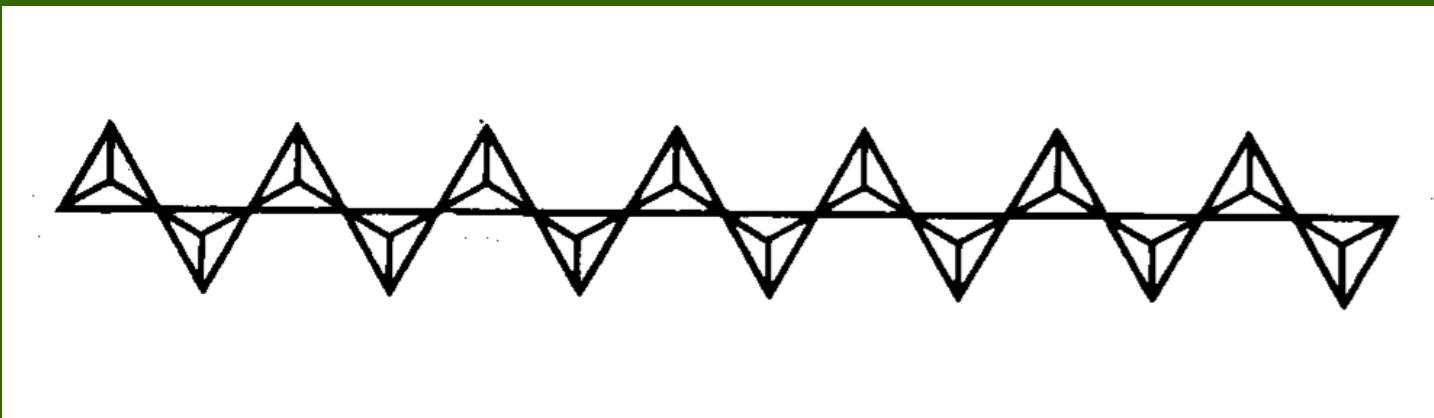
Различные типы кремнекислородных тетраэдрических цепочек:

а – метагерманатная  $[GeO_3]_\infty$ ; б – пироксеновая  $[Si_2O_6]_\infty$ ,

в – волластонитовая (пироксеноидная)  $[Si_3O_9]_\infty$ , г – батиситовая  $[Si_4O_{12}]_\infty$ ;

д – родонитовая  $[Si_5O_{15}]_\infty$ , е – стокситовая  $[Si_6O_{18}]_\infty$ , ж - астрофиллитовая  $[Si_4O_{12}]_\infty$ , з – аламозитовая  $[Si_{12}O_{36}]_\infty$ ,

# Группа пироксенов



Минералы в структуре которых выделяется бесконечная в одном направлении цепочка  $[Si_2O_6]_\infty$  с периодом в два кремнекислорожных тетраэдра называются **пироксенами**.

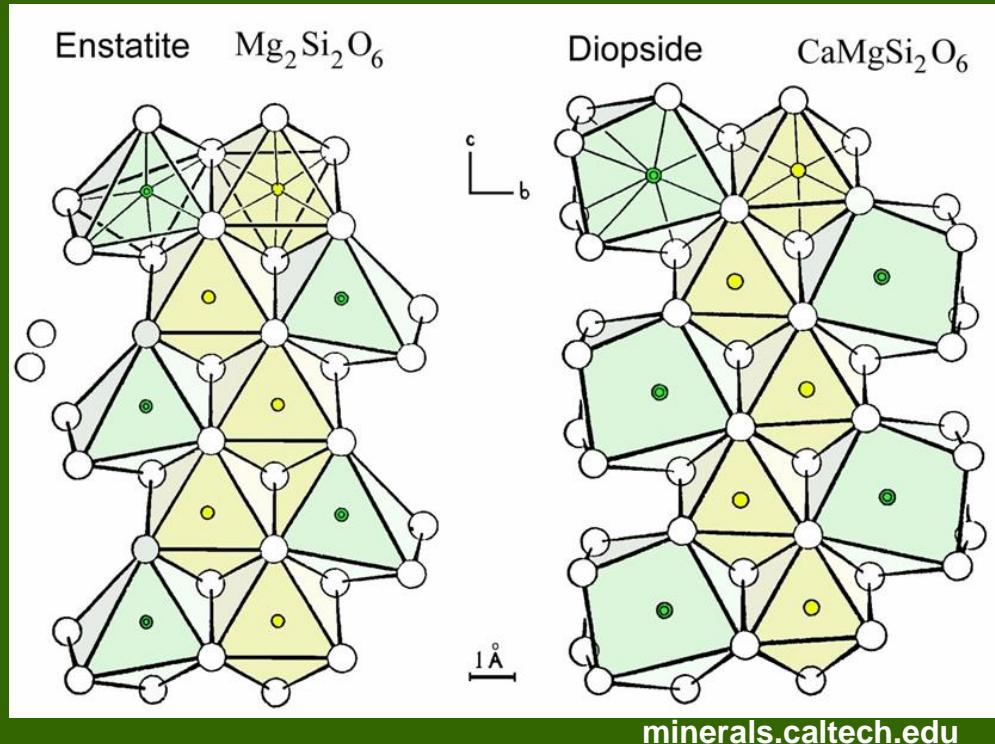
Название дано Гаюи от греч. «*пир*» - огонь и «*ксенос*» - чужой, т.к. он считал их несвойственными магматическим породам.

# Структура пироксенов

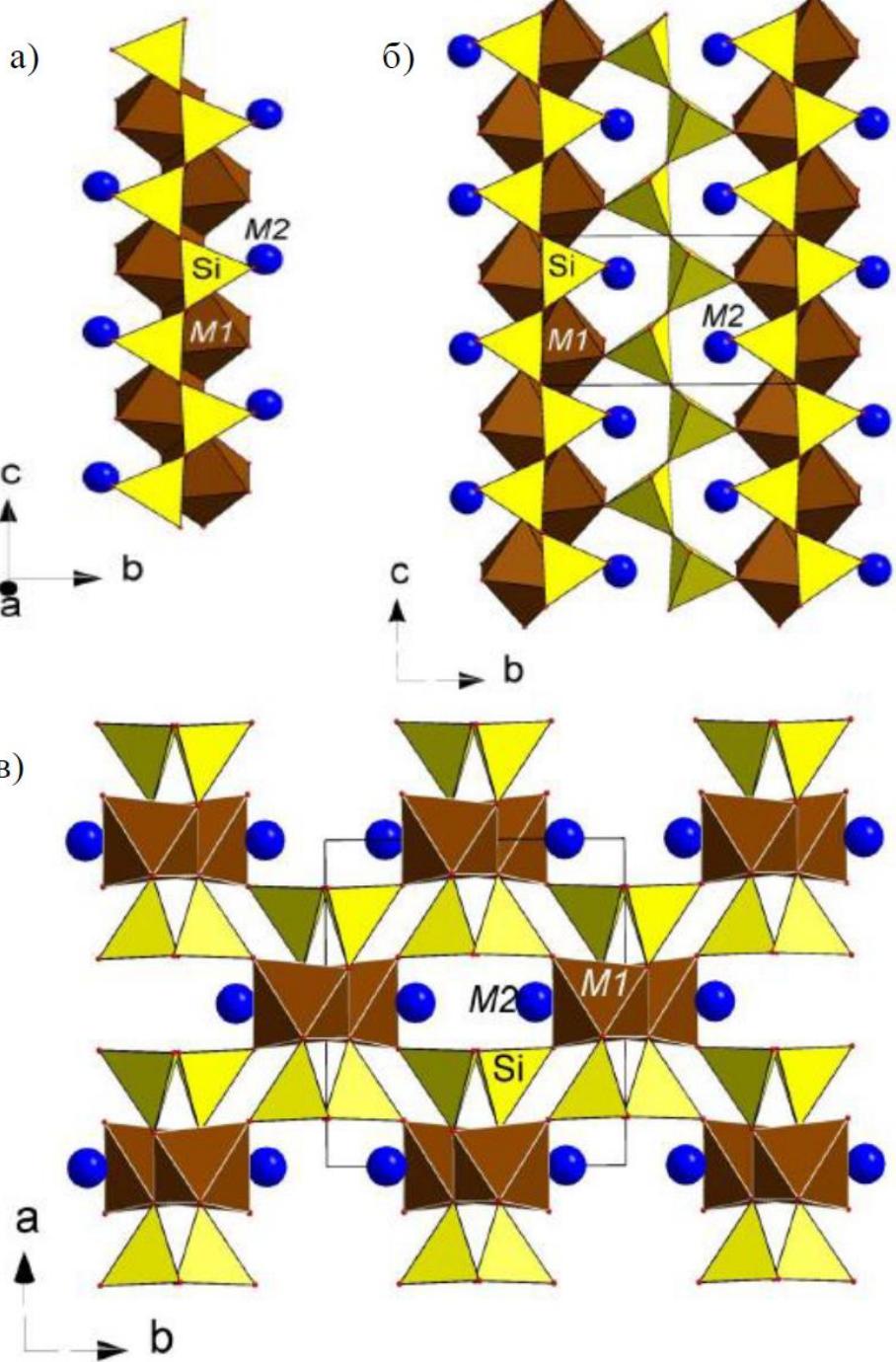
В основе структуры – ориентированные параллельные цепочки  $\text{SiO}_4$ -тетраэдров с периодом повторяемости два тетраэдра.

Катионы располагаются в двух неэквивалентных позициях –  $M_1$  и  $M_2$ . Позиция  $M_1$  – октаэдры образующие зигзагообразные цепочки. Позиция  $M_2$  – искаженные 6- или 8-координационные полидры (в зависимости от размера катиона).

В ромбических пироксенах (когда крупных катионов нет) все катионные позиции (кроме Si) представлены октаэдрами. Кремнекислородные цепочки располагаются в пространстве так, что образуется ромбическая ячейка.



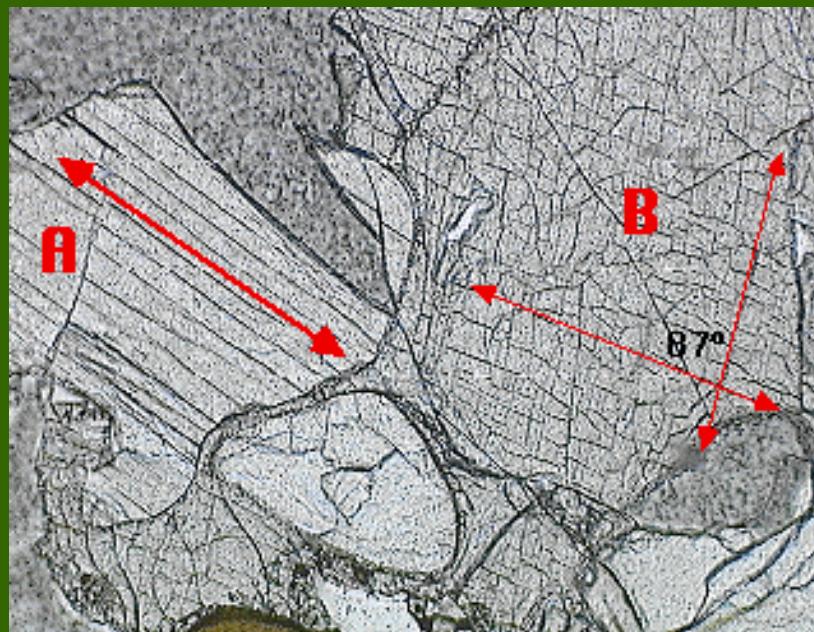
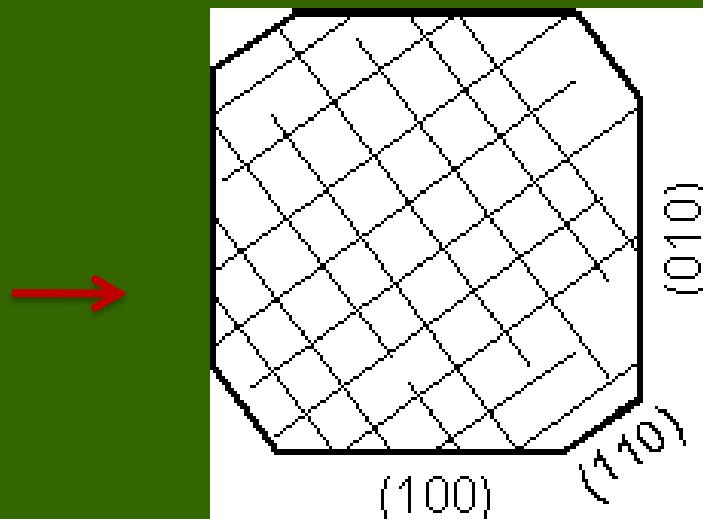
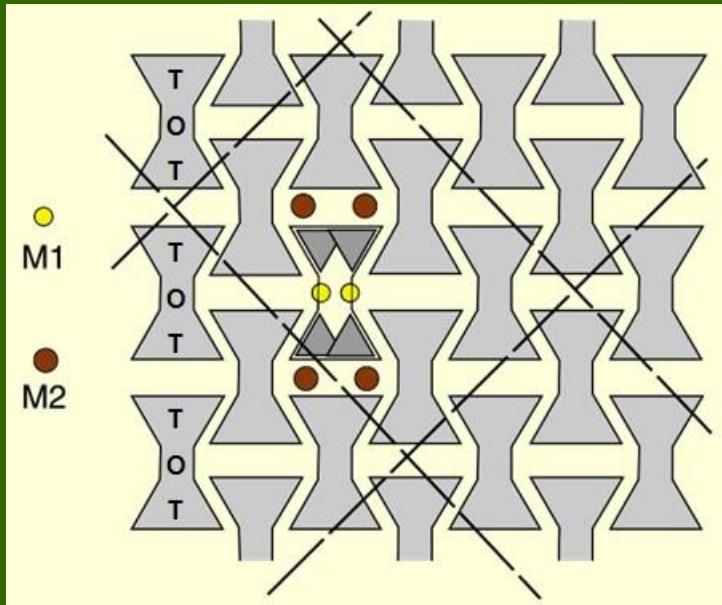
При появлении в позиции  $M_2$  крупного катиона (например, Ca), КЧ становится равно 8. При этом цепочки кремнекислородных тетраэдром немного сдвигаются относительно друг друга, и симметрия понижается до моноклинной.



## Структура пироксенов

Кристаллическая структура ортопироксена  
(Михашенок, 2014)

# Спайность и отдельность в пироксенах



Спайность средняя по  $\{110\}$  под углами  $87^\circ$  и  $93^\circ$ . Отдельность по  $\{100\}$  и возможно по  $\{010\}$

# Группа пироксенов

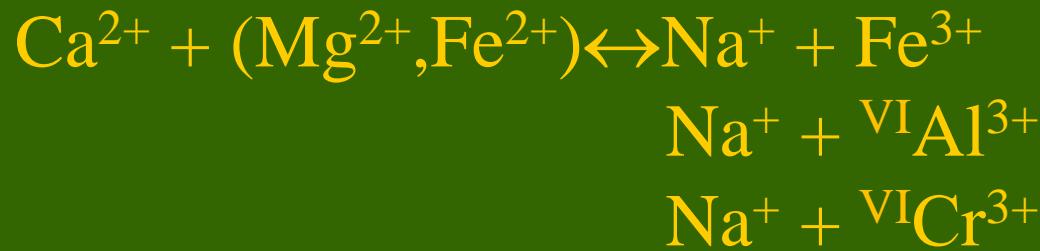
Ромбические или моноклинные силикаты (25 минералов, 2014) с общей формулой  $\text{AB}[\text{Z}_2\text{O}_6]$

**A** (поз. M<sub>2</sub>) – Ca, Fe<sup>2+</sup>, Mg, Na, Li, Mn<sup>2+</sup>, Zn;

**B** (поз. M<sub>1</sub>) – Al, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Cr<sup>3+</sup>, Mg, Mn<sup>2+</sup>, Ti, Sc, V<sup>3+</sup>;

**Z** – Si, Al

## Схемы изоморфизма



# Группа пироксенов

По преобладающему катиону А (позиция  $M_2$ ) выделяют:  
**магнезиально-железистые, кальциевые, кальций-натриевые и щелочные** пироксены.

## Mg-Fe пироксены:

**Ромбические пироксены (Opx):**

Энстатит  $Mg_2[Si_2O_6]$  (*En*)

Ферросилит  $Fe_2[Si_2O_6]$  (*Fs*)

**Моноклинные пироксены (Cpx):**

Клиноэнстатит  $Mg_2[Si_2O_6]$

Клиноферросилит  $Fe_2[Si_2O_6]$

Пижонит  $(Mg,Fe^{2+},Ca)(Mg,Fe^{2+})[Si_2O_6]$  (*Pig*)

## Ca пироксены:

Диопсид  $CaMg[Si_2O_6]$  (*Di*)

Геденбергит  $CaFe^{2+}[Si_2O_6]$  (*Hed*)

Йохансенит  $CaMn^{2+}[Si_2O_6]$

Авгит  $(Ca,Mg,Fe)_2[(Si,Al)_2O_6]$  (*Aug*)

## Ca-Na пироксены:

Эгирин-авгит  $(Ca,Na)(Fe^{3+},Mg,Fe^{2+})[Si_2O_6]$

Омфацит  $(Ca,Na)(Mg,Fe,Al)[Si_2O_6]$

## Щелочные пироксены:

Эгирин  $NaFe^{3+}[Si_2O_6]$  (*Aeg*)

Жадеит  $NaAl[Si_2O_6]$

Космохлор  $NaCr[Si_2O_6]$

Джервисит  $NaSc[Si_2O_6]$

Сподумен  $LiAl[Si_2O_6]$

# Генезис минералов группы пироксенов

Пироксены - важнейшие породообразующие минералы!

Встречаются почти во всех типах земных пород, слагают около 4 % массы континентальной земной коры.

## I. Магматические образования:

### a) интрузивные

Ультраосновные породы - верлиты (*Cpx*), гарцбургиты (*Opx*), лерцолиты (*Opx+Cpx*), пироксениты, кимберлиты.

Основные породы - габбро (*Cpx*) и нориты (*Opx*)

Щелочные породы - эгирин, эгирин-авгит, эгирин-диопсид

### б) эффузивные

Базальты, андезиты и др. – пижонит, авгит, *Opx* (неупорядоченные)



## II. Пегматиты

Редкометалльные гранитные пегматиты - сподумен

Щелочные пегматиты и щелочные метасоматиты –

эгирин, эгирин-авгит

# Генезис минералов группы пироксенов

## III. Метасоматические образования:

- а) магнезиальные скарны* – минералы ряда диопсид-геденбергит, энстатит
- б) известковые скарны* – минералы ряда диопсид-геденбергит, йохансенит

## IV. Метаморфические породы

Чарнокиты, гнейсы, амфиболиты – *Mg-Fe* –пироксены  
(обычно гиперстен; характерно упорядочение)

Кальцифиры – *диопсид*

Железистые кварциты – *эгирин*

Метаморфиты высоких давлений и температур (обычно выше 600 С) – *жадеит*

Эклогиты – *омфацит*

Для многих пироксенов характерно замещение более *поздними амфиболами*. Под воздействием гидротермальных растворов магнезиальные разности переходят в *серпентин* или *тальк*.

# Mg-Fe пироксены

## Ромбические:

Энстатит  $Mg_2[Si_2O_6]$

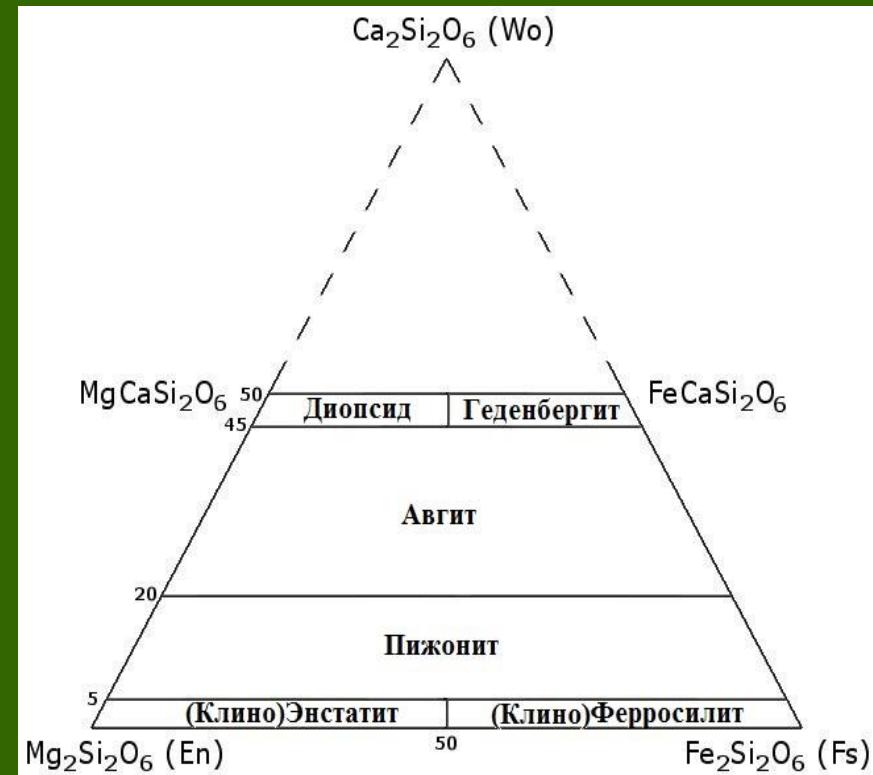
Ферросилилит  $Fe_2[Si_2O_6]$

## Моноклинные:

Клиноэнстатит  $Mg_2[Si_2O_6]$

Клиноферросилилит  $Fe_2[Si_2O_6]$

Пижонит  $(Mg, Fe^{2+}, Ca)(Mg, Fe^{2+})[Si_2O_6]$



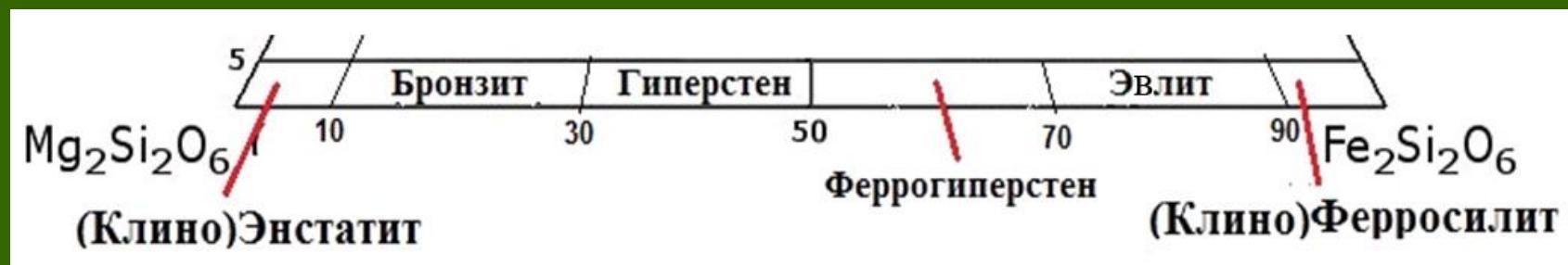
*Mg-Fe клинопироксены относительно редки.*

Минералы образуются при высоких температурах.

Встречается в высокотемпературных вулканитах (бонинитах, коматиитах), в метаморфитах высоких ступеней метаморфизма .

# Энстатит $Mg_2[Si_2O_6]$ и ферросилит $Fe_2[Si_2O_6]$

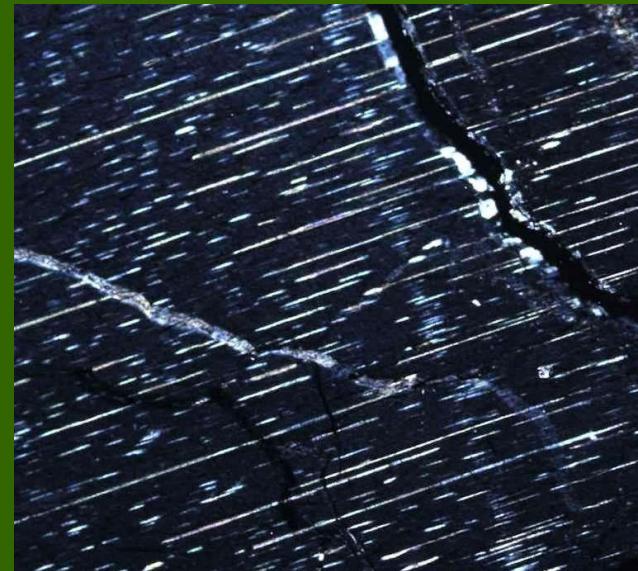
Ромбические пироксены наиболее распространены. Формируют непрерывный изоморфный ряд. При пониженных Т смесимость ограничена. В петрографии широко используется номенклатура Полдерваарта (1947):



**Форма выделения.** Кристаллы редки. Обычно образуют неправильной формы зерна.

*Характерны двойники и структуры распада твердого раствора!*

Ламелли распада авгита в ортопироксене  
Включения в кимберлитах трубки Удачная, Якутия

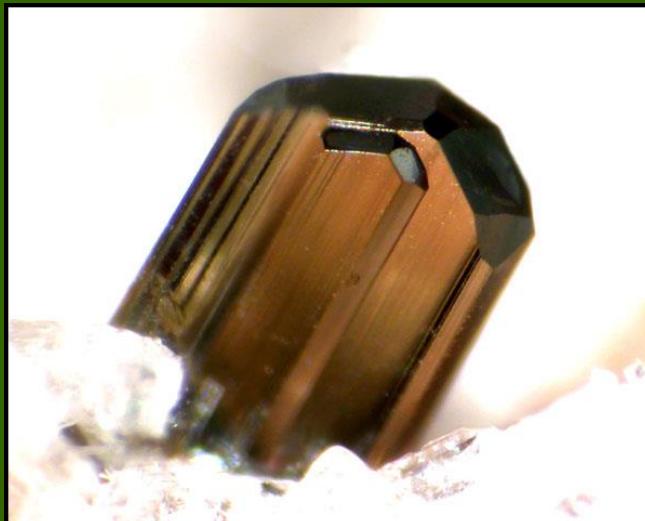


# Энстатит $Mg_2[Si_2O_6]$ и ферросиллит $Fe_2[Si_2O_6]$

**Генезис.** Обычные минералы основных и ультраосновных интрузивных пород и эфузивов основного и среднего состава.

Также встречаются в породах высоких ступеней метаморфизма (чарнокитах, эндербитах). Наиболее железистые пироксены – ферросиллит и эвлит (в том числе и клиноэвлит) – встречаются в богатых Fe породах гранулитовой фации метаморфизма.

Практически чистый энстатит описывался в магнезиальных скарнах.



Бронзит; Summit Rock, США



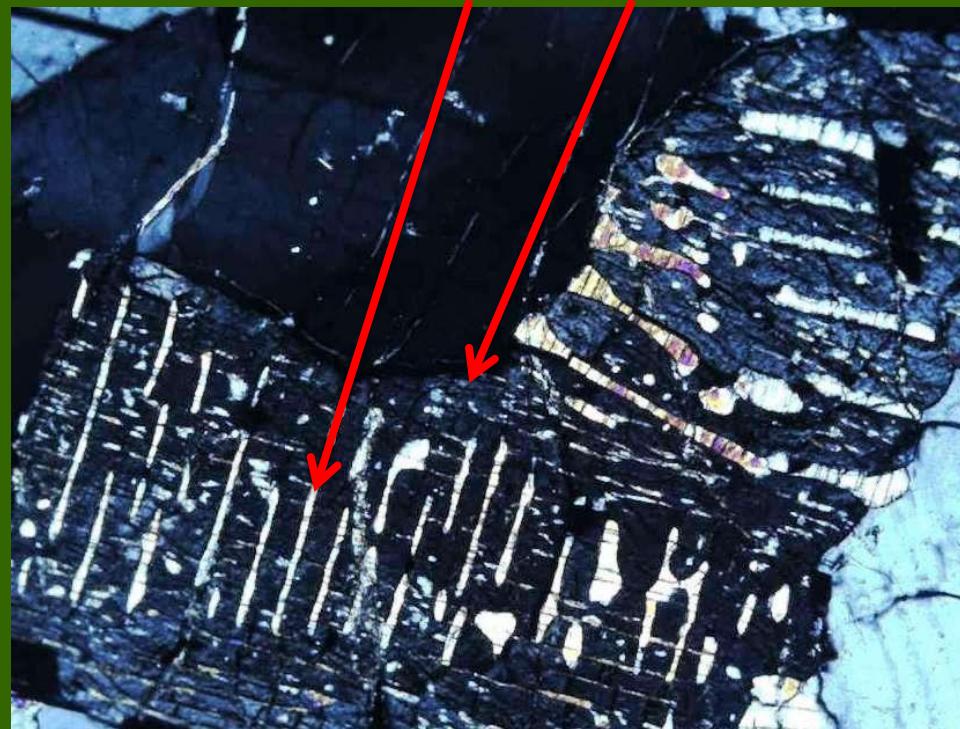
Энстатит, Kilosa District, Tanzania

# Пижонит ( $Mg, Fe^{2+}, Ca$ ) $(Mg, Fe^{2+})[Si_2O_6]$

Бедный кальцием моноклинный пироксен

Высокотемпературный (выше  $900^{\circ}C$ ) минерал. Вхождение относительно крупного катиона Ca (даже в небольшом количестве, всего  $\sim 1$  мас %) в  $M_2$  ортопироксена искажает его структуру, приводит к кристаллизации *пижонита* в моноклинной, а не в ромбической сингонии. Пижонит при  $T \downarrow$  распадается на авгит и Орх.

Пижонит  $\rightarrow$  Авгит + Орх



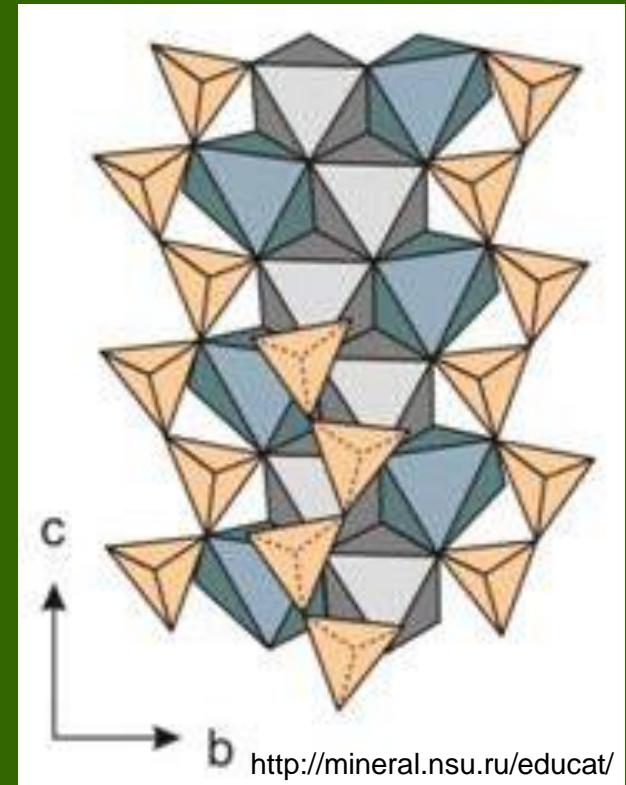
Габбро-нориты. Иоко-Довыренский интрузив, Прибайкалье.  
Данные Э.М. Спиридонова



# Порядок-беспорядок в структурах Mg-Fe пироксенов

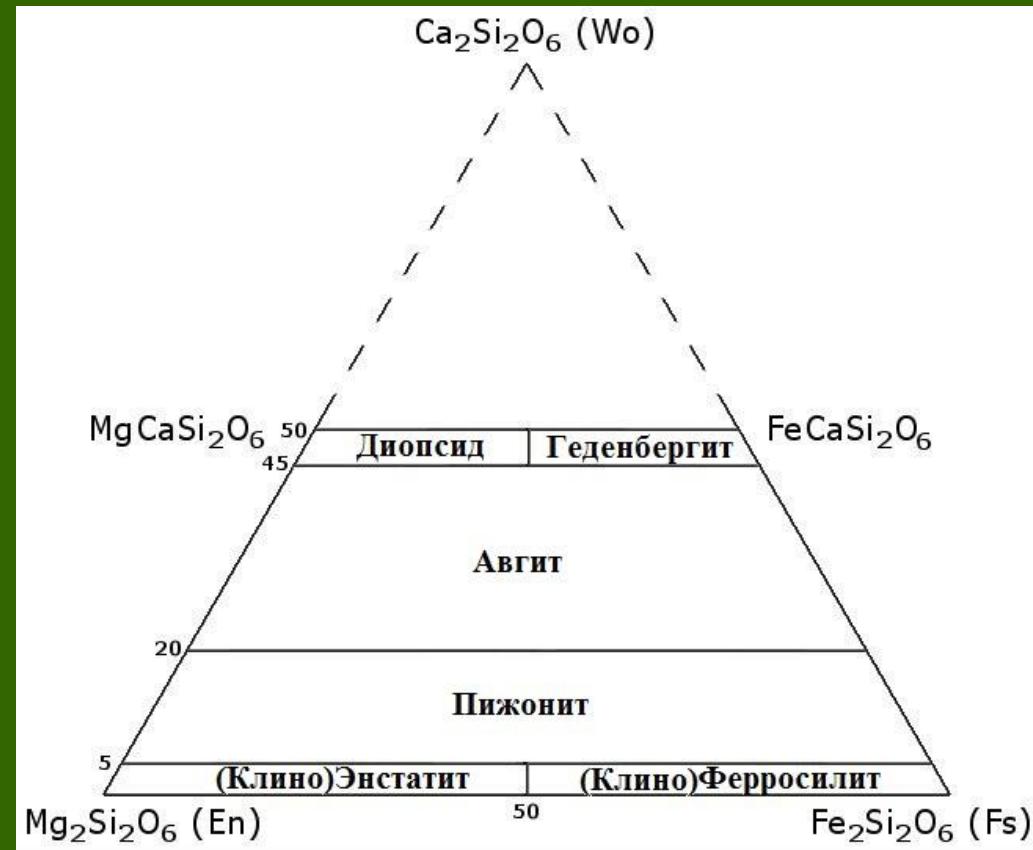
Орх магматитов отличаются от Орх метаморфитов мало упорядоченным распределением магния и железа по двум катионным позициям.

В Орх метаморфитов позиция  $M_1$  преимущественно занимается Mg,  $M_2$  - Fe<sup>2+</sup>. Степень упорядочения в заполнении позиций – функция от времени и Т кристаллизации.



# Са пироксены

*Моноклинная сингония  
(клинопироксены, cPx)*



Диопсид (*Di*) -  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Геденбергит (*Hed*) -  $\text{CaFe}^{2+}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Йохансенит -  $\text{CaMn}^{2+}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Авгит -  $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ti})[(\text{Al}, \text{Si})_2\text{O}_6]$

# Диопсид $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ и геденбергит $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

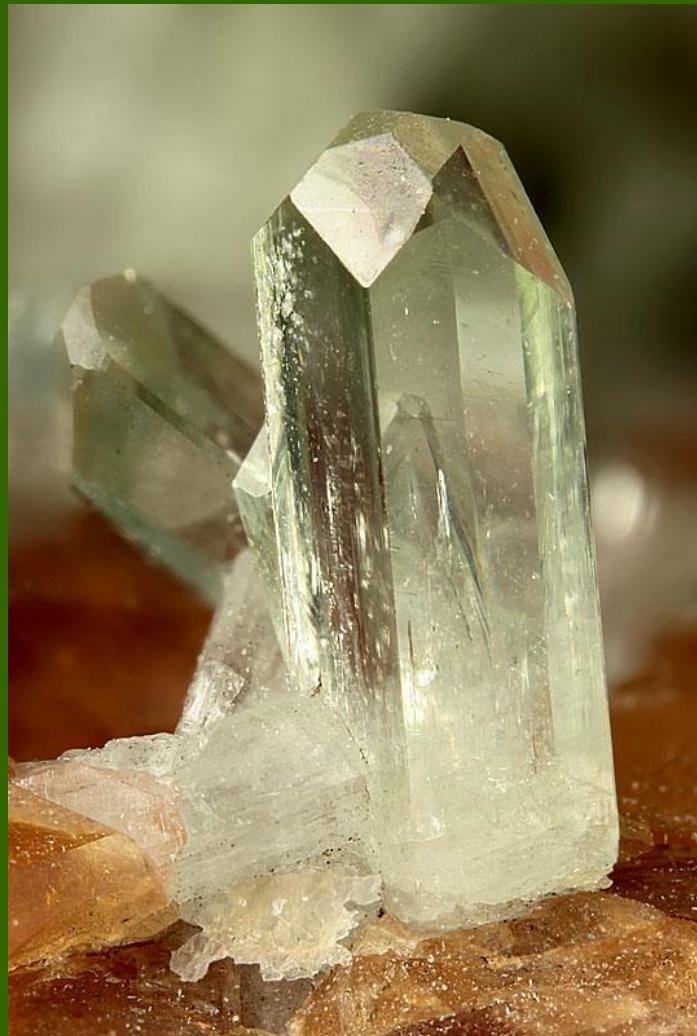
Диопсид-геденбергит – непрерывный изоморфный ряд (разновидности промежуточного состава – салит и ферросалит).

**Форма выделения:** кристаллы короткопризматические до длиннопризматических (радиально-лучистые и шестоватые агрегаты), причем если первые больше характерны для диопсида, то последние – для геденбергита.

**Цвет:** Диопсид редко бывает бесцветен, обычно окрашен в различные оттенки зеленого и серого цветов; геденбергит темно-зеленый до почти черного.

**Генезис:** Диопсид и геденбергит – характерные минералы скарнов и некоторых метаморфических пород.

# Диопсид $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$



Mussa Alp, Италия



Alchuri, Пакистан

# Диопсид $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

**Виолан** – фиолетовая (Mn) разновидность диопсида.



Prabornaz Mine, Италия

**Лавровит** - V-содержащая разновидность диопсида.



webmineral.ru

Крупные кристаллы зеленого лавровита в светлой кварц-кальцитовой породе. Образец из экспозиции Минералогического музея Жигалова В.А.  
(г. Слюдянка)

<http://webmineral.ru>

Йоко-Довыренский массив,  
Сев. Прибайкалье, Россия



# Диопсид $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

**Хромдиопсид** - изумрудно-зеленая, хромсодержащая разновидность диопсида



массив Инагли, Алдан, Россия



D-Block Mine, Танзания

# Геденбергит - $\text{CaFe}^{2+}[\text{Si}_2\text{O}_6]$



Дальнегорск, Россия



Torre di Rio - Santa Filomena area, Италия

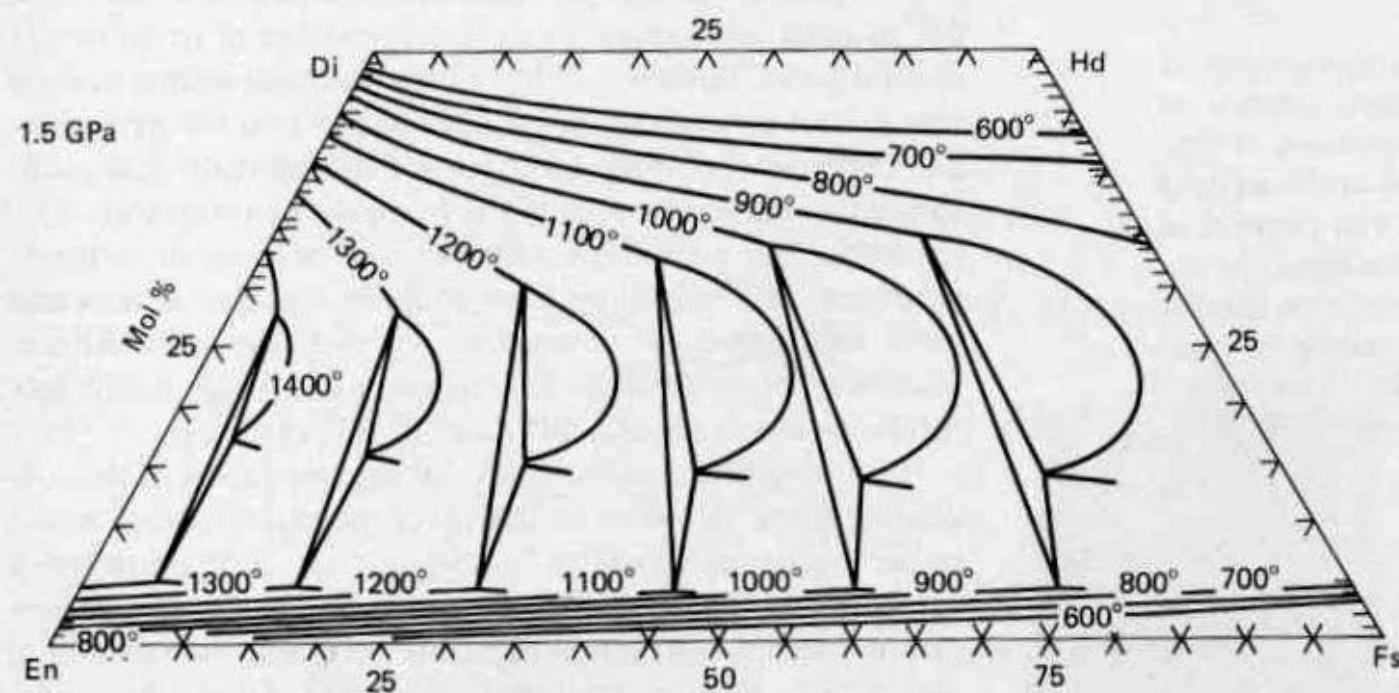
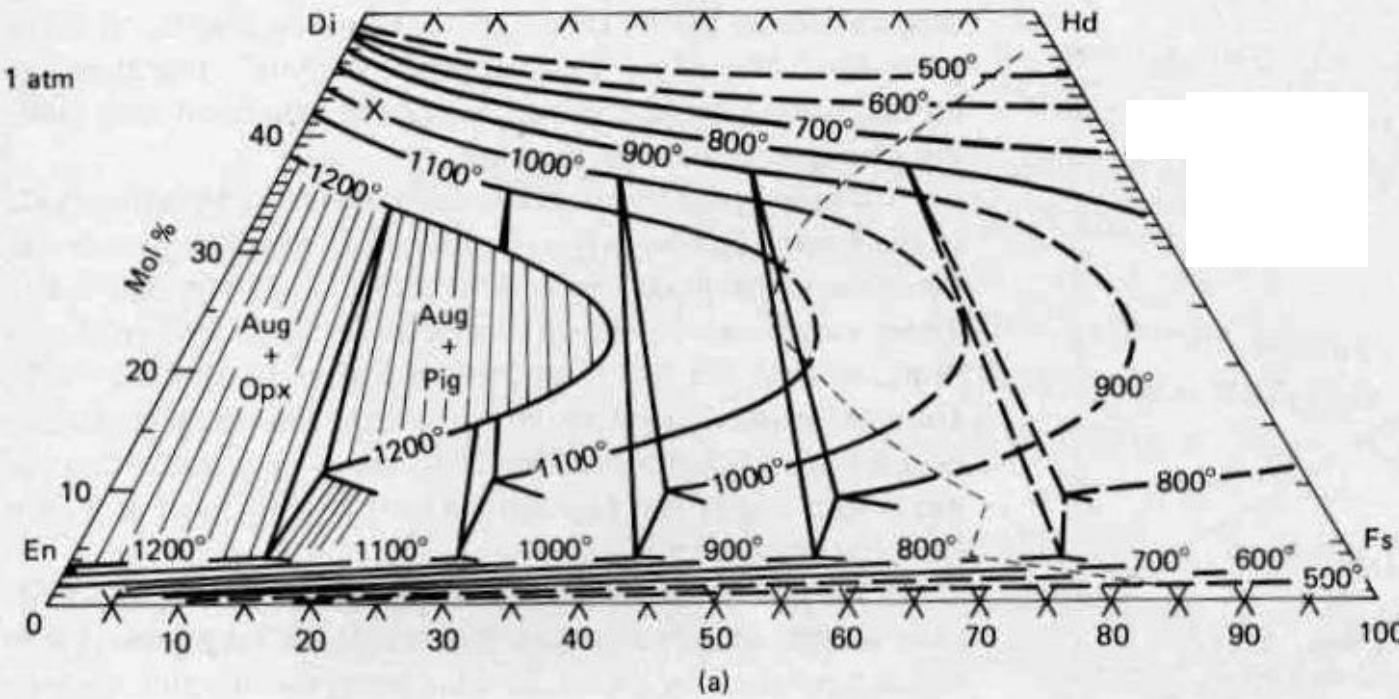
# Авгит - $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ti})[(\text{Al}, \text{Si})_2\text{O}_6]$



Италия

**Форма выделения:** кристаллы короткопризматические, таблитчатые, реже изометричные. Обычны двойники по (100).

**Генезис:** авгит встречается в самых разнообразных магматических породах, но особенно характерен для габбро, долеритов и базальтов. Также входит в состав гранулитов, чарнокитов и других пород высоких ступеней метаморфизма, но гораздо реже, чем в состав магматических пород.



Пироксеновая  
термометрия  
по  
Lindsley, 1983

# Ca-Na пироксены

Омфацит  $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Эгирин-авгит  $(\text{Ca},\text{Na})(\text{Fe}^{3+},\text{Mg},\text{Fe}^{2+})[\text{Si}_2\text{O}_6]$

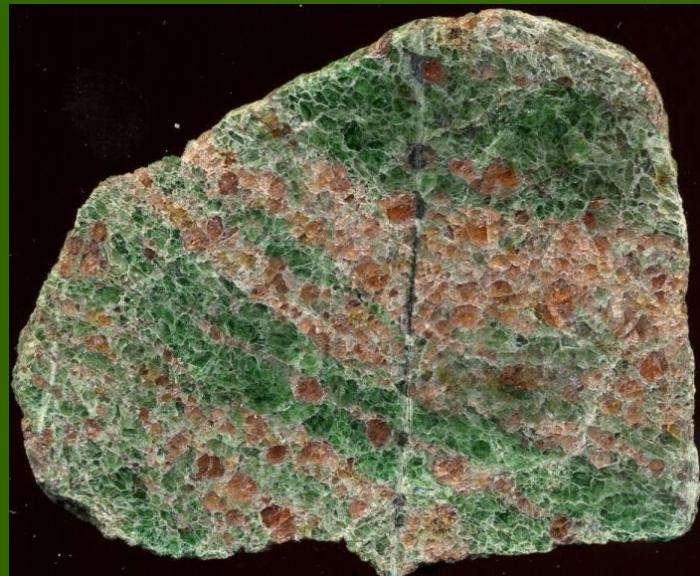
Омфацит и эгирин-авгит – твердые растворы авгита (Aug), жадеита (Jd) и эгирина (Aeg).

В структуре омфацита позиция  $M_1$  может быть попеременно занята  $(\text{Al},\text{Fe}^{3+})$  и  $(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})$ , а в позиции  $M_2$  могут попеременно чередоваться Na и Ca, что приводит к упорядочиванию структуры.

Омфацит встречается в эклогитах и некоторых близких к ним породах



Haramsøy, Норвегия



Eclogite Словения

# Щелочные пироксены

## Моноклинная сингония

- Эгирин –  $\text{NaFe}^{3+}[\text{Si}_2\text{O}_6]$
- Жадеит –  $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$
- Космохлор –  $\text{NaCr}^{3+}[\text{Si}_2\text{O}_6]$
- Сподумен –  $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

**Эгирин** – состав редко отвечает теоретическому (часто образуются промежуточные составы - эгирин-авгит, эгирин-диопсид, эгирин-геденбергит)

Формы выделения – от крупных кристаллов до игольчатых, войлокоподобных выделений.

Цвет от черного до светло-зеленого. Редко красно-бурый или бесцветный!

Эгирин – типичный минерал щелочных магматических пород и метасоматитов.

# Щелочные пироксены



Эгирин. Малави, Вост. Африка.



Звездчатый эгирин, Ловозеро, Россия.

# Щелочные пироксены

Жадеит  $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Почти всегда присутствуют миналы диопсида, эгирина, космохлора.

Цвет белый, зеленый ( $\text{Fe}^{3+}, \text{Cr}^{3+}$ ), сиреневый ( $\text{Mn}^{3+}$ ).

В виде хорошо образованных кристаллов встречается крайне редко. Обычно образует очень плотные тонко- и мелкозернистые агрегаты.

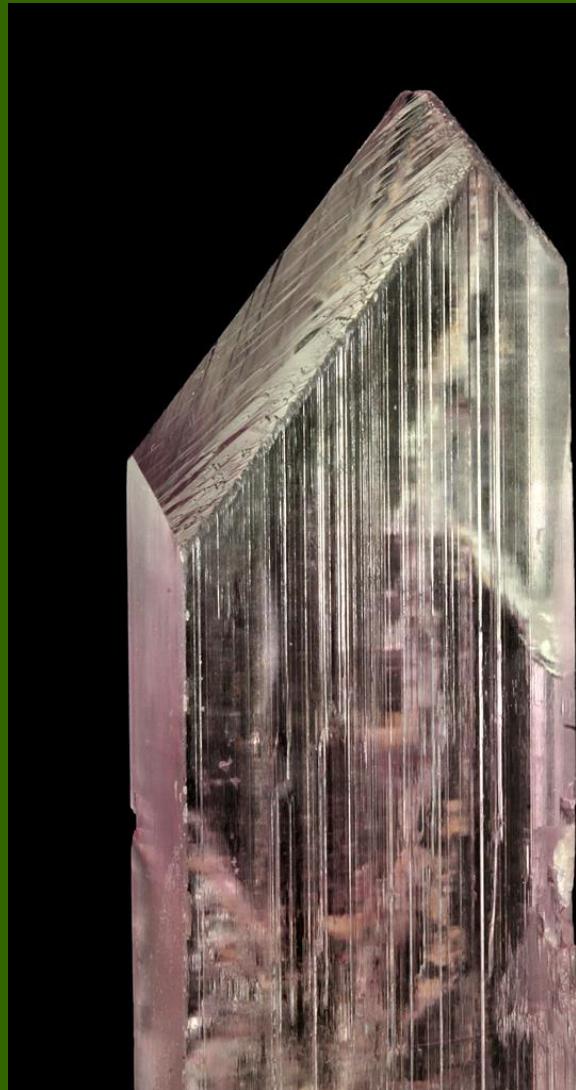
**Генезис.** Как правило, минерал метаморфических пород высоких давлений.



Жадеит, Бирма

# Щелочные пироксены

- Сподумен – типичный минерал редкометальных гранитных пегматитов.
- Характерны уплощенные, досковидные кристаллы. Иногда образует гигантские кристаллы (США, шт. Дакота – 14,3x0,8x0,8 массой 28 т и 12,8x1,8x0,9 массой 66 т).
- Состав обычно близок теоретическому.  
Примеси  $\text{Fe}^{3+}$  (до 3 мас. %),  $\text{Mn}^{3+}$  в кунците (до 0,2 мас. %),  $\text{Cr}^{3+}$  и  $\text{V}^{3+}$  в гиддените (до 0,3 мас. %).



Уплощенный кристалл сподумена, Нуристан,  
Афганистан

# Сподумен $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

Распространенный, иногда пордообразующий минерал редкometальных пегматитов; в отдельных зонах дифференцированных тел его содержание *может достигать 50% и более.*

Наиболее характерны ассоциации сподумена с кварцем, микроклином, альбитом, мусковитом, лепидолитом, турмалинами (шерлом, эльбайтом, оленитом), гранатами ряда альмандин–спессартин, бериллом, апатитом, колумбитом–танталитом, кассiterитом.

Сподумен - самый распространенный в природе минерал лития, главный промышленный минерал этого элемента в большинстве пегматитовых месторождений.

В редкometально-самоцветных пегматитах встречаются прозрачные драгоценные разновидности этого минерала – *кунцит* и *гидденит*.



Кристаллы  
сподумена  
ювелирного  
качества,  
Афганистан



# Значение пироксенов

- Сподумен – важнейший источник лития.
- Диопсид, сподумен, жадеит – ювелирные и ювелирно-поделочные камни.
- Другие представители группы пироксенов практического значения пока не имеют.



Jadeite  
Untreated  
Gem Quality  
Size (mm) : L 21.4 x W 16.7 x H 6.6  
Weight : 32.50 ct  
Diamond

# Пироксеноиды

Отношение Si:O в пироксеноидах сохраняется как у пироксенов 1:3, при этом период цепочки увеличивается. В общем виде радикал пироксеноидов можно записать как  $[Si_nO_{3n}]_\infty$ , где

## **n=3 Волластонит $Ca_3Si_3O_9$**

Пектолит  $NaCa_2Si_3O_8(OH)$

Серандит  $NaMn^{2+}Si_3O_8(OH)$

Каскандит  $CaScSi_3O_8(OH)$

Бустамит  $Ca_3Mn^{2+}Si_3O_9)_2$

Соренсенит  $Na_4Be_2Sn(Si_3O_9)_2 \cdot 2H_2O$

## **n=5 Родонит – $CaMn_4Si_5O_{15}$**

Бабингтонит  $Ca_2Fe^{2+}Fe^{3+}Si_5O_{14}(OH)$

Манганбабингтонит  $Ca_2Mn^{2+}Fe^{3+}Si_5O_{14}(OH)$

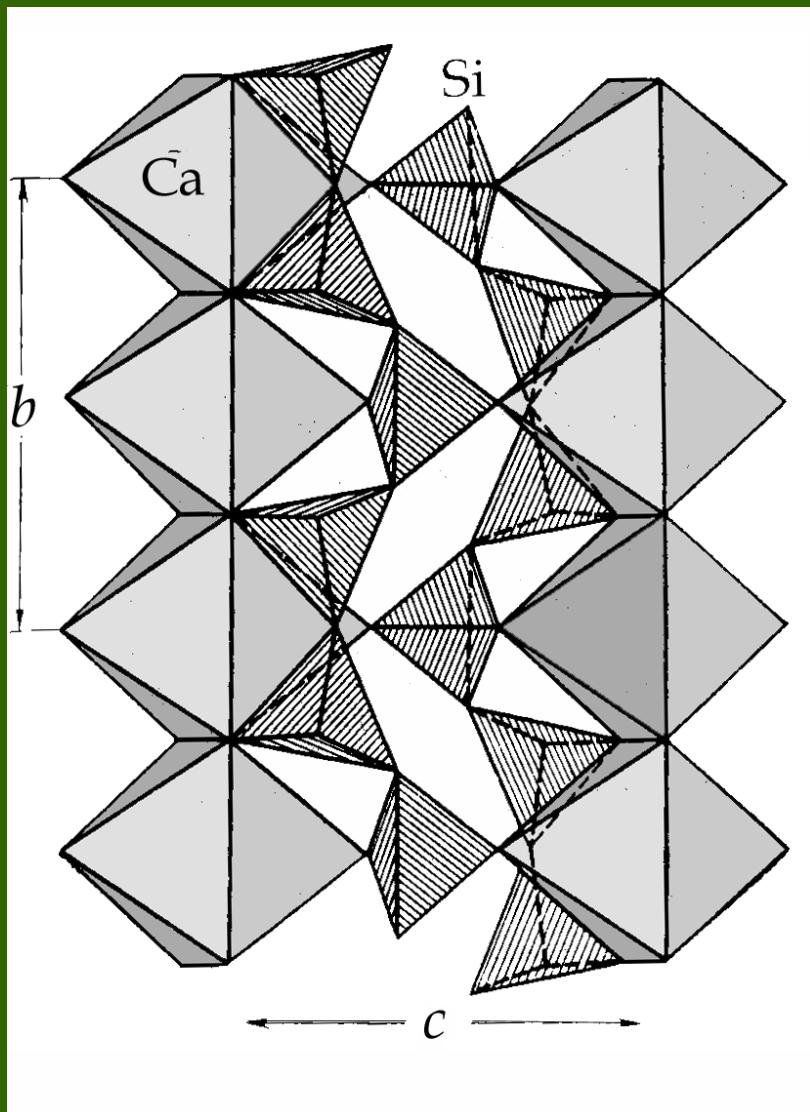
Сантакларит  $CaMn^{2+}Si_5O_{14}(OH)_2 \cdot H_2O$

Намбулит  $LiMn^{2+}Si_5O_{14}(OH)$

## **n=7 Пироксмангит $(Mn,Fe,Ca)_7Si_7O_{21}$**

Пироксферроит  $(Fe,Mn,Ca)_7Si_7O_{21}$

# Пироксеноиды



Волластонит  $\text{Ca}_3[\text{SiO}_3]_3$   
Триclinная сингония.

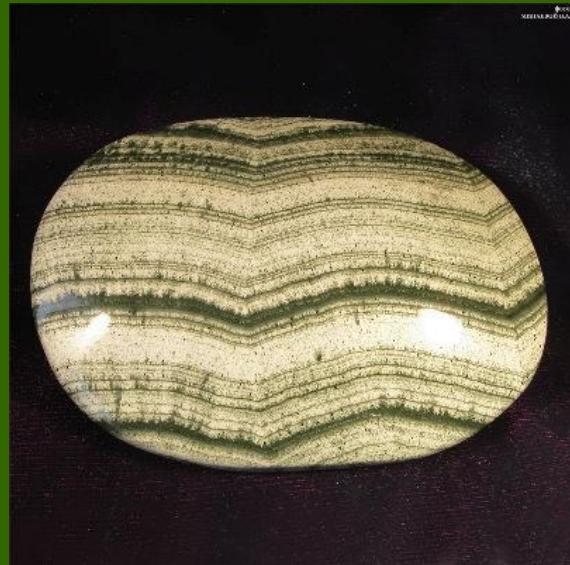
Основу структуры волластонита составляют ленты из крупных Ca-октаэдров, ребра которых ( $\sim 3,7\text{\AA}$ ) не соизмеримы с  $[\text{SiO}_4]$ -тетраэдрами.

В результате этого каждая пара соседних Si-O-тетраэдров замыкается на ребро Ca-октаэдра, формируя при этом пироксеноидную цепочку, где две соседние диортогруппы  $[\text{Si}_2\text{O}_7]$  связаны одним тетраэдром.

# Волластонит

- Кристаллы волластонита редки, обычно шестоватые и радиально-лучистые агрегаты.
- Типичный минерал известковых скарнов.
- Важное сырье для получения высококачественной керамики и глазури.

Волластонит-геденбергитовые скарны – поделочный материал.



# Дальнегорскит $\text{Ca}_5\text{Mn}(\text{Si}_3\text{O}_9)_2$



webmineral.ru

Крупная почка,  
состоящая из светло-  
коричневого  
дальнегорскита и  
зеленоватого датолита  
(возможно присутствует  
геденбергит)  
Дальнегорск, карьер  
Бор.

Shchipalkina, N.V., Pekov, I.V., Ksenofontov, D.A., Chukanov, N.V., Belakovskiy, D.I. and Koshlyakova, N.N. (2018) Dalnegorskite, IMA 2018-007. CNMNC Newsletter No 43, June 2018, page 782; Mineralogical Magazine: 82: 779-785.

# Пектолит и серандит



Пектолит. Basalt quarry, Tetschen, Чехия



Пектолит, кальцит. Mont Saint-Hilaire, Канада



Серандит – Mn-доминантный аналог пектолита.  
Mont Saint-Hilaire, Канада



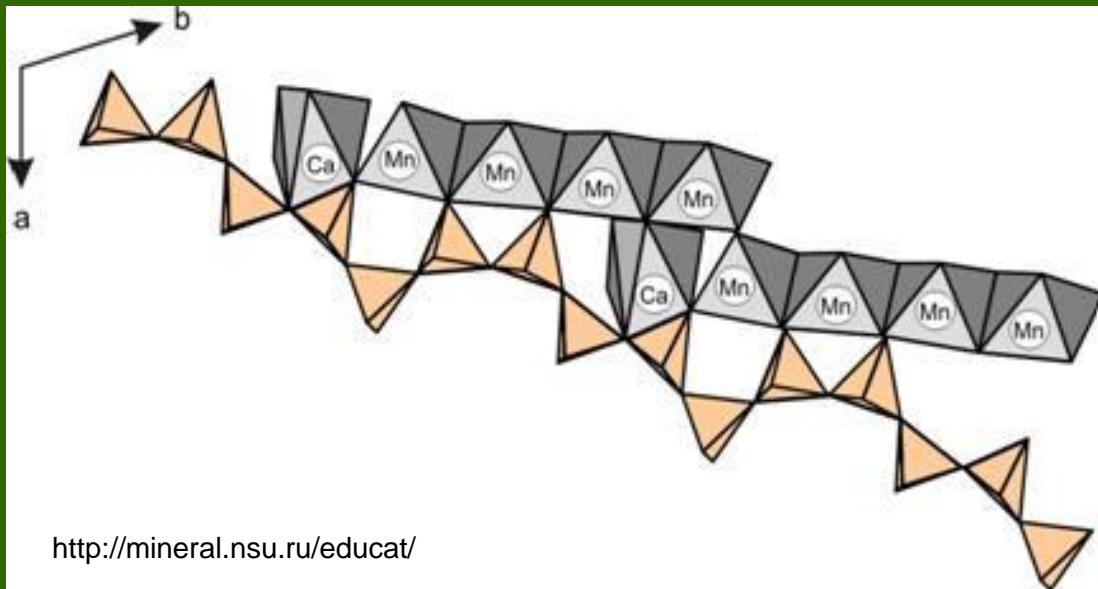
Ларимар (разновидность пектолита)  
Filipinas Larimar Mine, Доминикана

# Пироксеноиды

## Группа родонита

родонит  $M^5Ca^{M1-M3}Mn_3^{M4}MnSi_5O_{15}$   
феррородонит  $M^5Ca^{M1-M3}Mn_3^{M4}FeSi_5O_{15}$   
виттинкиит  $M^5Mn^{M1-M3}Mn_3^{M4}MnSi_5O_{15}$

*Триклинная сингония*



Цепочки  $SiO_4$ -тетраэдров вытянуты вдоль оси [110] (с повторяемостью через 5 тетраэдров) и связаны чередующимися четырьмя  $MnO_6$ -октаэдрами и одним восьмивершинником  $CaO_8$ .

Кристаллы родонита редки и имеют вытянутый облик согласно структуре. Связь в цепочках сильнее связи между цепочками и катионными полиэдрами, что приводит к появлению двух направлений сов. спайности (угол близок к пироксеновому).

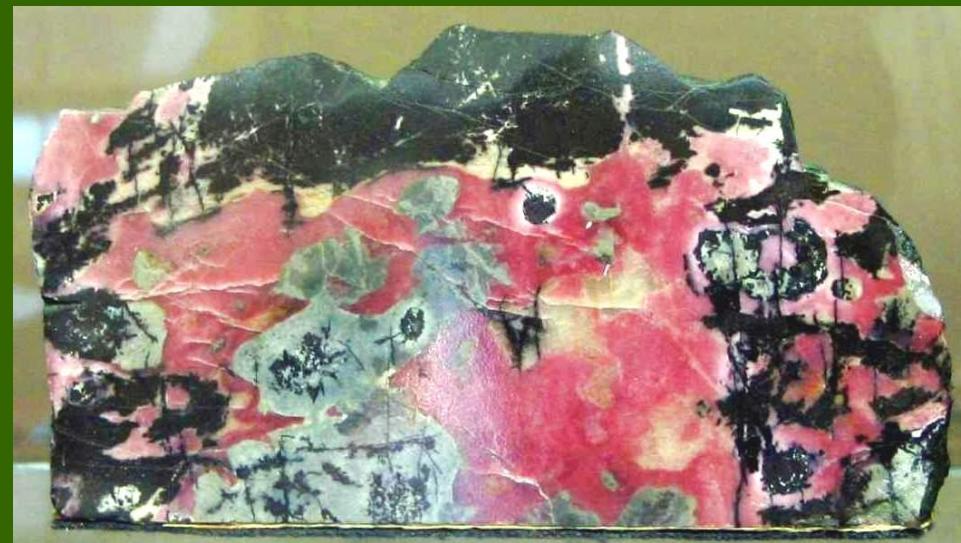
# Пироксеноиды

Примеси в родоните -  $\text{Fe}^{2+}$ , Mg, Zn. Интенсивность малиновой окраски зависит, главным образом, от содержания Ca. Fe придает бурый оттенок.

## Генезис родонита

1. Известковые скарны, богатые Mn
2. Золото-серебряные рудные вулканогенные гидротермальные м-я
3. Типичный минерал метаморфических ассоциаций (уральские месторождения поделочного родонита)

Изменяется в гипергенных условиях с образованием различных окислов и гидроокислов Mn.

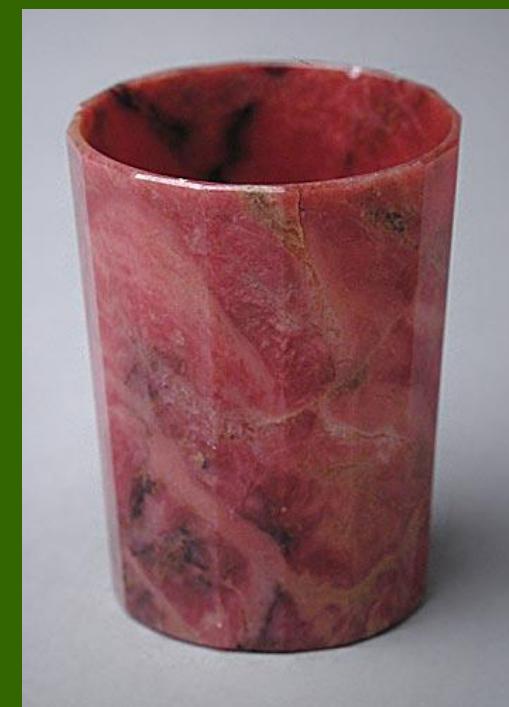


Родонит, тефроит (серый), черные гипергенные минералы  
Мн. Султанувайс, Султануиздаг, Узбекистан.

**Родонит – известный поделочный камень.** В 1798 г. близ деревни Малое Седельниково на Среднем Урале открыли месторождение великолепного родонита. Оно получило название Мало-Седельниковское.



*Мало-Седельниковское  
месторождение – крупнейший  
монолит родонита 47 т!*





Woods Mine, New South Wales, Австралия



Chiurucu Mine, Dos de Mayo Province, Перу



Morro da Mina Mine, Minas Gerais, Бразилия



Брокен-Хилл, Австралия

# Минералы с разветвленным цепочечным радикалом

## Надгруппа астрофиллита

Триклинные и моноклинные силикаты (15 мин. видов, 2019) с общей формулой  $A_2BC_7D_2T_8O_{26}(OH)_4X_{0-1}$

где  $[10]-[13]A = K, Rb, Cs, H_3O^+, H_2O, Na$  или  $\square$ ;

$[10]B = Na$  или  $Ca$ ;

$[6]C = Mn, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Na, Mg$  или  $Zn$ ;

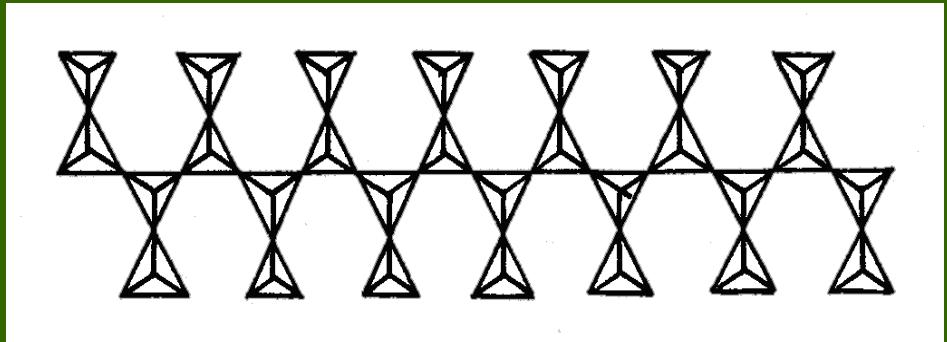
$[6]D = Ti, Nb$  или  $Zr$ ;

$[4]T = Si$  или  $Al$ ;

$X = F, OH, O$  или  $\square$

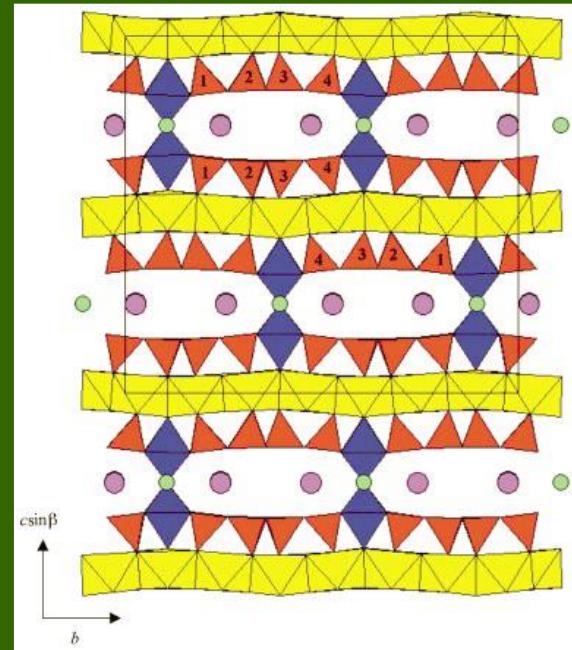
- Астрофиллит  $K_2NaFe^{2+}_7Ti_2Si_8O_{28}(OH)_4F$
- Куплетскит  $(K,Na)_3(Mn,Fe)_7Ti_2Si_8O_{26}(OH)_4F$

# Группа астрофиллита

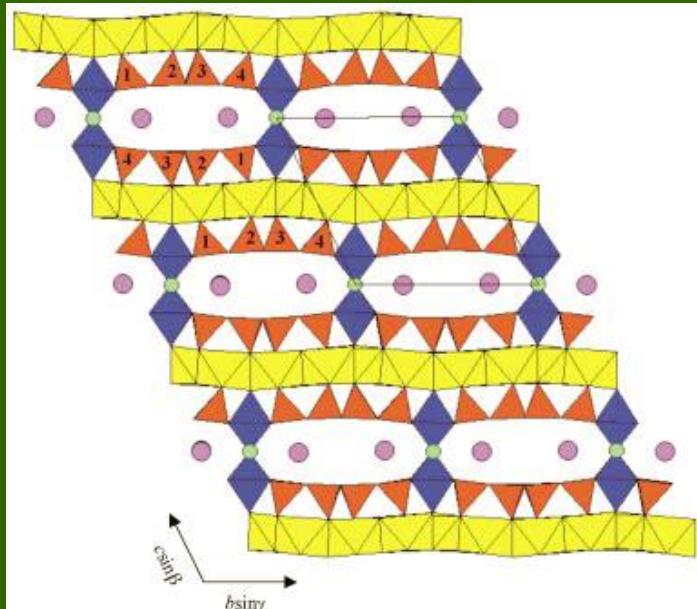


Структура имеет слоистый мотив. Цепочки  $\text{SiO}_4$ -тетраэдров (оранжевые) соединяются  $\text{TiO}_6$ -октаэдрами (синие) в коробчатые слои, покрытые слоями из Mg и Fe октаэдров. Внутри слоев в крупных полостях располагаются крупные катионы – Na, K, Rb, Cs,  $\text{H}_2\text{O}$ .

Существует две политипные модификации.



Моноклинный C2/c куплетсит



Триклинический P-1 куплетсит

# Группа астрофиллита

Типоморфные минералы агпайтовых (коэффициент агпайтности  $(K+Na)/Al$  больше 1) щелочных пород различной формационной принадлежности: щелочные граниты, сиениты и нефелиновые сиениты. Встречаются как акцессорные минералы в магматических породах, типичны для пегматитов, метасоматитов и гидротермалитов.

Астрофиллит – исключительный концентратор редких элементов (Li, Rb, Cs, Nb, Ta, Zr, REE), в его составе отражается геохимическая специализация материнских горных пород (массивов) – потенциальный индикаторрудоносности.



Астрофиллит в кварце. Ров-река, Кейвы. Образец Гришина В.Г.

# Ленточные силикаты

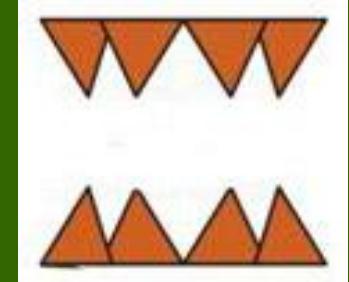
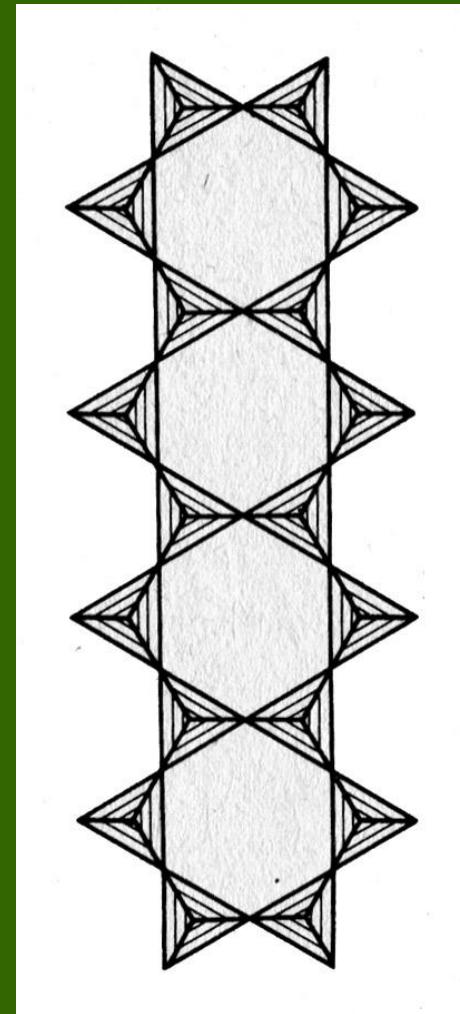
# Ленточные силикаты

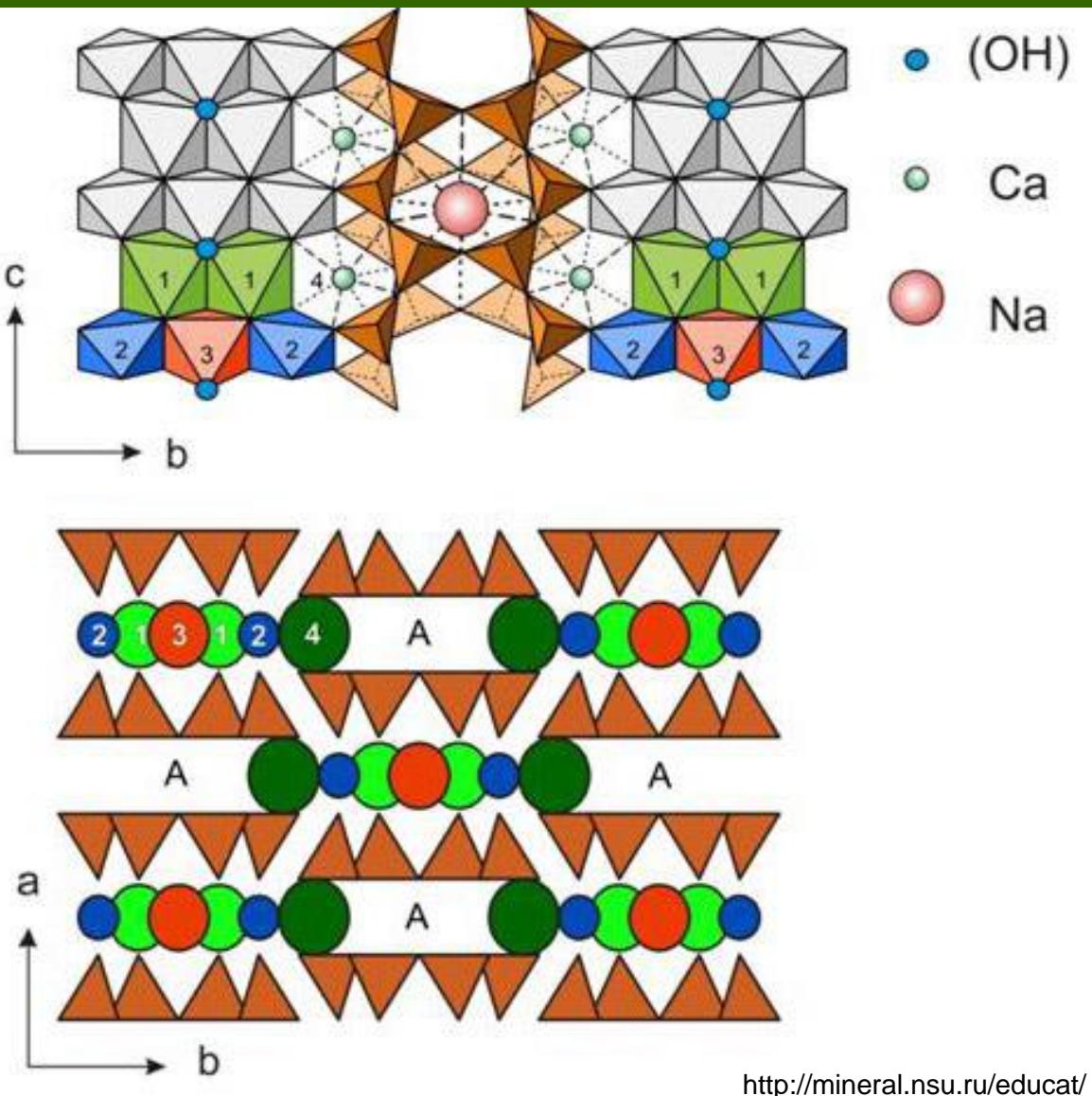
## Группа амфиболов

В структурах амфиболов выделяются ленты  $\text{SiO}_4$ -тетраэдров, образованные двумя пироксеновыми цепочками.

Ленты располагаются параллельно друг другу и вытянуты вдоль оси с.

В соседних лентах тетраэдры развернуты вершинами в противоположные стороны.



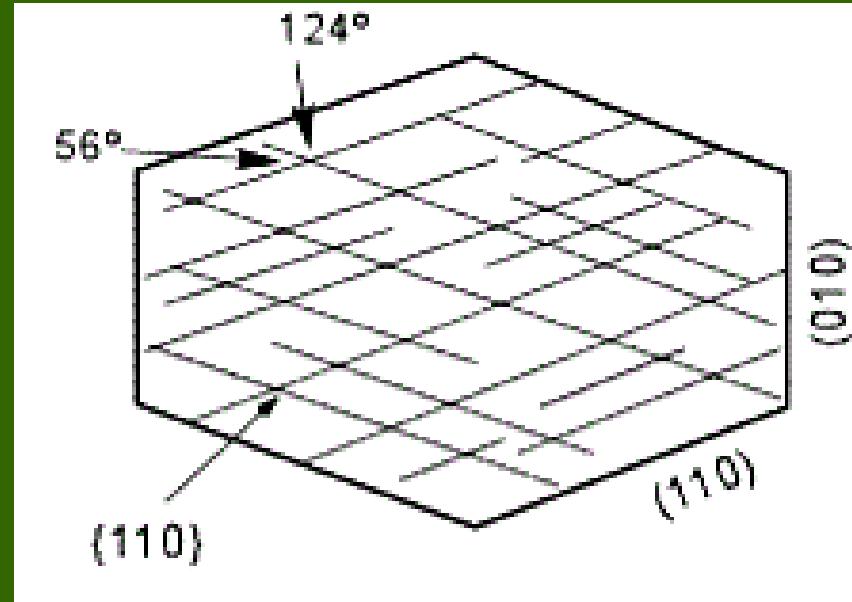
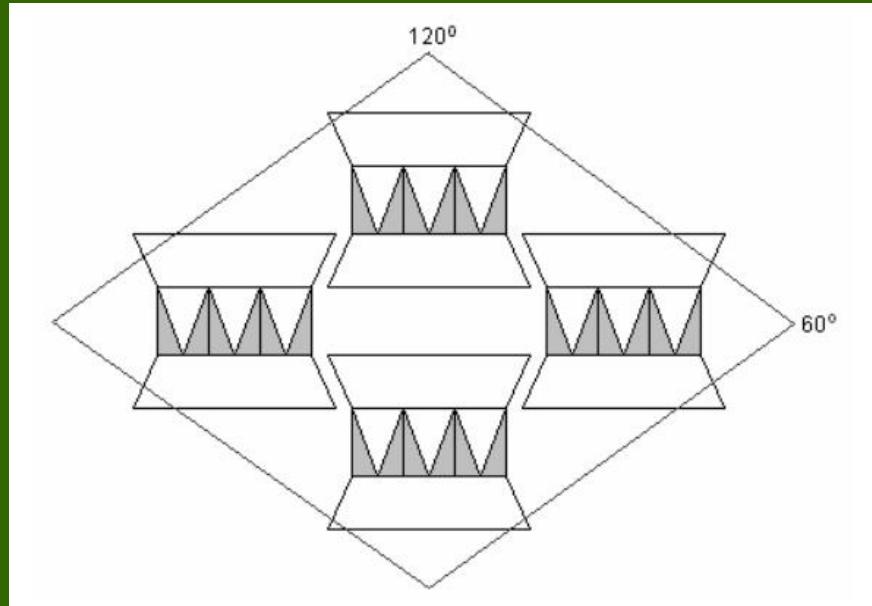


В структуре имеется пять неэквивалентных позиций катионов. Три из них ( $M_1, M_2, M_3$  с КЧ=6) формируют ленты октаэдров между лентами тетраэдров. Позиция  $M_4$  расположена на границе между лентами октаэдров и тетраэдров и имеет КЧ 6 или 8 в зависимости от размера входящего в нее катиона.

<http://mineral.nsu.ru/educat/>

Позиция А (КЧ=10) – между кольцами тетраэдров, там где ленты развернуты друг к другу основаниями тетраэдров, может быть занята только крупным катионом и часто остается вакантной.

# Спайность и формы выделения амфиболов



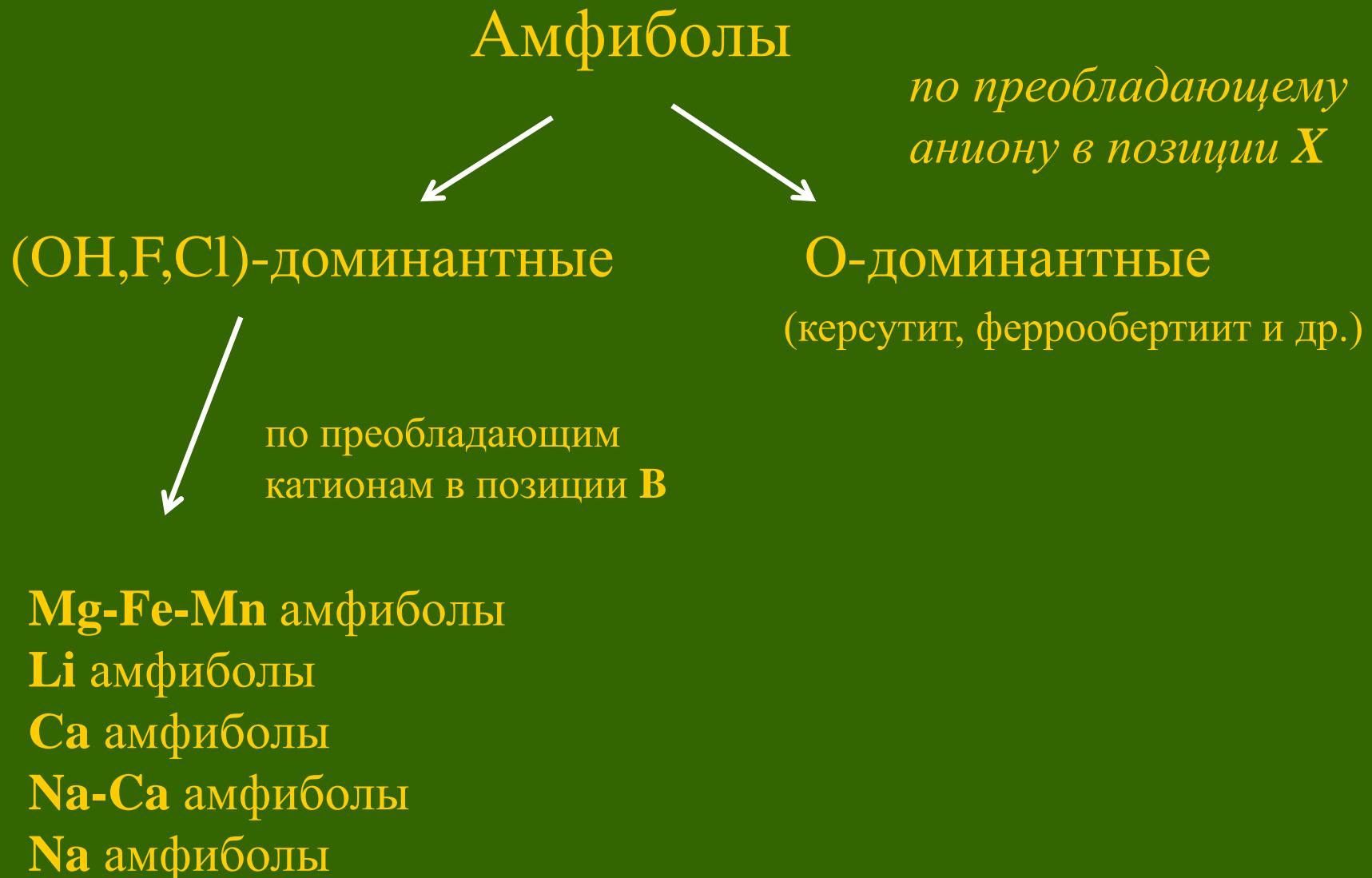
Наличие ленточного мотива проявлено в совершенной/средней спайности по призме  $\{110\}$  под углом  $124^\circ$ , а также в сильном удлинении вдоль оси  $c$ , вплоть до нитевидного. Параллельно лентам кристаллы амфиболов часто уплощены и имеют досчатый облик. Часто призматические и игольчатые кристаллы образуют радиально-лучистые агрегаты и сферолиты; характерны шестоватые агрегаты, войлокоподобные массы, скрытокристаллические агрегаты.

# Группа амфиболов

Ромбические или моноклинные силикаты  
(около 90 минеральных видов!) с общей  
формулой  $A_{1-0}B_2C_5T_8O_{22}X_2$

- A (позиция A) – Na, Ca, K, вакансия
- B (позиция M4) – Ca, Na, Mg, Fe<sup>2+</sup>, Li, REE
- C (позиции M1, M2 и M3) - Mg, Fe<sup>2+</sup>, Mn, Al, Ti, Fe<sup>3+</sup>, Cr<sup>3+</sup>
- T – Si, Al
- X – (OH), F, Cl, O

# Номенклатура минералов группы амфиболов



# Номенклатура минералов группы амфиболов



**Для наименования амфиболов предложено использовать коренные имена.**

Минералы из разных подгрупп (Na амфиболы, Na-Ca амфиболы и т.д.) имеют разные корневые имена (root name).

В рамках одной подгруппы новое корневое имя используется в случае изменения общего заряда в позициях А и/или С.

**Ионы  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Si^{4+}$  и  $OH^-$  в соответствующих позициях структуры определяют «корневой» состав, т.е. не требуют использования приставок.**

Если хотя бы в одной из позиций структуры преобладает другой изовалентный ион, то в названии минерала используются приставки, отражающие состав

Приставки:

Prefix	Meaning (apfu)	Not applicable to
Chloro	$Cl > OH, F$	Oxo-amphiboles
Chromio	$^cCr > ^cAl, ^cFe^{3+}, ^cMn^{3+}$	Amphiboles which do not contain trivalent cations in their root formulae*
Ferri †	$^cFe^{3+} > ^cAl, ^cCr, ^cMn^{3+}$	Amphiboles which do not contain trivalent cations in their root formulae*, plus riebeckite, arfvedsonite, hastingsite
Ferro	$^cFe^{2+} > ^cMg, ^cMn^{2+}$	Any amphibole whose ferro-end-member has a trivial name: tremolite, cummingtonite, grunerite, hastingsite, riebeckite, arfvedsonite, rootname 16
Fluoro	$F > OH, Cl$	Oxo-amphiboles
Magnesio	$^cMg > ^cFe^{2+}, ^cMn^{2+}$	All amphiboles except riebeckite, arfvedsonite, hastingsite, hornblende
Mangano	$^cMn^{2+} > ^cMg, ^cFe^{2+}$	
Mangani	$^cMn^{3+} > ^cAl, ^cCr, ^cFe^{3+}$	Amphiboles that do not contain trivalent cations in their root formulae*
Oxo	$^wO^{2-} > OH + F + Cl$	Oxo-amphiboles where Ti = 1 apfu in the root formula‡, plus ungarettiite
Potassic	$^AK > ^ANa, ^ACa, ^A\Box$	Amphiboles that do not contain A-site cations in their root formulae§
Zinco	$^cZn > ^cMg, ^cFe^{2+}$	

# Номенклатура минералов группы амфиболов

$\text{Na}(\text{NaCa})(\text{Mg}_3\text{Al}_2)[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}](\text{OH})_2$	тарамит (Na-Ca амфибол)
$\text{Na}(\text{NaCa})(\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_2)[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}](\text{OH})_2$	ферротарамит
$\text{Na}(\text{NaCa})(\text{Mg}_3\text{Fe}^{3+}_2)[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}](\text{OH})_2$	ферритарамит
$\text{K}(\text{NaCa})(\text{Mg}_3\text{Al}_2)[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}](\text{OH})_2$	калийтарамит
$\text{Na}(\text{NaCa})(\text{Mg}_3\text{Al}_2)[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}]\text{F}_2$	фтортарамит
$\text{Na}(\text{NaCa})(\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2)[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}]\text{F}_2$	ферроферрифтортарамит
$\text{K}(\text{NaCa})(\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_2)[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}]\text{F}_2$	калийферрофтортарамит
$\text{K}(\text{NaCa})(\text{Mg}_3\text{Fe}^{3+}_2)[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}]\text{F}_2$	калийферрифтортарамит
$\text{K}(\text{NaCa})(\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2)[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}]\text{Cl}_2$	калийферроферрихлортарамит

# Группа амфиболов

## Схемы изоморфизма



# Mg-Fe-Mn амфиболы

Ромбические:

Антофиллит  $\square \text{Mg}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Ферроантофиллит  $\square \text{Fe}^{2+} \text{Mg}_2[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Жедрит  $\square \text{Mg}_2(\text{Mg}_3\text{Al}_2)[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Феррожедрит  $\square \text{Fe}^{2+} \text{Mg}_2(\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_2)[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Моноклинные:

Куммингтонит  $\square \text{Mg}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Грюнерит  $\square \text{Fe}^{2+} \text{Mg}_2[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Антофиллит–ферроантофиллит и куммингтонит–грюнерит – непрерывные изоморфные ряды (аналоги рядов энстатит–ферросилит и клиоэнстатит–клиноферросилит).

Антофиллит и грюнерит образуют asbestosовые выделения.

# Mg-Fe-Mn амфиболы



Жедрит  
Шуерецкая, Карелия, Россия



Автофиллит вокруг хлорита  
Гержманов, Моравия, Чехия



«Нууммит» (Nuummite) - ярко иризирующие ламеллярные агрегаты жедрита (более грубые ламели) и антофиллита (тонкие ламели). Являются продуктами распада высокотемпературных ортоамфиболов.

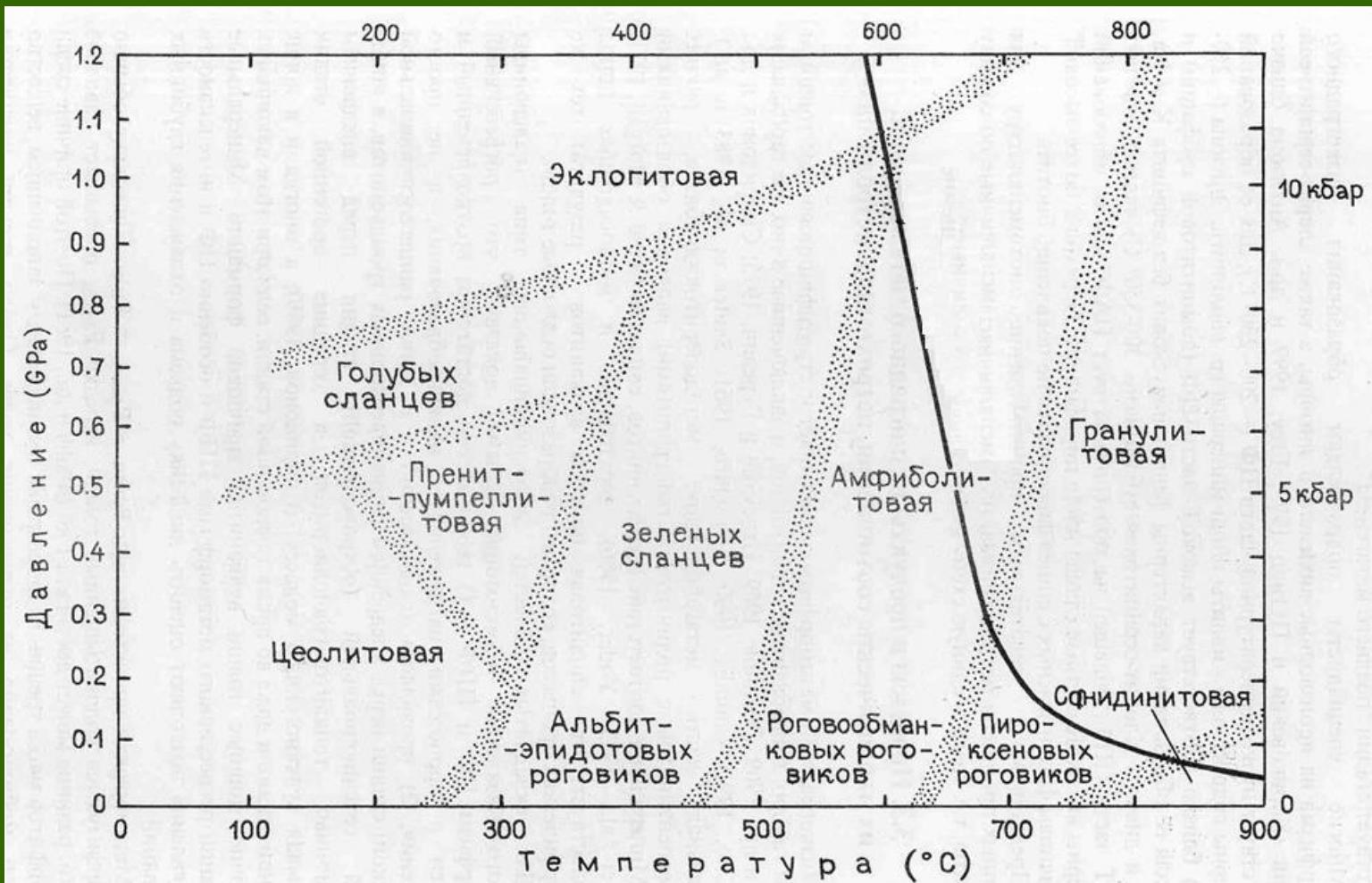


Nuuk, Kitaa Province, Гренландия

# Mg-Fe-Mn амфиболы

Антофиллит встречается в мраморах и гидротермально измененных гипербазитах.

Антофиллит и жедрит – породообразующие минералы метаморфических пород амфиболитовой фации.



# Mg-Fe-Mn амфиболы

Куммингтонит и грюнерит встречаются в метаморфических породах, в том числе в железистых кварцитах.



Грюнерит

Helen - MacLeod Mine, Ontario, Канада



Куммингтонит

Franklin, New Jersey, США

# Li амфиболы

Ромбические:

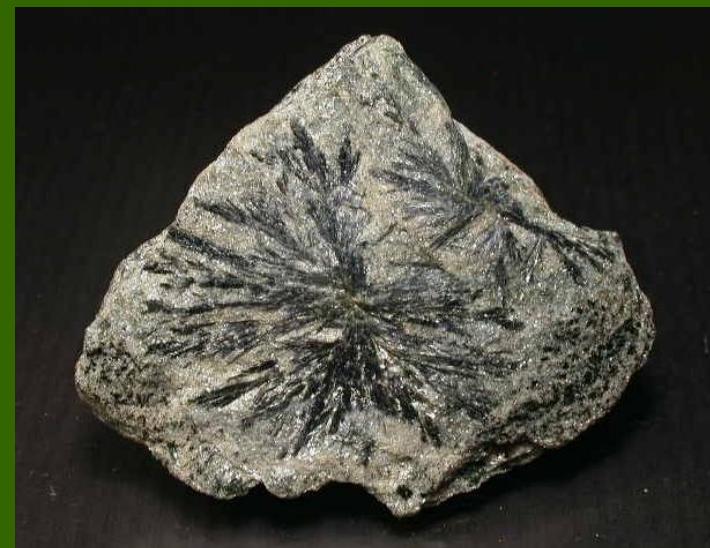


Моноклинные:



Образует серые до черных, голубые, фиолетовые или бесцветные призматические и игольчатые кристаллы, часто расщепленные, собранные в пучки, сферолиты; нередок холмквиститовый асбест.

Формирование холмквистита и его аналогов связано преимущественно с контактово-метасоматическими процессами вокруг тел редкометальных гранитных пегматитов, залегающих в амфибол- или биотитсодержащих породах, обычно основного состава.



Холмквистит. Koktokay Pegmatite field, Xinjiang AR, Китай

# Самфиболы

Моноклинные:

Тремолит –  $\square\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Актиноолит –  $\square\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Ферроактиноолит –  $\square\text{Ca}_2\text{Fe}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

*! Формулы большинства амфиболов легко вывести из состава тремолита*

Эденит –  $\text{NaCa}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_7\text{AlO}_{22}](\text{OH})_2$

Паргасит –  $\text{NaCa}_2(\text{Mg}_4\text{Al})[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Гастингсит –  $\text{NaCa}_2(\text{Fe}^{2+}_4\text{Fe}^{3+})[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Магнезиогастингсит –  $\text{NaCa}_2(\text{Mg}_4\text{Fe}^{3+})[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Чермакит –  $\square\text{Ca}_2(\text{Mg}_3\text{Al}_2)[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Магнезиогорблендит –  $\square\text{Ca}_2(\text{Mg}_4\text{Al})[\text{Si}_7\text{AlO}_{22}](\text{OH})_2$

Феррогорблендит –  $\square\text{Ca}_2(\text{Fe}^{2+}_4\text{Al})[\text{Si}_7\text{AlO}_{22}](\text{OH})_2$

# Тремолит – актинолит - ферроактинолит

Тремолит:

от  $\square\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$  до  $\square\text{Ca}_2\text{Mg}_{4.5}\text{Fe}^{2+}_{0.5}[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Актинолит:

от  $\square\text{Ca}_2\text{Mg}_{<4.5}\text{Fe}^{2+}_{>0.5}[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$  до  $\square\text{Ca}_2\text{Mg}_{2.5}\text{Fe}^{2+}_{2.5}[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Ферроактинолит:

от  $\square\text{Ca}_2\text{Mg}_{<2.5}\text{Fe}^{2+}_{>2.5}[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$  до  $\square\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Иными словами, отношение  $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}) \cdot 100\%$

в tremolite  $\geq 90\%$ ;

в актинолите 50–90%;

в ферроактинолите <50%.

# С амфиболы

Ряд тремолит-ферроактинолит – аналог ряда диопсид-геденбергит.

Ферроактинолит – редок (образуется при низкой Т и дефиците Mg). Тремолит и

актинолит – одни из наиболее распространенных минералов группы амфиболов.

Идиохроматическая окраска связана с  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  (зеленая),  $\text{Fe}^{3+}$  (желтая, бурая),  $\text{Mn}^{3+}$  (розовато-сиреневая).



Mn-содержащий тремолит (гексагонит),  
шт. Нью-Йорк, США.



Кристалл актинолита, Могок, Бирма

# Самфиболы



Активолит в тальковом сланце. Болгария.



Тремолит, Приполярный Урал.



Actinolite-byssolite; Image width 4 cm

Активолит-биссолит. Дашкесан,  
Азербайджан.

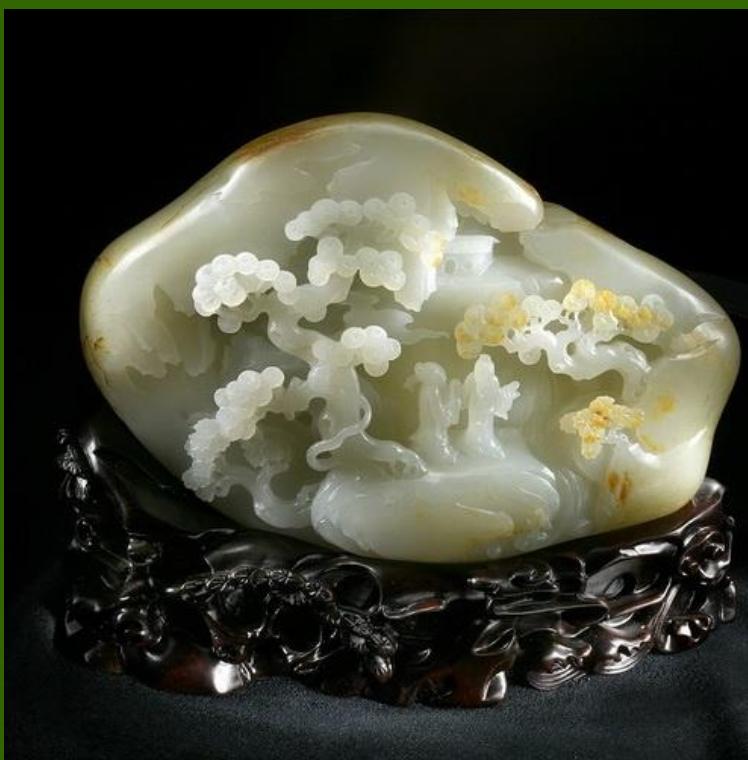
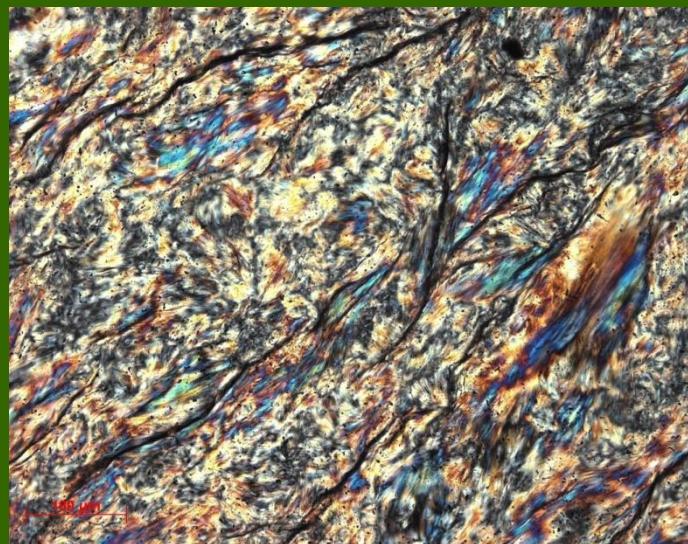
# С амфиболы Нефрит

Нефрит - плотный, скрытокристаллический агрегат амфибала тремолит-актинолитового ряда.

Структура нефрита спутанно-волокнистая, размер индивидов от первых мкм до десятых долей мм. Качество поделочного нефрита повышается с уменьшением размера кристаллов.

Характерна очень высокая вязкость!

Цвет преимущественно зеленый, бежевый, реже встречается нефрит белого, серого или черного цветов. Нефрит почти всегда просвечивает, иногда полупрозначен.



# Нефрит

История использования нефрита начинается в раннем неолите. В Центральной Азии, Европе, Центральной Америке, в Новой Зеландии и Австралии - нефрит использовался для изготовления *орудий труда и оружия*. В культовых и декоративных целях его начали использовать значительно позднее.

За несколько тысячелетий до н.э. нефрит занял прочное место в культуре Китая. Особая роль нефрита для китайской цивилизации, сравнима только с важностью золота, серебра и самоцветов для Запада. Традиция обработки нефрита зародилась около 5000 лет до н.э.

В китайской письменности иероглифы, обозначающие императора и нефрит, очень похожи. Нефрит был не просто ценным камнем, но также символом власти и могущества. Нефритовые плитки с соответствующими надписями служили указанием высокородности их обладателя. Среди захоронений находят саркофаги, опоясанные нефритовыми пластинками. Такими пластинками, соединенными между собой золотой проволокой, украшались мумии – по бытовавшим верованиям это обеспечивало духу усопшего вечность.

# Нефрит

Некоторые эпохи в истории Китая отмечены значительной ролью нефрита в экономике и межгосударственных отношениях. В эпоху Враждущих Царств (V-III век до н. э) государственную дипломатию называли нефритовой. Имеются сведения о том, что принц Квин, чтобы приобрести замечательный нефритовый диск, должен был передать взамен принцу ЧАО 15 городов!

В определенные периоды из нефрита делали бляшки, равнозначные определенным монетам, которые имели законное хождение на внутреннем рынке.

Особую ценность представляли тонкие пластинки из нефрита благодаря замечательному звуку, издаваемому ими при ударе. Из них составлялись музыкальные инструменты для религиозной музыки. Нефрит разных месторождений, по данным китайских историков, обладали разными тонами звука.

# Нефрит

В Китае с его почтительным отношением к прошлому и культом предков, за нефритом закрепилось положение базовой ценности, не подверженной веяниям моды.

Нефрит олицетворял непрерывность и единство культуры на всем протяжении истории Поднебесной.

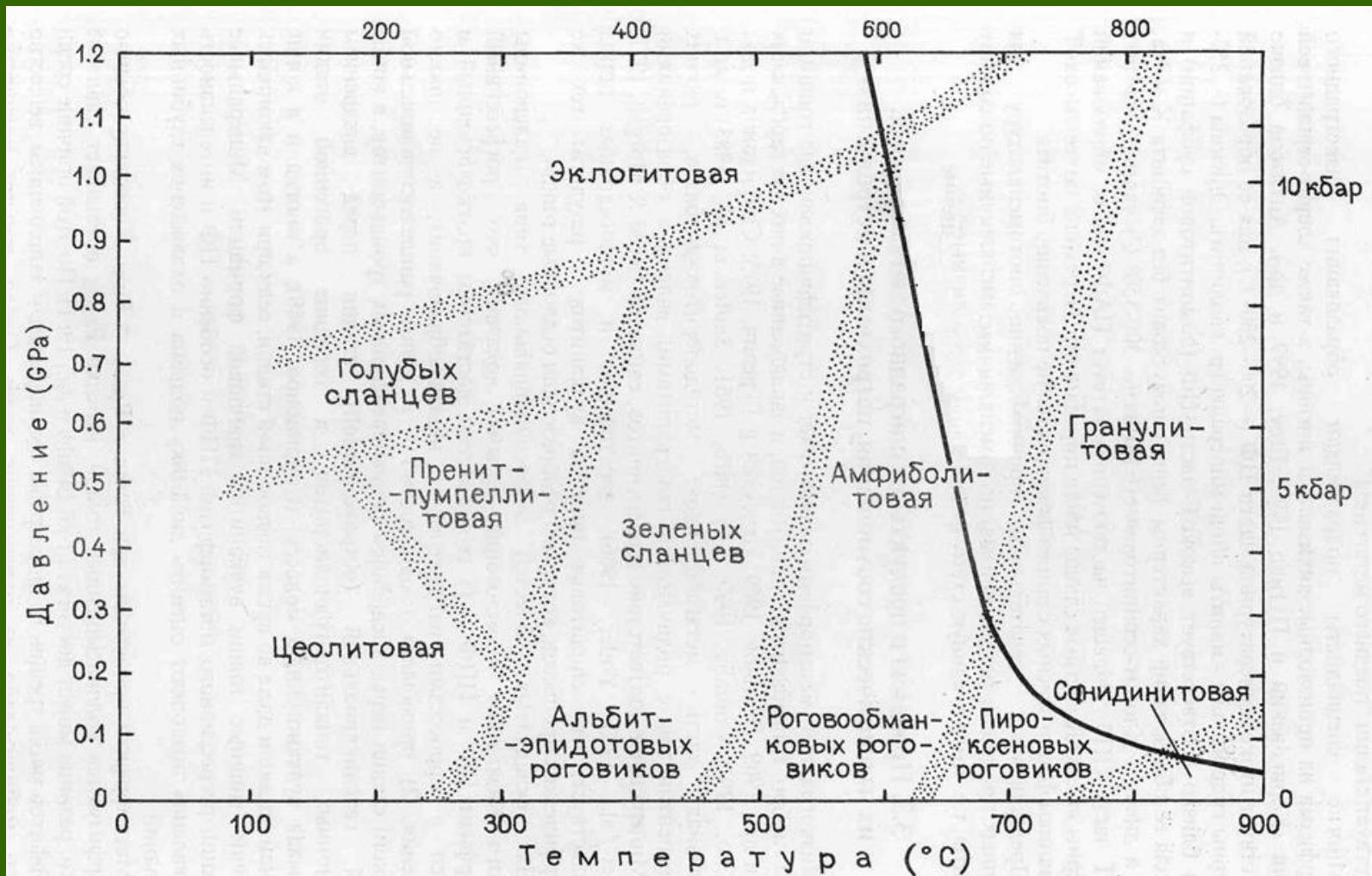
Не удивительно, что на олимпийских играх 2008 г. в Пекине олимпийские медали были инкрустированы именно нефритом.



Золотая медаль Пекинских олимпийских игр инкрустированная белым нефритом

# Со амфиболы

Тремолит и актинолит встречаются в разнообразных гидротермально-метасоматических образованиях (скарны, пропилиты и др.) и в метаморфических толщах (фация зеленых сланцев).



# Месторождения нефрита в России



Кавоктинское месторождение, Баунтовский  
район, Бурятия, Забайкалье

Автор фото: Савин И.Н.



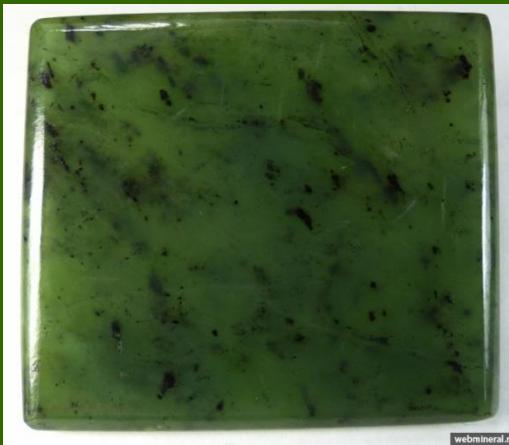
Буромское м-е, Муйский  
район, Бурятия, Забайкалье



Хойтинское м-е, Баунтовский  
район, Бурятия, Забайкалье

Автор фото: Левицкий В.В.

# Месторождения нефрита в России



Академический  
участок, Миасский  
городской округ,  
Челябинская  
область



Жила № 7, Оспинское месторождение,  
Окинский район, Бурятия (Ю-З часть)

Автор фото: Савин И.Н.



Улан-Ходинское месторождение, Окинский  
район, Бурятия (Ю-З часть)

Автор фото: Истомин И.Н.

## Са амфиболы

Паргасит  $\text{NaCa}_2(\text{Mg}_4\text{Al})[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}](\text{OH})_2$ ,

Гастингсит  $\text{NaCa}_2(\text{Fe}^{2+}_4\text{Fe}^{3+})[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}](\text{OH})_2$ ,

Эденит  $\text{NaCa}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_7\text{AlO}_{22}](\text{OH})_2$

*а также керсутит  $\text{NaCa}_2(\text{Mg}_3\text{TiAl})[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}]\text{O}_2$  -  
важнейшие магматические амфиболы!*

Кристаллизуются при Т 700-1000°С из *водонасыщенных* расплавов.

В *сухих* расплавах образуется пироксены.

Максимальная Т устойчивости магматических амфиболов установлена в расплавах щелочных базальтов – 1090 °С при 13 кбар.  
Максимальное Р устойчивости амфиболов – 31.5 кбар при температуре 1030°С в расплаве высокощёлочных базальтов.

При макродиагностике данные минералы определяются с трудом и объединяются под названием «роговая обманка»

## Са амфиболы

**Паргасит** – самый распространенный из магматических амфиболов и часто самый ранний. Характерен для основных, средних, реже кислых пород (габброиды, диориты, базальты, дациты, риолиты);

**Керсугит** - типичный минерал базитов повышенной и высокой щёлочности, широко развит в мантийных щелочных базальтах и во включениях в них;

**Гастингсит** – типичный минерал гранитоидов;

**Эденит** – поздний минерал разнообразных магматитов невысокой щёлочности.



Керсугит. Этна, Италия

*Стандартный тренд кристаллизации магматических амфиболов:  
паргасит→гастингсит→эденит. В ходе кристаллизации в составе  
амфиболов снижается содержание Al,Mg,Ti, возрастает Fe и Mn.*

# Самфиболовы

Магнезиогорблендит  $\text{Ca}_2(\text{Mg}_4\text{Al})[\text{Si}_7\text{AlO}_{22}](\text{OH})_2$  и  
феррогорблендит  $\text{Ca}_2(\text{Fe}^{2+}_4\text{Al})[\text{Si}_7\text{AlO}_{22}](\text{OH})_2$  относительно  
низкотемпературные позднемагматические и  
метаморфические минералы



Мангезиогорблендит, актинолит  
Moland, Aust-Agder, Норвегия



Феррогорблендит  
Monte Somma, Campania, Италия

# Группа амфиболов

Na-Ca – амфиболы

Моноклинная сингония

Рихтерит  $\text{Na}(\text{CaNa})\text{Mg}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Винчит  $\square(\text{CaNa})\text{Mg}_4(\text{Al},\text{Fe}^{3+})[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Тарамит  $\text{Na}(\text{NaCa})(\text{Fe}^{2+},\text{Mg})_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Минералы щелочных магматических пород  
(тарамит) и метасоматитов. Рихтерит характерен  
для лампроитов и кимберлитов.

# На амфиболы

Моноклинные:

**Глаукофан**  $\square\text{Na}_2(\text{Mg}_3\text{Al}_2)[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Ферроглаукофан  $\square\text{Na}_2(\text{Fe}^{2+} \text{Al}_2)[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

**Рибекит**  $\square\text{Na}_2(\text{Fe}^{2+} \text{Fe}^{3+} \text{Al}_2)[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Магнезиорибекит  $\square\text{Na}_2(\text{Mg}_3\text{Fe}^{3+} \text{Al}_2)[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

**Экерманнит**  $\text{NaNa}_2(\text{Mg}_4\text{Al})[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Ферроэкерманнит  $\text{NaNa}_2(\text{Fe}^{2+} \text{Al})[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

**Арфведсонит**  $\text{NaNa}_2(\text{Fe}^{2+} \text{Fe}^{3+} \text{Al})[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Магнезиоарфведсонит  $\text{NaNa}_2(\text{Mg}_4\text{Fe}^{3+})[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$

Названия «рибекит» и «арфведсонит» сохранены как имеющие важное петрологическое значение:

Рибекит = “ферроферриглаукофан”

Арфведсонит = “ферроферриэкерманнит”

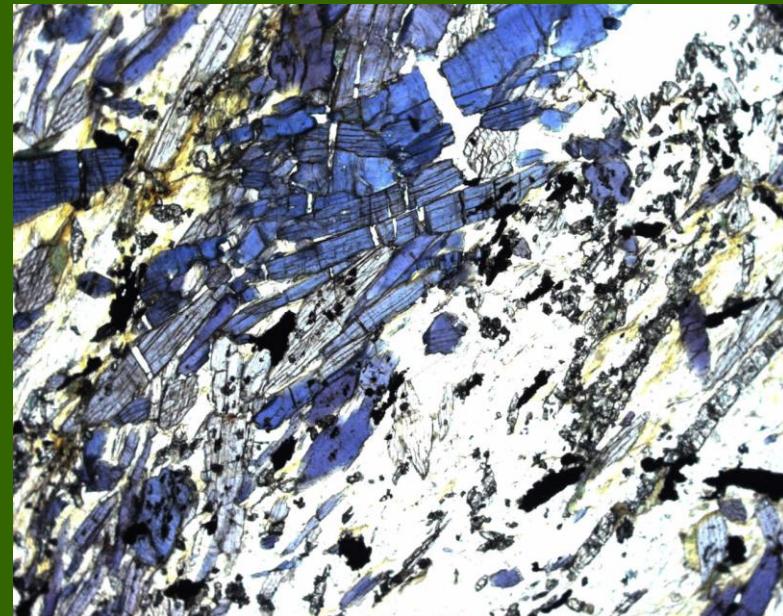


Рибекит-арфведсонитовый гранит =

= ферроферриглаукофан-ферроферриэкерманниловый гранит

# На амфиболы

Поскольку в составе щелочных амфиболов много и двух- и трёхвалентного железа, окраска этих минералов варьирует от синей (для более магнезиальных – сине-голубая до голубой) через разнообразную зелёную до практически чёрной.



Глаукофановые сланцы

Макроскопически породы с заметным количеством щелочных амфиболов, особенно тонко- и мелкозернистые, имеют отчётливый голубоватый цвет или оттенок.

# На амфиболы

**Рибекит**  $\square\text{Na}_2(\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2)[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$  и **арфведсонит**  $\text{NaNa}_2(\text{Fe}^{2+}_4\text{Fe}^{3+})[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$  – типичные минералы некоторых магматических пород (нефелиновые сиениты, сиениты, граниты), щелочных и иногда гранитных пегматитов, карбонатитов.



Арфведсонит  
Mount Malosa, Zomba District, Малави

## На амфиболы

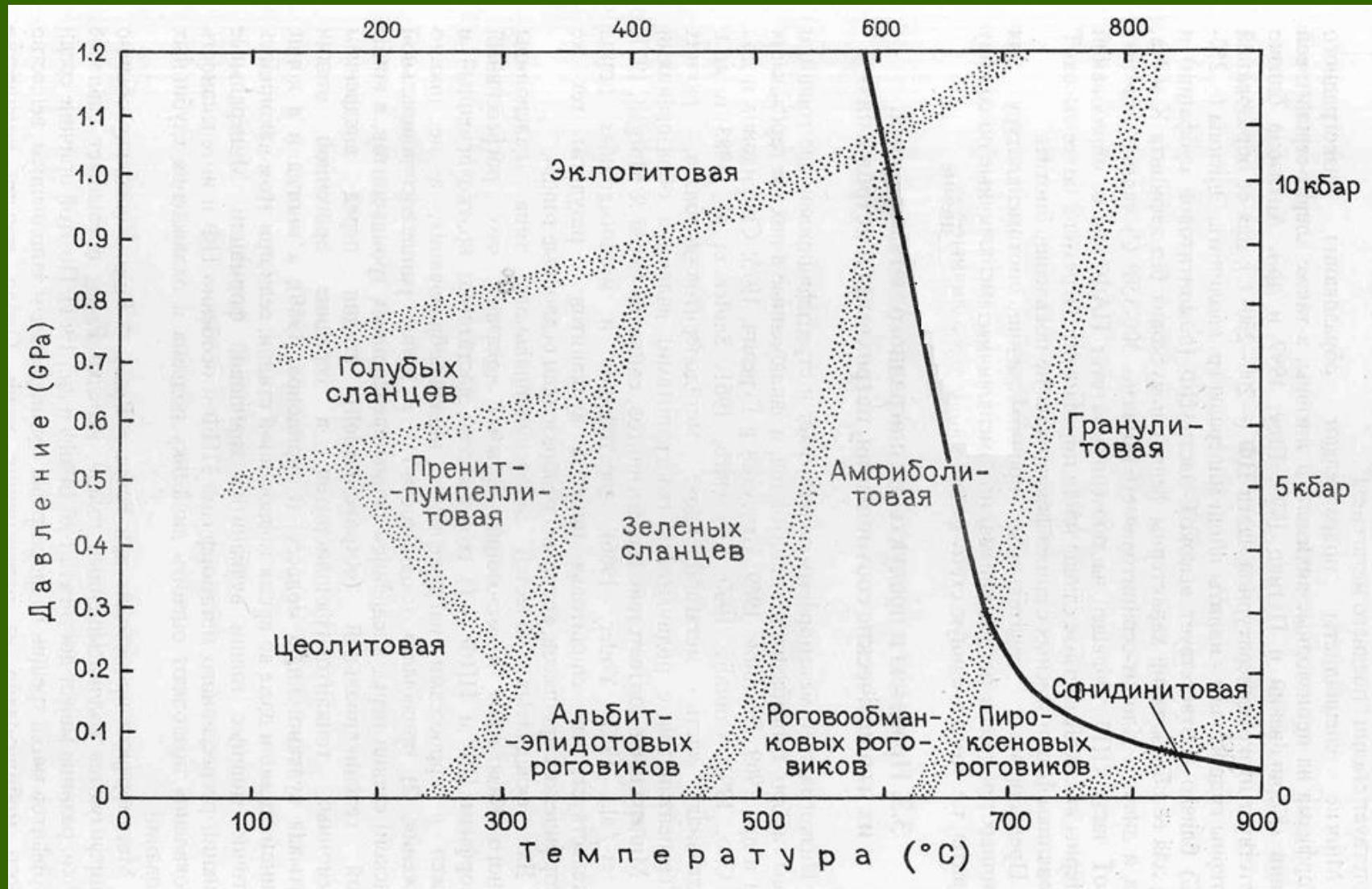
Рибекит вместе с куммингтонитом и грюнеритом характерен для железистых кварцитов (м-ния Капской провинции и Трансвааля, ЮАР; Кривого Рога, Украина и КМА, Россия)

Глаукофан – минерал низкотемпературных высокобарных метаморфитов (фация голубых сланцев, температура от немногим более 100 до 400 °C, давление 5-10 кбар)



Глаукофановые сланцы

# На амфиболы



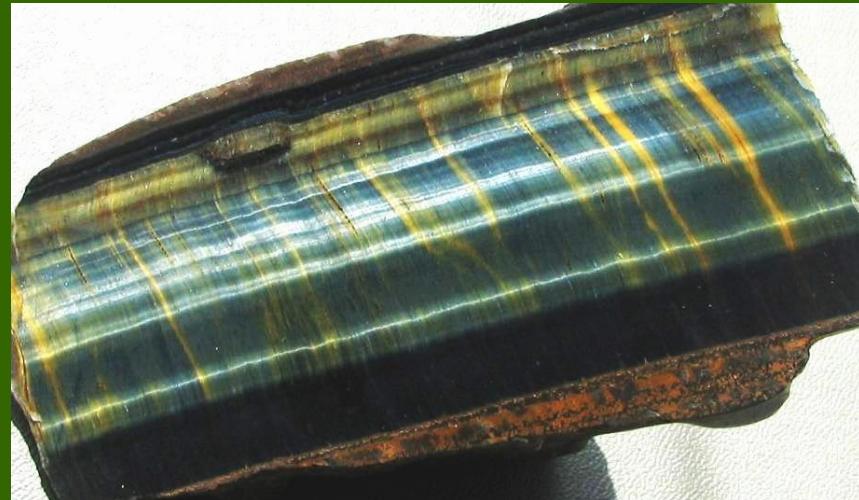
# На амфиболы

Асбестовидный глаукофан – *родусим*; асбестовидный рибекит – *кроцидолит*.



Крокидолит (рибекит-асбест)

Крупные м-ния рибекита (кроцидолита) вместе с куммингтонитом и грюнеритом известны в ЮАР (пояс шириной 5-50 км протяженностью в несколько сотен км; мощность асбестоносных толщ до 1000 м).



“Соколиный глаз“, ЮАР. [www.geo.web.ru](http://www.geo.web.ru)



# Группа амфиболов

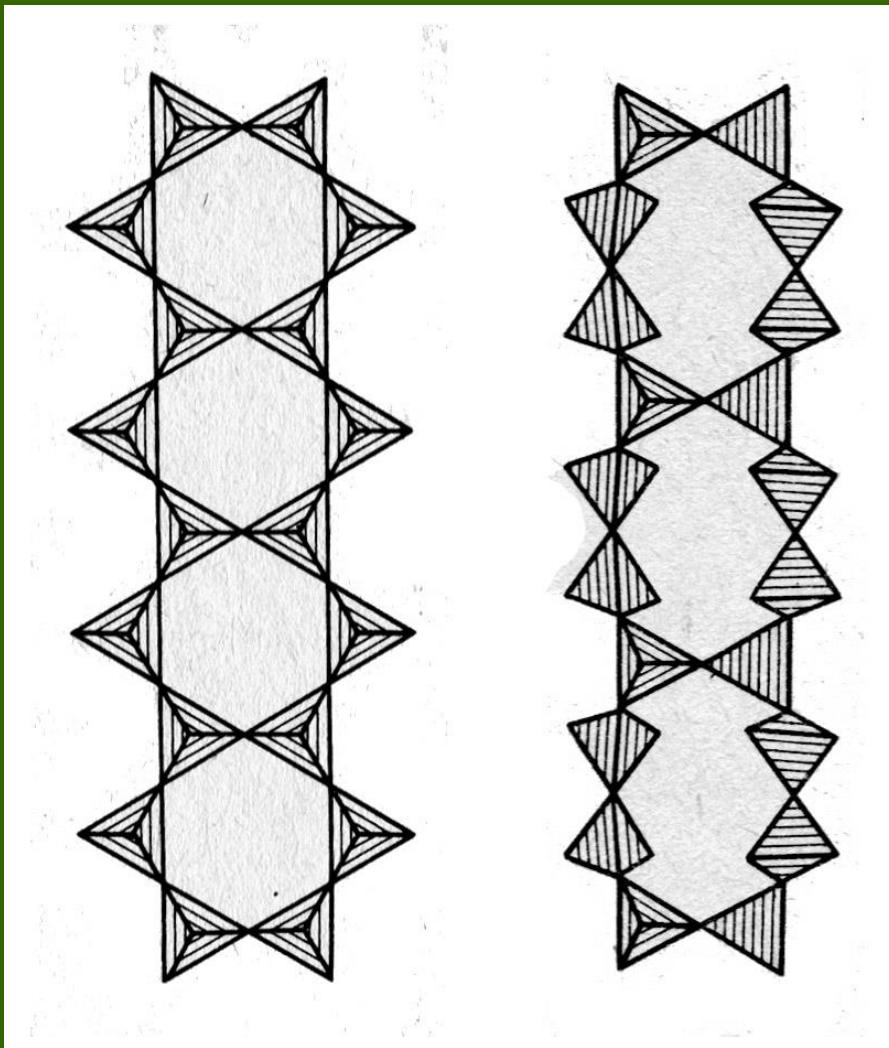
Амфиболы являются важнейшими породообразующими минералами многих магматических (паргасит, гастингсит, керсугит, рибекит, арфведсонит, рихтерит), метасоматических и метаморфических (тремолит-актинолит, жедрит, антофиллит, магнезиогорблендит, рибекит, глаукофан) пород.

Под воздействием гидротермальных растворов амфиболы легко замещаются биотитом, хлоритами, серпентином, эпидотом и др.

Практическое значение имеют только некоторые амфиболы:

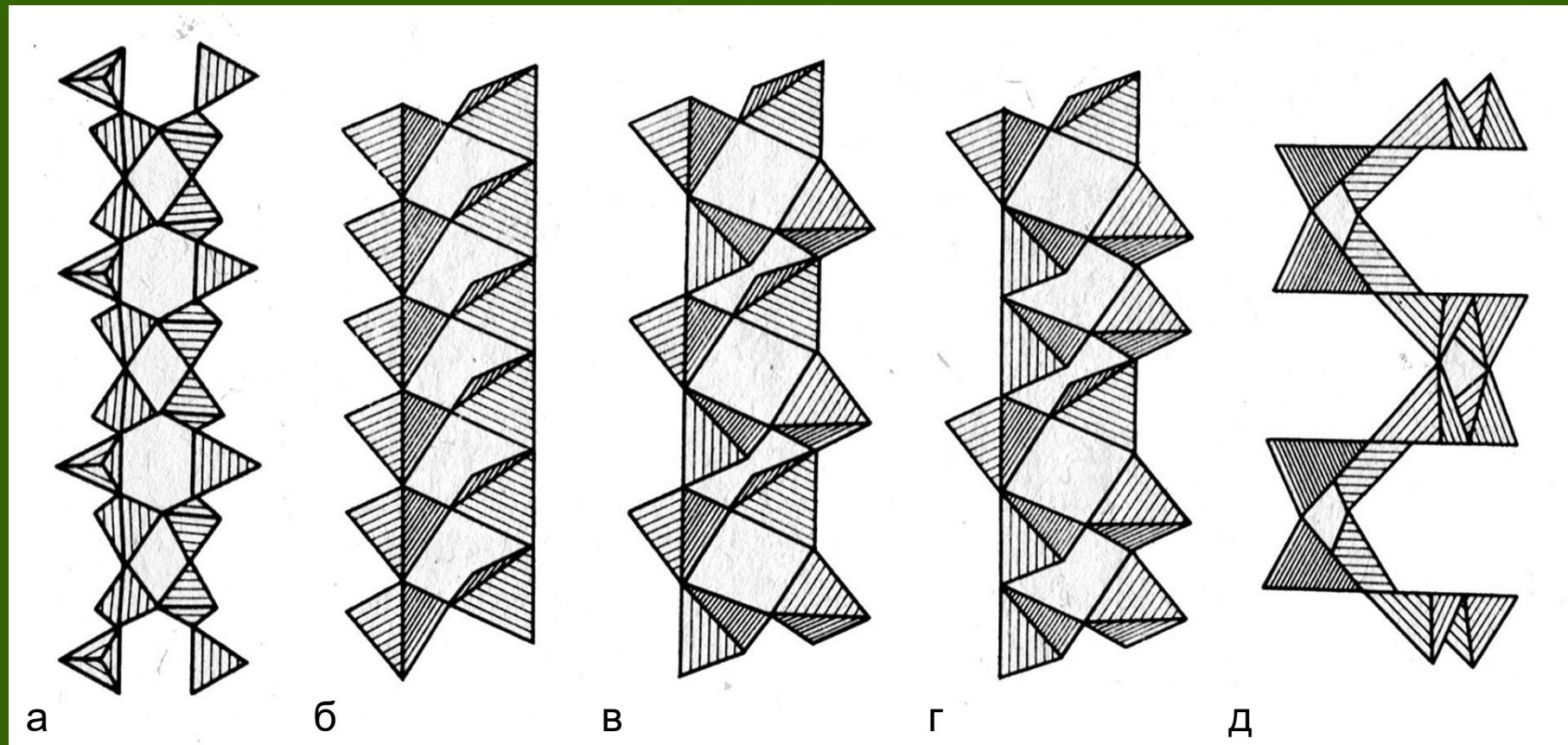
- Антофиллит-, грюнерит-, рибекит-, или тремолит-асбест - производство огне- и кислотоупорных фильтров;
- Антофиллитовые и куммингтонитовые породы используются в цементной и огнеупорной промышленности;
- Тремолит и актинолит – редкие драгоценные камни;
- Нефрит – популярный поделочный камень.

# Ленточные силикаты



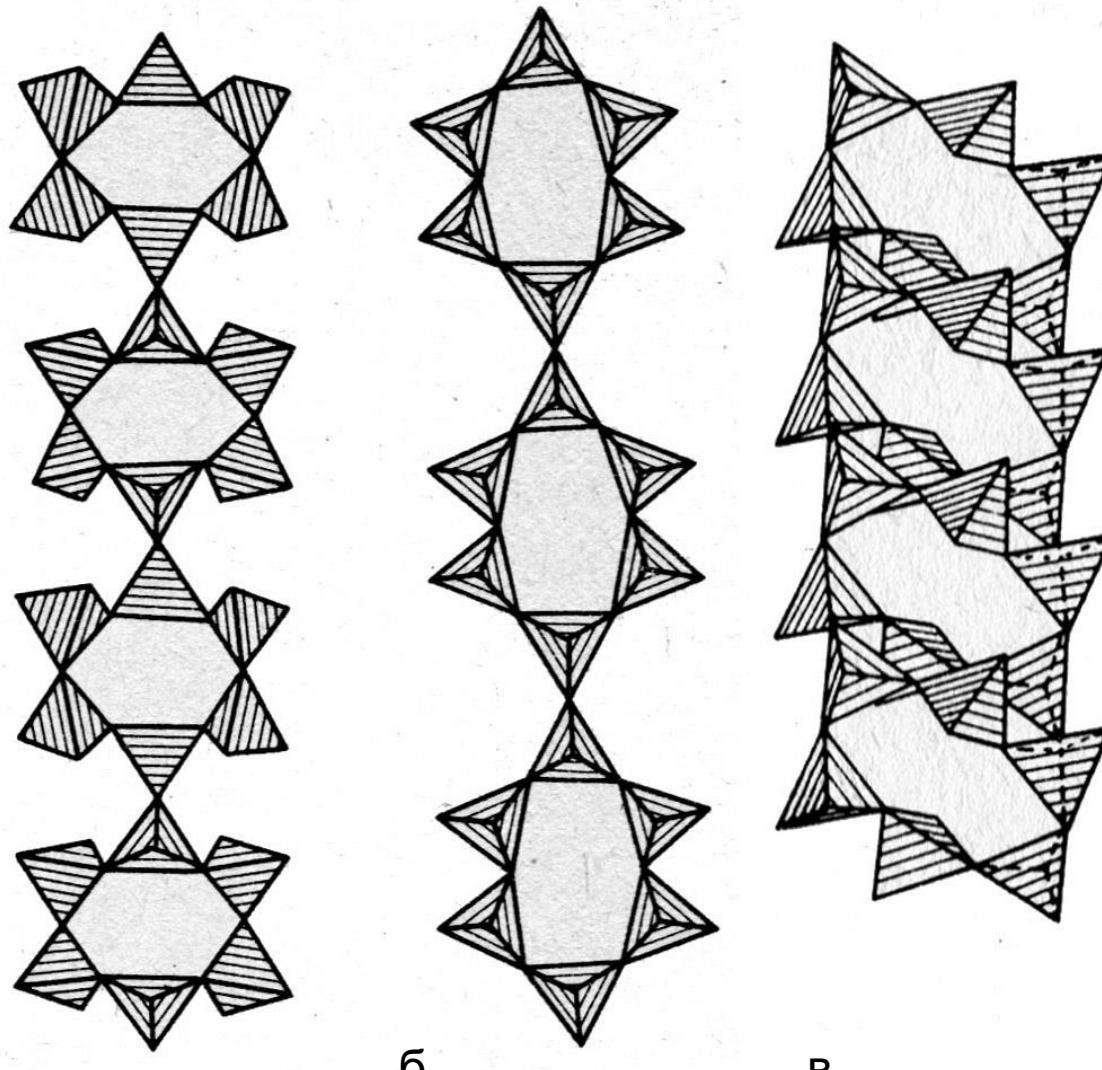
Амфиболовая и  
ксонотлитовая  
ленты, полученные  
путем конденсации  
пироксеновых и  
волластонитовых  
цепочек

# Ленточные силикаты



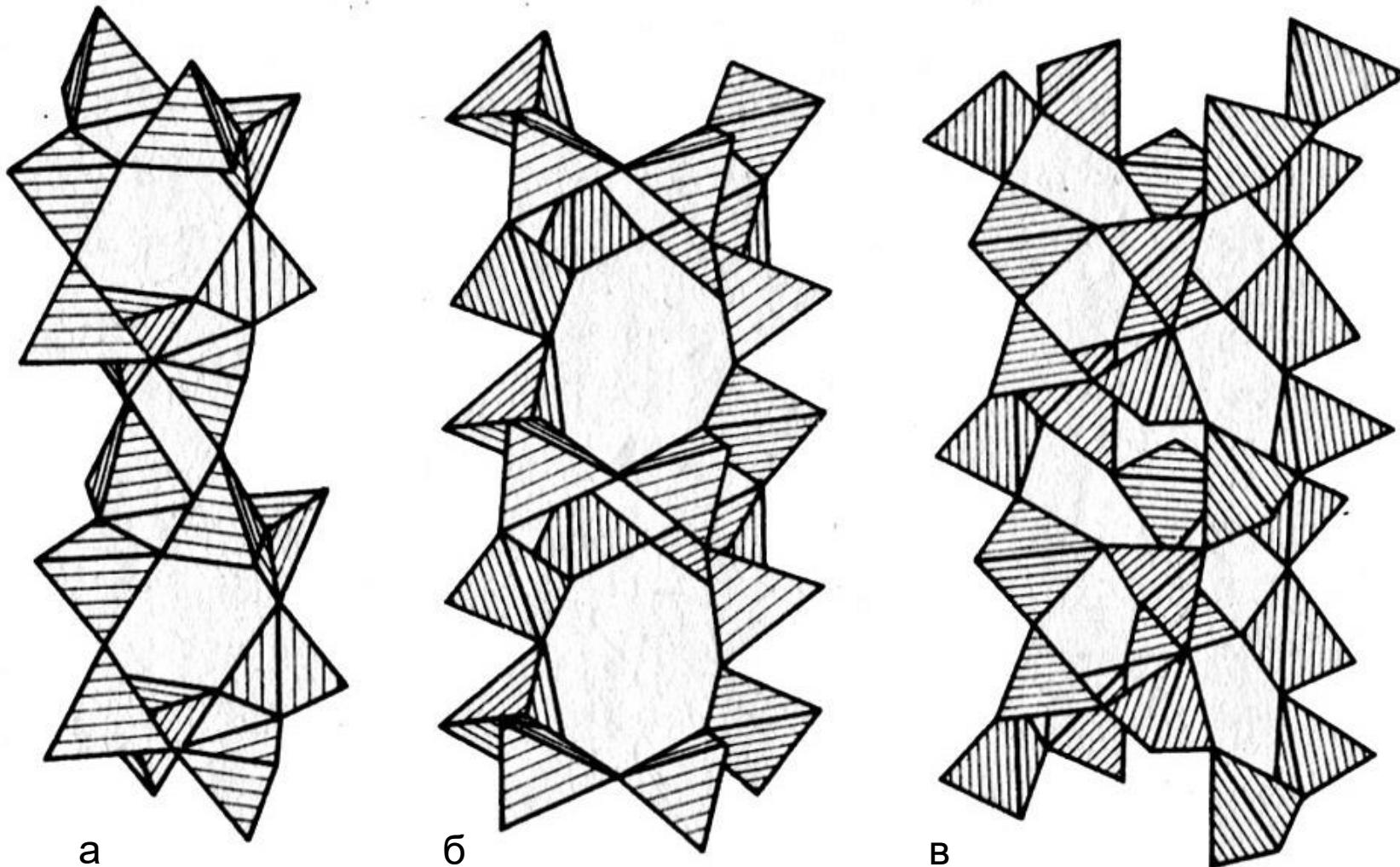
а – девитрит; б – силлиманит; в – виноградовит; г – эльпидит; д - кайсикхит

# Ленточные силикаты



а – гауит; б –  
дииригит; в -  
бавенит

# Ленточные силикаты



а – нарсарсукит; б – фенаксит; в - канасит

# Чароит



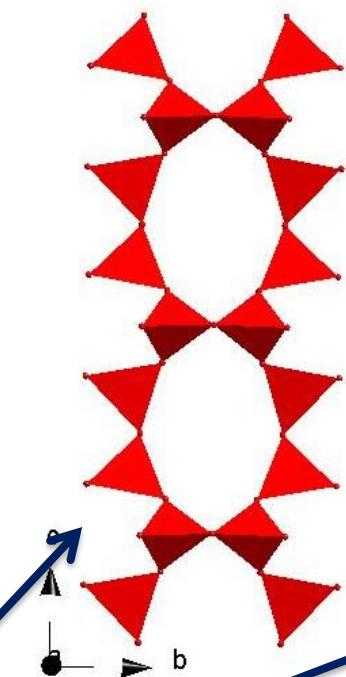
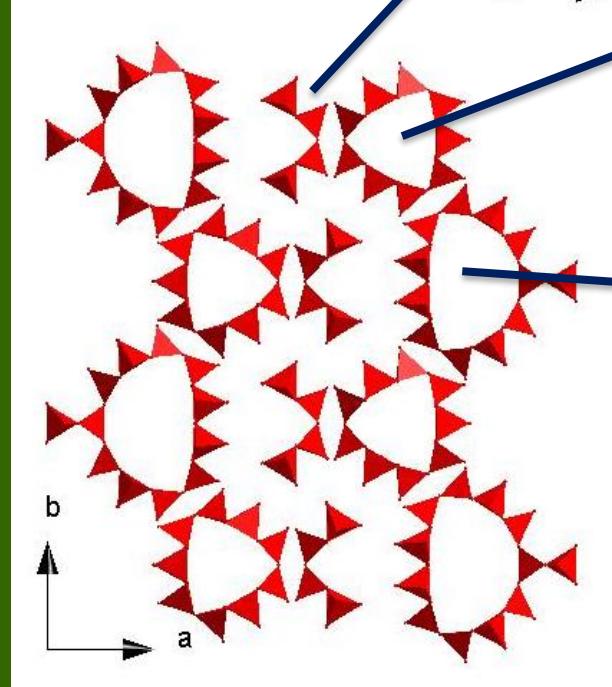
Rozhdestvenskaya *et al.*, 2010

Более 30-и лет структура была до конца не расшифрована (толщина игольчатых кристаллов чароита составляет доли мкм).

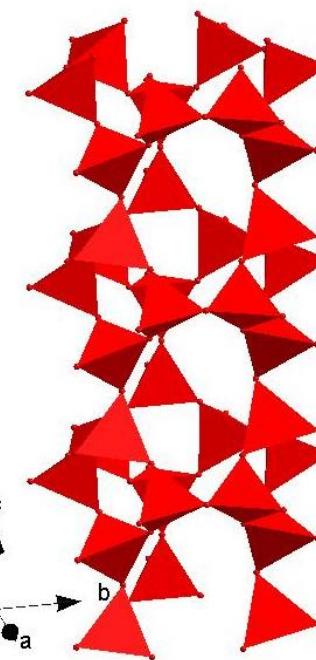
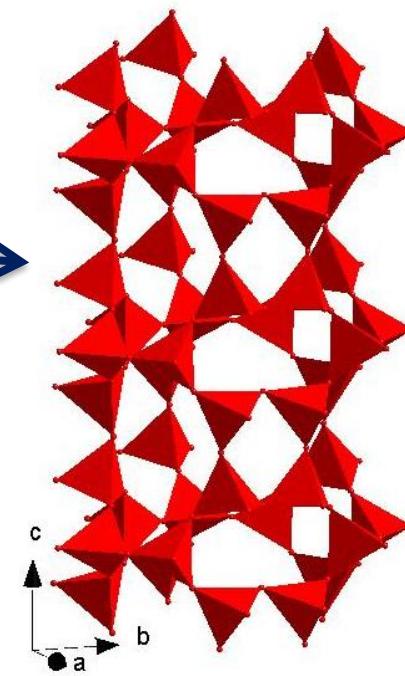
С.В. Кривовичев «Самое мощное наше достижение — уникальная расшифровка структуры чароита. Этот успех признан ведущими кристаллографами мира». Расшифровка структуры такой сложности была сделана методом электронной дифракции.

В структуре выделяются разнотипные сложные, в том числе трубчатые ленты (аналогичные установлены в структурах канасита, франкаменита и др), ориентированные параллельно оси z.

Ленточный  
радикал  $[\text{Si}_6\text{O}_{17}]^{10-}$



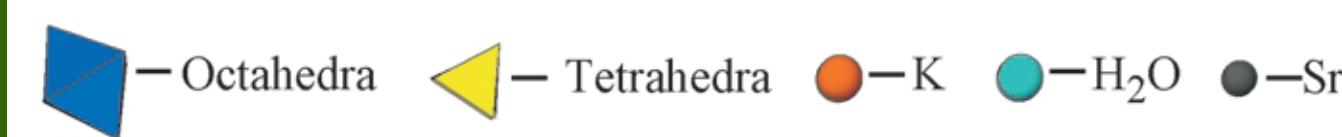
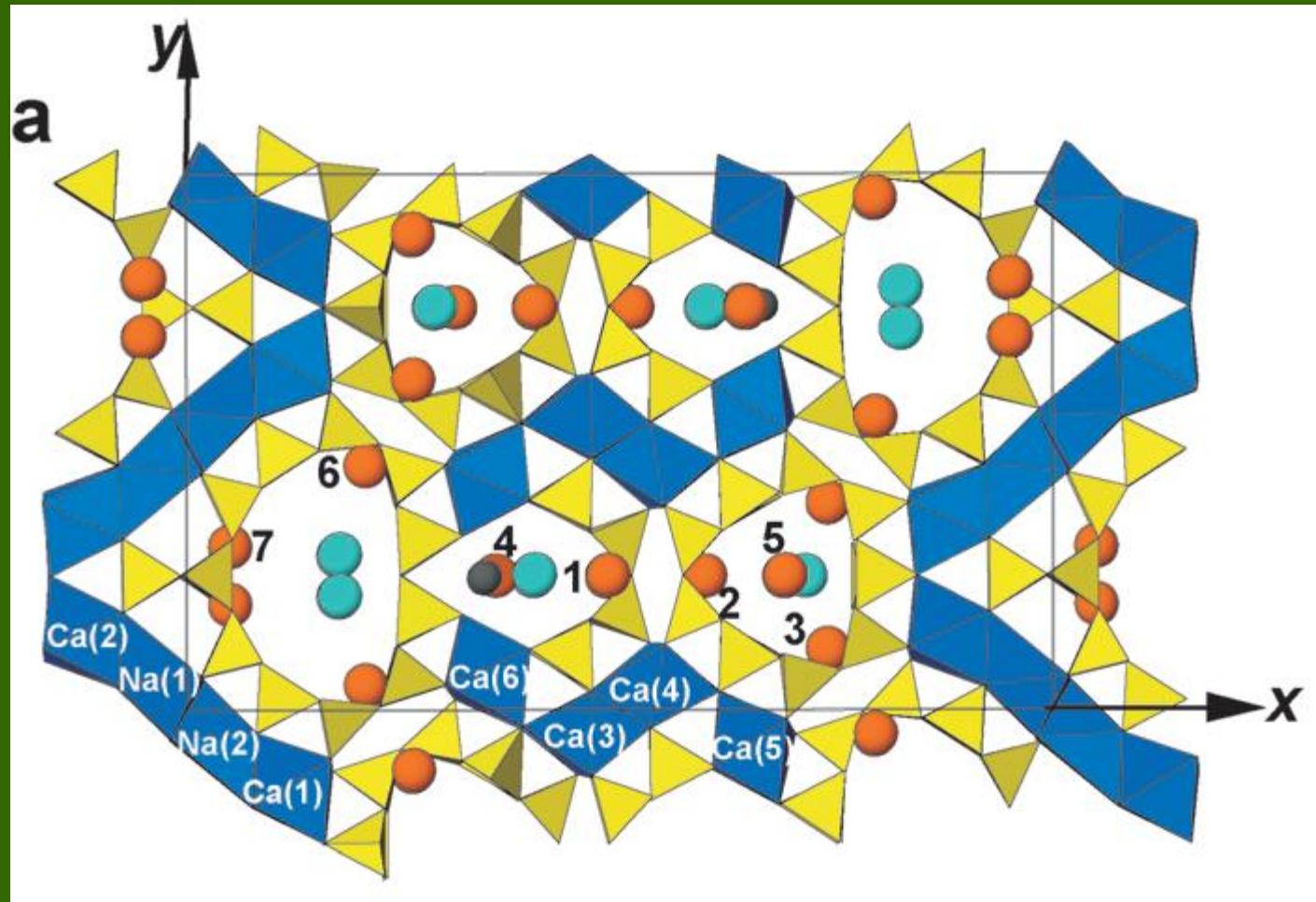
Трубчатый  
радикал  
 $[\text{Si}_{12}\text{O}_{30}]^{12-}$ ,  
образованный  
тремя  
лентами  $[\text{Si}_6\text{O}_{17}]^{10-}$



Трубчатый  
радикал  
 $[\text{Si}_{17}\text{O}_{43}]^{18-}$ ,  
образованный  
четырьмя  
лентами  $[\text{Si}_6\text{O}_{17}]^{10-}$

Rozhdestvenskaya *et al.*,  
2010

Ленты соединяются Ca и Na-октаэдрами. В полостях трубчатых лент расположены  $K^+$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  и  $H_2O$ .



Открыт в 1974 г (утвердили как новый минерал в 1977 г.) в Мурунском щелочном комплексе, Алданский щит, Якутия, Россия. Чароиты связаны с фенитами, заместившими известняки и кварцевые песчаники в южном экзоконтакте Маломурунского щелочного массива.

*Это месторождение чароита до сих пор остается единственным в мире!*

Чароит «рекордсмен» среди открытых в XX в. минералов: за весь этот периода нет ни одного вновь открытого минерала, который был бы встречен в таких количествах, как чароит.

Чароит – уникальный поделочный камень России. Окраска связана с примесями Mn (сиреневая и фиолетовая) и Fe коричневая. Шелковистые эффекты связаны с тонковолокнистым строением чароита.



# Чароит



# Чароит



# Чароит

