

Э.М. Спиридонов

059. МИНЕРАЛОГЕНЕЗ

ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ.

**Редкометальные
гранитные пегматиты.**

2 часть

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Колумбит и танталит

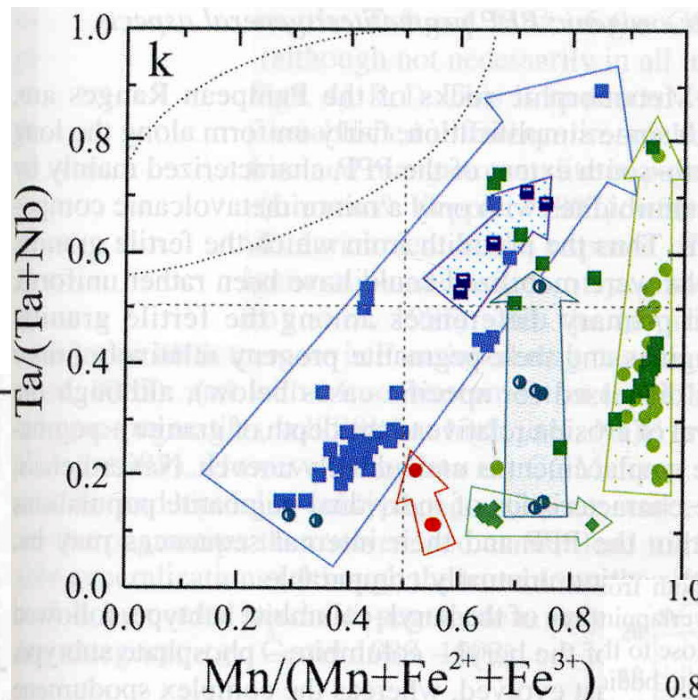
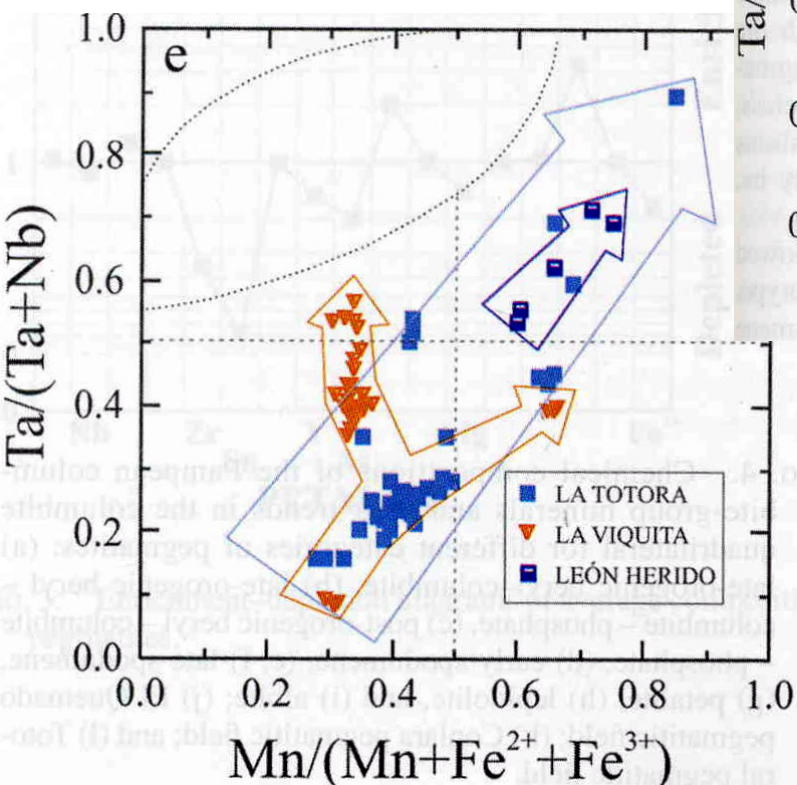
Колумбит и танталит – важные промышленные минералы. В них заключена половина общих ресурсов Ta. Крупнейшее в мире пегматитовое месторождение танталита – Гринбуш в Австралии содержит около 40.000 тонн тантала.

Это типоморфные минералы гранитных пегматитов. Общий тренд эволюции их состава – ферроколумбит (ранние колумбиты иногда содержат Mg) → манганколумбит (в различной степени танталистый) → ферротанталит → мангантанталит. Состав данных минералов – хороший индикатор хода дифференциации гранитных пегматитов.

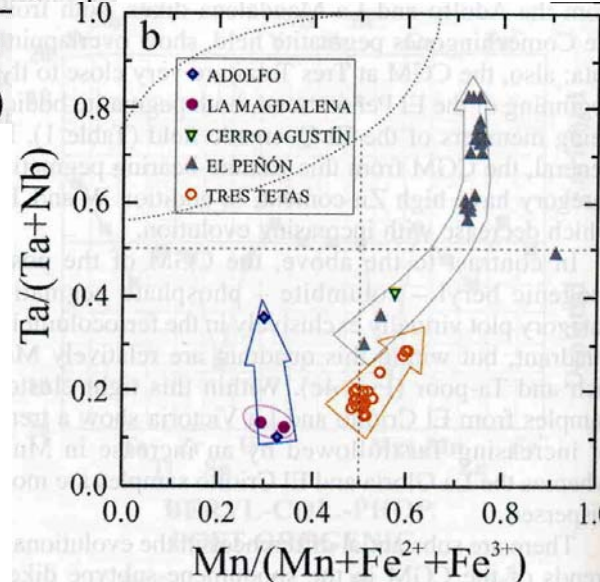
Минералы группы колумбита гранитных пегматитов образуют широкие серии твёрдых растворов с касситеритом, ильменорутилом (ниоборутилом), стрюверитом (танталрутилом), вольфрамитом. Поэтому колумбиты и танталиты обычно содержат несколько процентов Sn, Ti, W, Fe. Характерная микропримесь – скандий.

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. Колумбит - танталит $(\text{Fe,Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$ – $(\text{Fe,Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$

Минералы серии колумбит-танталит
заключают ~ 85 %
мировых ресурсов
пегматитового Ta



Генеральный
тренд от
ферроколумбита
к
мангантанталиту



Эволюция состава колумбита - танталита в пегматитах Аргентины

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Ферроколумбит $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$



Верх 65мм, низ 15 мм



12007
Колумбит $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$ Columbite
Amprangagebeit, Малагаскар
Крыжановский Л.И. 1914

Крупнейший кристалл колумбита 61x51x51 см
весом 827 кг найден в пегматите Bob Ingersoll
mine, Black Hills, Южная Дакота, США.

Rickwood P.C., 1981.

Amer. Mineral. Vol. 66. P. 885-907.



Ильменские горы, Урал

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Ферроколумбит $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$



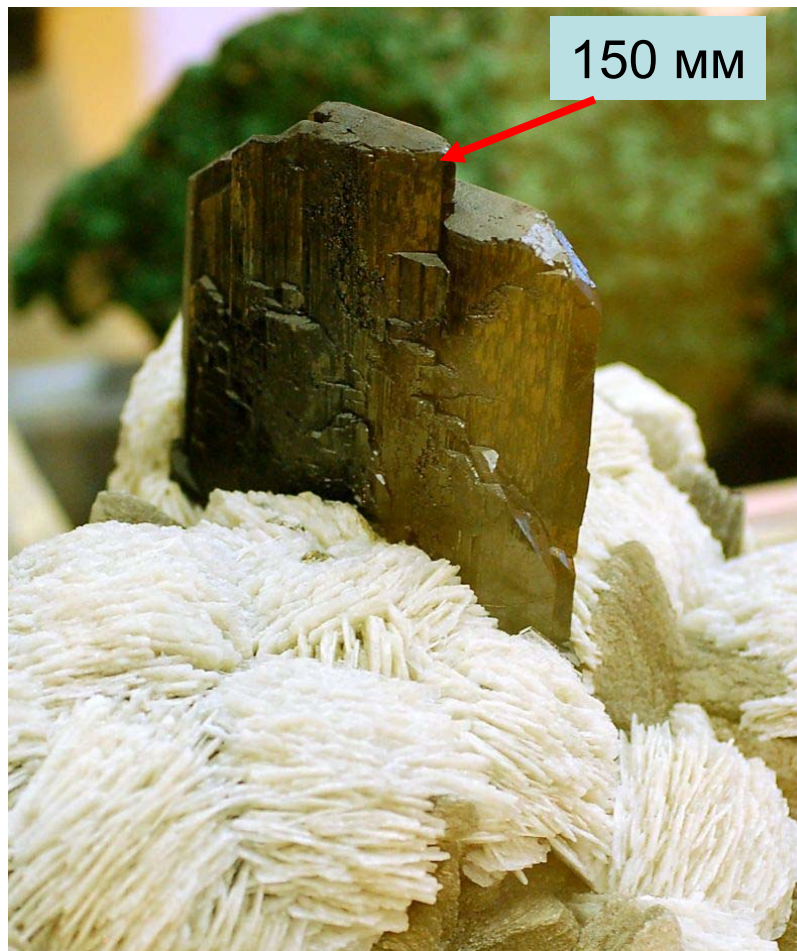
Монгольский Алтай,
Синьцзян, Китай



Зеленая Могила,
Елисеевка, Приазовье, Украина

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

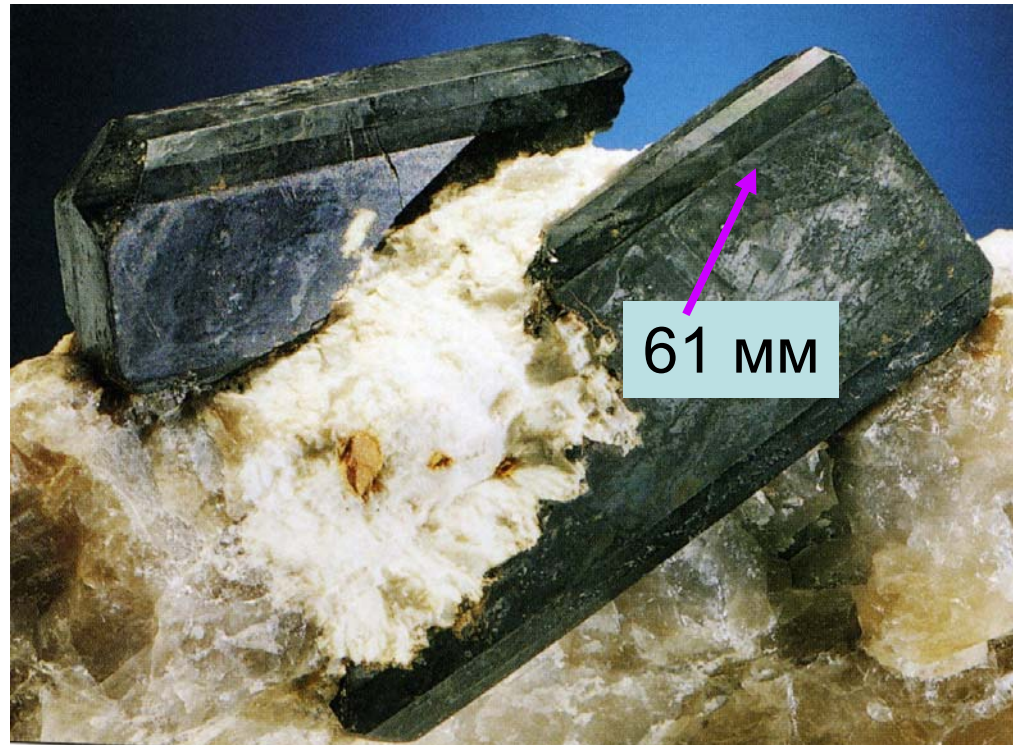
Ферроколумбит $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$



На клевеландите.
Минас-Жераис,
Бразилия



РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. Ферроколумбит $(\text{Fe,Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$



Spargoville, Западная Австралия

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Ферроколумбит $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$

С мусковитом.
Shengus mine,
Skardu,
Пакистан



70x42x39 мм.
Itambe,
Бахия,
Бразилия



Нарамош, Пакистан

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Манганколумбит $(\text{Mn,Fe})\text{Nb}_2\text{O}_6$



Пиртима, северная
Карелия



В кварце. Центральная Азия

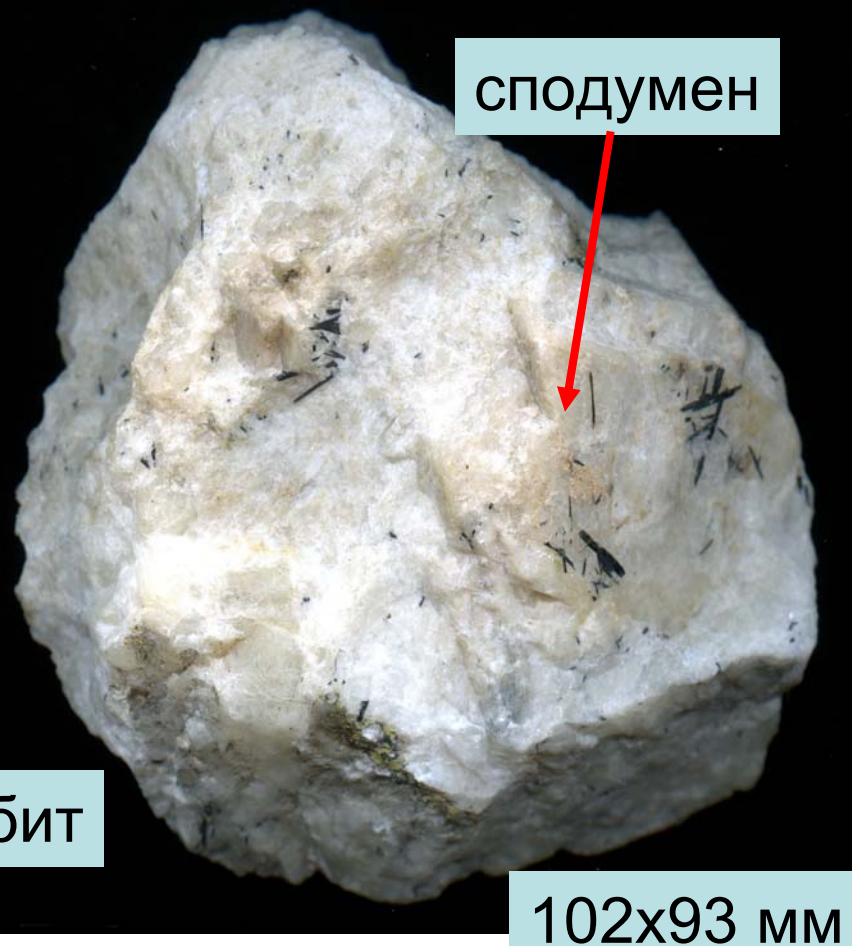
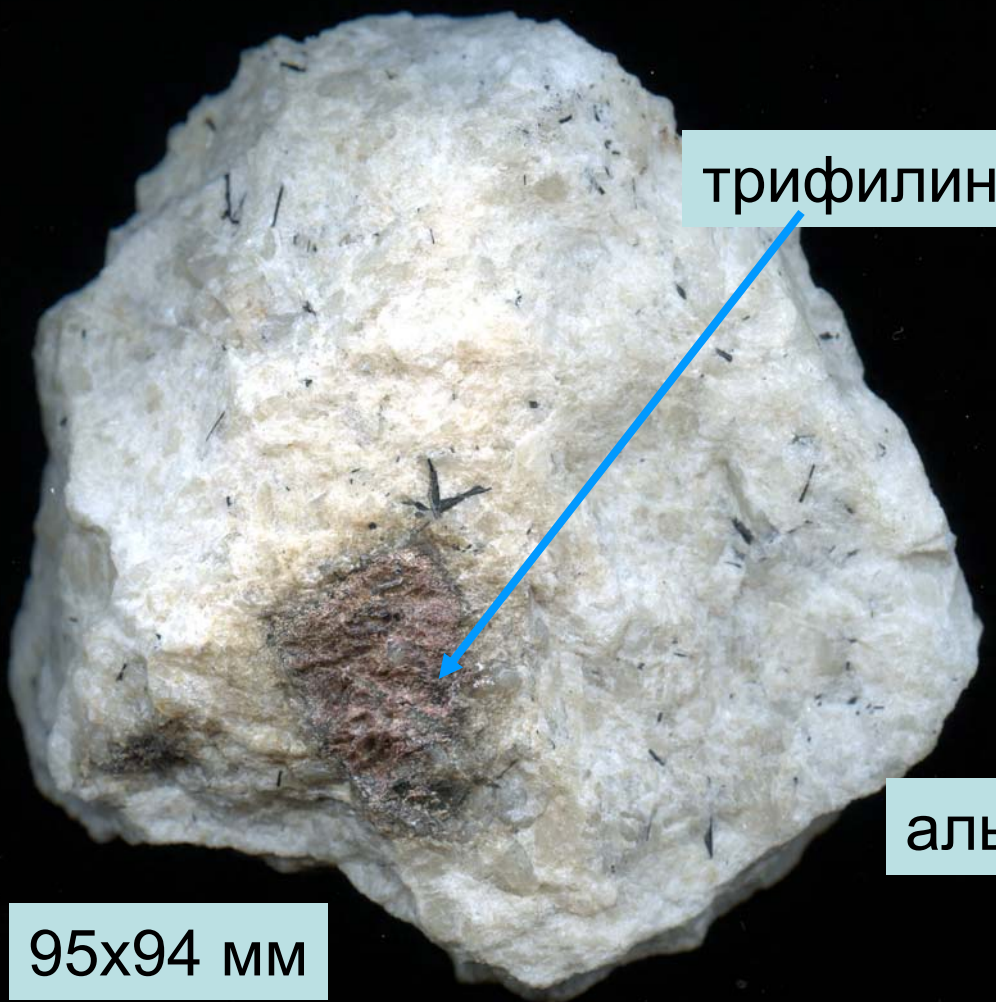
РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Колумбит и колумбит - танталит

В интенсивно альбитизированных пегматитах среди участков, состоящих из пластинчатого альбита - клевеландита или зернистого альбита, постоянно развиты пластины колумбита и колумбита - танталита. Их величина зависит от размера пластин альбита. Среди клевеландита длина пластин колумбита до 760 мм при ширине до 610 мм и толщине 6 мм, среди зернистого альбита длина до 10 мм, среди сахаровидного альбита ещё меньше. Толщина пластин колумбита – танталита по (010) менее 1 мм. В клевеландите нередки сферолитовые срастания пластинчатого колумбита - танталита, - «солнца»... Пластины колумбита – танталита зональны по содержанию и Nb – Ta, и Fe – Mn: центральные зоны сложены колумбитом (чаще ферроколумбитом), внешние зоны – марганцовистым колумбитом до мангантанталита. С пластинчатыми колумбитом - танталитом ассоциируют циртолит, зелёный турмалин, касситерит, спессартин, манганопатит, трифилин, мелко кристаллический Na-Li берилл, зелёный литийсодержащий мусковит.

Листоватые - пластинчатые колумбит – танталиты связаны всеми постепенными переходами с толсто таблитчатыми, размер которых достигает 610x510x510 мм и вес 630 кг в гранитных пегматитах Black Hills, Южная Дакота, США (Jahns R.H., 1953. Amer. Mineral. Vol. 38. P. 563-598).

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. Пластинчатый колумбит $(\text{Fe,Mn})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$



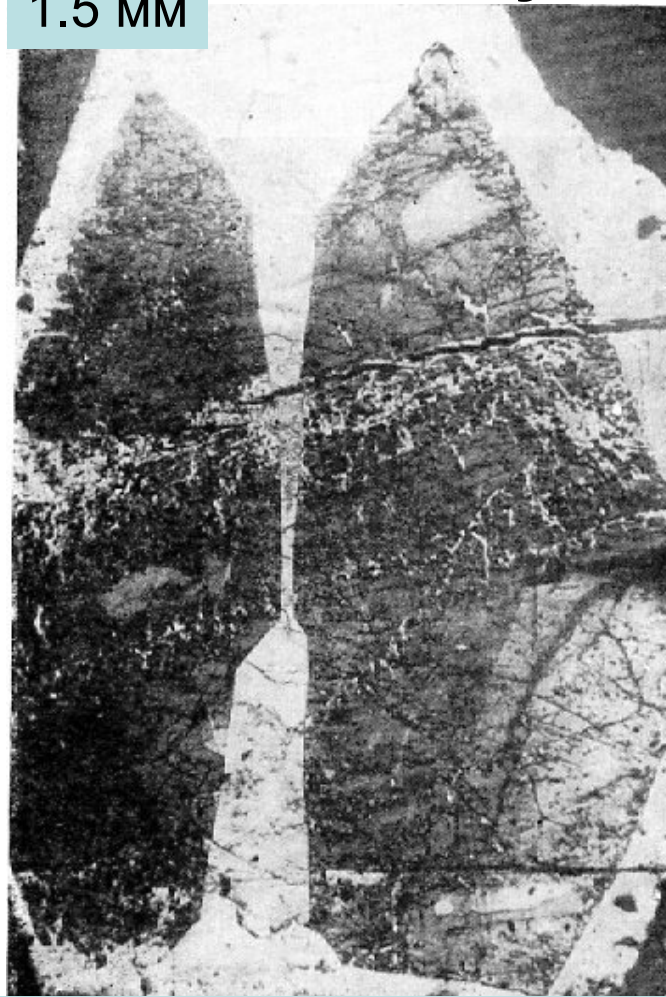
Елаш (Вишняковское),
Восточный Саян

Колл. В.В. Архангельской
Фото Э.М. Спиридонова

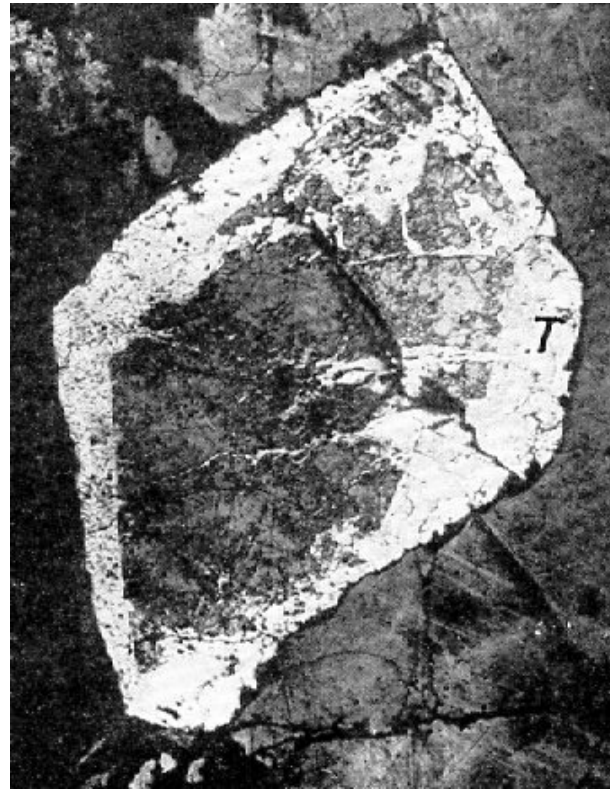
РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Колумбит и колумбит - танталит

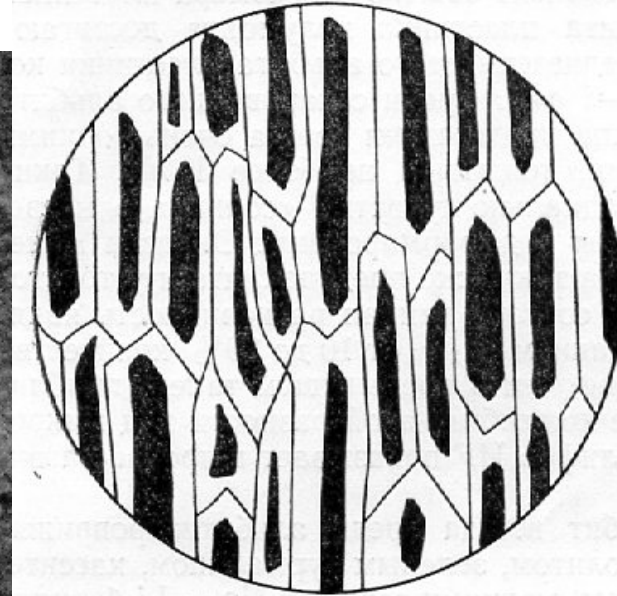
1.5 мм



Два кристалла колумбита
(т-серое) включены в
мангантанталит (белое).
Шлиф при 1 николе



Реликты колумбита
(чёрное-тёмно-серое)
в мангантанталите
(белое).
Шлиф при 1
николе. 1.5 мм



Игольчатый
Та-колумбит
(чёрное) с каймами
мангантанталита
(светлое).
Зарисовка шлифа.
По А.И. Гинзбургу
(1956)

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Танталит



ТАНТАЛИТ
Tantalite
 $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn})(\text{Ta}, \text{Nb})_2$ 20
Вороньи тундры



120x150x60 мм.
Калбинский хребет,
Юго-Западный
Алтай

Архей. Вороньи тундры,
Кольский полуостров

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Ферротанталит $(\text{Fe,Mn}) \text{Ta}_2 \text{O}_6$



104x66 мм.
Калба,
ЮЗ Алтай



19x14 мм

Parelhas, Rio Grande
do Norte, Бразилия



58x41 мм

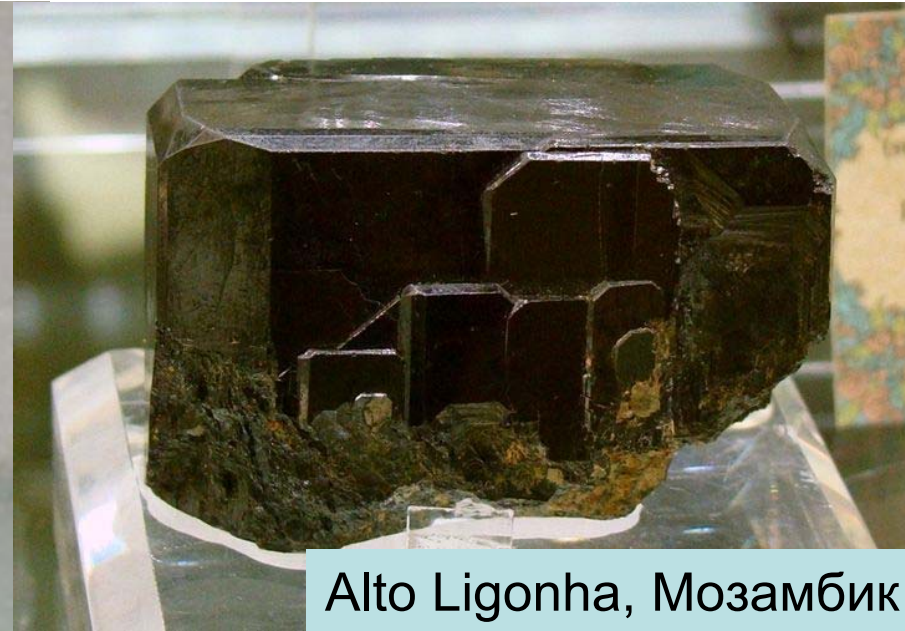
С синим фторапатитом в альбите.
Елаш, Восточный Саян

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Ферротанталит $(\text{Fe}, \text{Mn}) \text{Ta}_2 \text{O}_6$



Эпитаксия касситерита на танталите.
Cruzeiro mine, Минас Жераис,
Бразилия



Alto Ligonha, Мозамбик



В альбите.
Малореченское, Вост. Саян

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

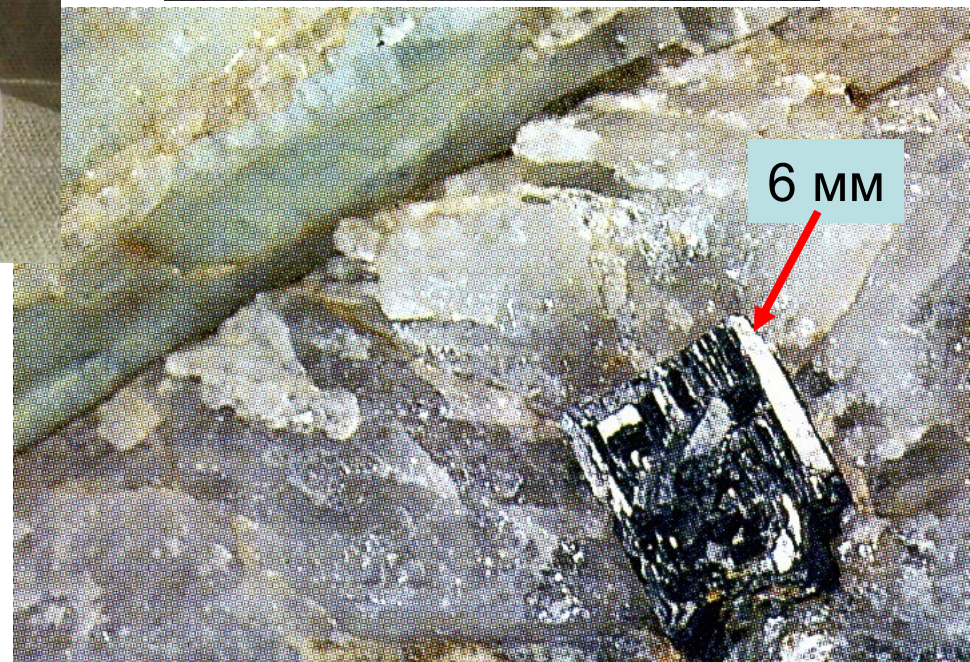
Ферротанталит $(\text{Fe}, \text{Mn}) \text{Ta}_2 \text{O}_6$



Огнёвка, Бакенное, Калбинский хребет, ЮЗ Алтай



30 мм



С бериллом в кварце

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Мангантанталит $(\text{Mn,Fe}) \text{Ta}_2 \text{O}_6$

103x62 мм.
Alta Ligonha,
Мозамбик



40x38
мм



35x32 мм



Alto Cajazeiras, Assuncao,
Paraiba, Бразилия

San Jose di Safira,
Минас-Жераис, Бразилия

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Мангантанталит $(\text{Mn,Fe})\text{Ta}_2\text{O}_6$

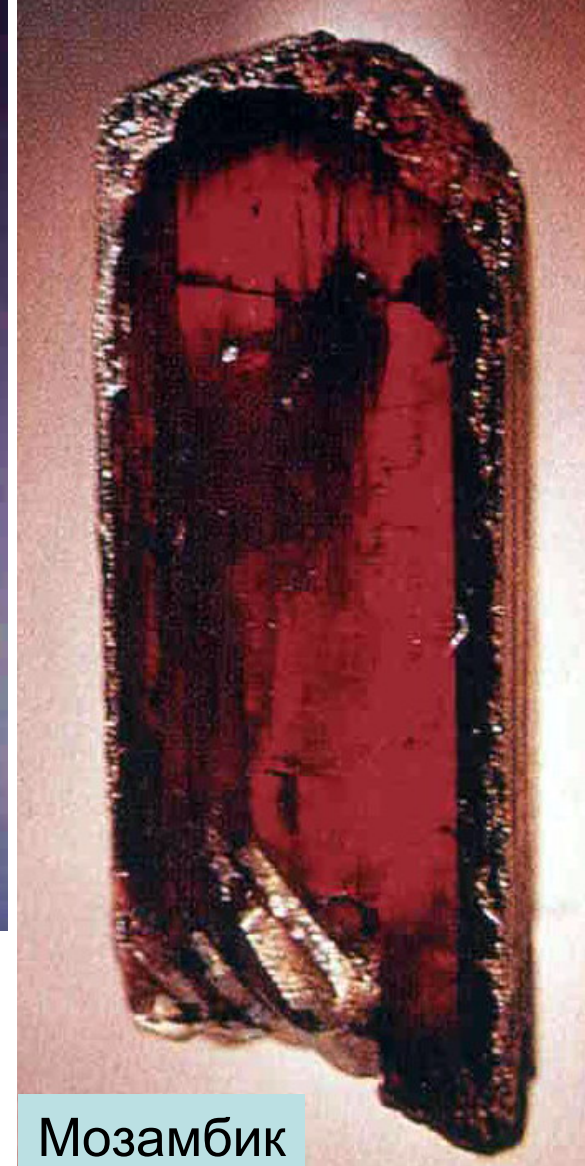
25 мм

52 мм

В
альбите

Нуристан, Афганистан

Некоторые образцы
мангантанталита – интересные и
дорогие самоцветы



Мозамбик

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Мангантанталит $(\text{Mn,Fe})\text{Ta}_2\text{O}_6$



В альбите. Пакистан

16x9 мм



Рио Кабрал mine,
Мозамбик

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Тапиолит (полиморф танталита) $(\text{Fe,Mn}) \text{Ta}_2 \text{O}_6$

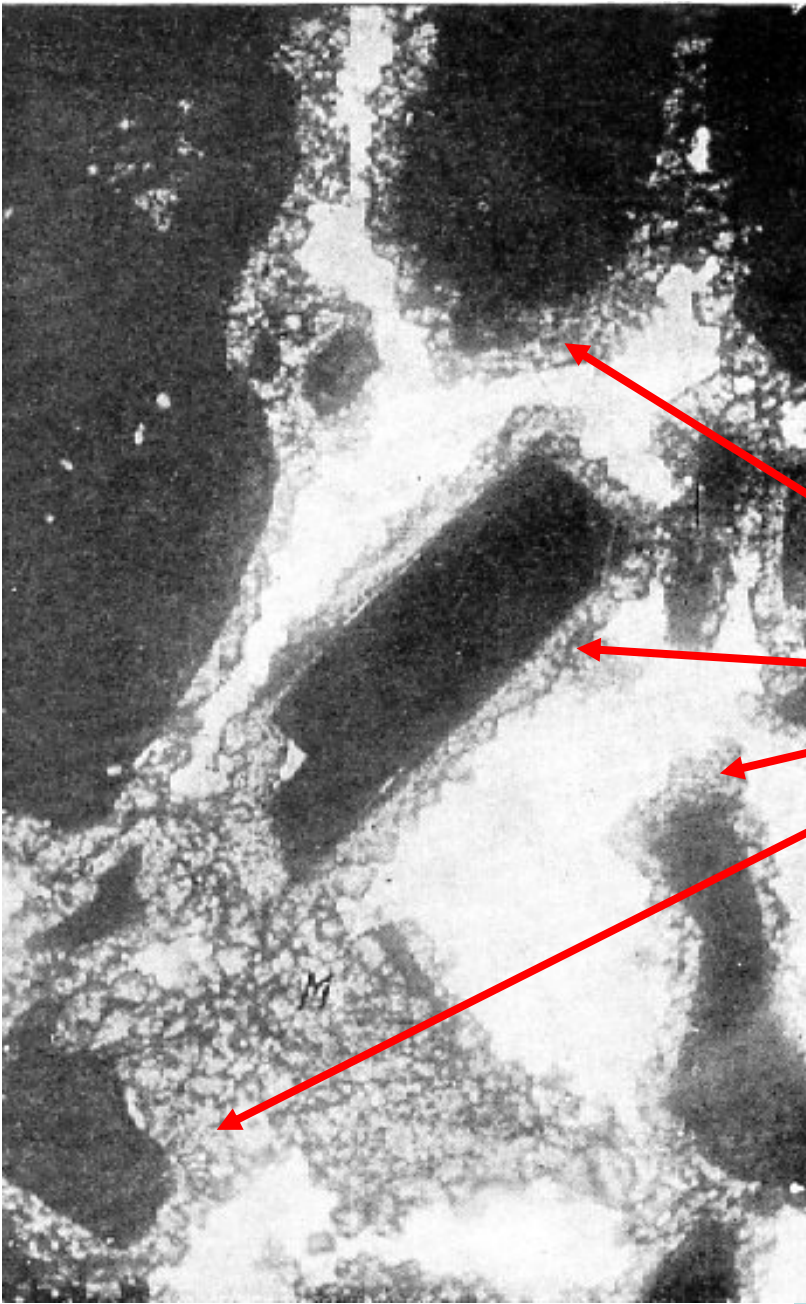


35 мм с альбитом. Nilaw, Афганистан



С эльбаитом 47 мм.
Cryo-Genie mine.
Калифорния

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ



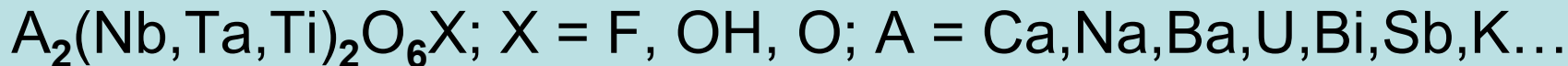
Мангантанталит
(чёрное)
с каймами
микролита

Шлиф при 1 николе. 0.8 мм

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Сложные оксиды Nb–Ta–Ti : группа пирохлора – микролита - бетафита

Минералы группы пирохлора – микролита – бетафита:



Nb > Ta, Ti – пирохлор

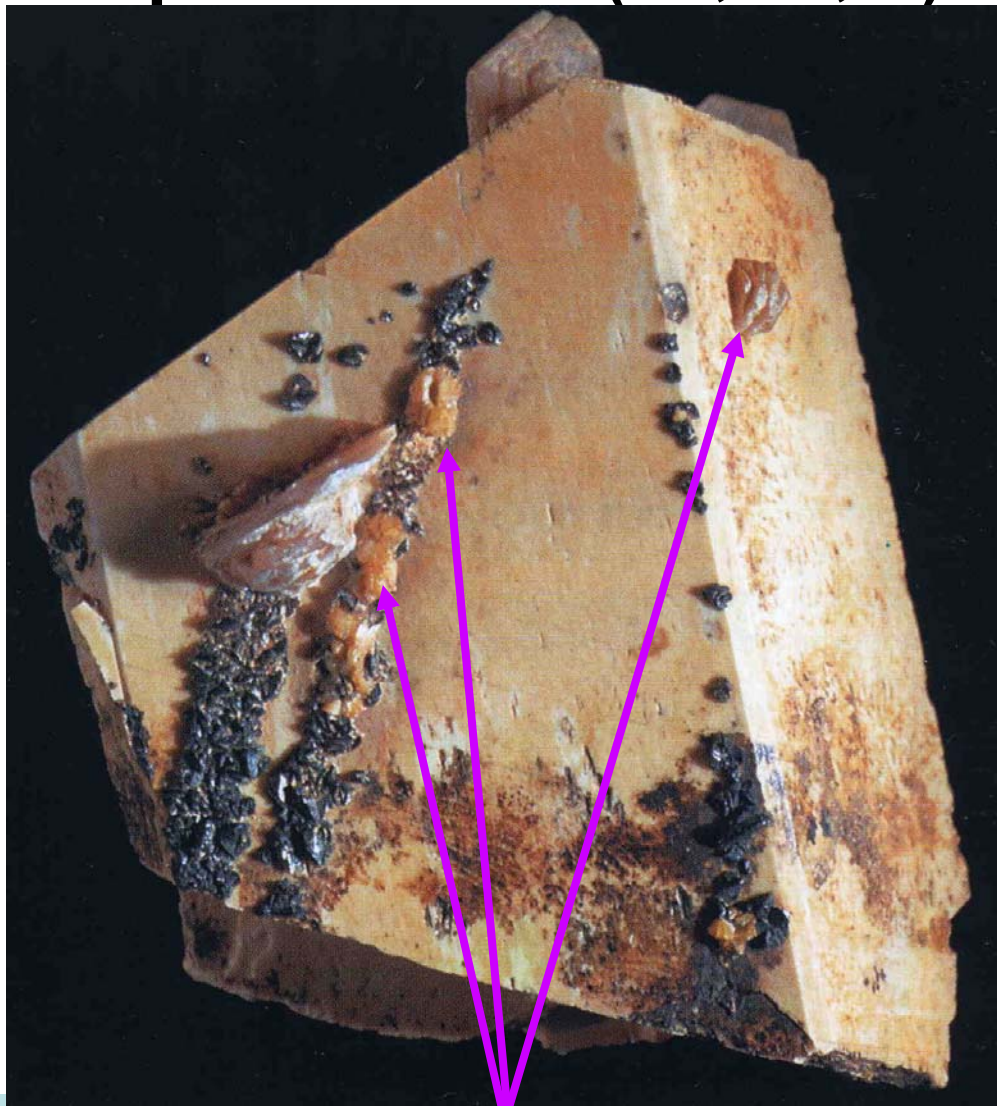
Ta > Nb, Ti - микролит

2 Ti > Nb+Ta – бетафит.

Богатый танталом пирохлор и микролит с заметным содержанием U и бедные Ti, REE и Y, - одни из характерных минералов гранитных пегматитов. В позиции А в составе микролита обычны Na+Ca, но и Pb, U, Ba, Bi, Sb, Sr, Sn... Бедный ураном микролит светло окрашен, прозрачный. Богатый ураном микролит (джалмаит) в различной степени метамиктный, тёмный до чёрного, вароподобный, непрозрачный.

Микролит заключает около 5 % мировых ресурсов пегматитового Ta. С микролитом часто ассоциирует воджинит.

**РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.
Микролит $\text{NaCa}(\text{Ta}, \text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_6\text{F}$**



Касситерит, микролит, лепидолит на микроклине.
70x60 мм. Липовка, Средний Урал

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Микролит $\text{NaCa}(\text{Ta}, \text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_6\text{F}$

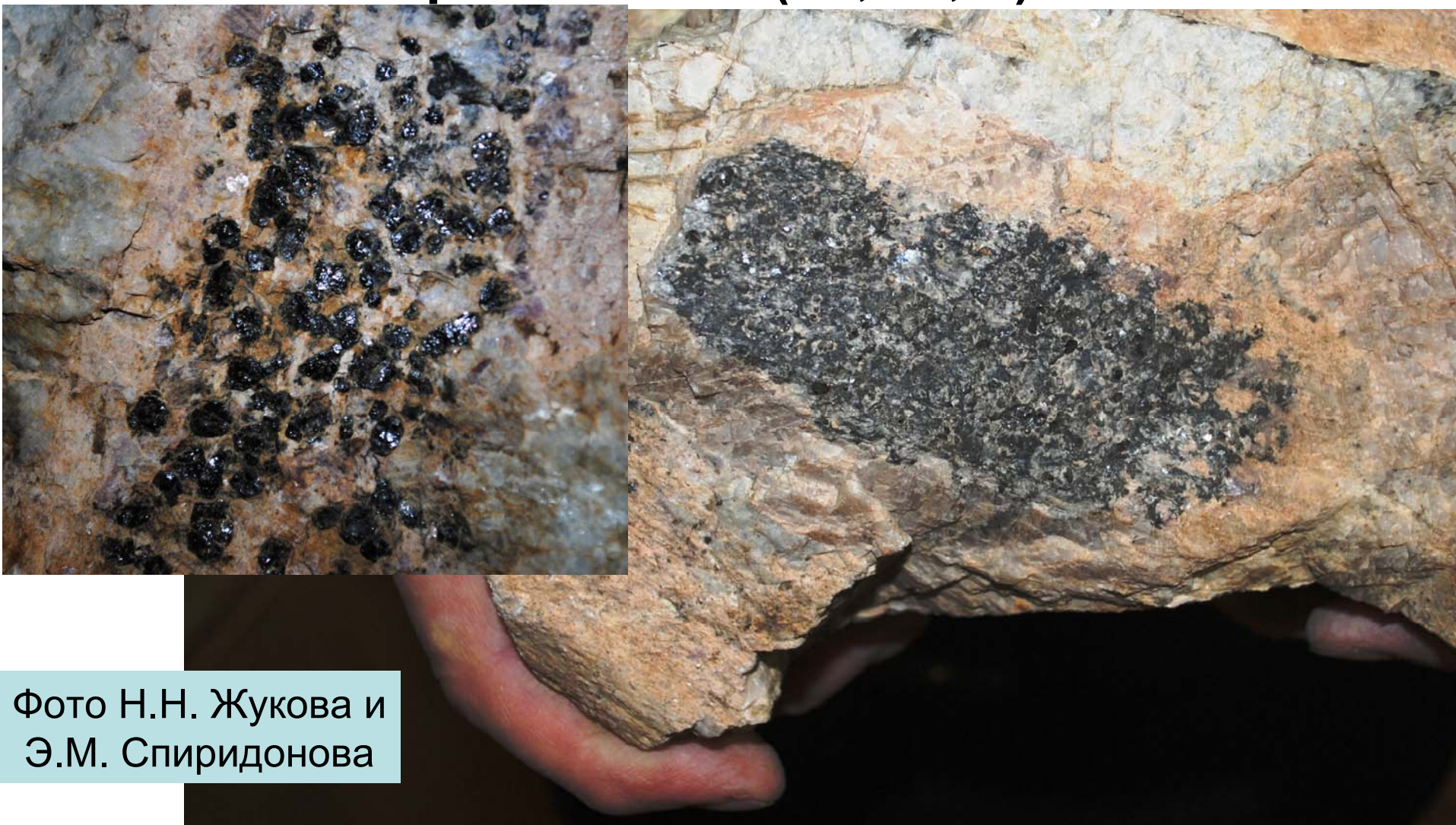


Фото Н.Н. Жукова и
Э.М. Спиридонова

Микролит на поверхности пластин сподумена.
Вороньи тундры, Кольский полуостров

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. Микролит $\text{NaCa}(\text{Ta,Nb,Ti})_2\text{O}_6\text{F}$



Фото Н.Н. Жукова и
Э.М. Спиридонова

Микролит на поверхности пластин сподумена.
Вороньи тундры, Кольский полуостров

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Микролит

$(\text{Ca}, \text{Na}, \text{U}, \text{Pb} \dots)_2 (\text{Ta}, \text{Nb}, \text{Ti})_2 \text{O}_6 (\text{F}, \text{OH})$. Минас Жераис



Urubu mine



20 мм

В лепидолите.
Virgem da Lapa

19x13 мм



Governador
Valarades



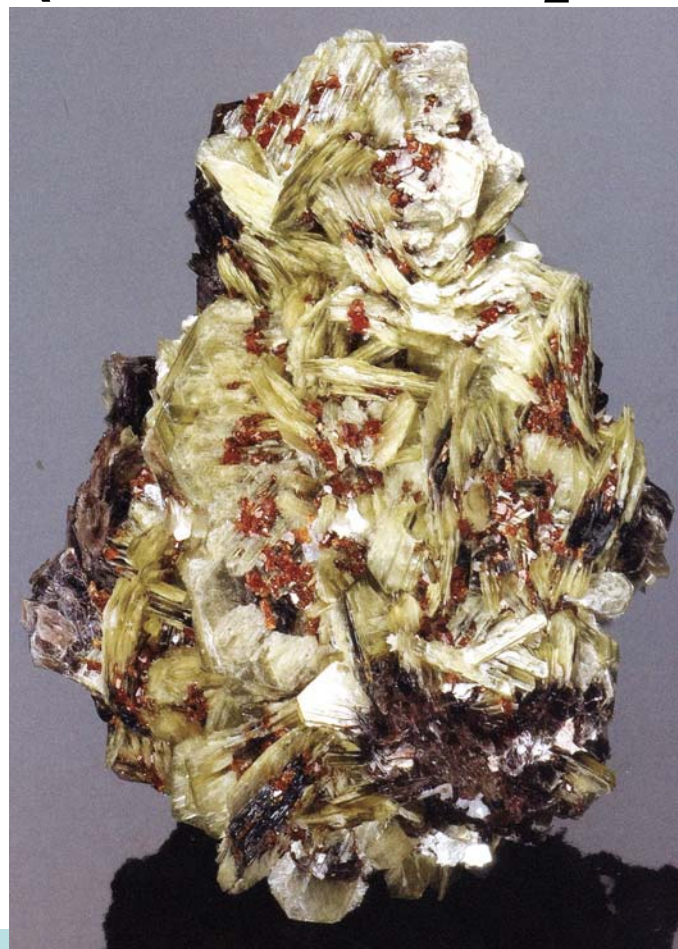
На альбите.
Gover nador
Valadares

45x40 мм

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Микролит

$(\text{Ca}, \text{Na}, \text{U}, \text{Pb} \dots)_2 (\text{Ta}, \text{Nb}, \text{Ti})_2 \text{O}_6 (\text{F}, \text{OH})$. Минас Жераис



На мусковите. 90x75
мм. Lavra do Ipe,
Governador Valadares



На лепидолите.
55x35 мм.
Lavra do Urubu,
Itinga

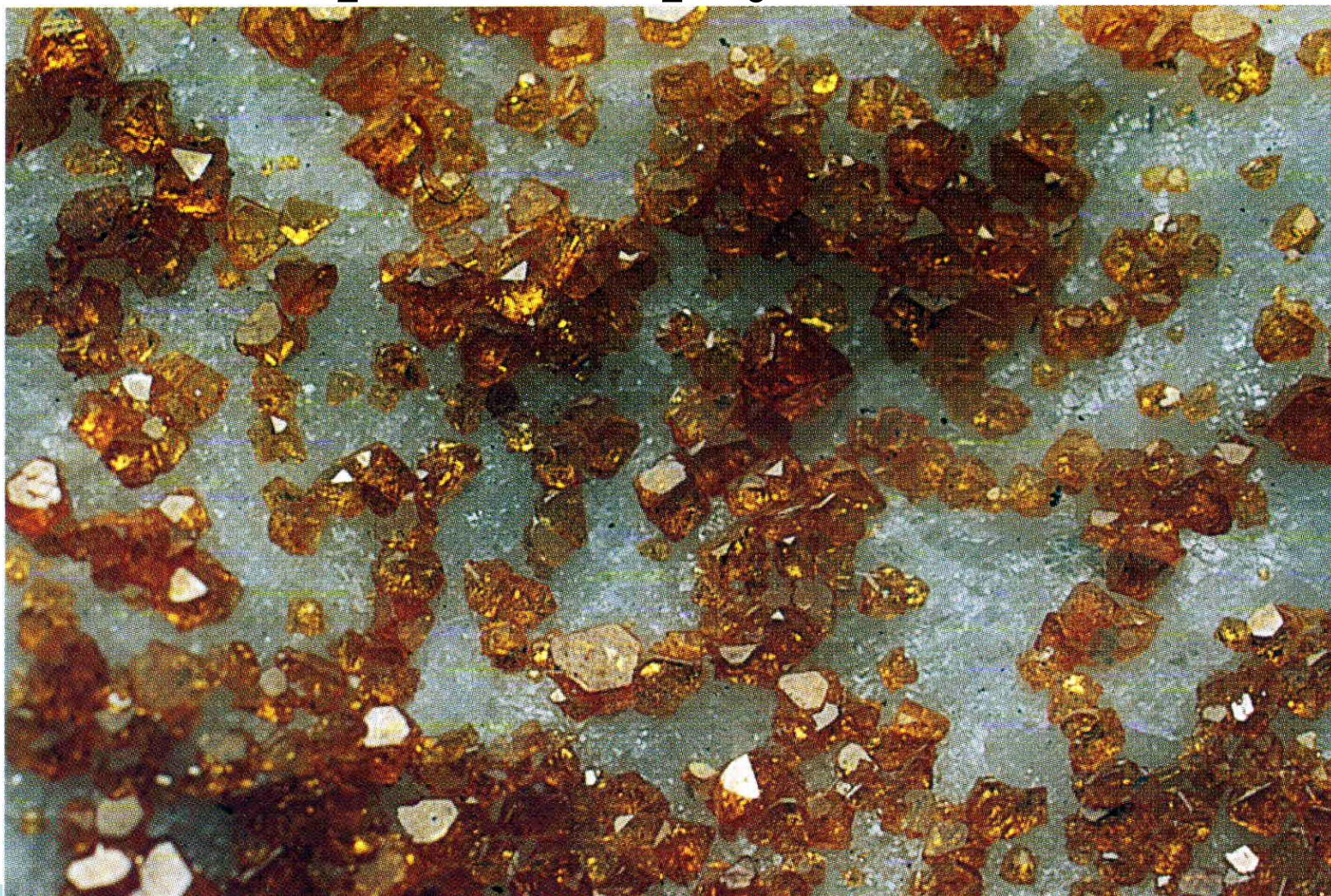


19x18 мм.
Lavra do Urubu,
Itinga

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Микролит

$(\text{Ca}, \text{Na}, \text{U}, \text{Pb} \dots)_2 (\text{Ta}, \text{Nb}, \text{Ti})_2 \text{O}_6 (\text{F}, \text{OH})$. Минас Жераис



Кристаллы до 2 мм на альбите

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Микролит

Микролит 11 мм
на эльбаите.
Darra-i-Pech,
Nangarhar,
Афганистан



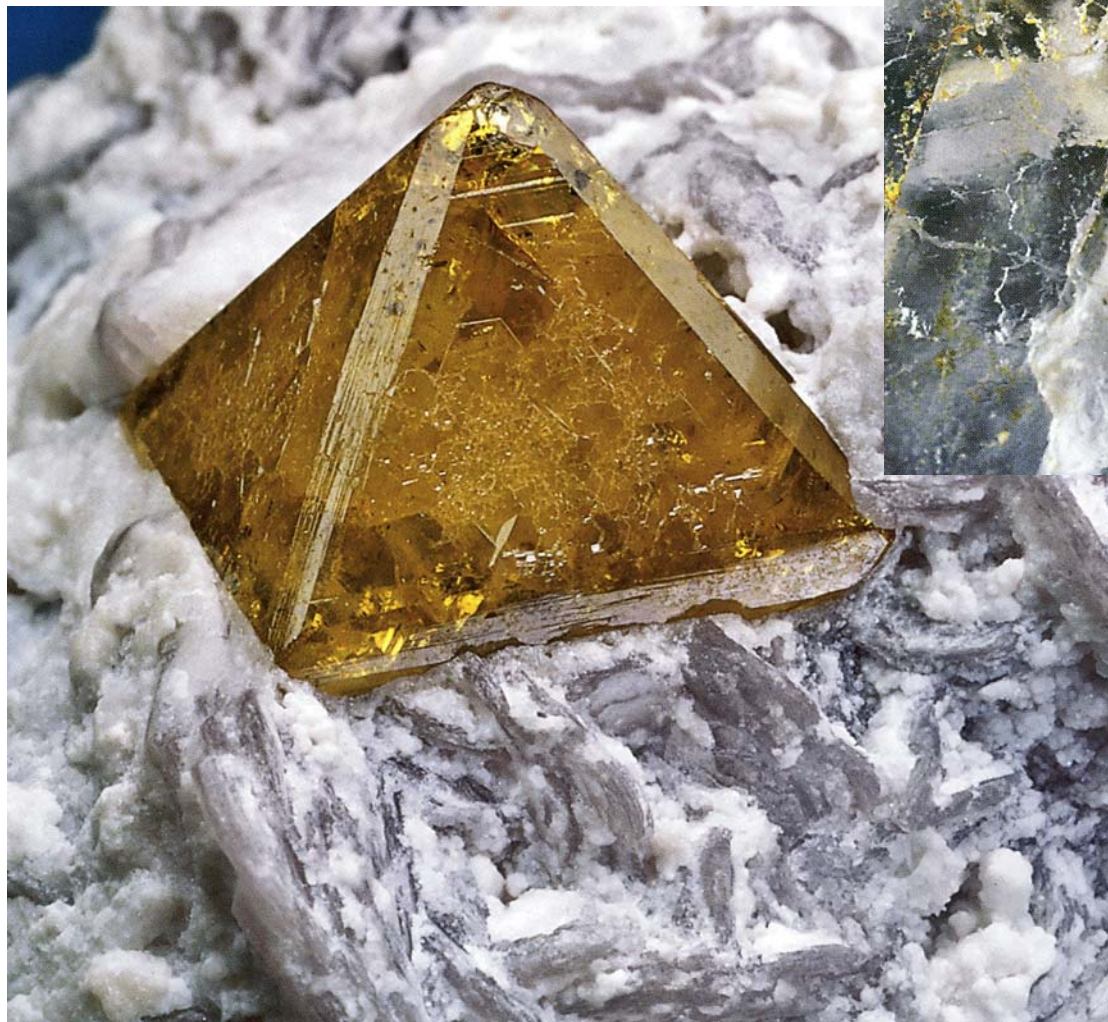
32x30 мм.
Масоа,
Alto Ligonha,
Мозамбик



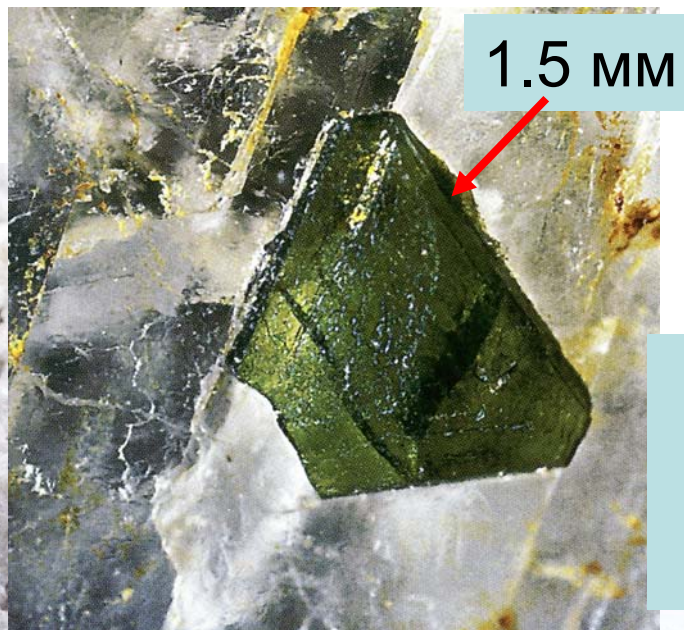
Микролит 11 мм
на аквамарине.
Кунар, Нуристан.
Афганистан

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Микролит



Микролит 17 мм в агрегате
лепидолит+альбит. Паргоск, Афганистан



В альбите.
Quixaba,
Paraíba,
Бразилия



Микролит 8 мм в
клеведандите.
Рееш, Афганистан

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. Микролит $\text{NaCa}(\text{Ta}, \text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_6\text{F}$



Кристаллы до 20 мм
на альбите.
Шенгус, Скарду, Пакистан

Амелия, Виргиния, США



РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Висмутомикролит $(\text{Bi}, \text{Ca}, \square)(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6(\text{F}, \text{OH})$



48x44 мм. Alto do Giz, Equador, Rio Grande do Norte, Бразилия

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Плюмбомикролит (Pb,Ca,U,Na)₂ (Ta,Nb)₂ O₆ (OH)



Фото Н.Н. Жукова и
Э.М. Спиридонова



Гора Плоская, Кейвы,
Кольский полуостров

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Плюмбомикролит

62 мм

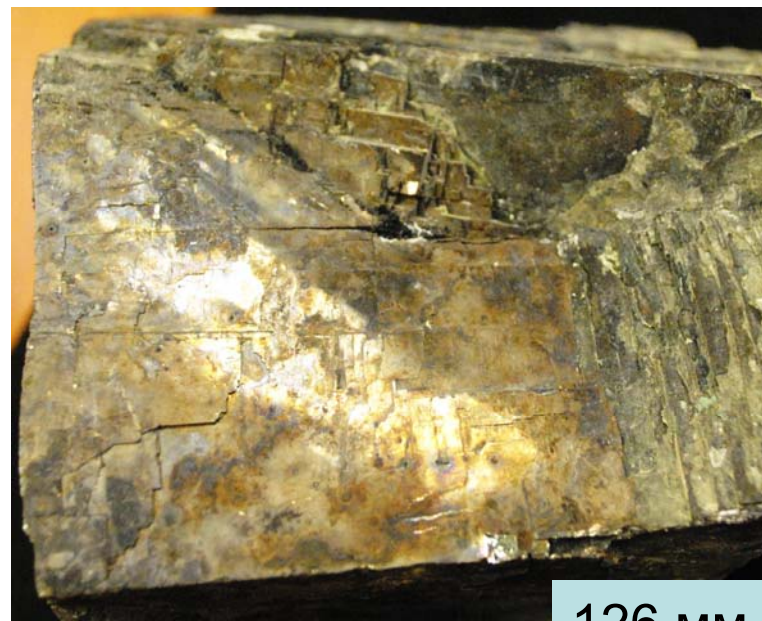
Фото Н.Н. Жукова и
Э.М. Спиридонова



Гора Плоская, Кейвы, Кольский полуостров

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Галенит



126 мм



134 мм

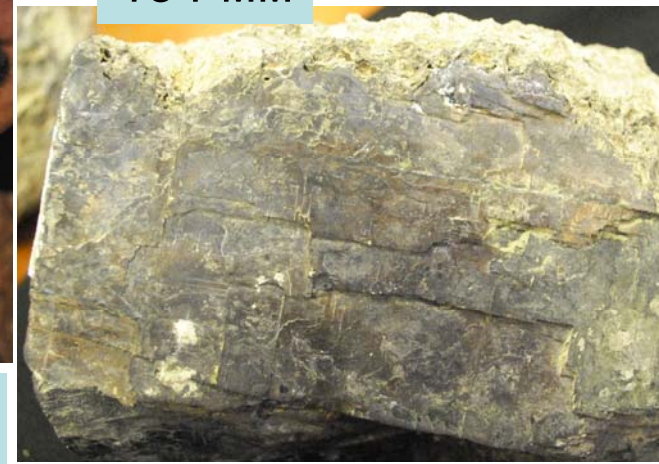


Фото
Н.Н.
Жукова

Гора Плоская, Кейвы, Кольский п-ов

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Минералы группы воджинита

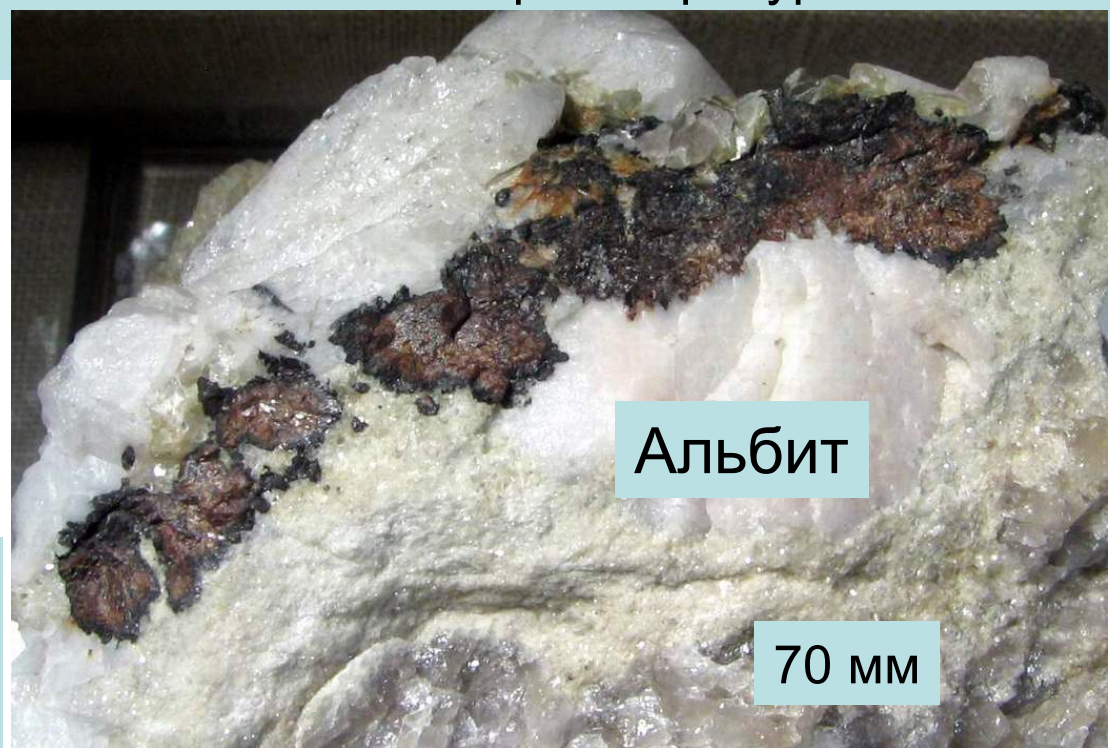
Это моноклинные упорядоченные сложные оксиды на основе структуры рутила TiO_2 , богатые танталом.

Воджинит	$\text{Mn}^{2+} \text{ Sn Ta}_2 \text{ O}_8$
Литиоводжинит	$\text{Li Ta Ta}_2 \text{ O}_8$
Танталводжинит	$\text{Mn}^{2+} \text{ Ta Ta}_2 \text{ O}_8$
Титанводжинит	$\text{Mn}^{2+} \text{ Ti Ta}_2 \text{ O}_8$
Ферроводжинит	$\text{Fe}^{2+} \text{ Sn Ta}_2 \text{ O}_8$
Ферротитанводжинит	$\text{Fe}^{2+} \text{ Ti Ta}_2 \text{ O}_8$

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

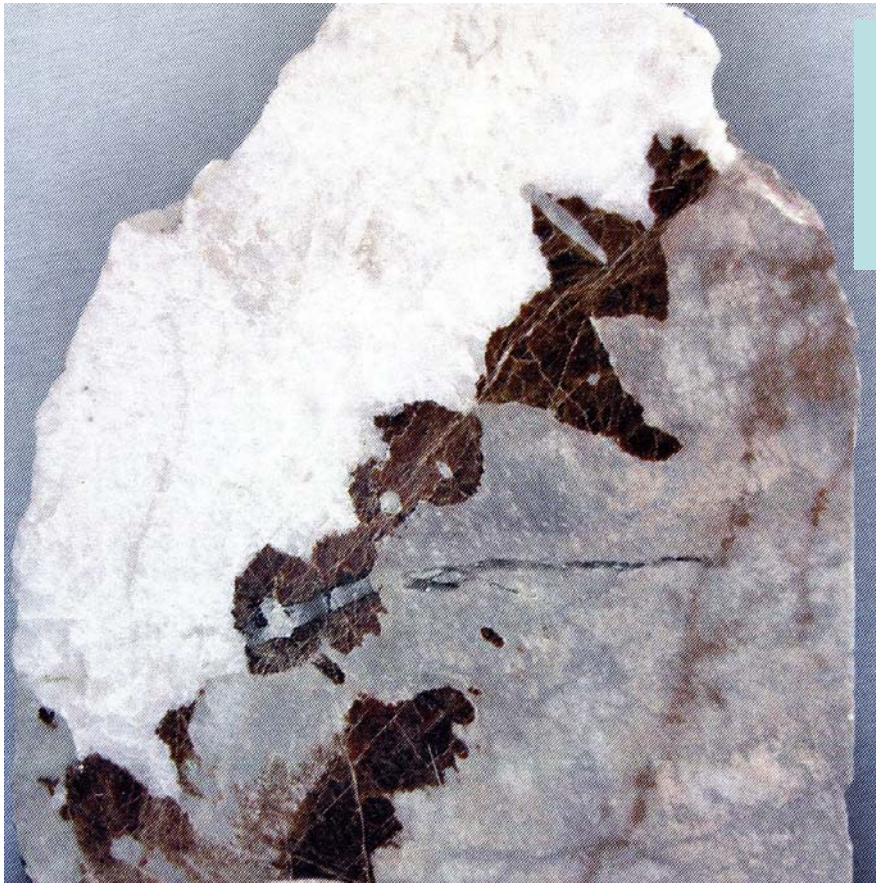
Воджинит $\text{A Sn Ta}_2 \text{O}_8$

Минералы группы воджинита со структурой $\alpha\text{-PbO}_2$ - моноклинные упорядоченные сложные оксиды на основе структуры рутила TiO_2 , богатые танталом, - характерные поздние минералы гранитных пегматитов. Это - воджинит $\text{Mn Sn Ta}_2 \text{O}_8$, ферроводжинит $\text{Fe Sn Ta}_2 \text{O}_8$, танталводжинит $(\text{Mn, Ta}) \text{Sn Ta}_2 \text{O}_8$, титанводжинит $\text{Mn Ti Ta}_2 \text{O}_8$, литиоводжинит $\text{Li Ta Ta}_2 \text{O}_8$. Воджинит обычно содержит 50-70 масс. % Ta, с соотношением Ta:Mn:Fe ~ 3:2:1. Воджинит включает около 5 % мировых ресурсов пегматитового Ta.



Калбинский
хребет,
юго-западный Алтай

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. Воджинит. Елаш (Вишняковское), Вост. Саян



На контакте двух
разновидностей
альбита



Альбит

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Воджинит



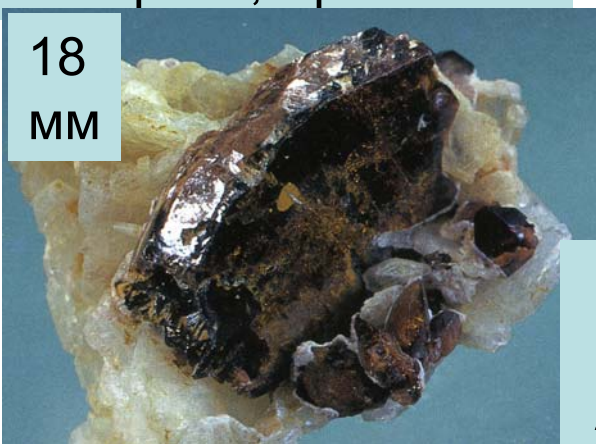
Лавра-Джабути,
Галилея, Минас-
Жераис, Бразилия



В альбите.
Boa Esperansa,
Минас Жераис,
Бразилия



10x8 мм в альбите.
Shengus, Skardu,
Пакистан



Рароок,
Нуристан,
Афганистан

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Воджинит в агрегатах Li-Rb-мусковита

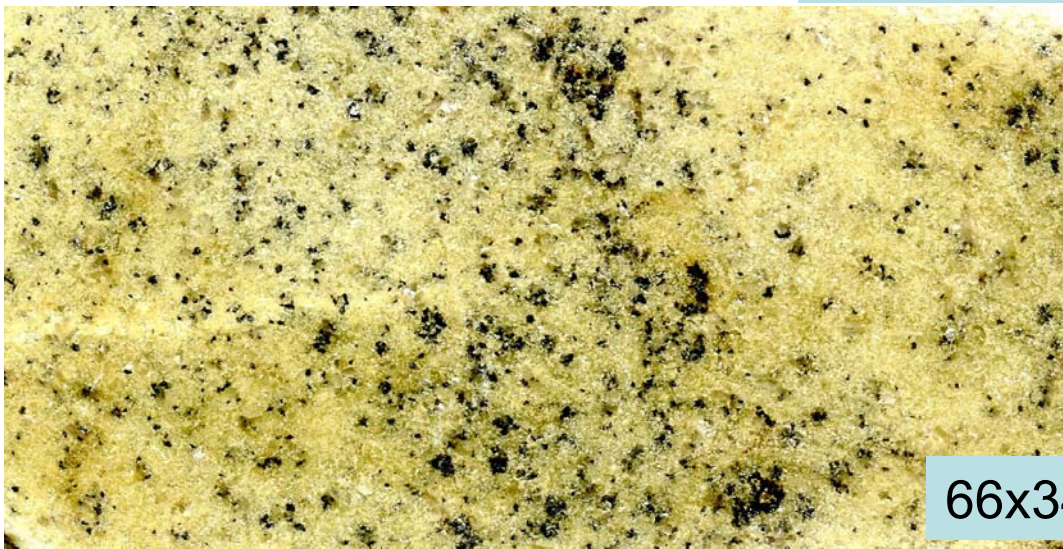


74x63 мм

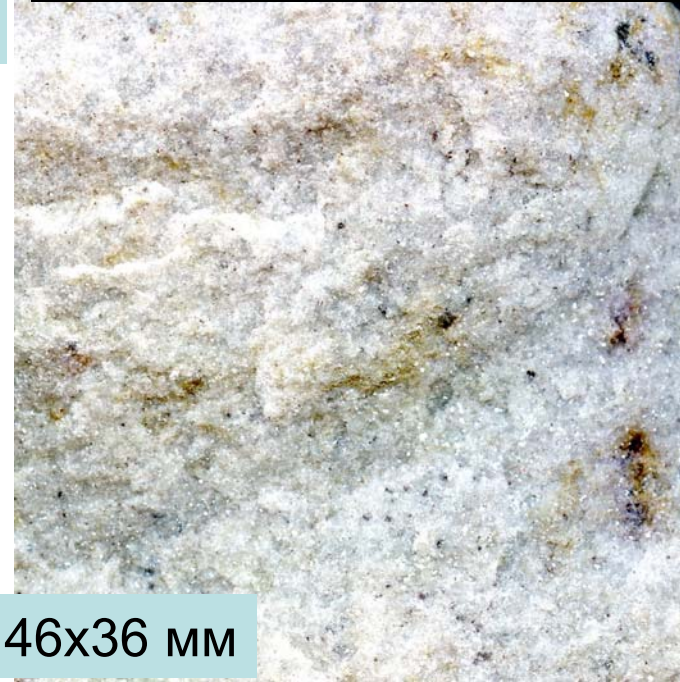


73x64 мм

Колл.
В.В.
Архангельской
Фото Э.М.
Спиридонова



66x34 мм



46x36 мм

Елаш, Восточный Саян

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

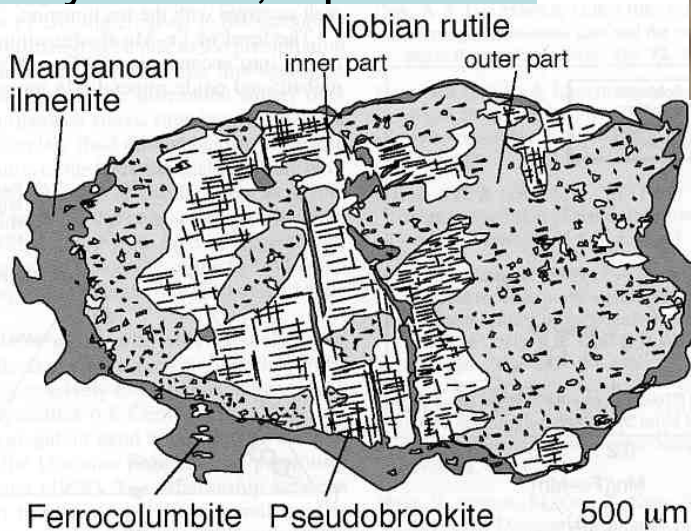
Ильменорутил (ниоборутил) – стрюверит (танталрутил)
(Ti,Nb,Ta,Fe³⁺,Sn) O₂ – (Ti,Ta,Nb,Fe³⁺,Sn) O₂

Характерные поздние минералы пегматитов



35 мм

Кухи-лал, Ср. Азия



Стрюверит на
альбите.
Приазовье,
Украина

Cirque-dike	1N (3)	2-1 (5)	2-1 (5)
Nb ₂ O ₅ (wt.%)	8.03	6.94	7.73
Ta ₂ O ₅	34.52	30.35	29.50
Sc ₂ O ₃	0.03	0.01	0.01
TiO ₂	45.68	52.25	51.42
SnO ₂	2.50	1.90	2.33
MnO	0.00	0.03	0.09
FeO	8.90	8.01	8.14
Total	99.65	99.50	99.21

Uzu
mine

Состав
стрюверита
в пегматитах
Little Nahanni

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Классификация минералов группы самарскита

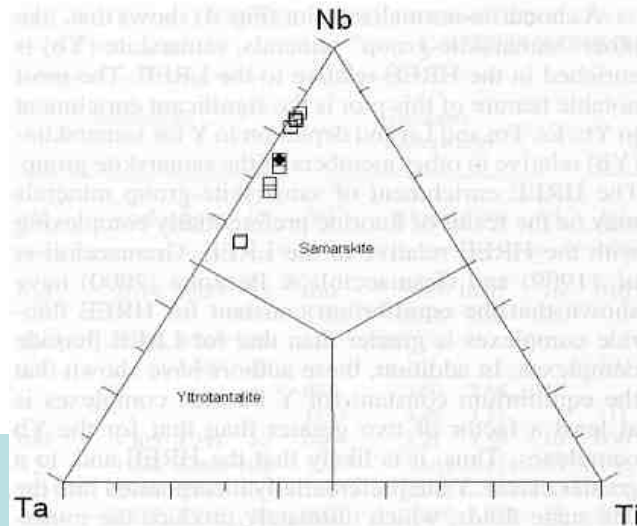


FIG. 1. The B-site occupancy for minerals of the "samarskite group". Symbols: open squares: samarskite-(Yb), solid diamond: average composition of samarskite-(Yb).

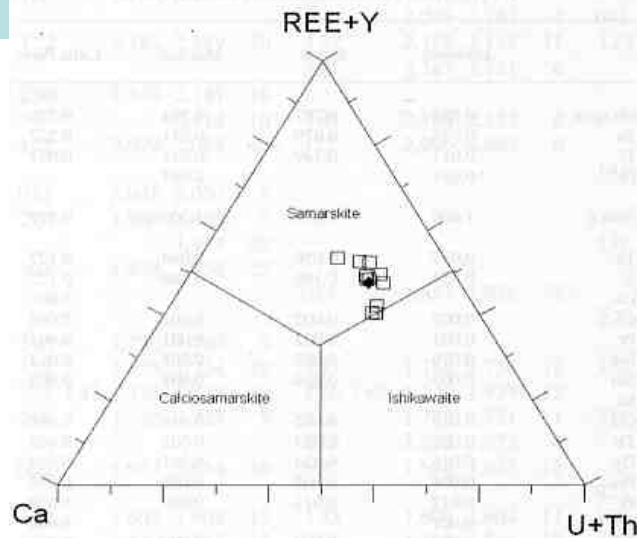


FIG. 2. The A-site occupancy for minerals of the "samarskite group". Symbols are as in Figure 1.

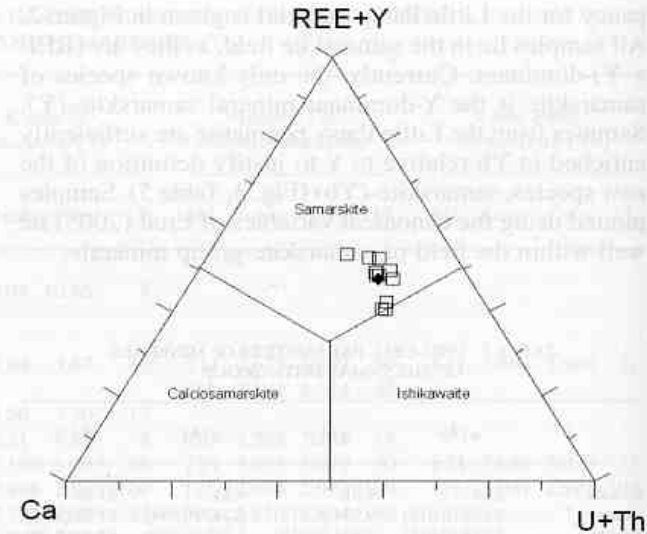


FIG. 3. Graphical representation of Yb versus Y (in atoms per formula unit) for samarskite-(Yb), (squares), the average samarskite-(Yb) (solid diamond) and samarskite-(Y) (circles). Data for samarskite-(Y) are taken from Hanson *et al.* (1999).

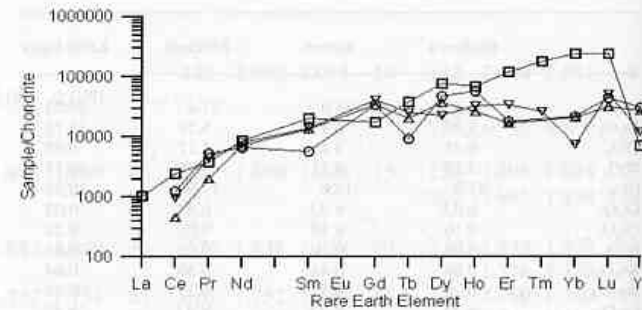


FIG. 4. Chondrite-normalized REE plot for all "samarskite-group" minerals. Elements not shown as symbols are below the detection limit of the electron microprobe. Data for samarskite-(Y), ishikawaite and calciosamarskite are from Hanson *et al.* (1999). Symbols: samarskite-(Yb): squares, samarskite-(Y): circles, ishikawaite: inverted triangles, and calciosamarskite: triangles.

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Самарскит $(Y, Ce, Yb, U^{4+}, Fe)(Nb, Ta, Ti)O_4$ - $YNbO_4$



Левый кристалл 20x11мм. Средние - 40x20 мм. Правые – 120 мм

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

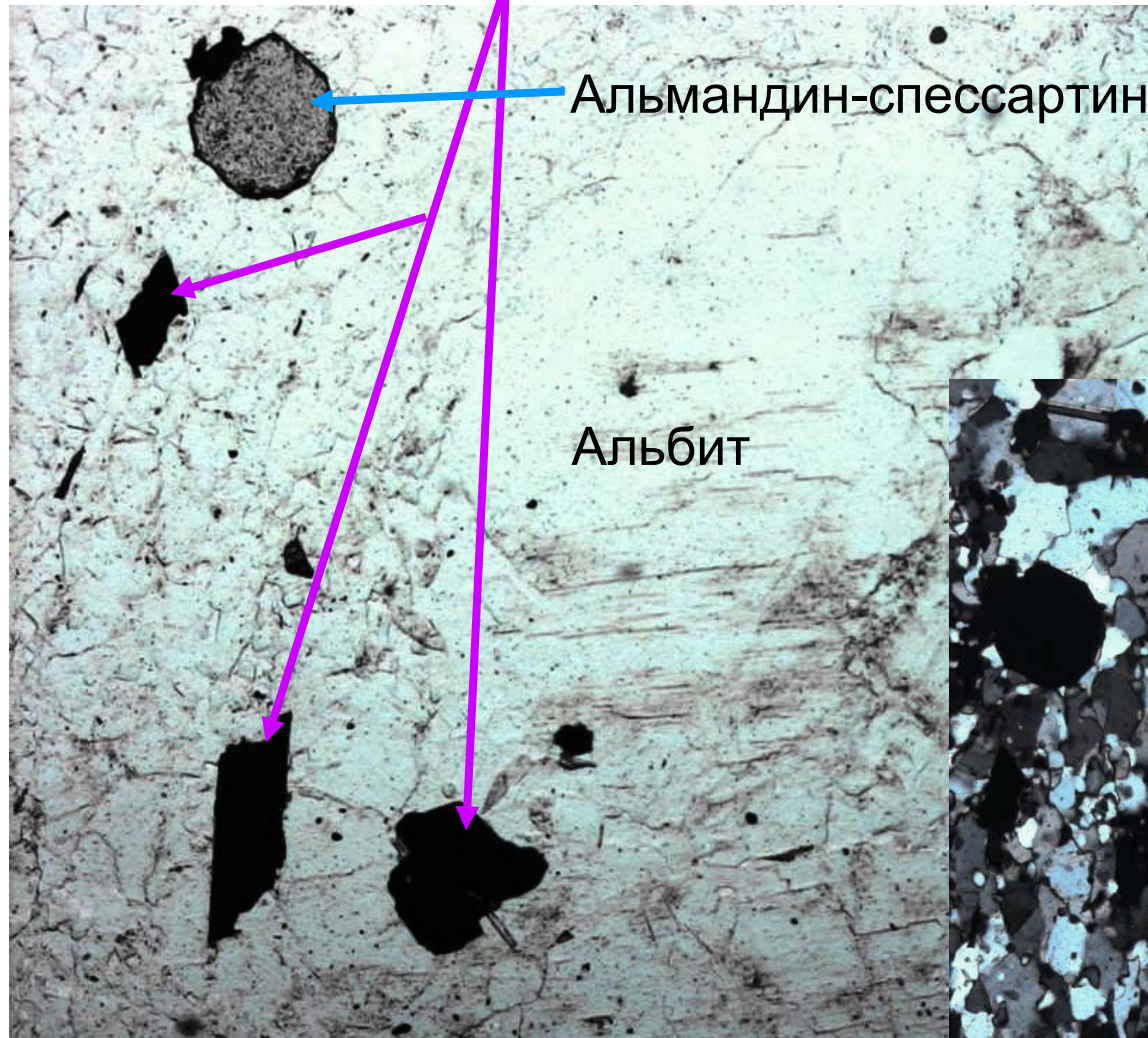
Самарскит $(Y, Ce, Yb, U^{4+}, Fe)(Nb, Ta, Ti)O_4$ - $YNbO_4$



120x100 мм. Governador Valarades, Минас Жераис, Бразилия

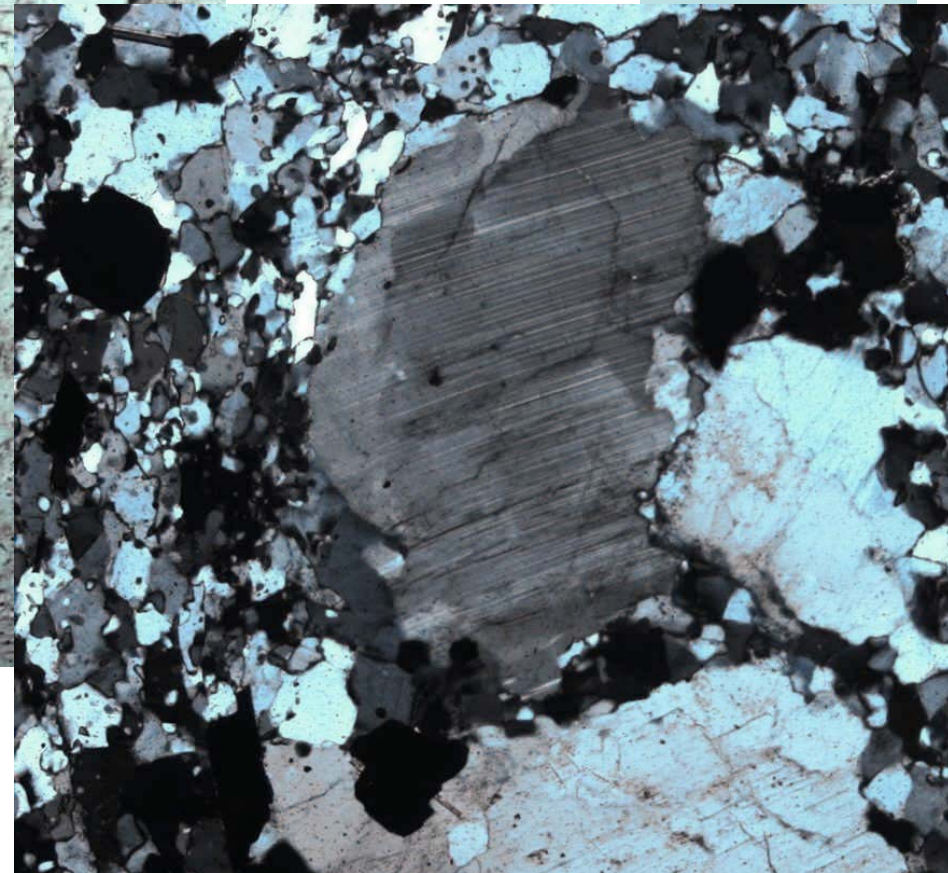
РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Самарскит. Блюмовская копь, Ильмены



При 1 николе

Николи х



Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Тантэвксенит
 $(Y, Ca, Ce) (Ta, Nb, Ti)_2 (O, OH)_6$



75 мм. Graveggia,
Val Vigizzo, Италия

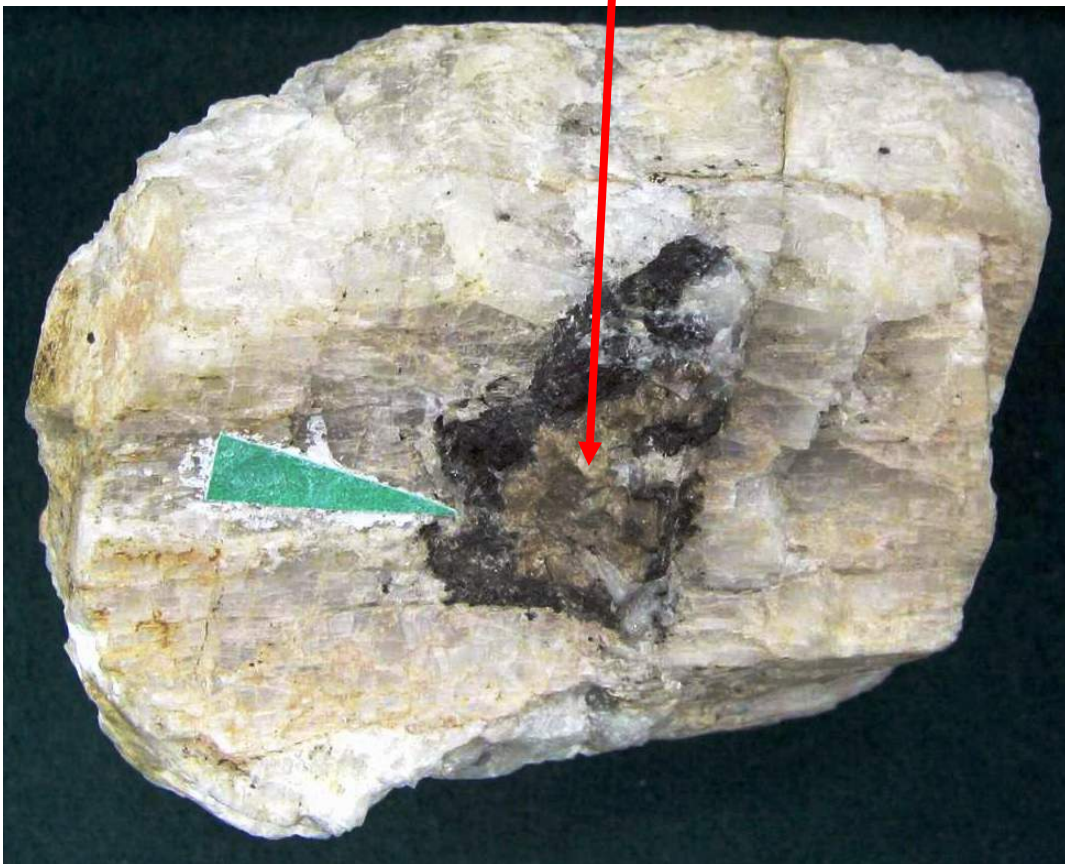
Ринерсонит
 $Ca (Ta, Nb)_2 O_6$



58x41 мм.
Carnauba dos Dantas,
Rio Grande do Norte,
Бразилия

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Симпсонит $\text{Al}_4 (\text{Ta}, \text{Nb})_3 \text{O}_{13} (\text{F}, \text{OH})$



Вороньи тундры,
Кольский полуостров



Onka mine, Rio Grande do
Norte, Бразилия

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ



Фото Н.Н. Жукова и
Э.М. Спиридонова

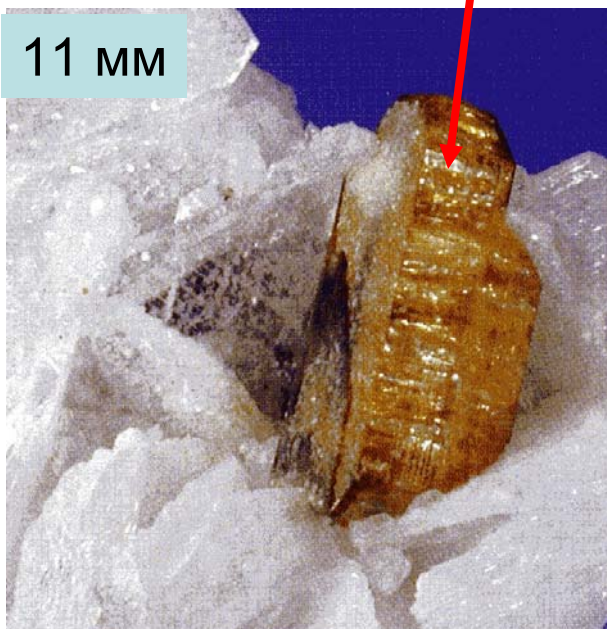
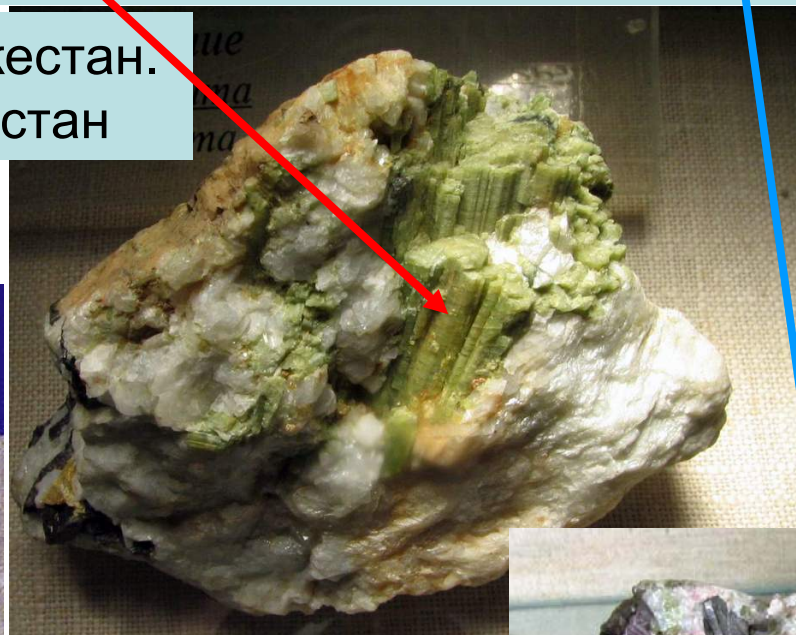
Симпсонит $\text{Al}_4 (\text{Ta}, \text{Nb})_3 \text{O}_{13} (\text{F}, \text{OH})$.
Вороньи тундры, Кольский полуостров

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Стибиоколумбит – стибиотанталит – $\text{Sb Nb O}_4 - \text{Sb Ta O}_4$

Характерные поздние минералы редкометалльных пегматитов.

Зап. Пуштиру, Туркестан.
хребет, Таджикистан



11 мм

$\text{Sb}(\text{Nb}_{0.85}\text{Ta}_{0.10}\text{Ti}_{0.05})\text{O}_4$.
Пакистан

Кара-Адыр,
нагорье
Сангилен,
Тува



РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Стибиотанталит SbTaO_4

до 8 мм



Алто-Лигонья,
Мозамбик



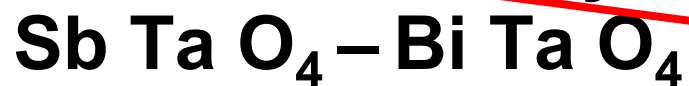
Вороньи тундры, Кольский п-ов



Печ, Кунар,
Афганистан

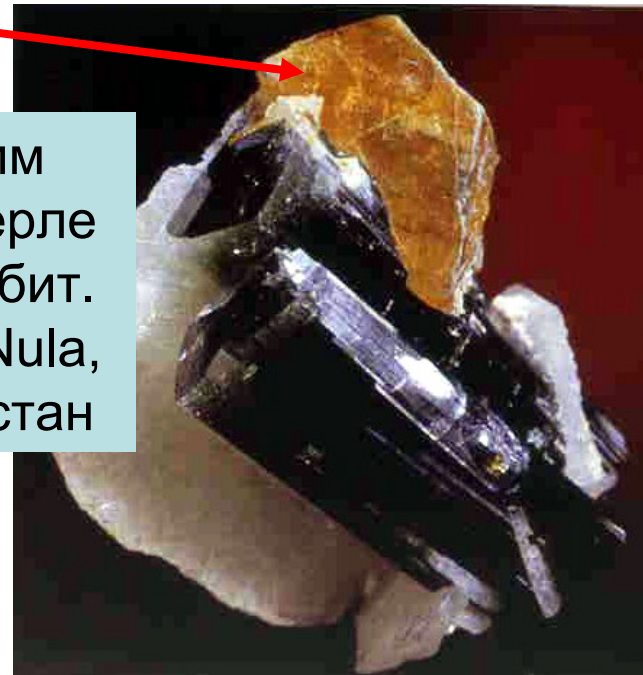
РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Стибиотанталит – висмутотанталит



Стибиотанталит замещает ферротанталит. Cryo-Genie mine, San Diego, Калифорния

10 мм
на шерле
+ альбит.
Stak Nula,
Пакистан

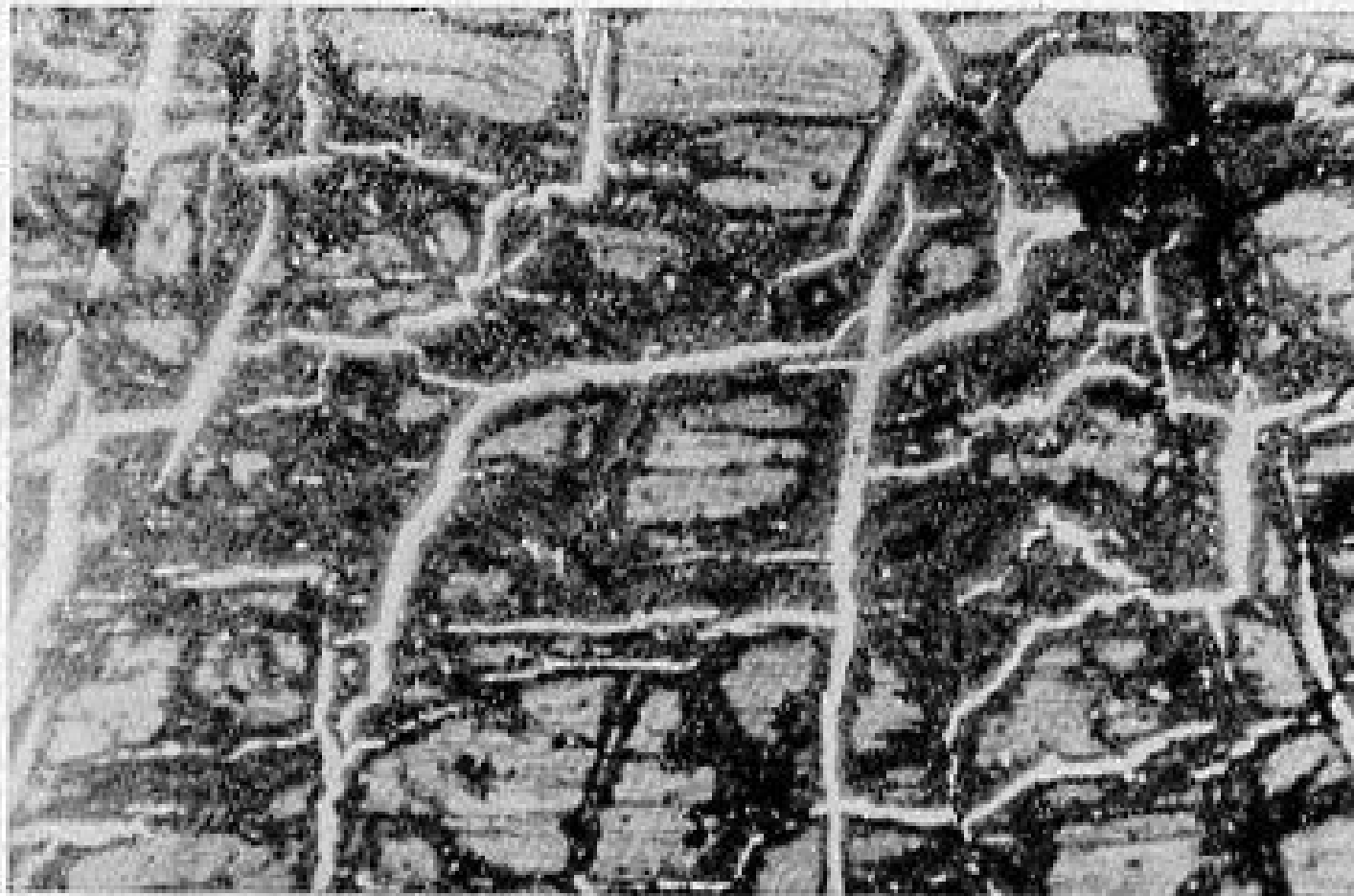


Висмутотанталит.
Коктокай, ЮВ Алтай

Бисмутотанталит Bismutotantalite
 $\text{Bi}(\text{Ta}, \text{Nb})\text{O}_4$
Коктогай, Китай
Залашкова Н.Е. 1957

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

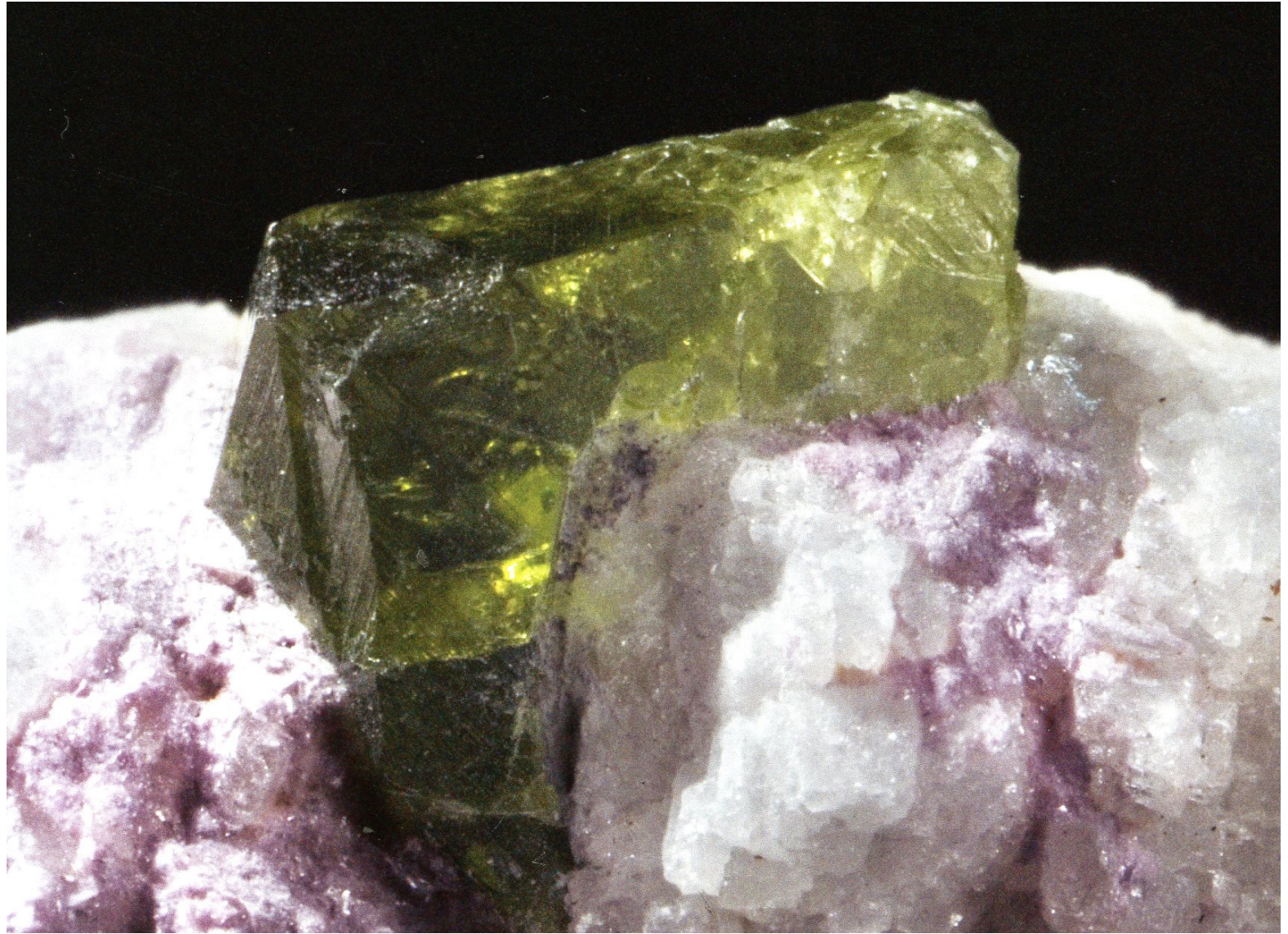
Стибиотанталит замещается агрегатом
микролита и самородной сурьмы



т. 233. Стибиотанталит (светло-серые ядра), окруженный микролитом (темно-серый),
и прожилки самородной сурьмы (белая) из Варутрёска. Аншлф (по Кенселею).

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Ганит $\text{Zn Al}_2 \text{O}_4$



12x11 мм. Carnauba dos Dantas, Rio Grande do Norte, Бразилия

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Берилл

Берилл весьма разнообразен.

В ранних зонах редкометальных пегматитов это обычный зеленоватый берилл низко щелочной (с 0.5-1.5 масс. % Na_2O и 30-500 г/т Cs) и берилл, обогащённый Na (+ Fe, Mg).

В поздних центральных зонах пегматитов развит белый коротко столбчатый существенно Na-Li берилл – ростерит (обычно с 0.2 масс. % Cs) и розовый коротко призматический до уплощённого Li-Cs берилл – воробьевит (морганит). В этих бериллах происходит изоморфное замещение Be^{2+} на Li^{1+} с добавлением щелочного катиона:

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

воробьевит - $\text{Be}_2 \text{Li Cs Al}_3 [\text{Si}_6\text{O}_{18}]$.

Размеры монокристаллов берилла в некоторых редкометальных гранитных пегматитах поражают – до 18 x 3.5 x 3.5 м, объёмом 143 м³, массой 380 т; м-ние Malakialina, Малагасийская Республика (Rickwood P.C., 1981. Amer. Mineral. Vol. 66. P. 885-907).

Ресурсы Be в альбит-сподуменовых пегматитах иногда превышают 10.000 т, в сподумен-микроклин-альбитовых пегматитах до 1000 т Be, в альбитовых пегматитах до нескольких сот тонн Be, в микроклиновых пегматитах до нескольких десятков тонн Be.

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Берилл

2300 мм



Горный
Алтай



Кристаллы до 1400 мм.
Норвегия



Кристалл 900 мм
в кварце. Бразилия



30 мм

Абчада,
Восточный
Саян

20 мм



РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Берилл



Кондаковское м-ние



Удраз, Чехия



56x54 мм. Восточный Саян

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Ростерит



Ростерит до 5 мм
на лепидолите.
Сред. Урал



46 мм.
Aracuaí,
Минас Жераис

Бразилия



РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

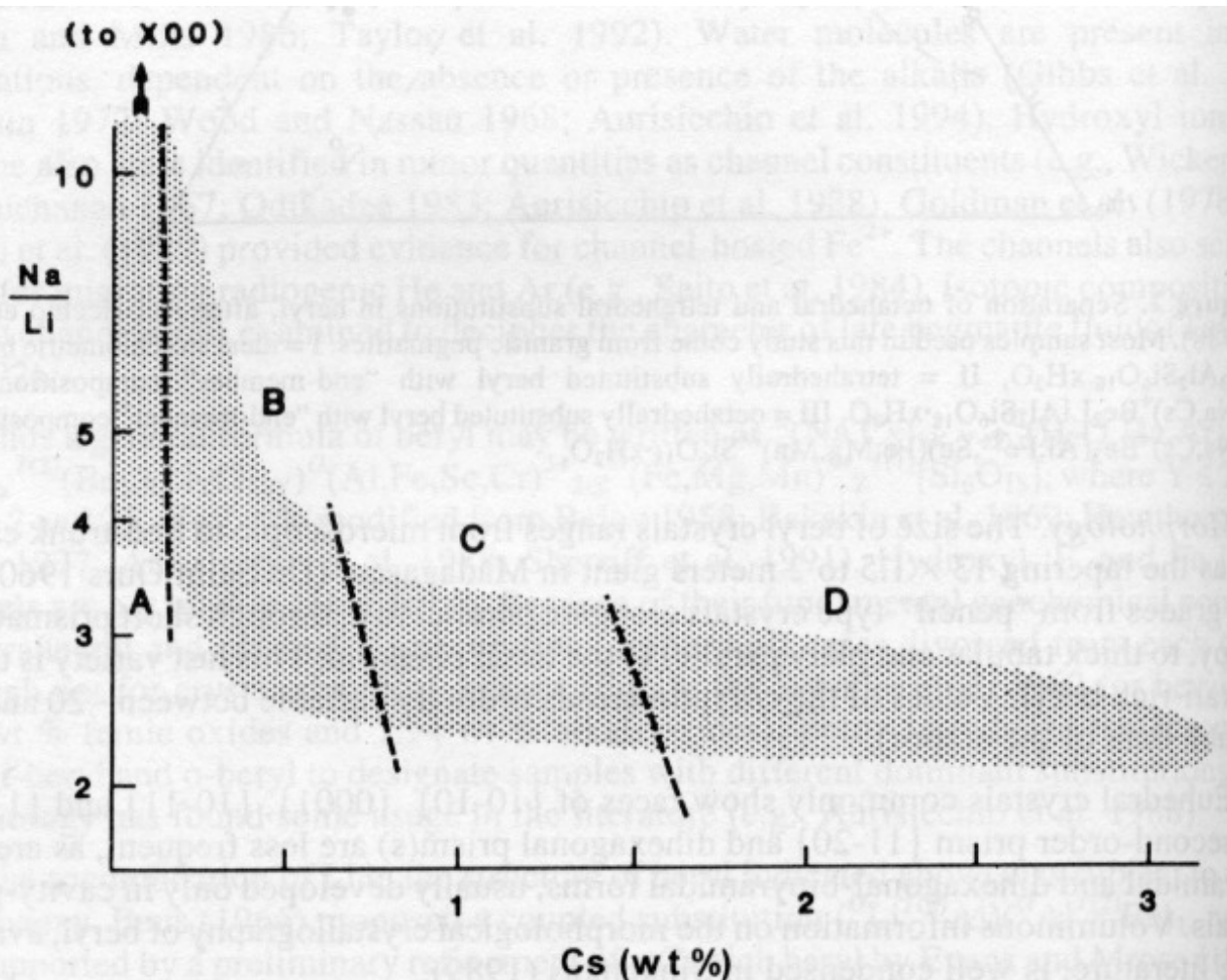
Берилл – воробьевит (морганит)



Воробьевит (3-5 % Cs) 15x10 мм с альбитом. Нуристан, Пакистан



РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.



Цезий
в
бериллах

Figure 3. The Na/Li versus Cs diagram for late primary beryl from granitic pegmatites (Trueman and Černý 1982). The decrease in Na/Li parallels an increase in absolute contents of both elements. A = barren and geochemically primitive beryl-type pegmatites (including most pegmatites of the rare-earth type), B = geochemically evolved beryl-columbite and beryl-columbite-phosphate pegmatites, C = albite-spodumene and complex pegmatites, D = highly fractionated Li,Cs,Ta-rich complex pegmatites. The trend characteristic of the progressive evolution of individual pegmatite categories is also typical for sequences of beryl generations from early (outer) to late (mainly inner) zones within individual pegmatite bodies.

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Гельвин $(\text{Mn,Fe,Zn})_8 [\text{BeSiO}_4]_6 \text{S}_2$

Бериллосиликат-сульфид марганца-железа-цинка – гельвин нередко в гранитных пегматитах, но не образует в них существенные скопления



Амазонитовые
пегматиты
Ильменских гор



Слева и в центре – железистый гельвин, справа - цинкистый

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Даналит $(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Zn})_8 [\text{BeSiO}_4]_6 \text{S}_2$



6331

ДАНАЛИТ

Danalite

$\text{Fe}_4^{2+} \text{Be}_3(\text{SiO}_4)_3\text{S}$

Зап. Кейвы, хр. Серповидный

Фото Н.Н. Жукова и
Э.М. Спиридонова

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Гельвин $(\text{Mn,Fe,Zn})_8 [\text{BeSiO}_4]_6 \text{S}_2$



Вушань, Тонгбей,
Фуцзянь, Китай

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

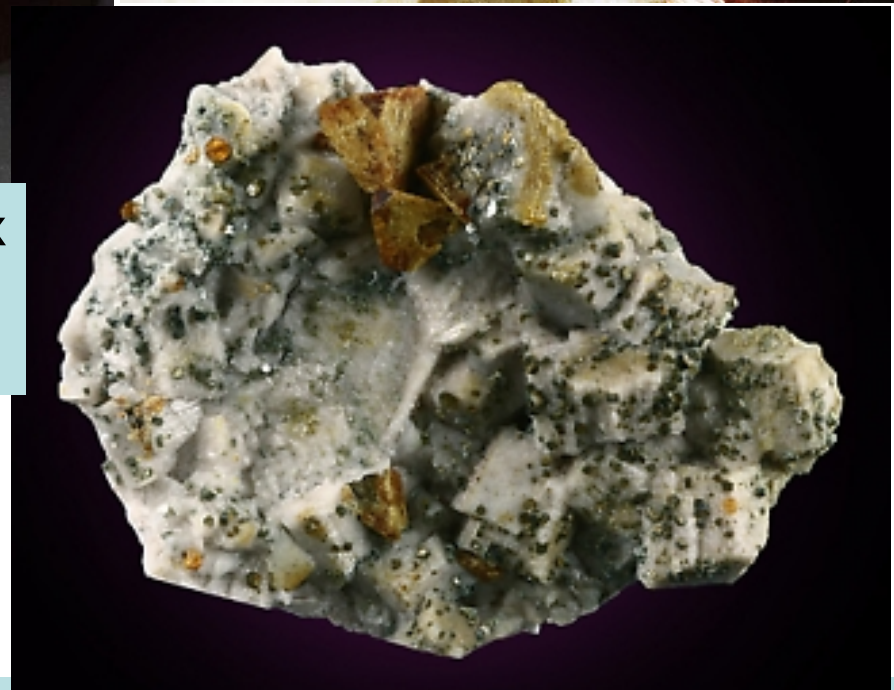
Гельвин $(\text{Mn,Fe,Zn})_8 [\text{BeSiO}_4]_6 \text{S}_2$

Со спессартином



20x17
MM

70x
53
MM



Wushan mine, Tongbei, Фуцзянь, Китай