

А.Е. Ферсман по дороге на гранитные пегматиты Борщовочного кряжа, Восточное Забайкалье



Э.М. Спиридонов

СПОДУМЕН

КУНЦИТ

ГИДДЕНИТ

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ



Средний Урал. Колл. О.К. Иванова. Фото Н.Н. Жукова

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

История формирования и зональность

Редкометальные пегматиты – сподумен – калишпат - альбитовые, альбит - сподуменовые, существенно альбитовые с танталит - колумбитом, бериллом и минералами лития; калишпат - альбитовые с бериллом и танталитом; существенно калишпатовые (микроклиновые) с бериллом и колумбитом и иные. Рассмотрим два типа.

Наиболее важный тип промышленных редкометальных пегматитов – сподумен – калишпат -альбитовые с минералами Li, поллуцитом, танталитом и бериллом. Это единичные мощные жилы и линзы , залегающие полого ! - Бикита (Центр. Африка), Карибиб (Намибия), Танко и Монтгари (Канада), Варутреск (Швеция), Вольта Гранде (Минас Жераис, Бразилия), Вишняковское – Елаш (Саяны), Калбинские (ЮЗ Алтай). Их размеры впечатляют – длина до 1500 м, мощность до 150 м. Весьма сложный минеральный состав. Очень высокая степень дифференциации. Нередко строение пегматитов от зальбандов к центру таково: 1) неравномерно-зернистые жильные граниты; 2) графическая зона калишпат + кварц; 3) зона зернистого альбита с бериллом и колумбитом; 4) зона блокового кашпата; 5) зона кварц - мусковитовая с бериллом и танталит - колумбитом; 6) зона сахаровидного альбита с танталит -

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

История формирования и зональность

колумбитом; 7) кварц – клевеландит - сподуменовая зона с амблигонитом, петалитом, литиофиллитом, танталлатами, бериллом; 8) зона мелко пластинчатого альбита с Li-Rb-мусковитом, воджинитом, микролитом и другими танталлатами, бериллом, поллуцитом; 9) зона лепидолита с поллуцитом и микролитом; 10) зона блокового микроклина; 11) зона блокового кварца. Иногда соседние зоны сливаются до 3 – 7 зон. В ряде пегматитовых тел развиты небольшие скопления сульфидов (пирротин, халькопирит, станноидит..., теннантит, тетраэдрит, висмутин...) и самородного висмута. В этих пегматитах величина $Ta/Nb > 1$ и до 5-10. По падению жил сподумен – калишпат - альбитовых пегматитов промышленное оруденение прослеживается на глубину в несколько сот метров. На глубину наиболее выдержанны содержания Nb, Be, Li, менее Ta и Sn, резко снижаются концентрации Rb и особо Cs.

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Елаш (Вишняковское), Вост. Саян

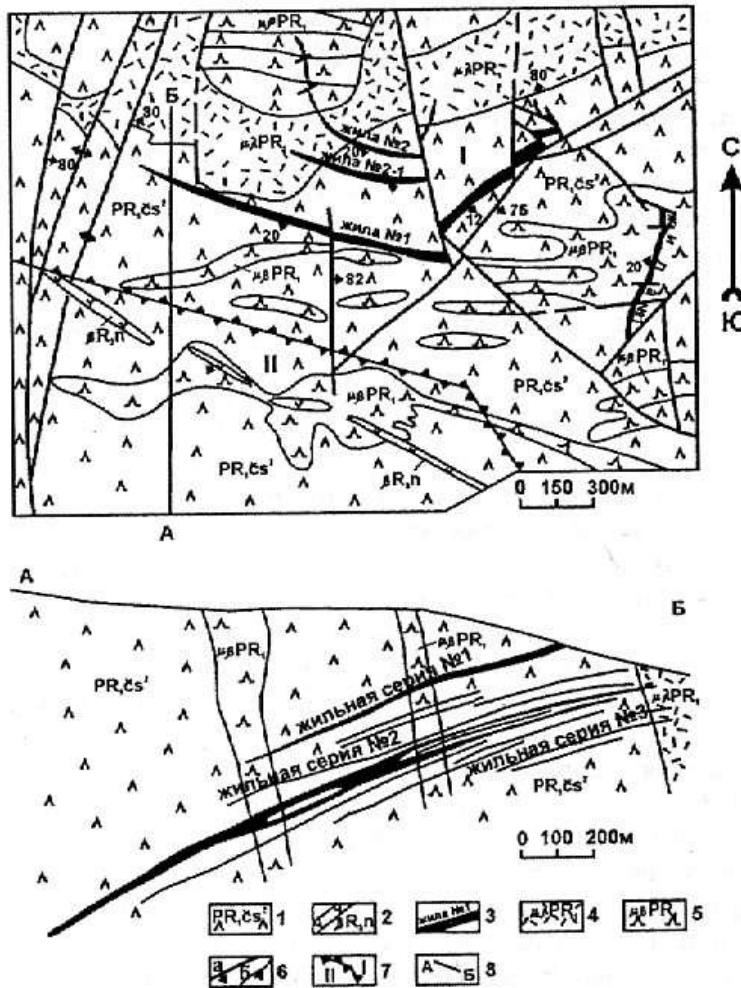


Рис. 9. Схематические геологические карта и разрез Вишняковского месторождения (по Г.М. Ерёмину и др., 1980)

1 - нижний протерозой: сублукская серия, часовенская свита (метадиабазы, метапорфиры, ортоамфиболиты); 2-3 - интрузивные породы: 2- верхний протерозой, Нерсинский интрузивный комплекс, (дайки диабазов), 3 - нижний протерозой, Саянский интрузивный комплекс, (редкометалльные пегматиты) 4-5 - субвулканические образования нижнего протерозоя: 4 - фельзиты, граниты, порфиры, 5 - метадиабазы, метагаббродиабазы; 6 - разрывные нарушения (а), геологические контакты (б); 7 - границы между участками месторождения: I - участок Рябиновый, II - участок Юго-Западный; 8 - линия разреза по А-Б.

13 жильных тел пегматитов – длина 300 – 2500 м, в среднем 1500 м; длина по падению 70 – 1600 м, в среднем 1100 м; мощность 2 – 33 м, в среднем 14 м.

Сподумен – воджинит – танталитовый тип руд.

Средние содержания :

Ta – 200 ppm, Nb – 70 ppm, Sn – 100 ppm, Be – 200 ppm, Rb – 4000 ppm, Cs – 350 ppm, Li – 400 ppm.

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. Танко, Манитоба, Канада

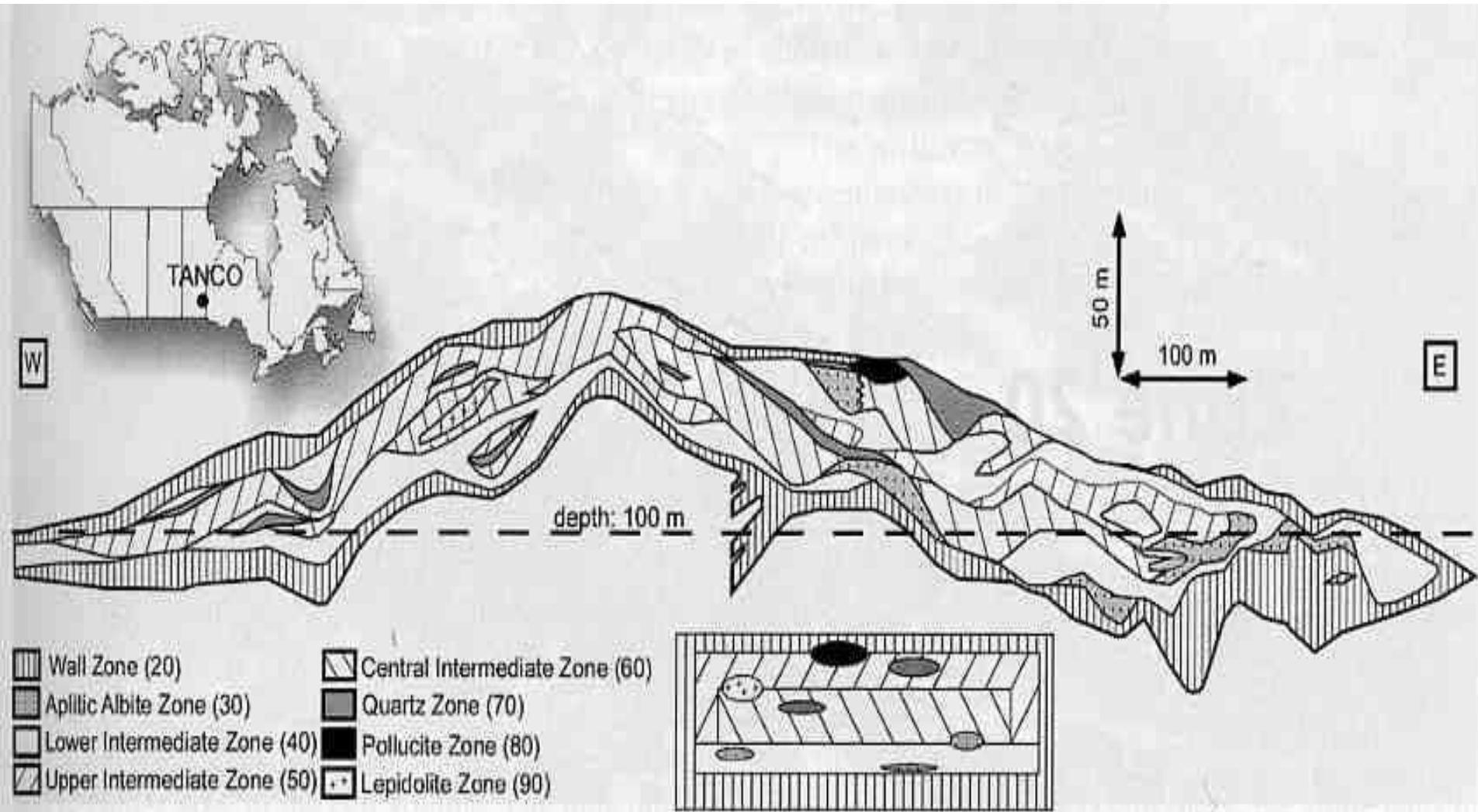


FIG. 1. East-west cross-section through the Tanco pegmatite (from Tanco geologists). A very schematic and simplified view of its zone distribution is shown beside the legend. Note that the vertical scale is doubled to allow a better view of the zoning.

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Танко, Манитоба, Канада

TABLE 1. ZONING OF THE TANCO PEGMATITE

Zones	Main constituents	Characteristic subordinate, (accessory) and [rare] minerals	Textural and structural characteristics	Geochemically important major and (minor) elements
Exomorphic Zone	Bt, Tur, Hmq	(Apy)	fine-grained reaction rims and diffuse veins	K, Li, B, (P, Rb, Cs, F)
(10) Border Zone	Ab, Qtz	Tur, Ap, (Bt), [Brl, Tph]	fine-grained layers	Na, (B, P, Be, Li)
(20) Wall Zone	Ab, Qtz, Ms, lithian Ms, Mc perthite	Brl, (Tur)	medium-grained with giant crystals of K-feldspar	K, Na, (Li, Be, F)
(30) Aplitic Albite Zone	<u>Ab</u> , Qtz, (Ms)	Ms, <u>Ta-oxide minerals</u> , Brl, (Ap, Tur, Cst), [Ilm, Zrn, sulfides]	fine-grained undulating layers, fracture fillings, rounded blebs, diffuse veins	Na, (Be, Ta, Sn, Zr, Hf, Tl)
(40) Lower Intermediate Zone	Mc perthite, Ab, Qtz, Spd, Amb	lithian Ms, Lph, [Lpd, Ta-oxide minerals, Cst]	medium- to coarse-grained heterogeneous [Ta]	K, Na, Li, P, F,
(50) Upper Intermediate Zone	<u>Spd</u> , <u>Qtz</u> , <u>Amb</u>	Mc perthite, Pol, Lph, (Ab, lithian Ms), [Pet, Ecr, Ta-oxide minerals]	giant crystals of most major and subordinate minerals	Li, P, F, (K, Na, Cs, Ta)
(60) Central Intermediate Zone	<u>Mc perthite</u> , Qtz, Ab, Ms	Brl, (<u>Ta-oxide minerals</u>), [Zrn, Ilm, Spd, sulfides, Lph, Ap, Cst]	medium to coarse grained	K, (Na, Be, Ta, Sn, Zr, Hf, Tl)
(70) Quartz Zone	<u>Qtz</u>	[Spd, Amb]	massive, monomineralic	Si, (Li)
(80) Pollucite Zone	<u>Pol</u>	Qtz, Spd, [Pet, Ms, Lpd, Ab, Mc, Ap]	essentially monomineralic	Cs, (Li)
(90) Lepidolite Zone	<u>lithian Ms</u> , <u>Lpd</u> , Mc perthite	Ab, Qtz, Brl, (<u>Ta-oxide minerals</u> , Cst), [Zrn]	fine-grained	Li, K, Rb, F, (Na, Be, Ta, Sn, Zr, Hf, Ga)

TABLE 2. VOLUME OF INDIVIDUAL ZONES AND TOTAL VOLUME OF THE TANCO PEGMATITE

Pegmatite zones	Volume (m ³)	Volume %	Pegmatite zones	Volume (m ³)	Volume %
Zone (10)	21,842	0.1	Zone (60)	1,560,537	7.1
Zone (20)	9,595,918	43.9	Zone (70)	1,068,619	4.9
Zone (30)	739,169	3.4	Zone (80)	103,913	0.5
Zone (40)	5,692,659	26.1	Zone (90)	177,657	0.8
Zone (50)	2,881,607	13.2	Total	21,841,921	100.0

TABLE 3. MODAL MINERAL COMPOSITION OF THE TANCO PEGMATITE

Zone	(10)	(20)	(30)	(40)	(50)	(60)	(70)	(80)	(90)	Tanco
Volume	0.10	43.93	3.38	26.06	13.19	7.14	4.89	0.48	0.81	100.00
Quartz	28.7	36.0	24.0	34.0	11.0	15.0	94.5	11.0	10.0	32.87
Albite	66.0	40.7	70.0	25.0	7.0	20.0	0.1	5.0	8.0	29.34
K-feldspar		15.0		24.0	25.0	50.0	2.0	2.0	10.0	19.95
Muscovite	1.0	3.0	3.0	1.0	0.1	12.0		1.5		2.56
Lithian Ms		3.0		2.0	0.1				70.0	2.43
Lepidolite			0.1	0.5	0.1	0.1		3.0		0.169
Petalite				10.0	46.0		1.0	1.2		8.75
Spodumene				0.3	5.0	0.1	2.0	0.5		0.847
Eucryptite					2.0					0.264
Apatite	2.0	0.1	0.4	0.2	0.1	0.2		0.5	0.1	0.143
Lithiophilite	0.1	0.1	0.2	0.5	1.0	0.5			0.2	0.351
Amblygonite		0.5	0.1	1.5	1.0		0.4	0.1	1.0	0.776
Beryl	0.2	0.5	1.0	0.1	0.1	1.0			1.0	0.373
Pollucite				0.5	1.0			75.0		0.620
Tourmaline	2.0	1.0	0.5	0.1	0.1	0.1				0.506
Cassiterite		0.005	0.01	0.01	0.005	0.01			0.01	0.006
Rutile				0.01	0.01	0.01				0.002
Ferrotapiolite				0.01		0.002				0.001
Columbite Grp.		0.01	0.01	0.01	0.002	0.005			0.01	0.004
Wodginite Grp.			0.03		0.002	0.04		0.001	0.03	0.006
Microilite Grp.			0.01	0.015	0.002	0.01			0.02	0.005
Simpsonite						0.001				0.0001
Uraninite					0.005	0.005			0.005	0.0011
Zircon			0.02		0.01	0.02			0.02	0.0036
Biotite	0.1									<0.001
Total	100.00	99.93	99.48	99.76	99.71	99.18	100.00	99.84	100.41	100.00

All values given as volume percent. Symbol: Ms: muscovite.

Modified after Černý *et al.* (1998). * Underlined minerals occur in economic quantities in the zones indicated. Mineral symbols as listed in <http://www.mineralogicalassociation.ca/doc/symbols.pdf>

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

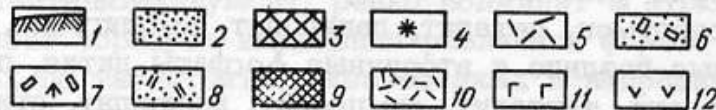
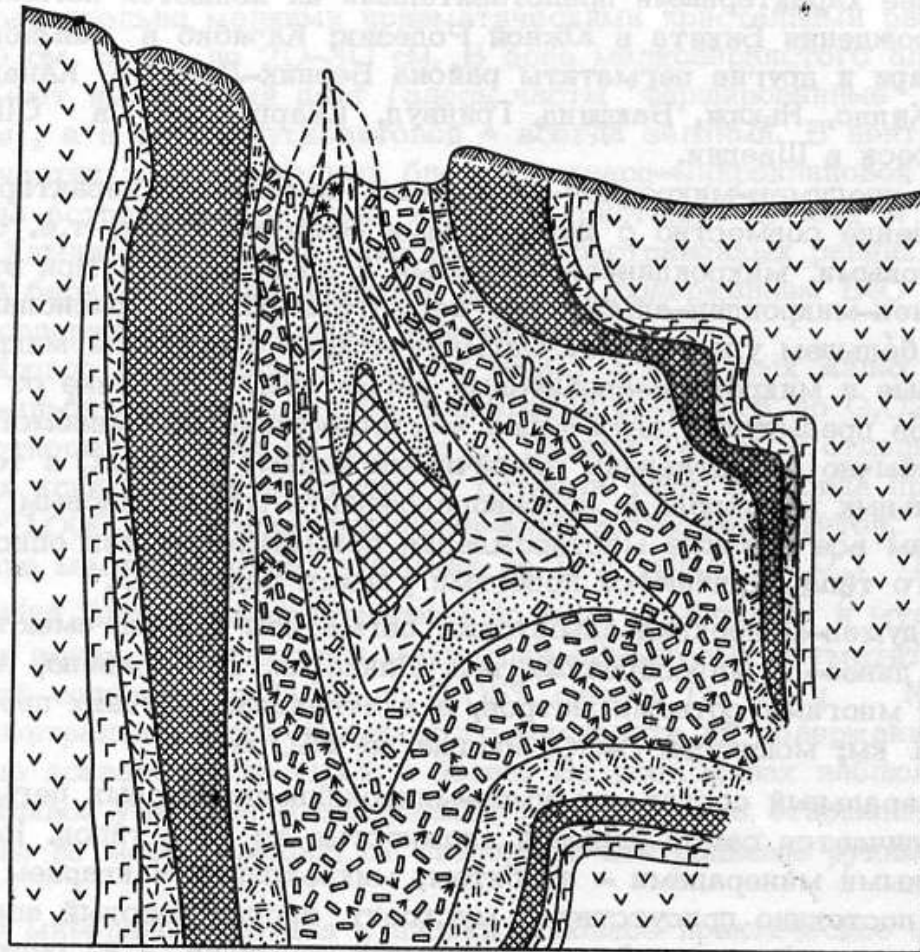


Рис. 12. Геологический разрез по сподумен-микроклино-альбитовому пегматиту.
1 – почвенный слой и наносы; зоны: 2 – блокового кварца, 3 – блокового микроклина П, 4 – чешуйчатого лепидолита, 5 – мелкопластинчатого альбита, 6 – кварц-сподуменная, 7 – клеветландит-сподуменная, 8 – кварц-мусковитовых гнезд, 9 – блокового микроклина 1, 10 – гнезд мелкозернистого альбита с бериллом, 11 – графическая кварц-микроклиновая; 12 – габбро

Южная Сибирь

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

История формирования и зональность

Другой весьма важный тип редкометальных гранитных пегматитов – альбит-сподуменовый с колумбитом, бериллом и касситеритом. Представлен плитообразными жилами, часто круто падающими, длиной до 3 км, с вертикальной протяжённостью до 2 – 6 км и более, при мощности от 1-10 до 40-60 м. Главные минералы – кварц, альбит и сподумен, калишпата до 10-15 %. Второстепенные – зелёный чешуйчатый мусковит (лепидолита нет!), сине-зелёный турмалин, гранат, апатит. Зональность мало отчётливая, дифференциация слабая. Обычно развиты две-три зоны: краевая мелкозернистая кварц-альбитовая; главная кварц-альбит-сподуменовая; ± зона блокового микроклина. Главные редкометальные минералы – серо-зеленоватый сподумен (кристаллы до многих м), берилл, колумбит. Это крупнейшие месторождения лития – отдельные тела содержат до 1 млн. т Li. Кроме того, это довольно крупные месторождения Be, а также Ta (но Ta/Nb < 1!) и Sn, с запасами каждого до десятков тысяч тонн. Нуристан (Афганистан...) - крупнейшая Li провинция мира. Крупнейшие пегматитовые поля: Парунское, Ишкашимское, Нилау-Куламское, Дара-и-Пичское. Именно для этих Li гранитных пегматитов предполагается палингенное происхождение (за счёт материала глубоко погруженных и метаморфизованных Li соленосно-глинистых толщ типа отложений современных бессточных озёр на западе Северной Америки)

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. История формирования и зональность

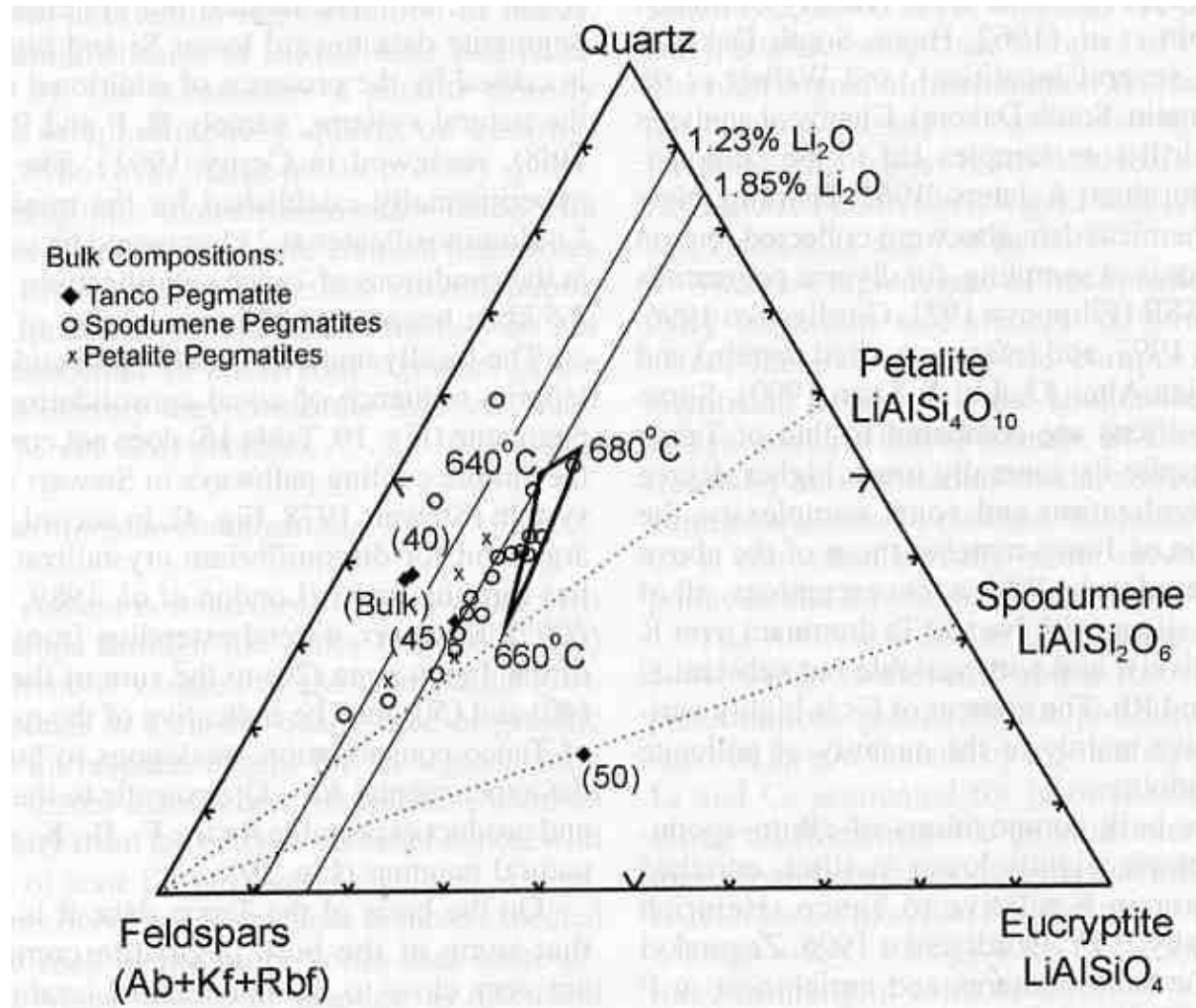


FIG. 19. Bulk compositions of petalite-subtype, spodumene-subtype, and albite–spodumene-type pegmatites from Stewart (1978), compared to plots of zone (40), zone (50), the weighted average of these zones (45), and the bulk of the Tanco pegmatite (Bulk).

Сравнение
реального
состава
редкометалльных
гранитных
пегматитов
с составами
синтетических
расплавов

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Сподумен $\text{Li Al} [\text{Si}_2\text{O}_6]$

Сподумен слагает досковидные кристаллы, с продольной штриховкой, пластинчатые, шестоватые. Цвет серовато-белый, зеленовато-белый, розоватый. Сподумен слагает до 25-50 % объёма гранитных пегматитов. Длина его кристаллов достигает 20 м, вес 10-15 т.

Сподумен кристаллизуется главным образом самостоятельно, ранний сподумен в пегматитах содержит расплавные включения. Некоторая часть сподумена возникла при распаде петалита : $\text{Li Al} [\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ (петалит) $\rightarrow \text{Li Al} [\text{SiO}_4]$ (сподумен) + 3 SiO_2 . Такие кварц-сподуменные агрегаты (обычно мелко-среднезернистые) американские горняки называют «сквай», в Австралии их именуют “greenbushes”. Они используются как поделочный камень приятного розового цвета.

Сподумен – продукт прямой кристаллизации и сподумен «сквая» кристаллизовались из высокоплотного 1.8-2.0 г/см³ флюида с T гом. 540° C и ниже и P 2.1-2.6 кбар. Сподумен содержит массу флюидных и минеральных включений – кварц, альбит, Cs-анальцим, поллуцит, фаза $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$... Такие же включения содержат иные литиевые минералы – петалит, эвкрипит, лепидолит... Характерная примесь в сподумене – железо. Содержание оксидов железа в сподумене редкометальных пегматитов менее 1 масс. %. В составе сподумена Та-Li-Cs пегматитов Cs > Rb.

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Сподумен $\text{Li Al} [\text{Si}_2\text{O}_6]$

Известен прозрачный сподумен розового цвета, окраска связана с Mn^{2+} , Mn^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} ... Нагрев выше 500°C приводит к полному обесцвечиванию сподумена, электронные центры с участием ионов марганца и железа и дырочные центры аннигилируют. Следовательно, природный прозрачный розовый сподумен возник при T менее 500°C .

Сподумен включает до 90 % ресурсов пегматитового лития. Запасы Li в отдельных телах альбит-сподуменовых пегматитов до 1 млн. т, в отдельных телах сподумен – микроклин - альбитовых пегматитов – до 0.2 млн. т.

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. Сподумен. Кристалл 14.3 м. Южная Дакота, США

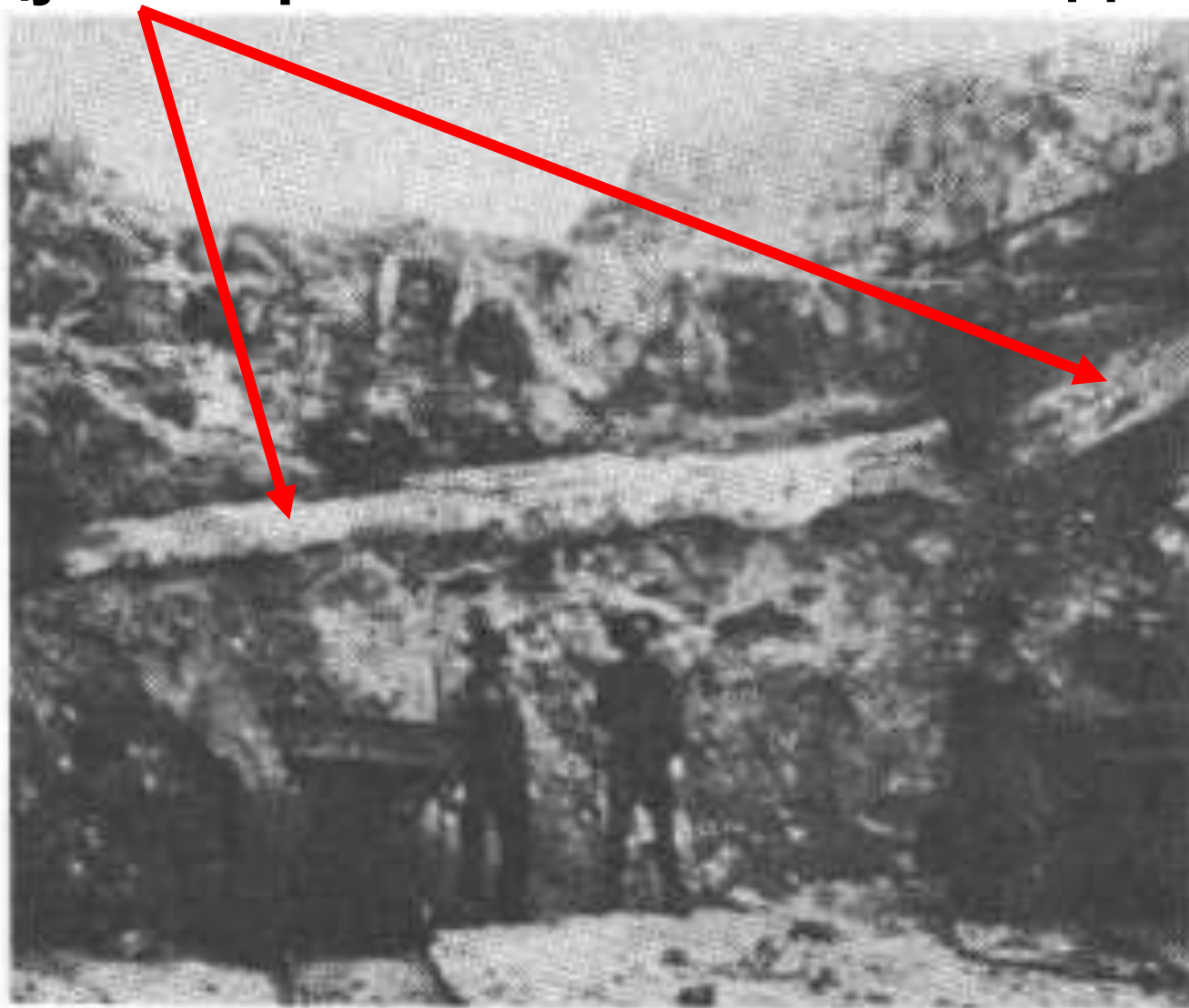


Fig. 10. The largest *INOSILICATE* crystal by length. Spodumene, Etta Mine, South Dakota, U.S.A.—(14.3 m long).

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Сподумен $\text{Li Al} [\text{Si}_2\text{O}_6]$



Norwich, Массачусетс, США

Сподумен в агрегатах лепидолита.
Вороньи тундры, Кольский п-ов



80 мм

Монгольский Алтай, Синьцзян, Китай



Нуристан,
пров. Лагман,
Афганистан

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. Сподумен. Вороньи тундры, Кольский п-ов



Фото Н.Н.
Жукова и
Э.М.
Спиридонова

**РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.
Сподумен $\text{Li Al} [\text{Si}_2\text{O}_6]$**



118x81 мм. Завитая. Восточное Забайкалье

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Сподумен $\text{Li Al} [\text{Si}_2\text{O}_6]$

61x49 мм

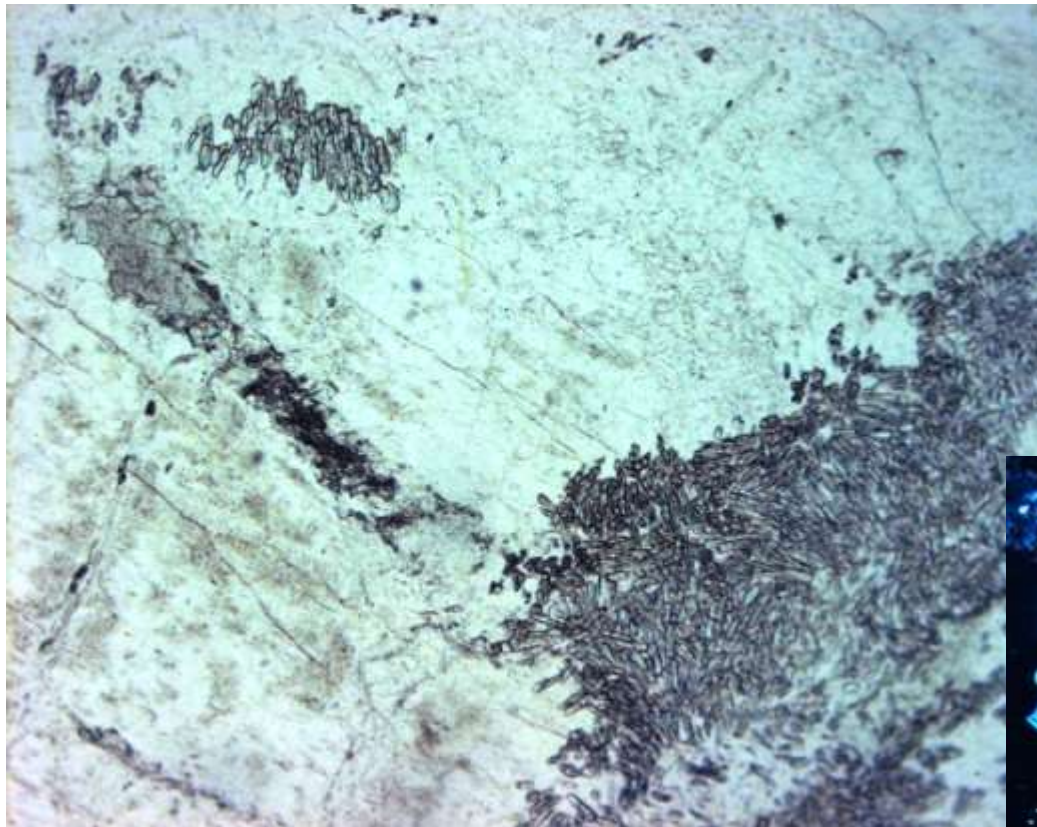


Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

С лепидолитом и альбитом. Калбинский хребет, ЮЗ Алтай

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Калба. «Сквай» - продукт распада петалита = мелкозернистые срастания сподумен+кварц



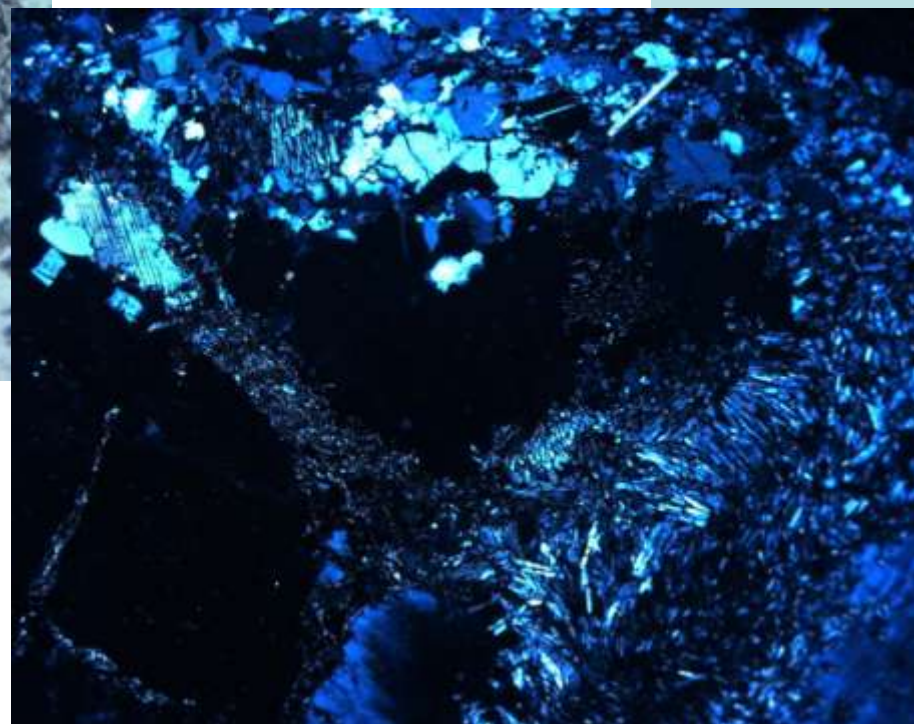
При 1 николе

петалит $\text{LiAl}[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \rightarrow$
сподумен $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$
+ 2 кварц SiO_2

Николи х

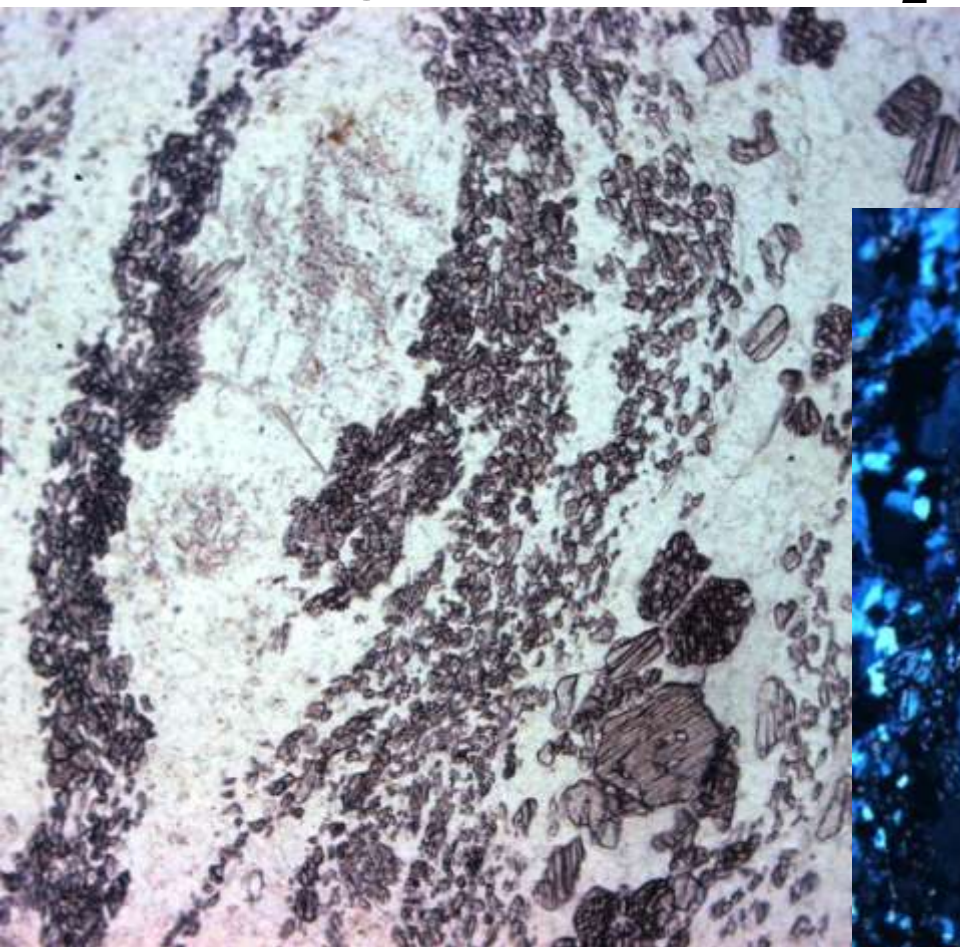
Сподумен (рельефный)

Колл. Ю.И. Филипповой
Фото Э.М. Спиридонова

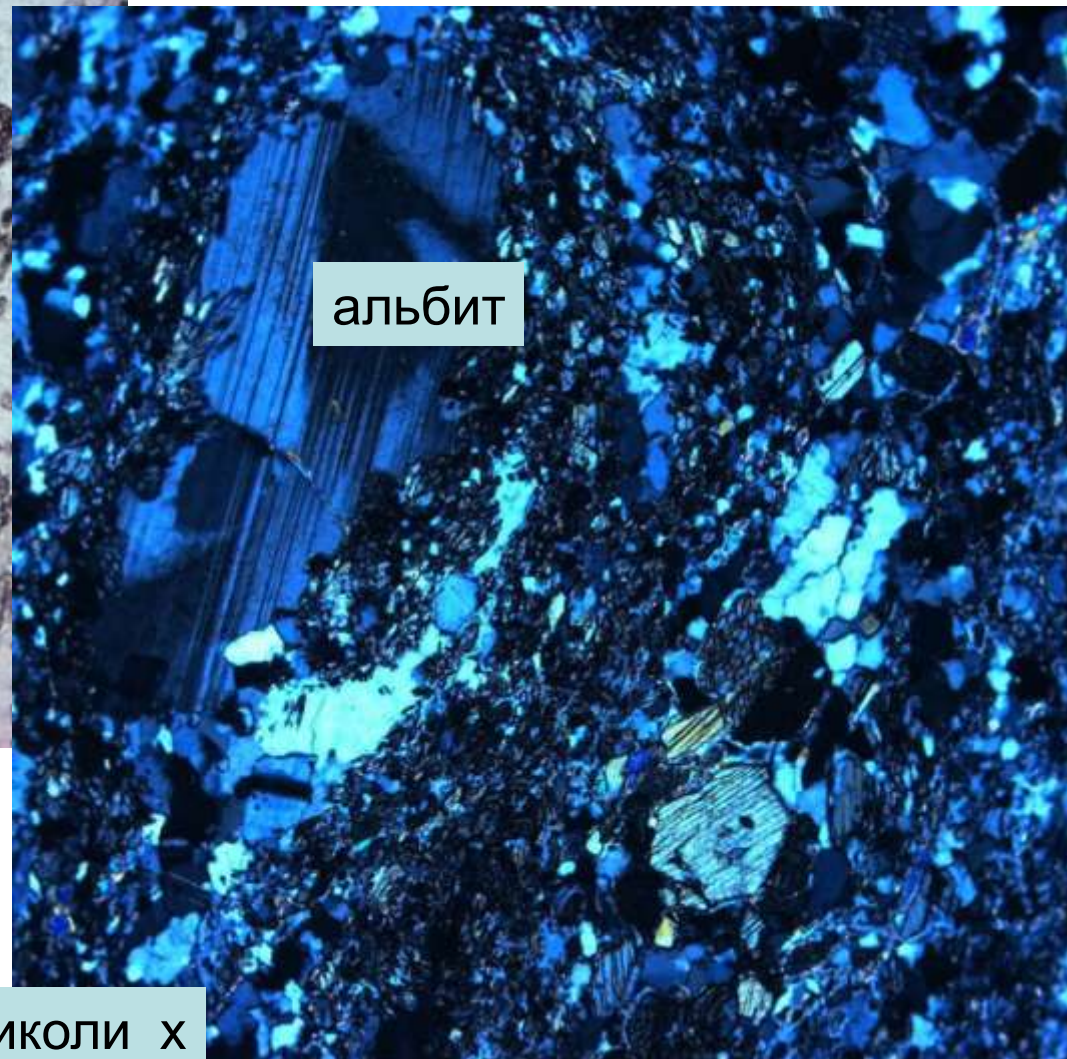


РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Сподумен $\text{Li Al} [\text{Si}_2\text{O}_6]$. Калба, ЮЗ Алтай



Колл. Ю.И. Филипповой
Фото Э.М. Спиридонова



альбит

При 1 николе

Мелкозернистые агрегаты
сподумен (рельефный) +
альбит + кварц

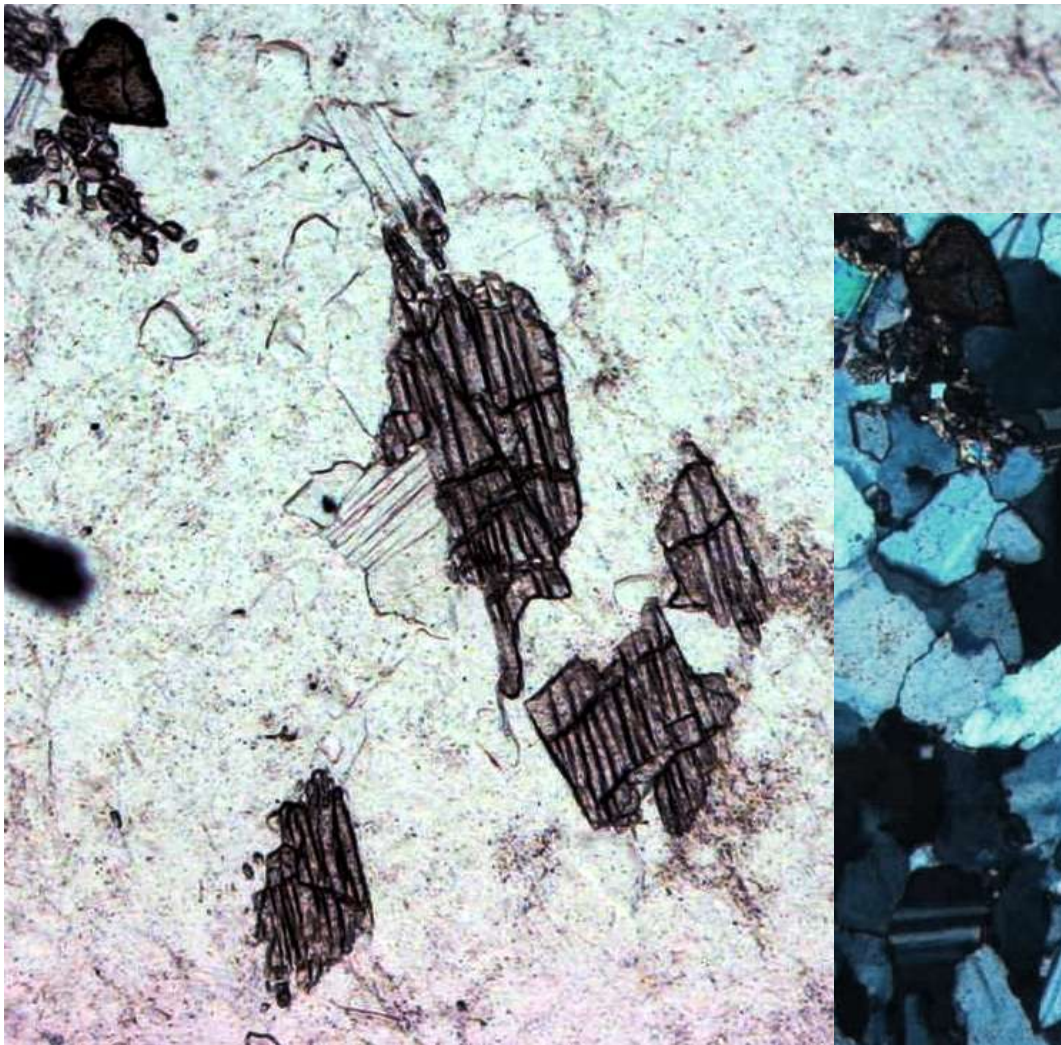
Николи x

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Сподумен $\text{Li Al} [\text{Si}_2\text{O}_6]$. Калба, ЮЗ Алтай

При 1 николе

Николи х

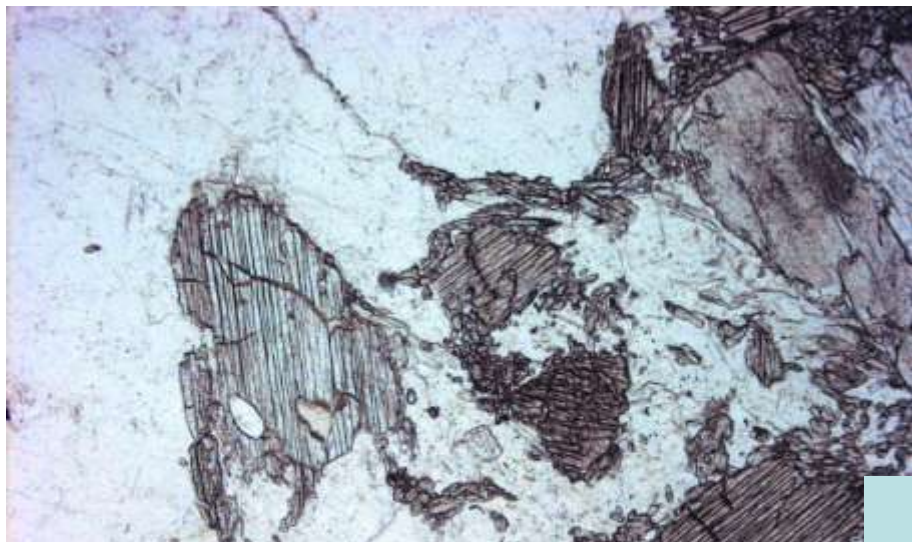


Сподумен (рельефный) -
двойник, касситерит,
лепидолит

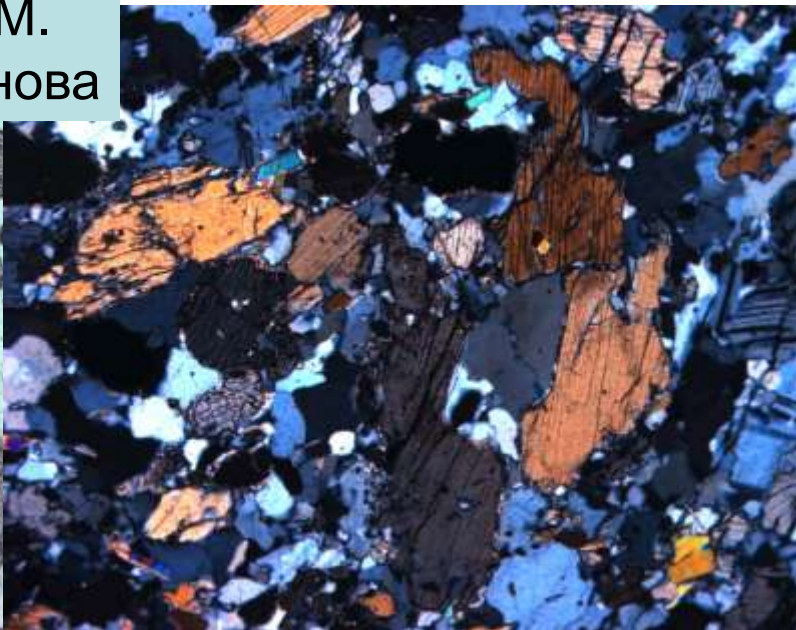
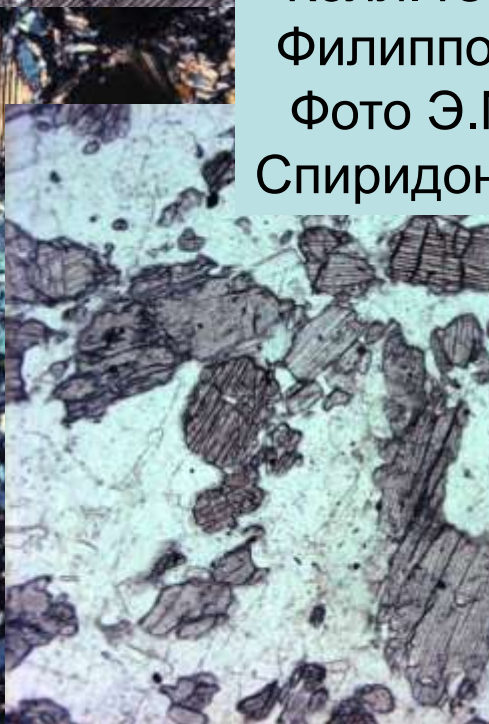
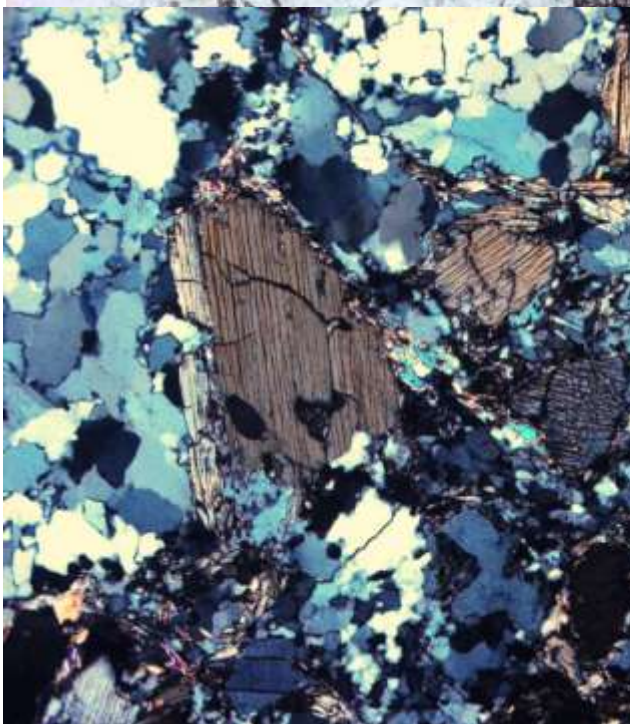
Колл. Ю.И. Филипповой
Фото Э.М. Спиридонова

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Сподумен $\text{Li Al} [\text{Si}_2\text{O}_6]$. Калба, ЮЗ Алтай



При 1
нике



Колл. Ю.И.
Филипповой
Фото Э.М.
Спиридонова

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ



70x50 мм. Золотая Гора, Забайкалье

Относительно богатые кварцем
графические срастания



140x120 мм

Смена условий при
росте одного кристалла
К-Na полевого шпата

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Сподумен $\text{Li Al} [\text{Si}_2\text{O}_6]$

Сподумен кристаллизуется, начиная с магматических условий, - это достаточно высокотемпературный минерал.
Прозрачный сподумен образуется ниже $550\text{-}500^\circ \text{C}$.



Мави, Лагман, Афганистан



38x18
мм



18
X
11
мм

Со спессартином.
Пакистан

Кулам, Нуристан, Афганистан



КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Сподумен $\text{Li Al} [\text{Si}_2\text{O}_6]$



Арасуаи, Минас Жераис,
Бразилия

ИНВЕРСИОННЫЙ СПОДУМЕН

Сподумен $\text{Li}(\text{Al}, \text{Mn}^{3+})[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Кунцит замечательного сиреневого и светло-фиолетового цвета обилен в крупных плитообразных телах сподуменовых пегматитов Афганистана, Памира, Пакистана (Нуристана), известен в пегматитах Калифорнии (Himalaya Mine) и Бразилии (Urucum Mine, Минас Жераис). Уникальное м-ние кунцита Кулам. Прозрачный сподумен – кунцит образуется ниже 500°C , ассоциирует с клевеландитом и лепидолитом. При наличии во вмещающей среде серпентинитов с феррихромитом в сподуменовых гранитных пегматитах в этих условиях появляется зелёный хромсодержащий гидденит.

80 мм.

Кулам,

Нуристан,

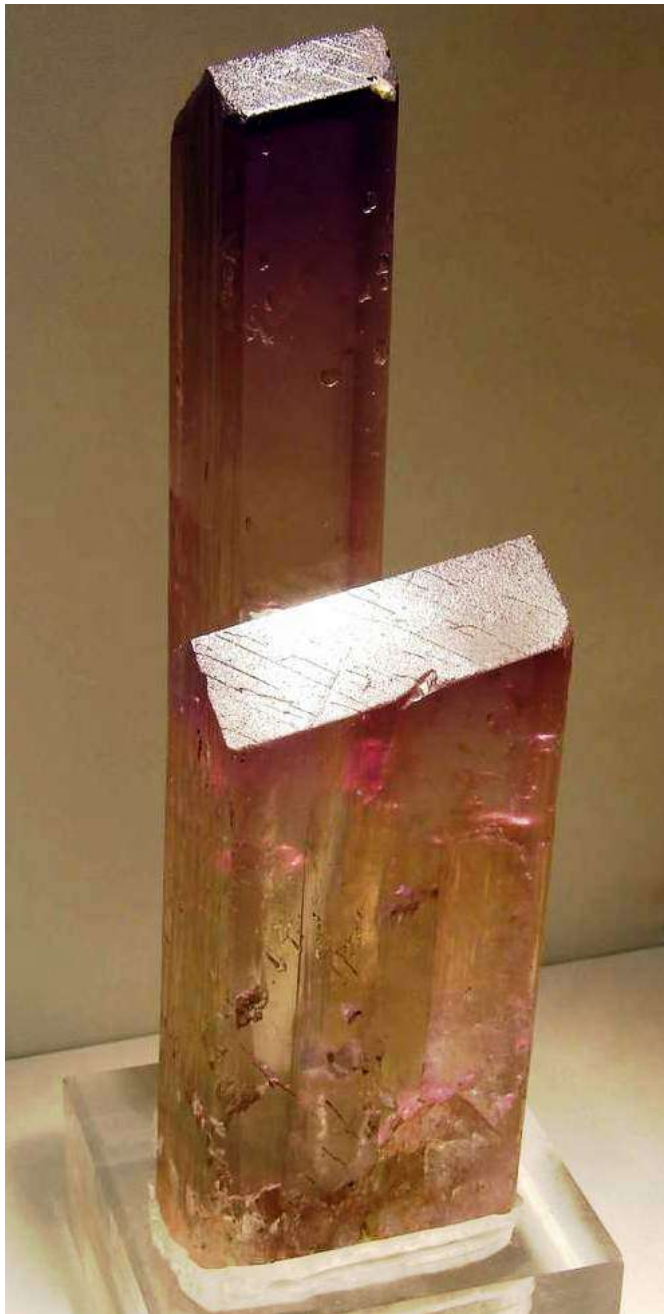
Афганистан



ИНВЕРСИОННЫЙ СПОДУМЕН

Уникальное месторождение кунцита Кулам – часть (1200 м) крупной (3000x5-40 м) пологой (10-20°) жилы сложно дифференцированных альбит-микроклиновых гранитных пегматитов среди габбро-норитов. От основной жилы отходят многочисленные круто падающие апофизы 200-400x2-10 м. Полости с кунцитом развиты в основном у всякого контакта главной пегматитовой залежи и в апикальных частях апофиз пегматита. Минерализованные зоны 1 типа – с массой полостей размером 0.5 – 3 м, которые развиты в блоковой микроклиновой зоне с размером кристаллов микроклина до 5 м и с биотитом. Стенки полостей покрыты множеством коротко столбчатых кристаллов микроклина и горного хрусталя. На них местами выросли агрегаты голубого тонко пластинчатого альбита – клевеландита, мусковита, лепидолита, розового сподумена и кунцита, воробьевита, поллукита. Они интенсивно замещают микроклин. Минерализованные зоны 2 типа – грубозернистые агрегаты микроклина (10-100 см), кварца (10-100 см), бело-розового досковидного сподумена (4-5 – 70 см), промежутки между которыми заполнены агрегатами клевеландита и лепидолита, - с массой неравномерно распределённых полостей до 2.5x1.5 м. В полостях – клевеландит, лепидолит, кунцит, воробьевит, поллукит, касситерит, мангантанталит, манганопатит, микролит... Размер кристаллов кунцита от 2x1x1 см до 45x20x4 см (Россовский, 1980).

ИНВЕРСИОННЫЙ СПОДУМЕН - КУНЦИТ



Kulam, Nuristan,
Афганистан

Mawi, Laghman,
Афганистан



ИНВЕРСИОННЫЙ СПОДУМЕН - КУНЦИТ



Мави, Laghman,
Афганистан



114 мм



Полихром-
ный. Парок,
Nuristan,
Афган



ИНВЕРСИОННЫЙ СПОДУМЕН - КУНЦИТ



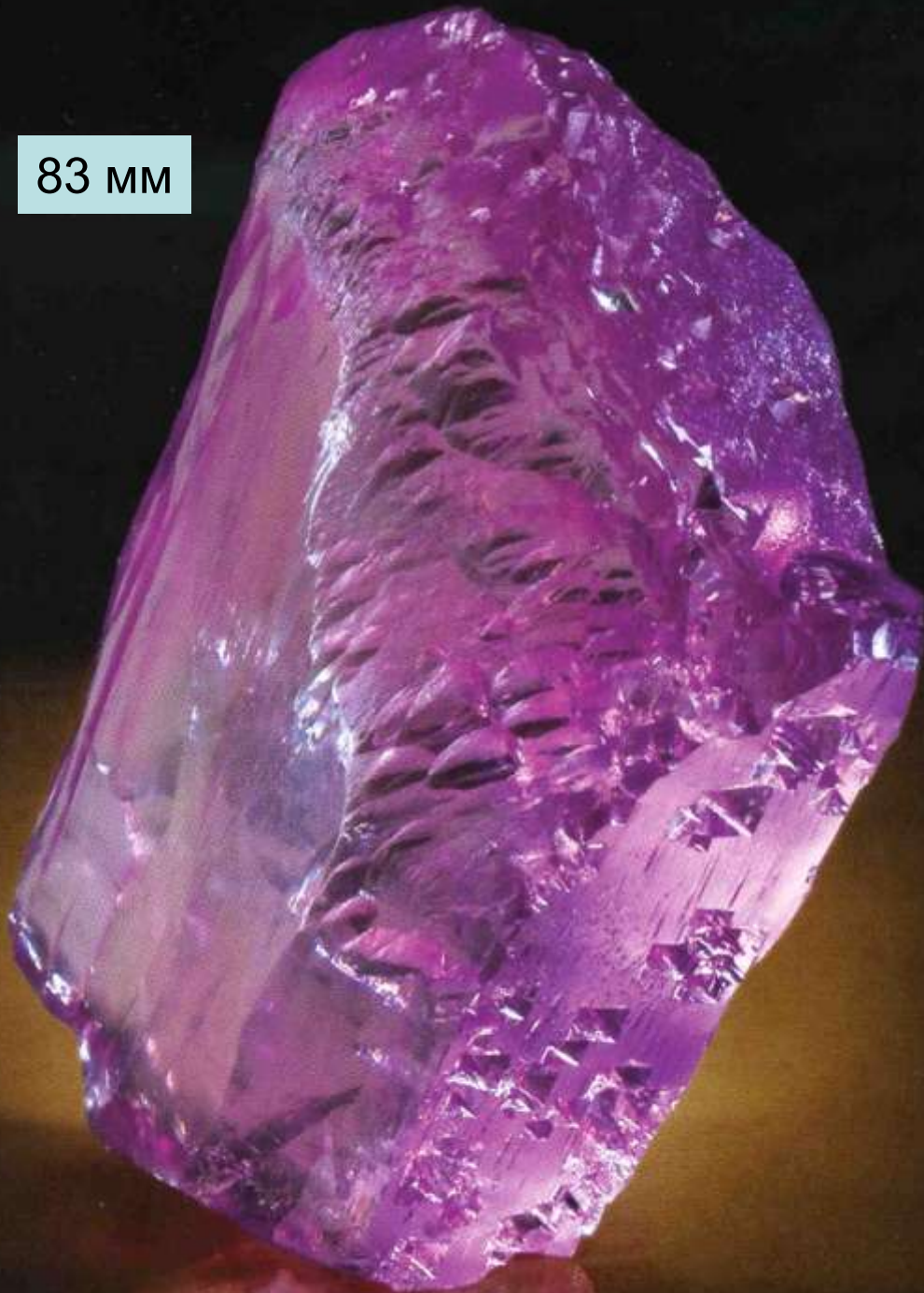
310 мм

С альбитом

С воробьевитом

Афганистан

83 мм



ИНВЕРСИОННЫЙ СПОДУМЕН – КУНЦИТ



Urucum mine, Minas Gerais

ИНВЕРСИОННЫЙ СПОДУМЕН - КУНЦИТ



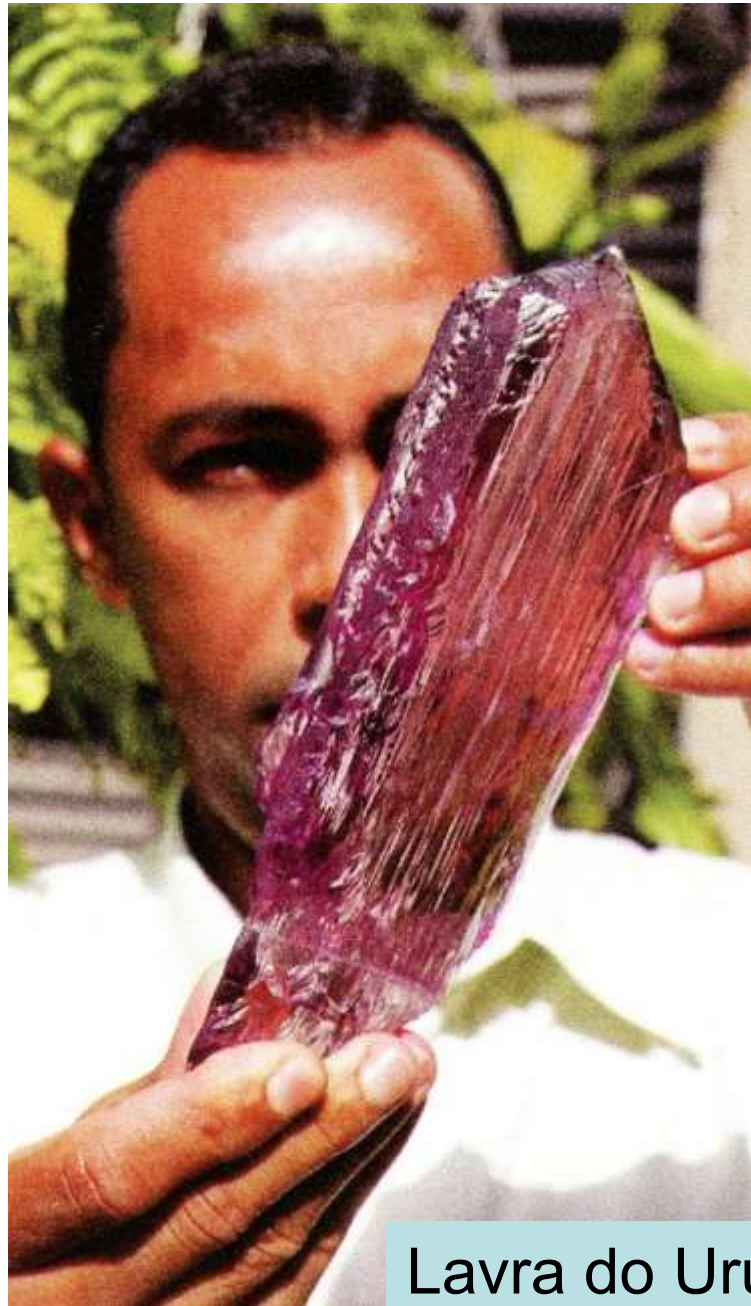
Urucaca mine, Itambacuri, Минас Жераис, Бразилия

ИНВЕРСИОННЫЙ СПОДУМЕН - КУНЦИТ



95x28 мм. Lavra do Urucum, Galilea. Минас Жераис

ИНВЕРСИОННЫЙ СПОДУМЕН - КУНЦИТ



Лавандовый
сподумен

350x170 мм



Lavra do Urucum, Galilea. Минас Жераис

ИНВЕРСИОННЫЙ СПОДУМЕН - КУНЦИТ



Lavra do Urucum, Galilea. Минас Жераис

ИНВЕРСИОННЫЙ СПОДУМЕН ПОЛИХРОМНЫЙ КУНЦИТ - ГИДДЕНИТ

68x
34
мм



Мави, Лагман,
Афганистан



Урукум,
Минас-Жераис,
Бразилия



Конар,
Афганистан



ИНВЕРСИОННЫЙ ГИДДЕНИТ

67
мм



Северная
Каролина,
США



Kunar Valley, Нуристан, Афганистан



72x21x11 мм

ВЫСОКОТ КВАРЦ – АЛЬБИТ - МИКРОКЛИНОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ = АПОГРАНИТЫ

Плюмазитовые. Алаха, Алтай



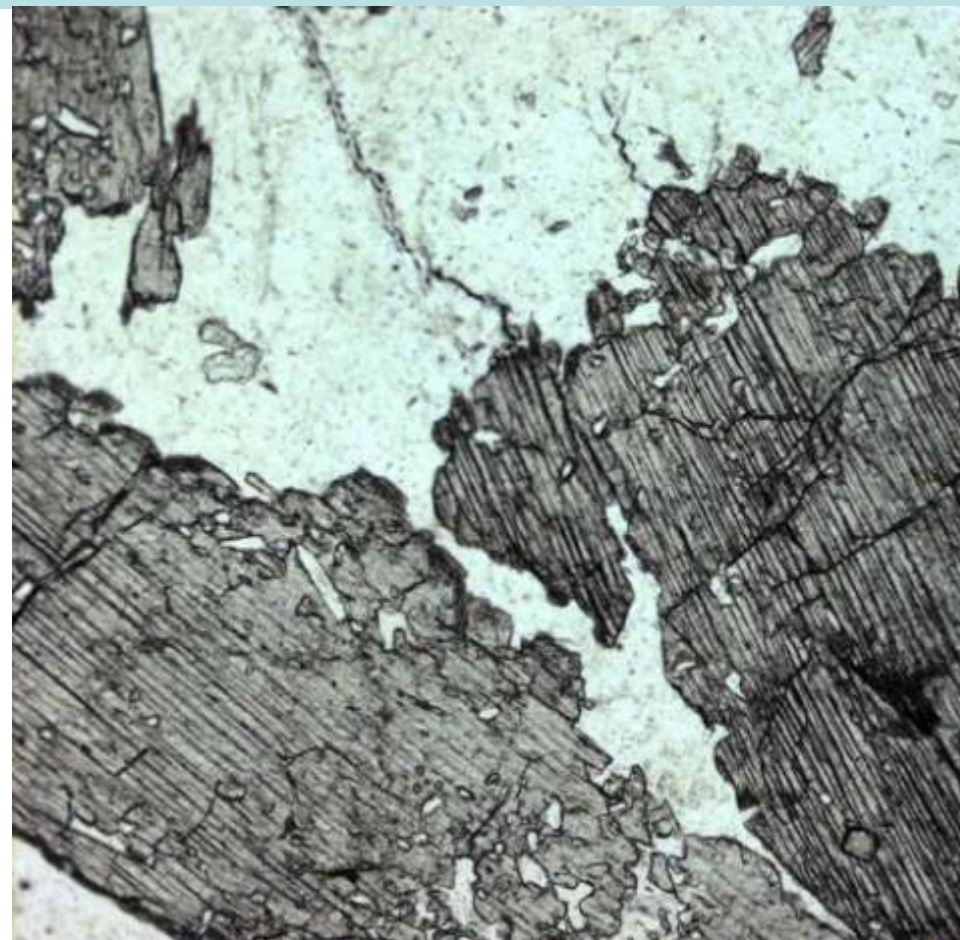
Сподумен 8 мм

Колл. Т.Н. Шуриги
Фото Э.М.
Спиридонова

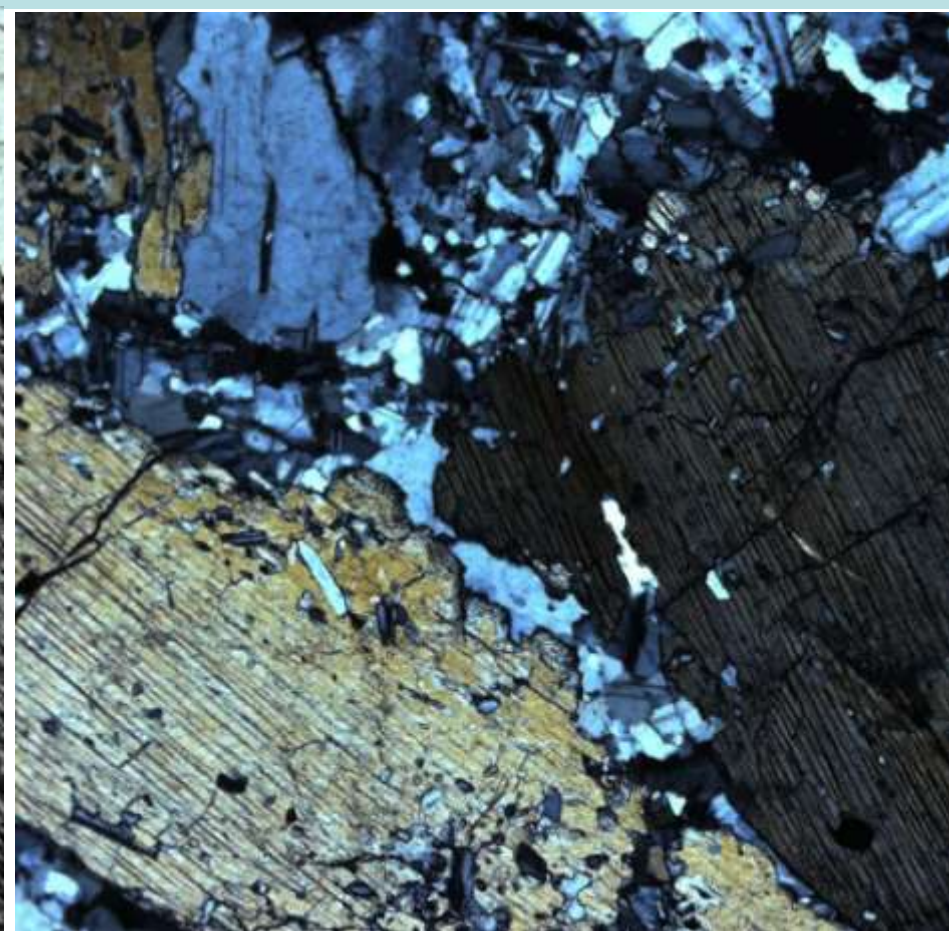
Апограниты со сподуменом и мусковитом

КВАРЦ - ЩЁЛОЧНОПОЛЕВОШПАТОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ = АПОГРАНИТЫ

Сподумен $\text{Li Al} [\text{Si}_2\text{O}_6]$. Алаха, Горный Алтай



Шлиф. При 1 николе



Шлиф. Николи х

Колл. Татьяны Николаевны Блиновой (Шуриги),
Фото Э.М. Спиридонова

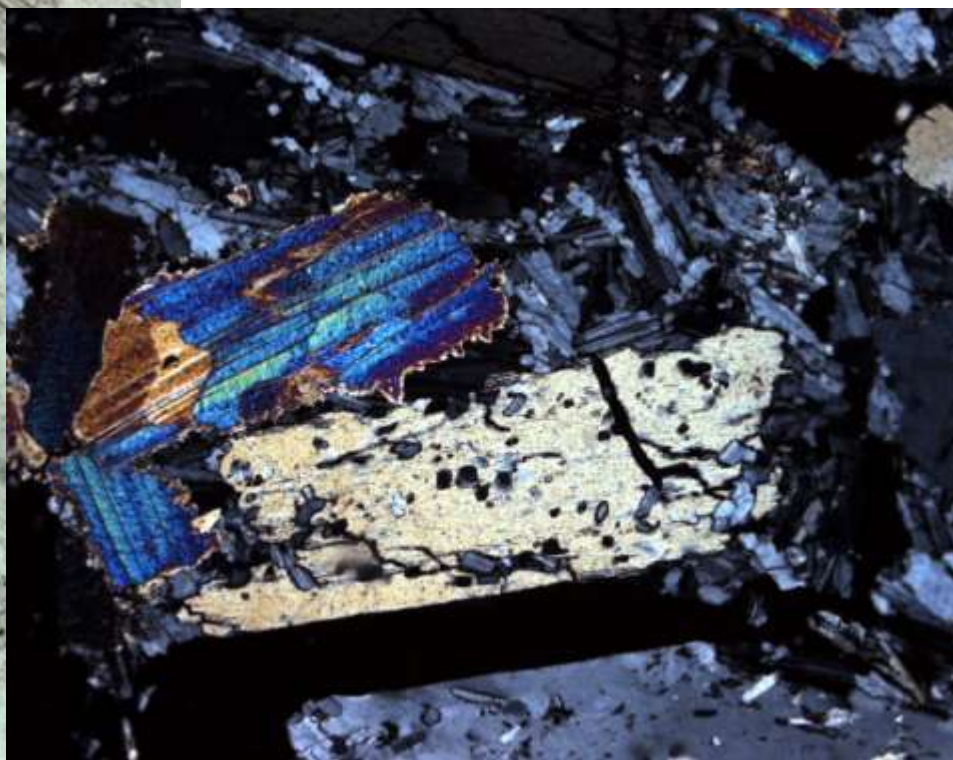
КВАРЦ - ЩЁЛОЧНОПОЛЕВОШПАТОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ = АПОГРАНИТЫ

Сподумен. Алаха, Горный Алтай



Шлиф. При 1 николе

Сподумен и мусковит



Шлиф. Николи x

Колл. Т.Н. Шуриги,
фото Э.М. Спиридонова

