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

Э.М. Спиридонов

ЛЕПИДОЛИТ

Классификация гранитных пегматитов. Černý, 2002

5 типов редкоэлементных гранитных пегматитов :

1. Редкоземельный тип, ортитовый и гадолинитовый подтипы (REE, Y, U, Th, Be, Nb > Ta, Ti, Zr, F).

2. **Берилловый тип, берилл - колумбитовый и берилл – колумбит - фосфатный подтипы (Be, Nb ~ Ta, P ± Sn, B, Li).**

3. **Комплексный тип, сподуменовый, петалитовый, лепидолитовый, амблигонитовый, эльбаитовый подтипы (Li, Rb, Cs, Be, Sn, Ta > Nb, P, B, F).**

4. **Альбит - сподуменовый тип (Li, Sn, Be, Ta ~ Nb, B).**

5. **Альбитовый тип (Ta ~ Nb, Be ± Li, Sn, B).**

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

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

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. История формирования и зональность

Гранитные пегматиты отличаются сложным минеральным составом. Однако 90-95 % их массы слагают пертит (ортоклаз и микроклин), кварц, олигоклаз, сподумен, в отдельных случаях биотит, мусковит, лепидолит. По мере развития пегматитового процесса закономерно меняется состав пегматитообразующих минералов: олигоклаз (+ кварц, биотит) → пертит (+ кварц, биотит) → кварц (± сподумен) (магматическая стадия).

Позже образуются пневмато-гидротермальные образования. Ранний замещающий комплекс: кварц - мусковитовый, нередко развит локально или по ослабленным зонам. Этот «калиевый» метасоматоз высвободил заметное количество Na, Ca, менее Fe…

Довольно существенные подвижки с дроблением ранее образованных минеральных агрегатов отмечены перед развитием альбитового (клевеландитового) замещающего комплекса. Натровый метасоматоз сопровождался концентрированием Mn, Nb и особенно Ta, Sn, Be, отчасти Cs. Альбит интенсивно замещал пертит, сподумен…, высвобождая K, Li, Rb.

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. История формирования и зональность

Поздний калиевый, калиево - литиевый, цезий – рубидий –литий - калиевый метасоматоз = лепидолитовый замещающий комплекс с поллуцитом…

Поздние минеральные ассоциации наиболее широко развиты в верхних частях дифференциированных гранитных пегматитов.

Здесь наиболее резко выражена зональность гранитных пегматитов с чётким кварцевым ядром, мономинеральной зоной блокового пертита и особо зонами с чешуйчатым мусковитом или лепидолитом, присутствует амазонит,
повышены величины Ta/Nb, Cs/K, Cs/Rb, Rb/K, Rb/Ba, Tl/K, Hf/Zr, Mn/Fe.

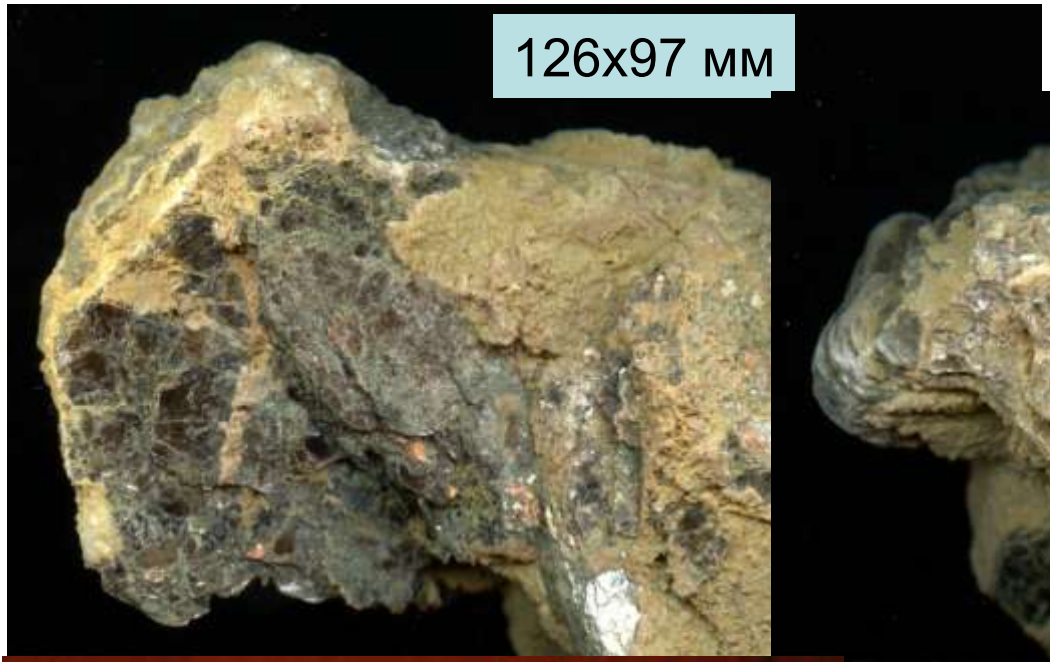
РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. Лепидолит

$K(Li,Mn^{2+},Fe^{2+})_{1.5}(Al,Mn^{3+},Fe^{3+})_{1.5}[F_2/AlSi_3O_{10}]$

Лепидолит слагает агрегаты чешуйчатых кристаллов, часто расщеплённых, от мелкозернистых до крупнозернистых. Название минерала от слова чешуя. Почему обычная форма чешуя? Лепидолит ассоциирует с альбитом – клевеландитом, кварцем, сподуменом, розовым турмалином.

Практический интерес представляют почти мономинеральные скопления лепидолита. Их размеры до 100 и более метров в длину при мощности до 5-10 м и протяжённости на глубину до 150 м. Лепидолит содержит 3-5 масс. % Li, 1-3 % Cs, до 1 % Rb. Лепидолит заключает около 5 % мировых запасов пегматитового Li, около25 % мировых запасов пегматитового Cs. В некоторых типах пегматитов (Volta Grande, Минас Жераис, Бразилия) лепидолит обогащён рубидием – 5.5 – 7.9 масс. % Rb_2O при 0.3 – 0.5 масс. % Cs_2O.

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.
Лепидолит - циннвальдит



Липовка, Средний Урал

Колл. И.В. Пекова
Фото Э.М. Спиридонова

Лепидолит + альбит наросли на агрегат сподумена.
Вороньи тундры. Кольский полуостров

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

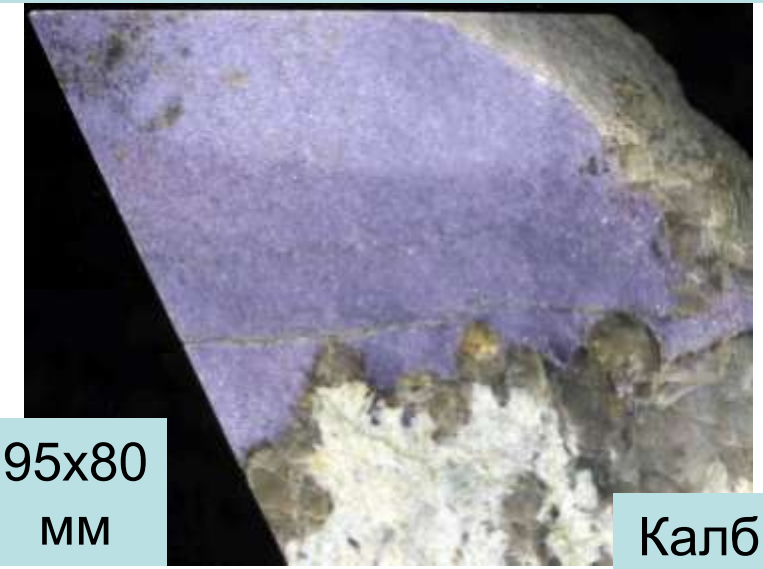
Сподумен – лепидолитовые агрегаты. Вороньи тундры, Кольский п-ов

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

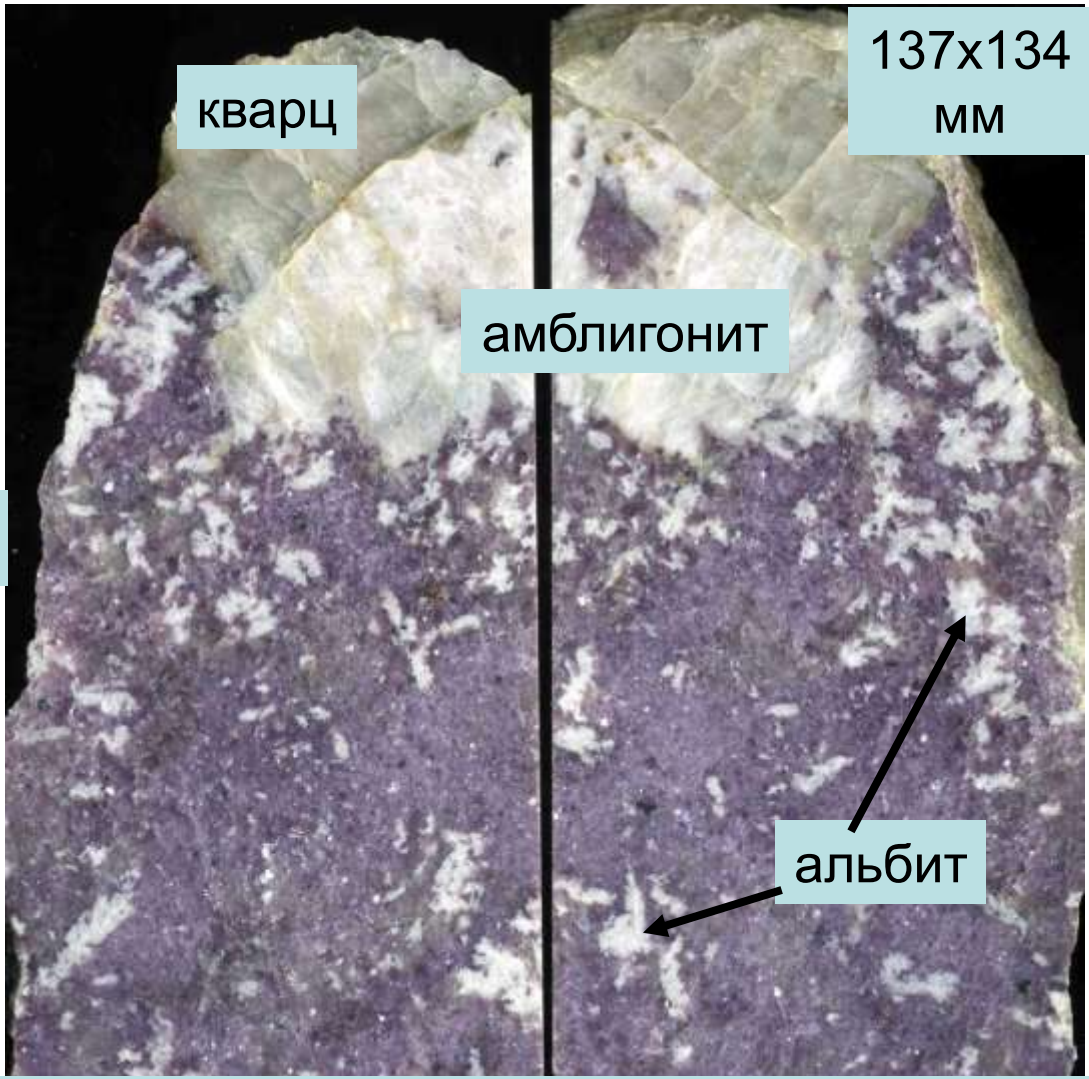
Лепидолит

$K(Li,Mn^{2+},Fe^{2+})_{1.5}(Al,Mn^{3+},Fe^{3+})_{1.5}[F_2/AlSi_3O_{10}]$

Вороньи тундры, Кольский



95x80 мм

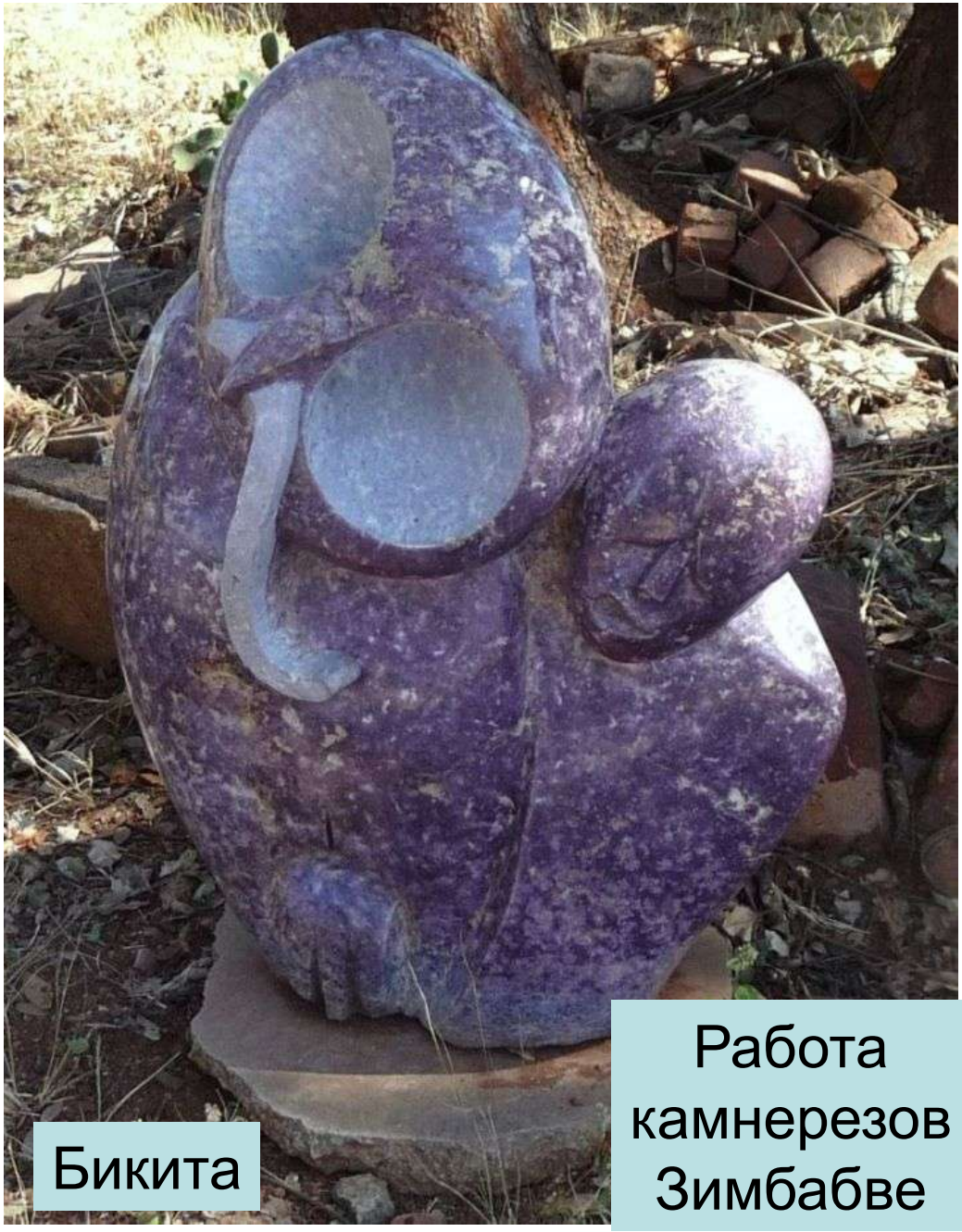


Калбинский хребет, ЮЗ Алтай. Колл. и фото ЭМС

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

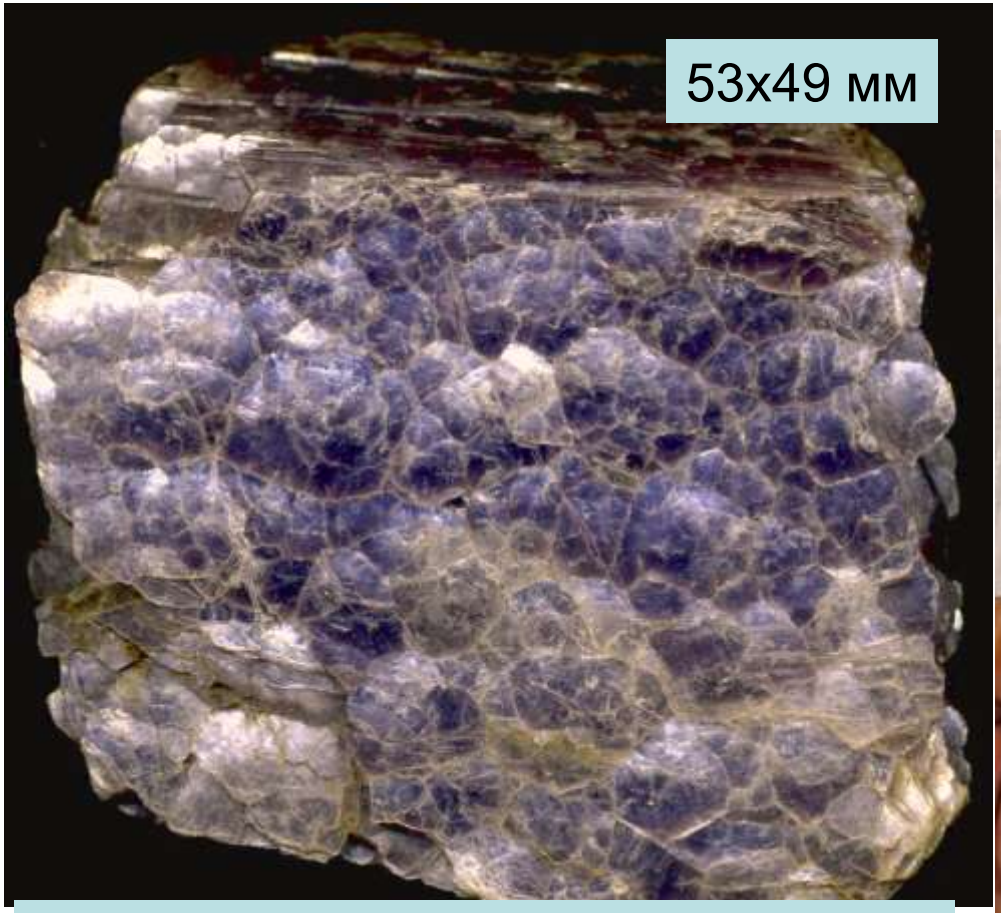
Лепидолит

Калбинский хребет,
ЮЗ Алтай.
Колл. и фото Э.М. Спиридонова



Работа
камнерезов
Зимбабве

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. Лепидолит



Агрегаты расщеплённых кристаллов. Бикита, Центр. Африка. Колл. и фото Э.М. Спиридонова

Лепидолит - сферокристаллы. Бикита, Центр. Африка. 4.7 кг - 200x150 мм

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.
Лепидолит

Калба, ЮЗ Алтай

Агрегат сферокристаллов. Итинга, Минас Жераис. Бразилия

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.
Лепидолит

Лепидолит - сферокристаллы.
Карибиб, Центр. Африка

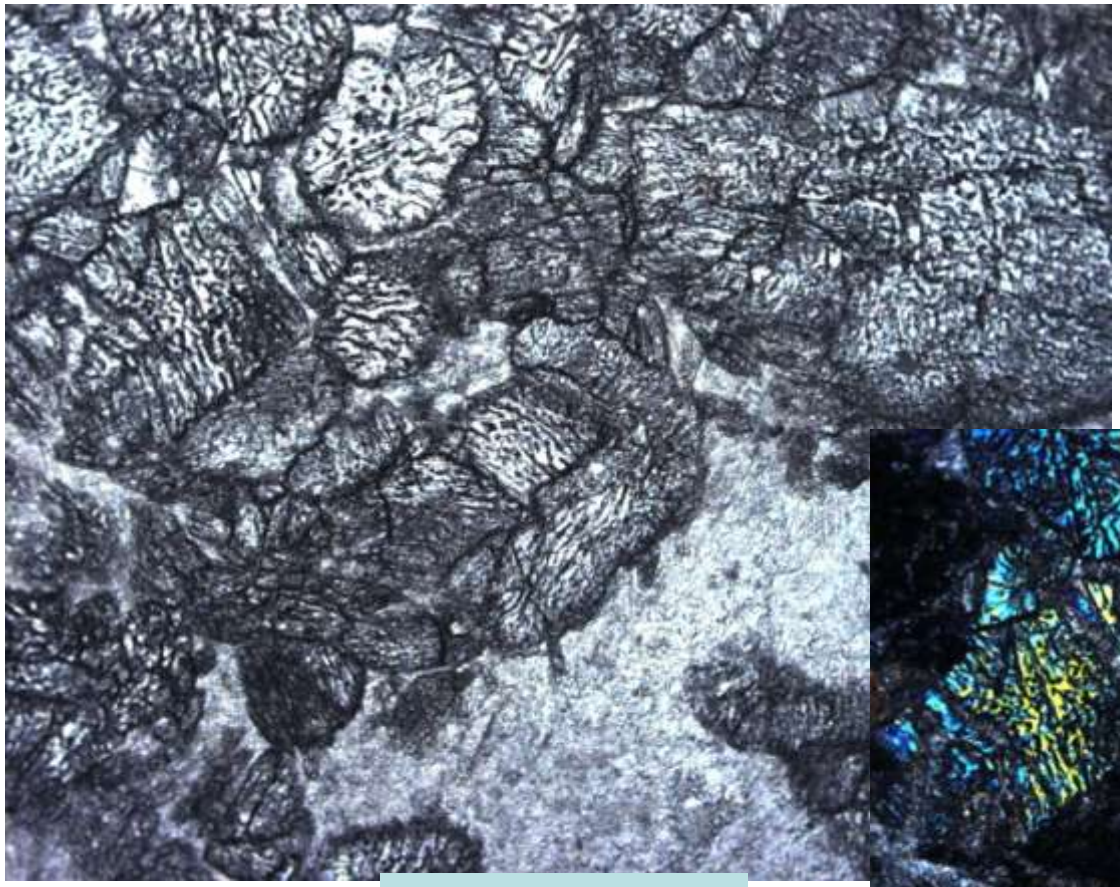
Лепидолит, богатый Ga, –
агрегат сферокристаллов.
Васин-мылк, Кольский п-ов

Калбинский
хребет

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.
Лепидолит

Itinga, Minas Gerais,Бразилия

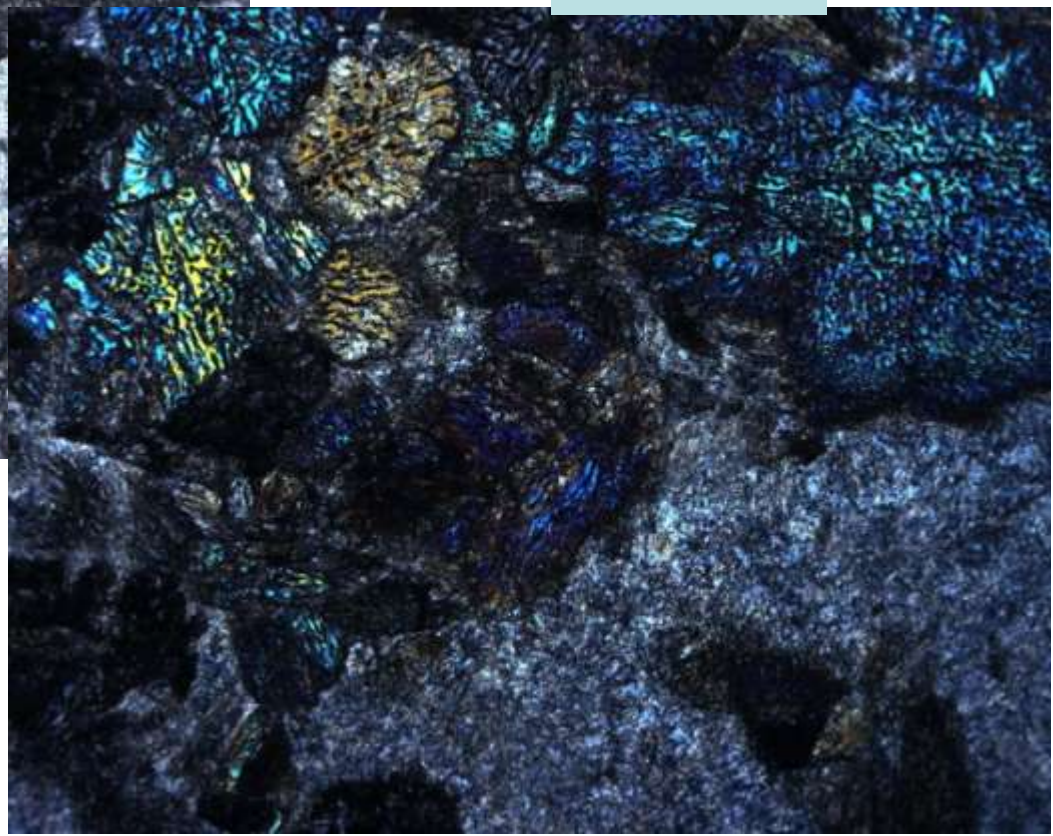
РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.
Сподумен $Li\,Al\,[Si_2O_6]$



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

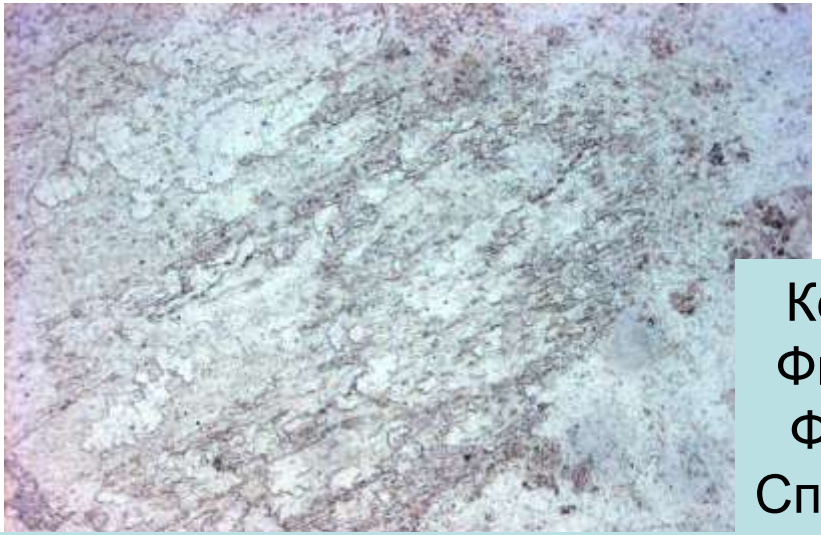
При 1 николе

Николи х



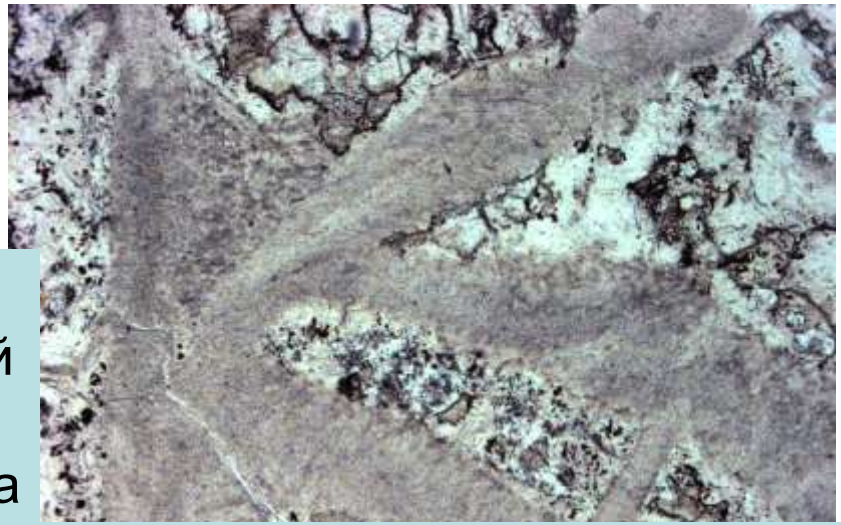
Сподумен (рельефный)
и тонко чешуйчатый лепидолит

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. Лепидолит. Калба, ЮЗ Алтай

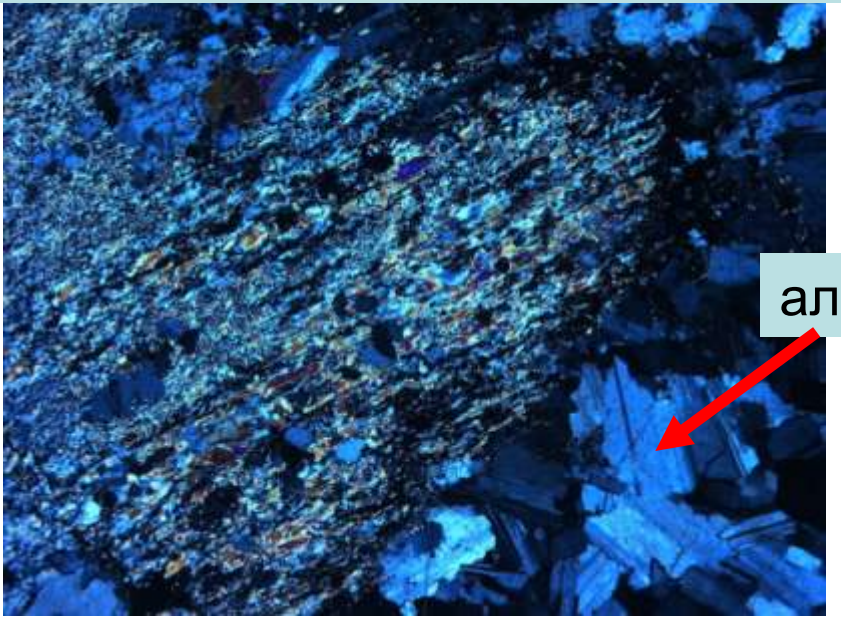


При 1 николе

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

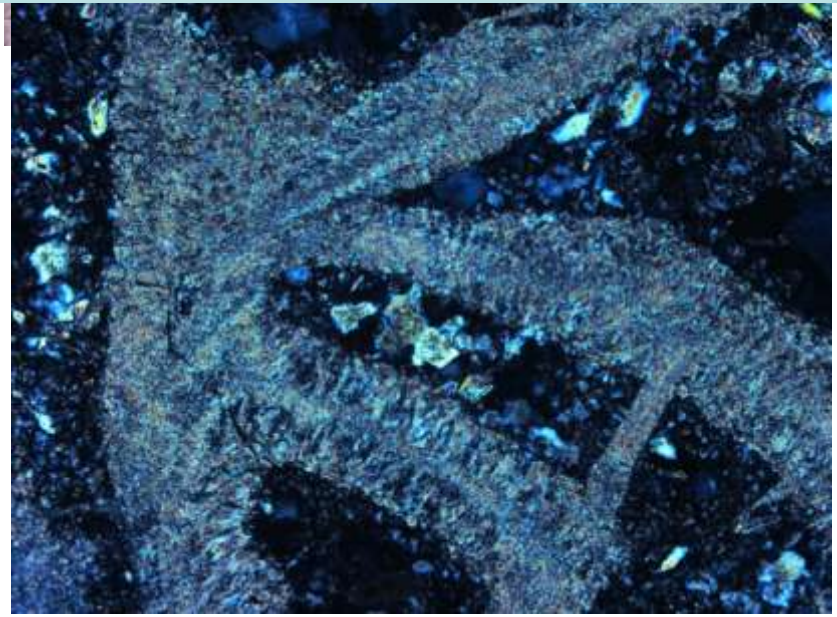


Псевдоморфозы по пластинам сподумена

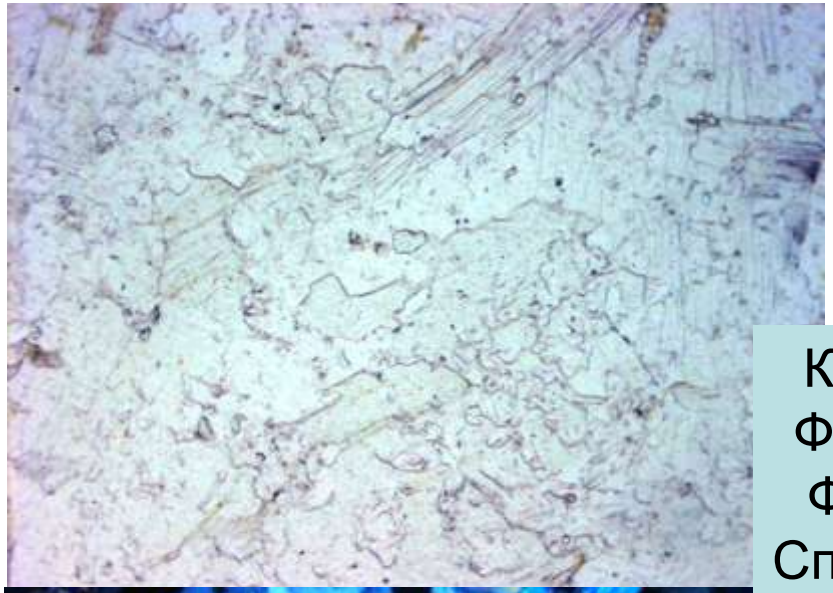


альбит

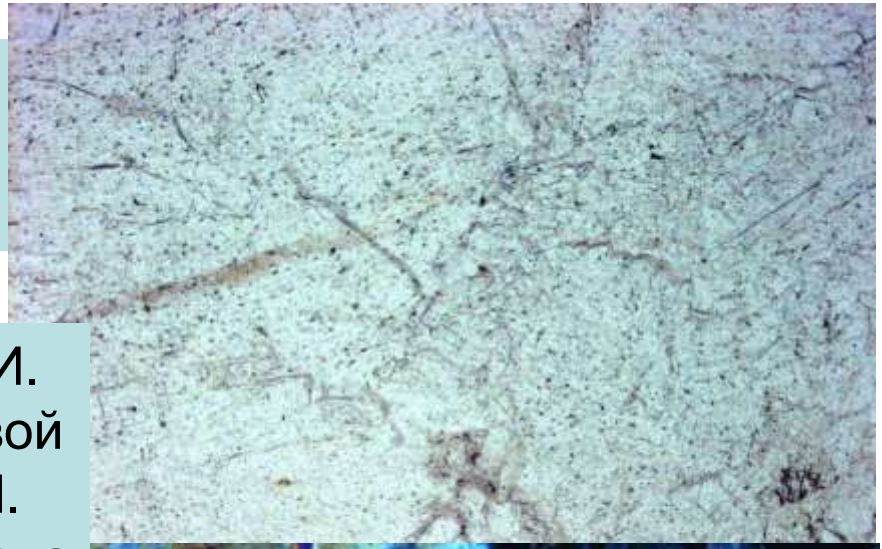
Николи х



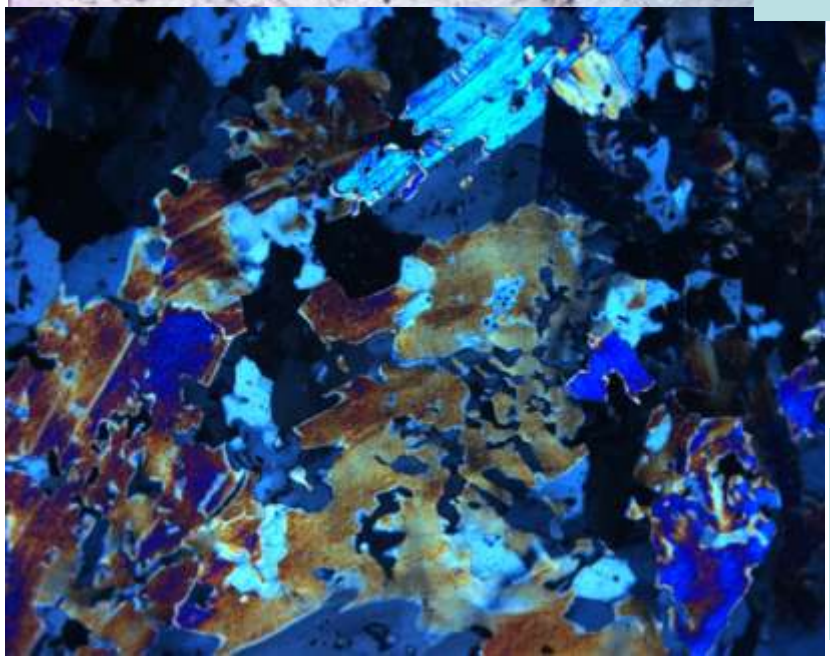
РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. Лепидолит. Калба, ЮЗ Алтай



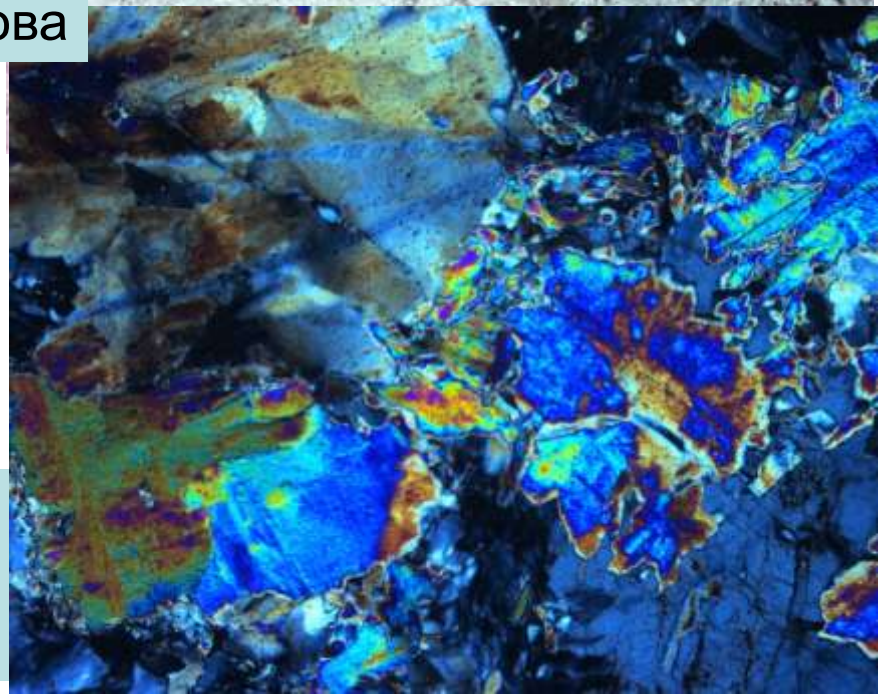
Шлиф. При 1 николе



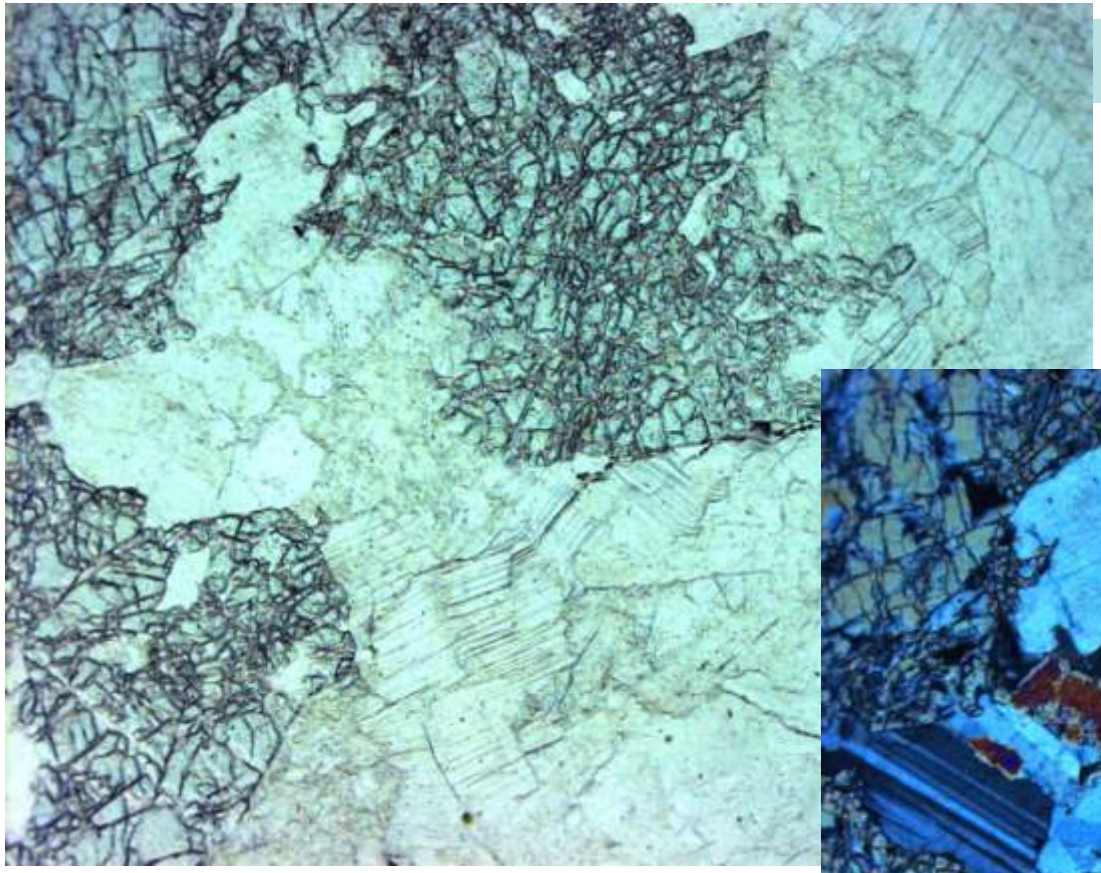
Колл. Ю.И. Филипповой Фото Э.М. Спиридонова



Шлиф. Николи х

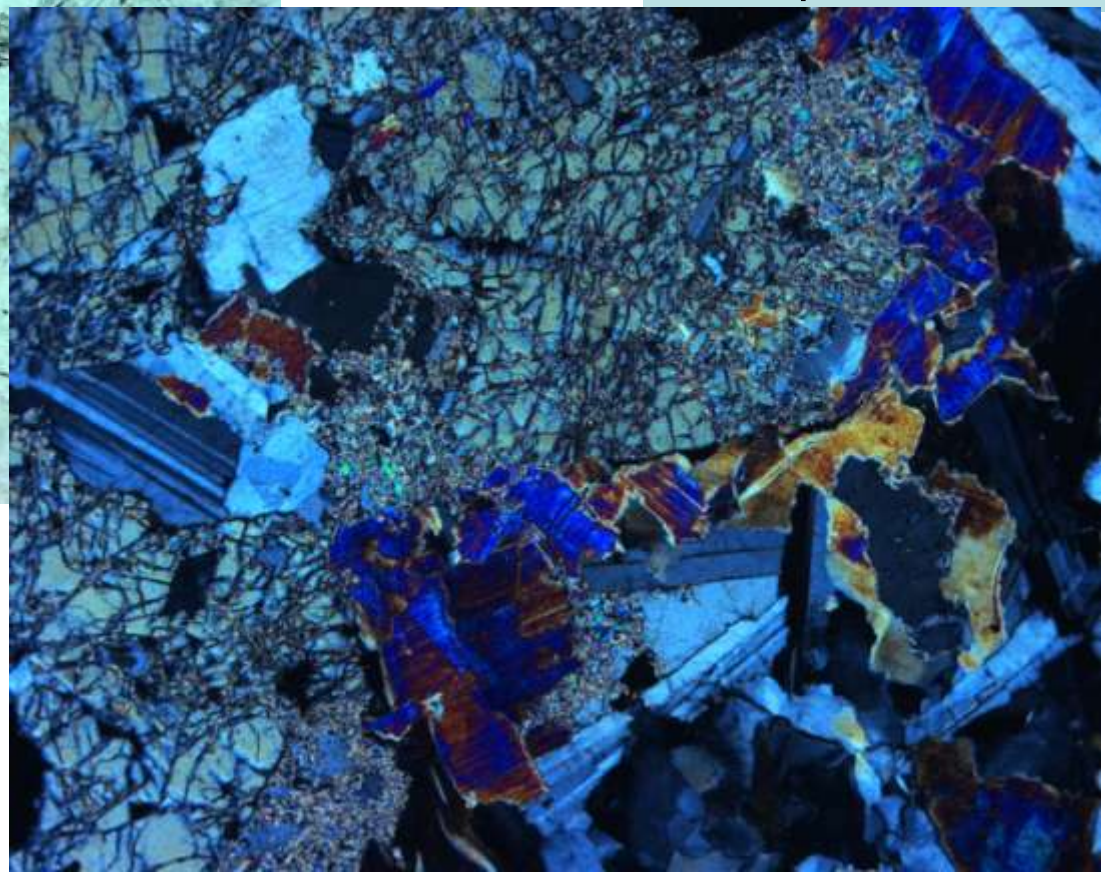


РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. Лепидолит и эльбаит. Калба, ЮЗ Алтай



Шлиф. При 1 николе

Шлиф. Николи х

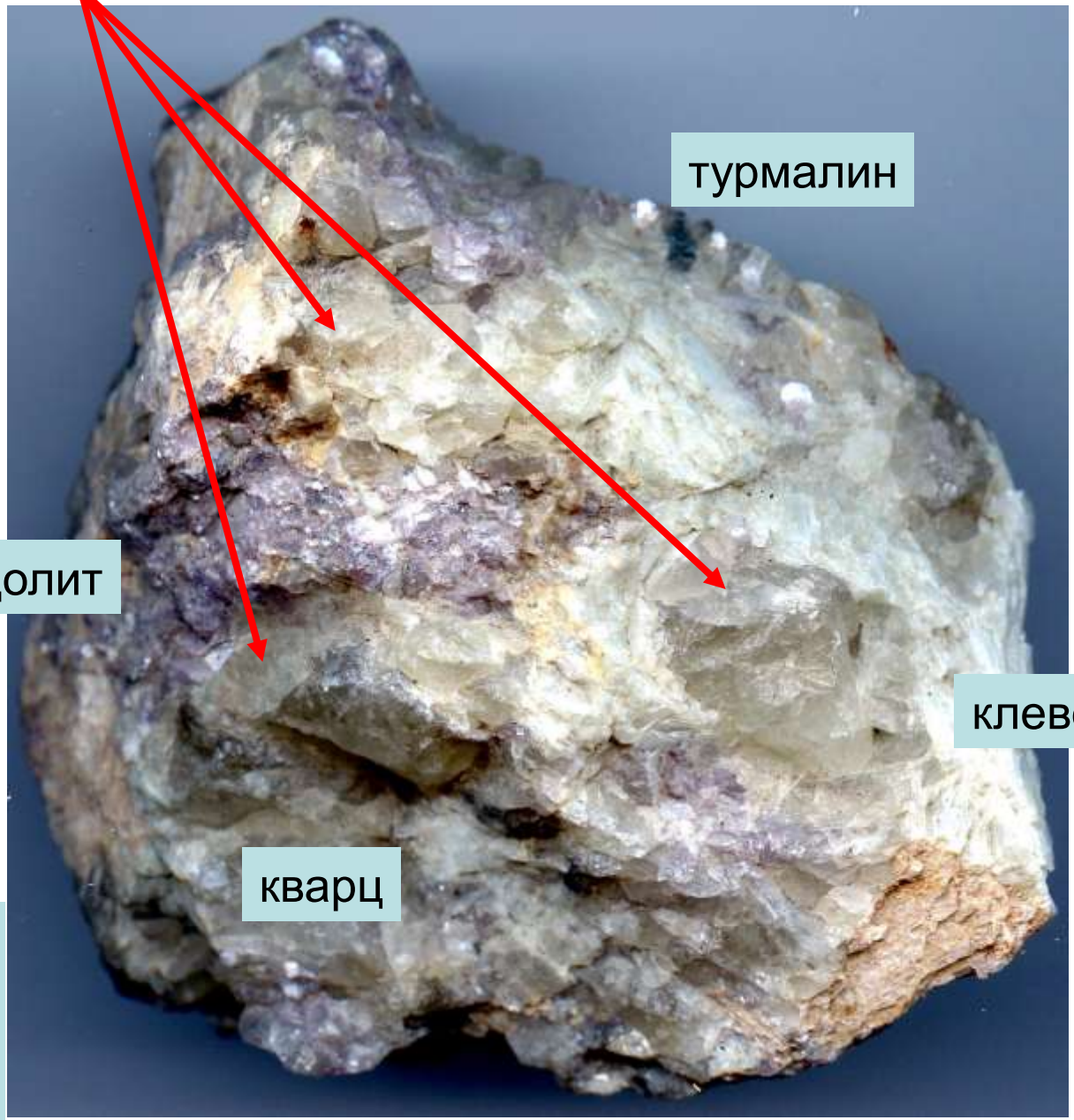


Колл. Ю.И. Филипповой
Фото Э.М. Спиридонова

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Поллуцит. Калбинский хребет, ЮЗ Алтай

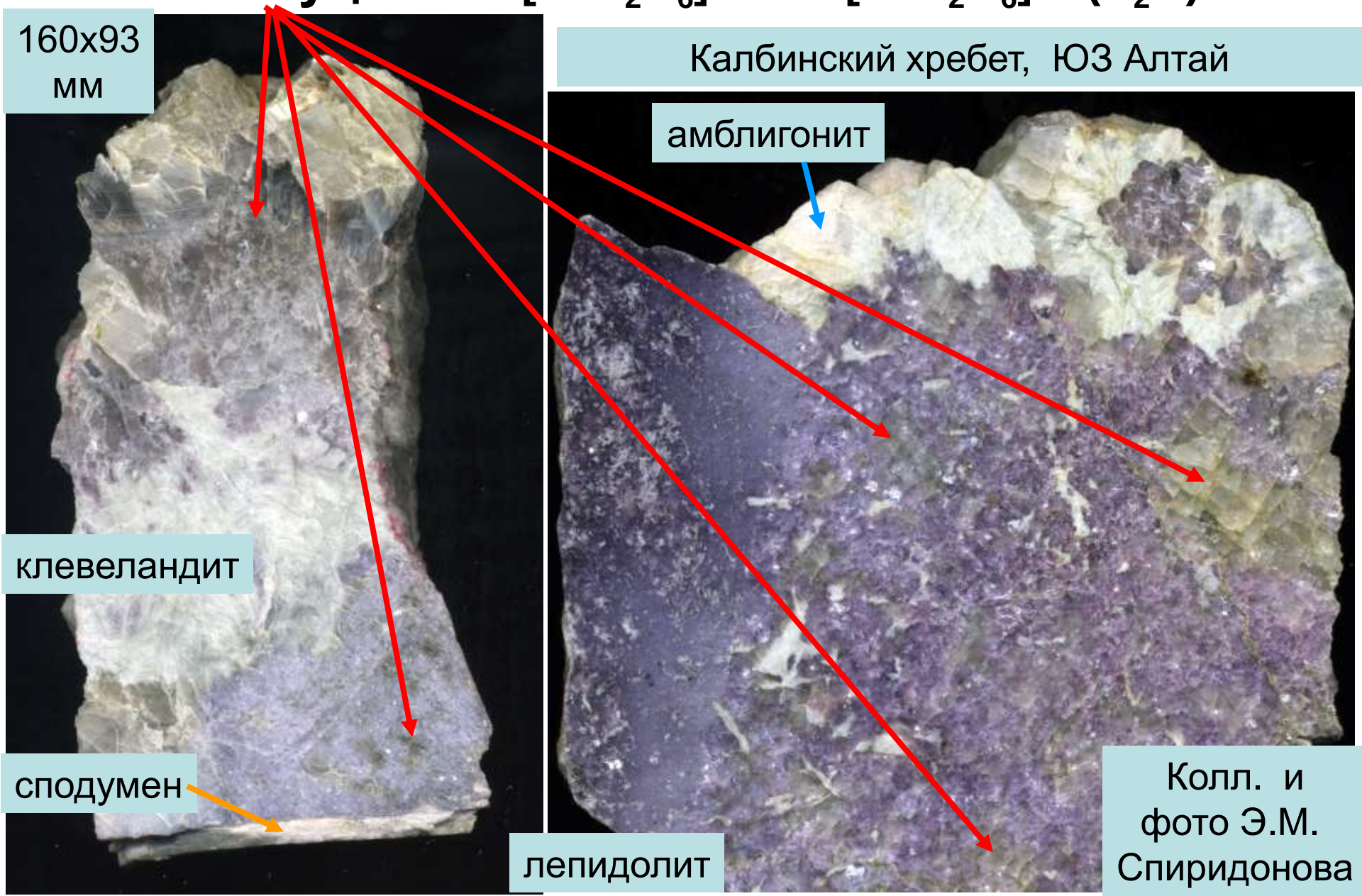
77х73 мм



Колл. и фото Э.М. Спиридонова

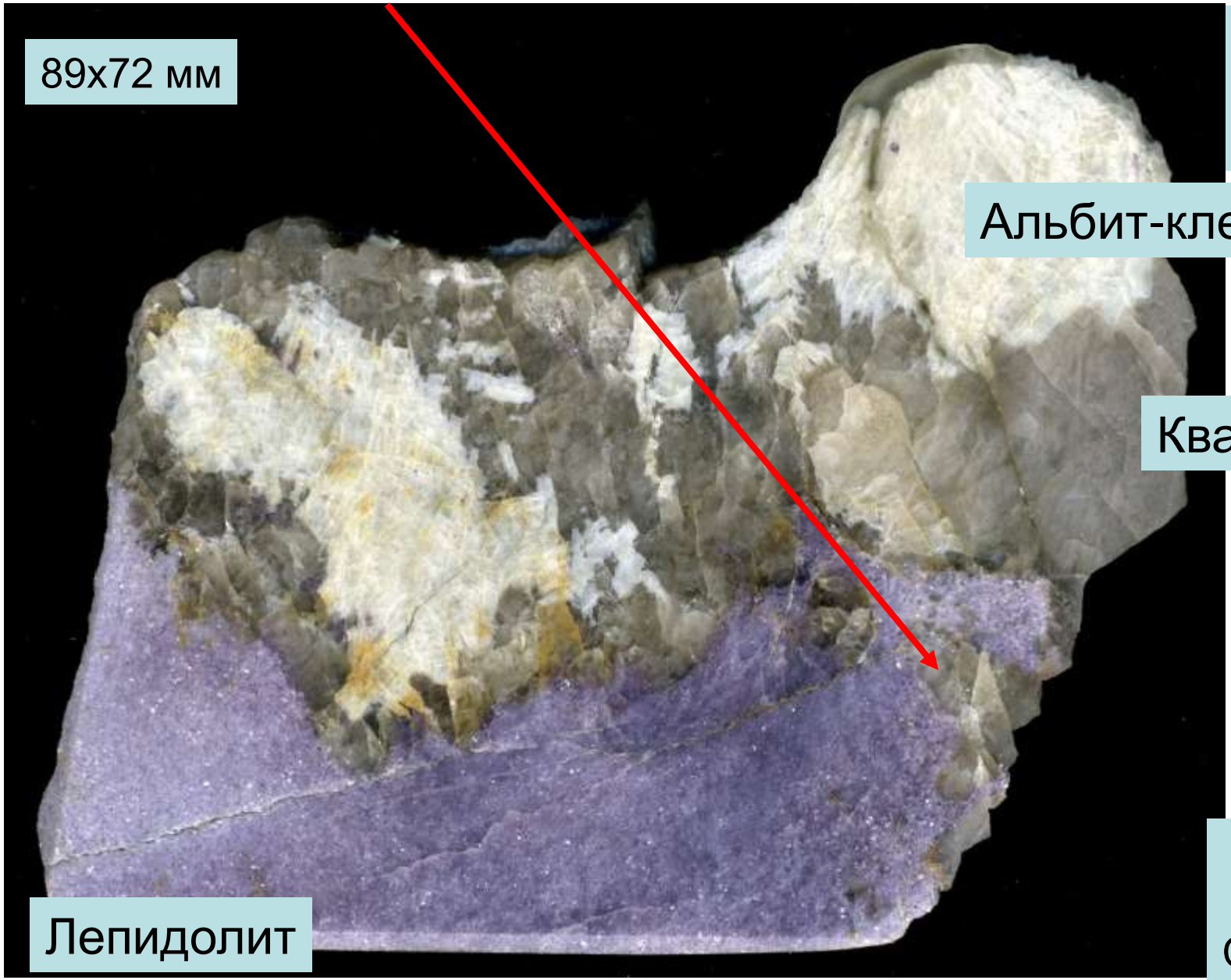
РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Поллуцит $Cs[AlSi_2O_6] \cdot x\ Na[AlSi_2O_6] \cdot x\ (H_2O)$



РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

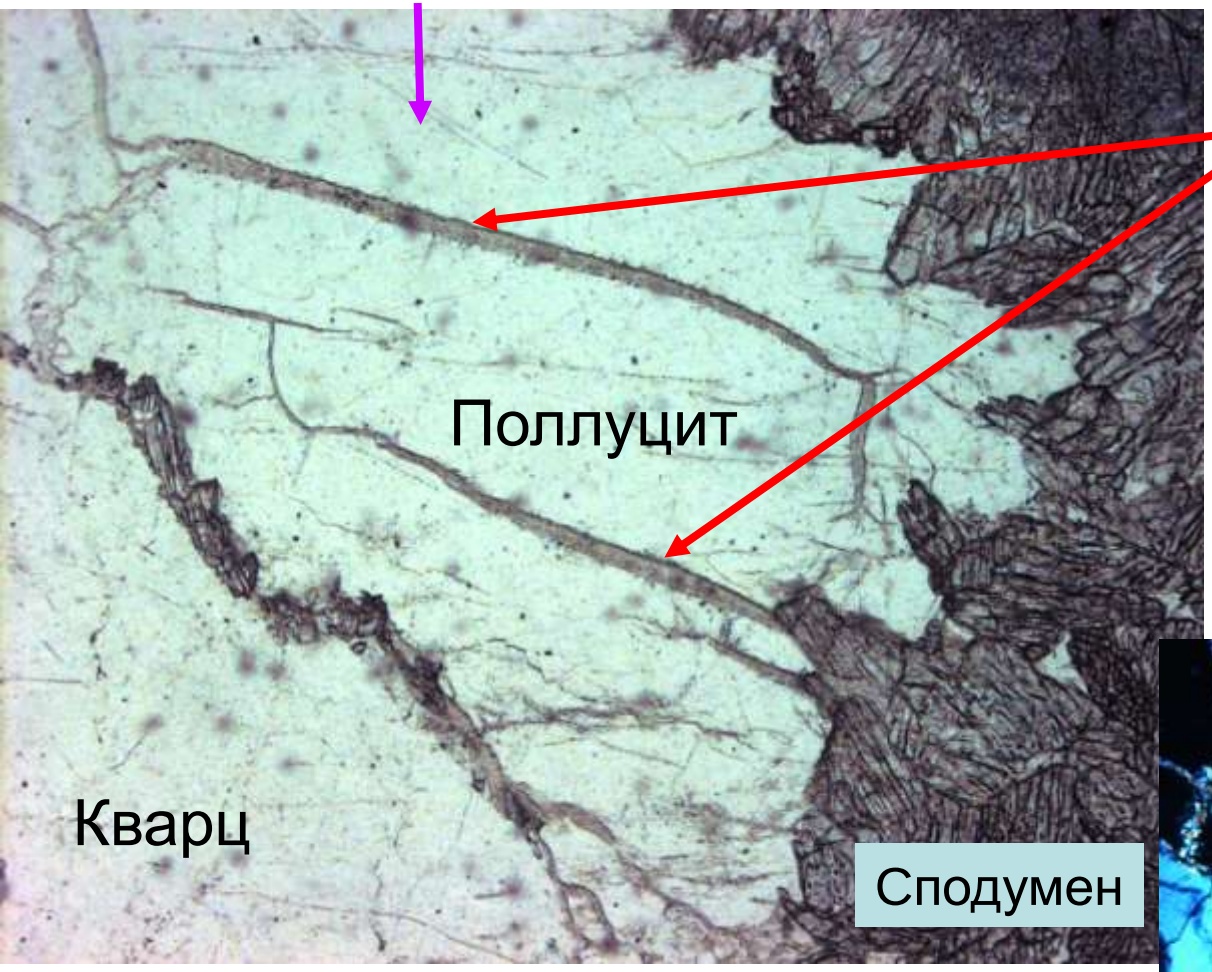
Поллуцит $Cs[AlSi_2O_6] \cdot x\ Na[AlSi_2O_6] \cdot x\ (H_2O)$



Колл. и фото Э.М. Спиридонова

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Поллуцит $Cs[AlSi_2O_6] \cdot x\ Na[AlSi_2O_6] \cdot x\ (H_2O)$

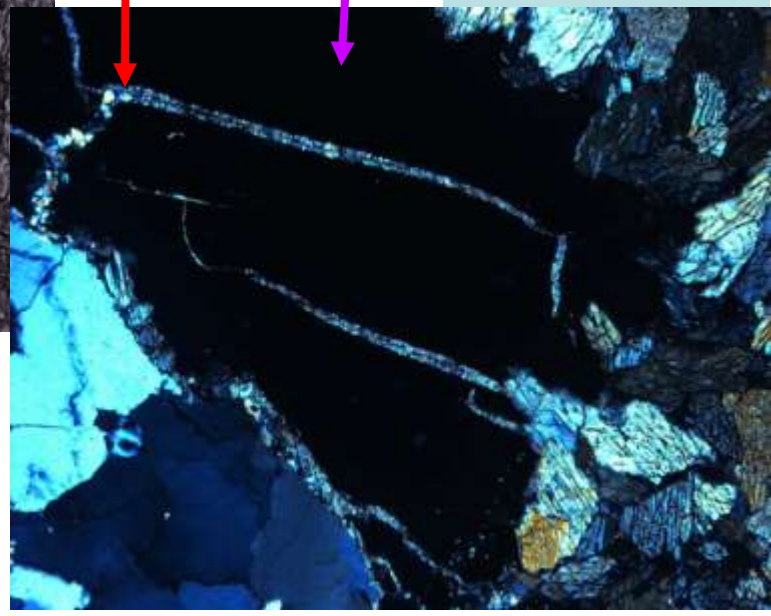


Тонко чешуйчатый лепидолит

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

Поллуцит

Николи х

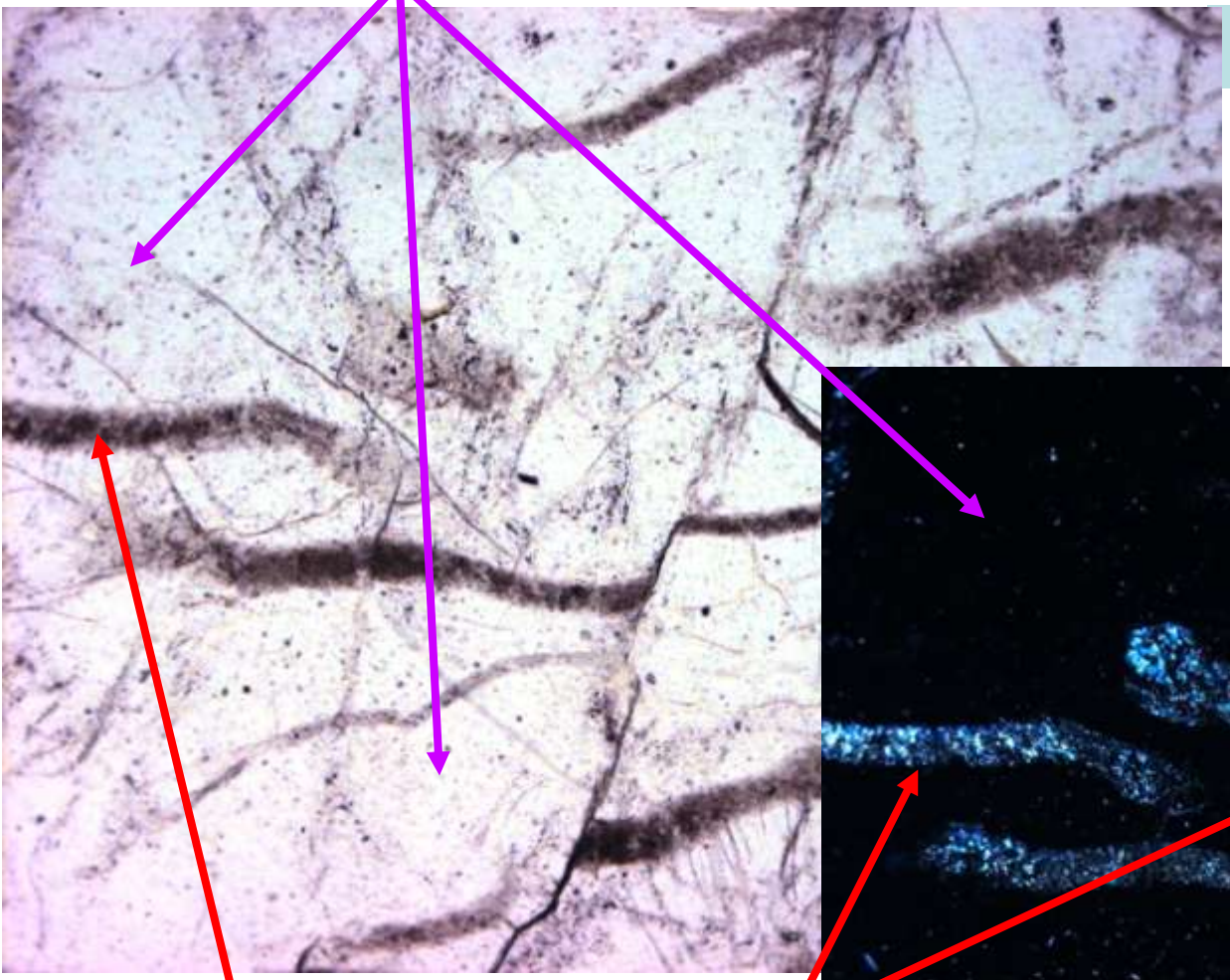


Шлиф. При 1 николе

Калбинский хребет, Юго-западный Алтай

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

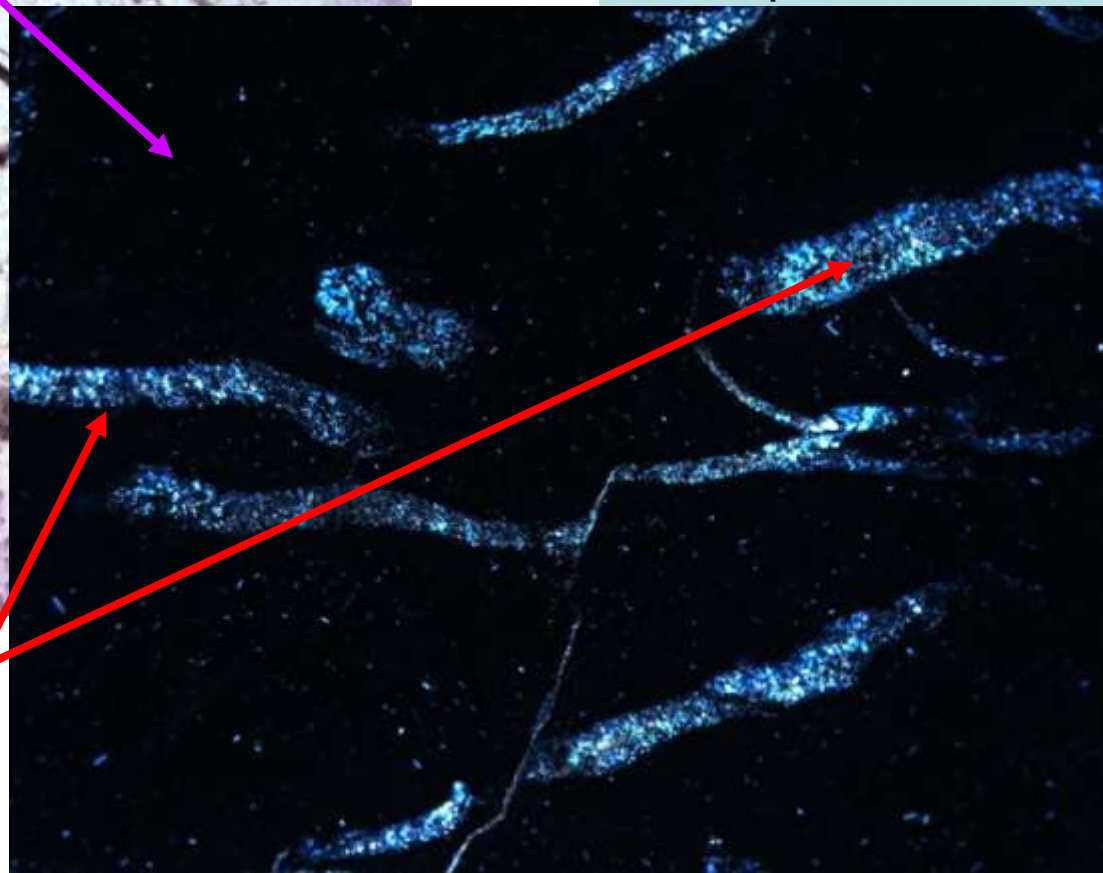
Поллуцит $Cs[AlSi_2O_6] \cdot x\ Na[AlSi_2O_6] \cdot x\ (H_2O)$



Шлиф. При 1 николе

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

Шлиф. Николи x

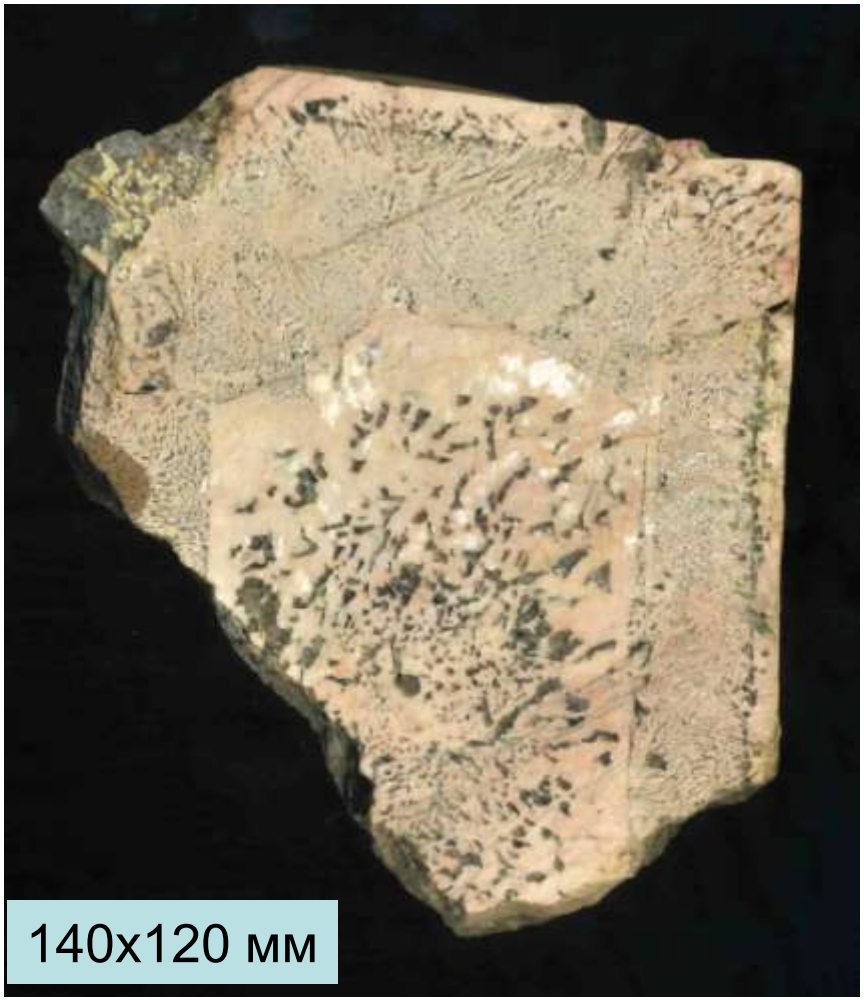


Тонко чешуйчатый лепидолит

Калбинский хребет, ЮЗ Алтай

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

70х50 мм. Золотая Гора, Забайкалье



140х120 мм

Относительно богатые кварцем графические срастания

Смена условий при росте одного кристалла K-Na полевого шпата

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Карьер для добычи самоцветных турмапинов

Фото М.С. Алфёровой

Малханский хребет, Восточное Забайкалье

В зоне лепидолита.
Малхан, Восточное Забайкалье

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Турмалин - эльбаит

$$Na(Li,Mn,Fe^{2+})_{1.5}Al_{1.5}(Al,Fe^{3+})_6[Si_6O_{18}](BO_3)_3(F,OH)_4$$

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Лепидолит

$K(Li,Mn^{2+},Fe^{2+})_{1.5}(Al,Mn^{3+},Fe^{3+})_{1.5}[F_2/AlSi_3O_{10}]$

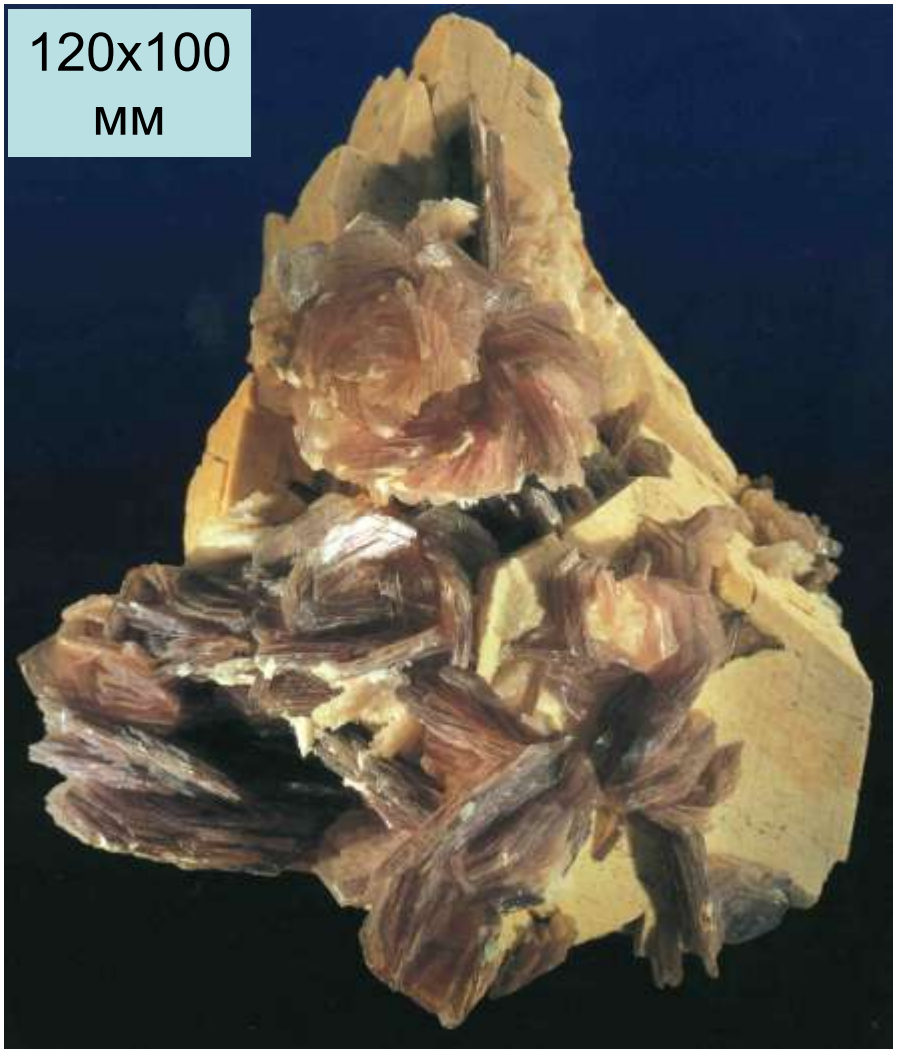
С эльбаитом. Малхан, Вост. Забайкалье

Сферокристаллы на микроклине.

Ак-Кезень, Калбинский хребет, ЮЗ Алтай

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Лепидолит



Лепидолит на микроклине. Мокруша, Мурзинка, Урал

Мурзинка

Лепидолит и топаз на K-Na полевом шпате. Мокруша

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Топаз $Al_2[SiO_4]F_2$

Голубой топаз 150 мм присыпан кристаллами лепидолита.
Минас Жераис, Бразилия

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Лепидолит

Лепидолит на турмалине.
Мика, Восточный Памир

На топазе. Xanda mine,
Минас Жераис, Бразилия

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.
Турмалин – эльбаит + лепидолит

В ходе кристаллизации гранит-пегматитового расплава увеличивалось флюидное давление, которое в ряде случаев возрастало до величин, превышающих литостатическое давление и прочность вмещающих пород. При этом пегматитовый “автоклав” мог приоткрыться и флюиды мигрировали в около пегматитовое пространство. Существенно – это пространство родственные граниты или геохимически чужая среда. Обычно переход к пневмато-гидротермальному этапу фиксирован α-β инверсией кварца (Ферсман, 1940) с большим объёмным эффектом.

Для глубинных пегматитов это характерно на стадии развития метасоматического “кварц-мусковитового комплекса”; около мусковитовых пегматитов возникали ореолы привноса Ba.

Для средне- и малоглубинных пегматитов это характерно на стадии развития “клевеландитового комплекса” и/или “альбит-лепидолитового комплекса”; около редкометальных пегматитов возникали ореолы привноса F, Li, Rb, Cs, развивались холмквистит, Cs-биотит-флогопит...

Особо интересны инверсионные образования миароловых мало глубинных и средне глубинных пегматитов. Остаточные флюиды, выброшенные из пегматита во вмещающую среду, активно с ней реагировали.

При этом флюиды разбавлялись, их кислотность снижалась, появлялась возможность роста минералов с Fe^{3+} (чайного цвета топазы...) и с Mn^{3+}(интенсивно окрашенные турмалин - рубеллит, гранат – спессартин, сподумен - кунцит...).

Часть вещества, заимствованного из пород рамы, мигрировало в пегматитовые полости. В результате в пегматитах в одних регионах появились богатые Cu и Au (!) турмалины; в других регионах - Cr-содержащие зелёный сподумен (гидденит), розовый топаз и берилл - изумруд;

в третьих - полихромные эльбаиты – лиддикоатиты - фойтиты с оторочками шерла – увита – бюргерита – дравита с Ti и Fe^{3+} и Mn^{3+};

в четвёртых регионах появились полихромные бериллы, где на розовый Li-Cs берилл – пезоттаит = воробьевит (морганит) нарос голубой Fe-Mg-Na берилл...

Инверсионный турмалин – эльбаит-рубеллит с Fe^{3+} - Mn^{3+}

380 мм

с лепидолитом.
Conselheiro Pena, Минас Жераис

Инверсионный турмалин –

эльбаит – индиголит - верделит

с лепидолитом.
110 мм. Paprock, Афганистан

Эльбаит-верделлит на эльбаите-рубеллите с лепидолитом

110 мм. Нигерия

Инверсионный турмалин – эльбаит - верделит.

Pederneira mine, Минас Жераис

С лепидолитом

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Зональный кристалл 50 мм.
Usakos, Намибия

Инверсионный лепидолит

Лепидолит политипа 1М.
Анцунгумбату, Бетафу,
Мадагаскар

Инверсионный лепидолит с Fe^{3+} - Mn^{3+}

<u>Лепидолит</u>

$KLi_{1.5}Al_{1.5}[AlSi_3O_{10}](F,OH)_2$

фантастически яркого розово-карминного цвета находится в пегматитах Cruzeiro Mine, Минас Жераис, Бразилия. Самоцветный лепидолит развит и в пегматитах Londonderry и Plenty River, Австралия

Cruseiro mine, Минас Жераис, Бразилия

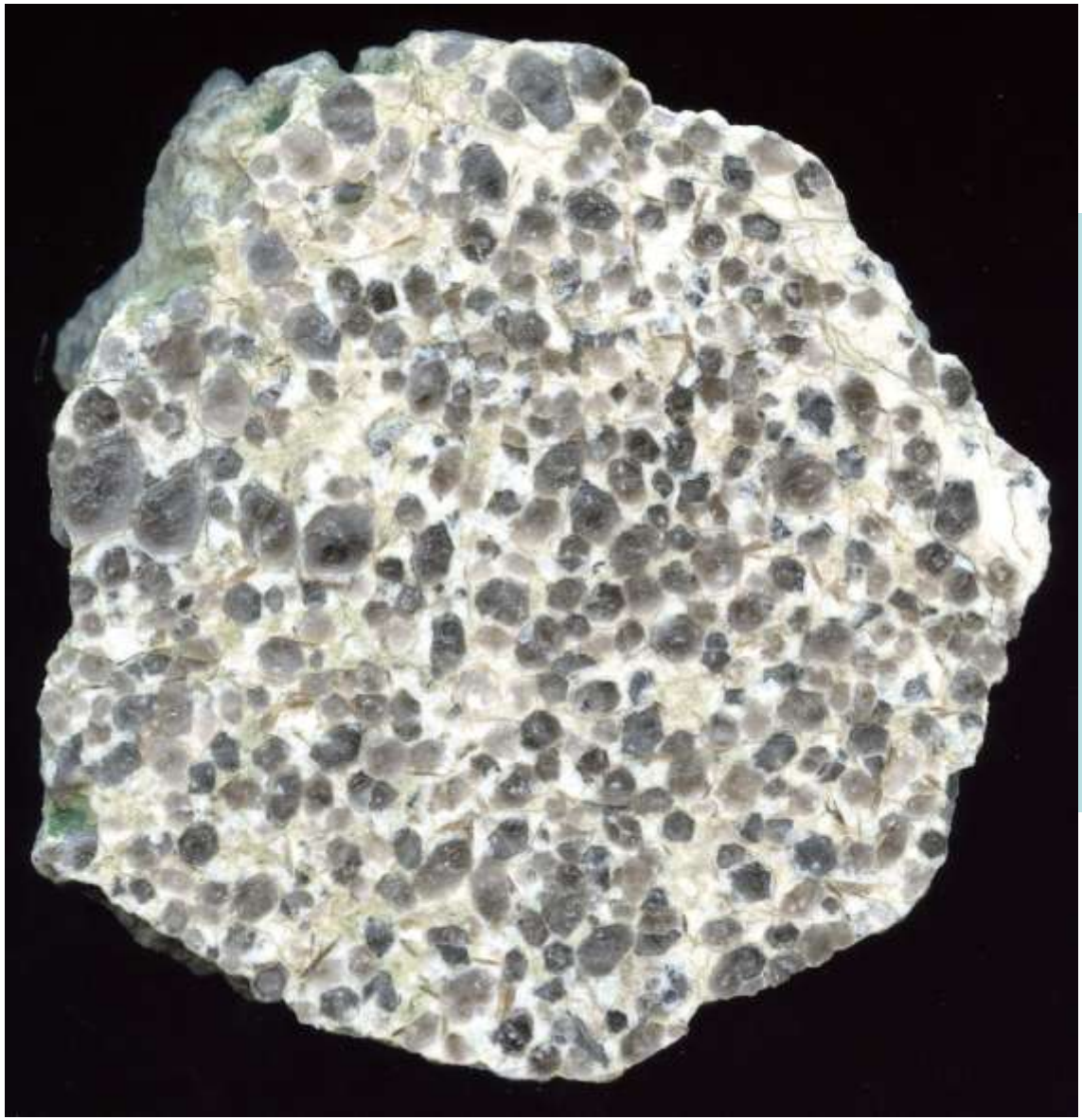
КВАРЦ-АЛЬБИТ-МИКРОКЛИНОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ = АПОГРАНИТЫ

Плюмазитовые. Орловка, Забайкалье

Амазонитовые апограниты с гнездом лепидолита – криофиллита. 76х56 мм

Колл. и фото Э.М. Спиридонова

КВАРЦ – АЛЬБИТ - МИКРОКЛИНОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ = АПОГРАНИТЫ



Плюмазитовые.
Жанчивлан, Монголия

Лепидолит –микроклин – альбит – кварцевые апограниты с обильными метакристаллами кварца.
119х117 мм

Колл. Н.В. Владыкина
Фото Э.М. Спиридонова

КВАРЦ – АЛЬБИТ - МИКРОКЛИНОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ (апограниты)

Лепидолит

$K(Li,Mn^{2+},Fe^{2+})_{1.5}(Al,Mn^{3+},Fe^{3+})_{1.5}[F_2/AlSi_3O_{10}]$

Скопление лепидолита в амазонитовых апогранитах у контакта с роговиками. 88x68 мм. Спокойнинское, Забайкалье

Колл. и фото Э.М. Спиридонова

КВАРЦ – АЛЬБИТ - МИКРОКЛИНОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ (апограниты)

Лепидолит

$K(Li,Mn^{2+},Fe^{2+})_{1.5}(Al,Mn^{3+},Fe^{3+})_{1.5}[F_2/AlSi_3O_{10}]$

Скопление лепидолита в амазонитовых апогранитах на контакте с изменёнными роговиками. 94х48 мм. Этыка, Забайкалье. Колл. и фото Э.М. Спиридонова

КВАРЦ-АЛЬБИТ-МИКРОКЛИНОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ (апограниты)

Этыка, Забайкалье

Химический состав литиевых слюд из литионит-амазонит-альбитовых апогранитов

Компоненты	Литиевый биотит				Циннвальдит				Криофиллит				Лепидолит			
	вес. %	атомные количества		пересчет на O+F=12	вес. %	атомные количества		пересчет на O+F=12	вес. %	атомные количества		пересчет на O+F=12	вес. %	атомные количества		пересчет на O+F=12
		катионов	анионов			катионов	анионов			катионов	анионов			катионов	анионов	
SiO_2	35,50	591	1182	2,67	42,49	708	1416	2,96	47,75	795	1590	3,14	53,03	883	1766	3,37
TiO_2	1,61	020	040	0,09	0,28	004	008	0,02	0,12	001	002	—	Следы	—	—	—
Al_2O_3	17,53	344	512	1,56	22,26	437	655	1,82	19,74	387	579	1,53	18,97	372	558	1,42
Fe_2O_3	5,68	072	108	0,33	1,50	018	027	0,08	0,95	012	018	0,05	0,92	012	018	0,05
FeO	23,34	324	324	1,46	13,18	184	184	0,77	8,13	113	113	0,45	2,74	038	038	0,14
MnO	0,50	007	007	0,03	0,97	014	014	0,06	1,13	16	16	0,06	0,92	013	013	0,05
MgO	0,67	017	017	0,08	0,44	011	011	0,05	0,73	18	18	0,07	0,48	012	012	0,05
CaO	0,69	013	013	0,06	0,54	009	009	0,04	0,57	10	10	0,04	0,94	017	017	0,06
Na_2O	0,82	026	013	0,12	0,88	028	014	0,12	1,00	32	16	0,13	1,16	037	018	0,14
K_2O	7,33	155	078	0,70	9,01	190	095	0,80	8,84	187	93	0,74	8,64	183	091	0,70
Rb_2O	0,31	033	016	0,15	0,87	020	010	0,08	1,67	38	19	0,15	1,51	017	008	0,06
Li_2O	0,47	036	018	0,16	2,11	142	071	0,60	4,25	284	142	1,12	5,26	350	175	1,34
Cs_2O	0,007	—	—	—	0,23	002	001	—	0,04	002	001	—	Не опр.	—	—	—
F	1,95	—	105	0,48	4,71	—	248	1,04	6,46	—	341	1,35	7,10	—	374	1,42
H_2O^-	0,92				0,47	—	—	—	0,53	—	—	—	0,49			
H_2O^+	3,91	436	218		1,82	202	101		1,49	165	082		0,97	108	054	
Сумма	101,24		2651		101,76		2864		103,40		3040		103,13		3142	
— O = F	0,82				1,95				2,71				2,98			
Сумма	100,42				99,81				100,69				100,15			
Формула	$(K, Rb...)_{1,03}Li_{0,16}(Fe, Mg...)_{1,66}\cdot(Fe, Al)_{0,56}[Si_{2,67}Al_{1,33}O_{10}]\cdot[F_{0,48}(OH)_{1,52}]$				$(K, Rb...)_{1,04}Li_{0,60}(Fe, Mg...)_{0,90}\cdot(Fe, Al)_{0,86}[Si_{2,96}Al_{1,04}O_{10}]\cdot[F_{1,04}(OH)_{0,96}]$				$(K, Rb...)_{1,06}Li_{1,12}(Fe, Mg...)_{0,58}\cdot(Fe, Al)_{0,72}[Si_{3,14}Al_{0,86}O_{10}]\cdot[F_{1,35}(OH)_{0,65}]$				$(K, Rb...)_{0,96}Li_{1,34}(Fe, Mg...)_{0,24}\cdot(Fe, Al)_{0,84}[Si_{3,37}Al_{0,63}O_{10}]\cdot[F_{1,42}(OH)_{0,58}]$			

Примечание. Аналитик И. Разина.