



Средиземное море. Кипр. Фото ЕВП

# ТОПАЗ $Al_2 [(F,OH)_2 / SiO_4]$

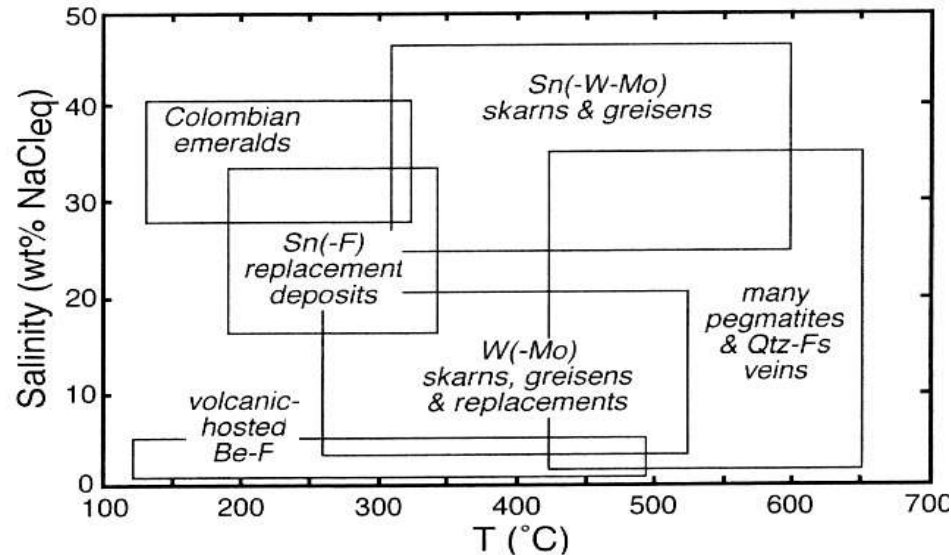
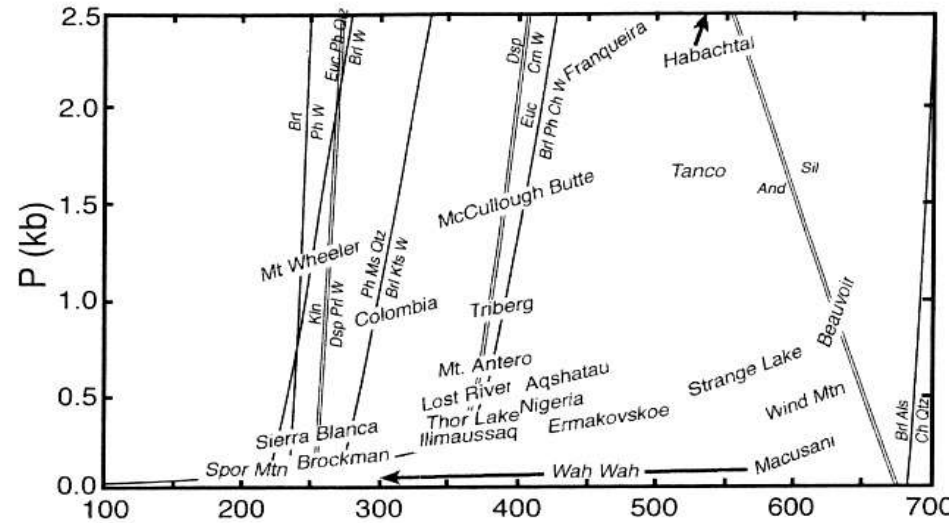
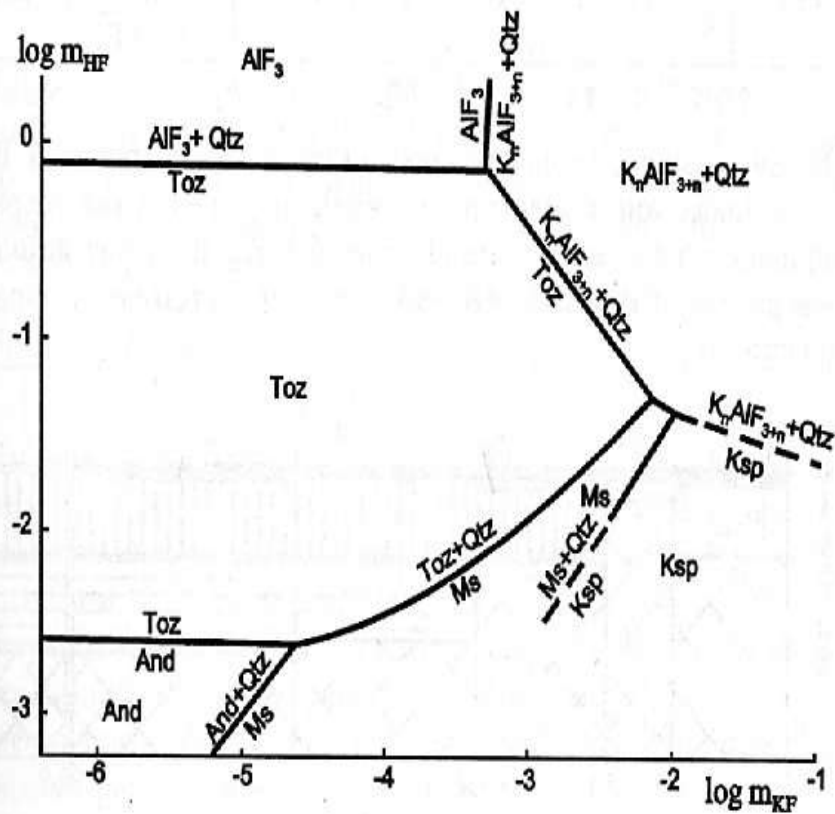
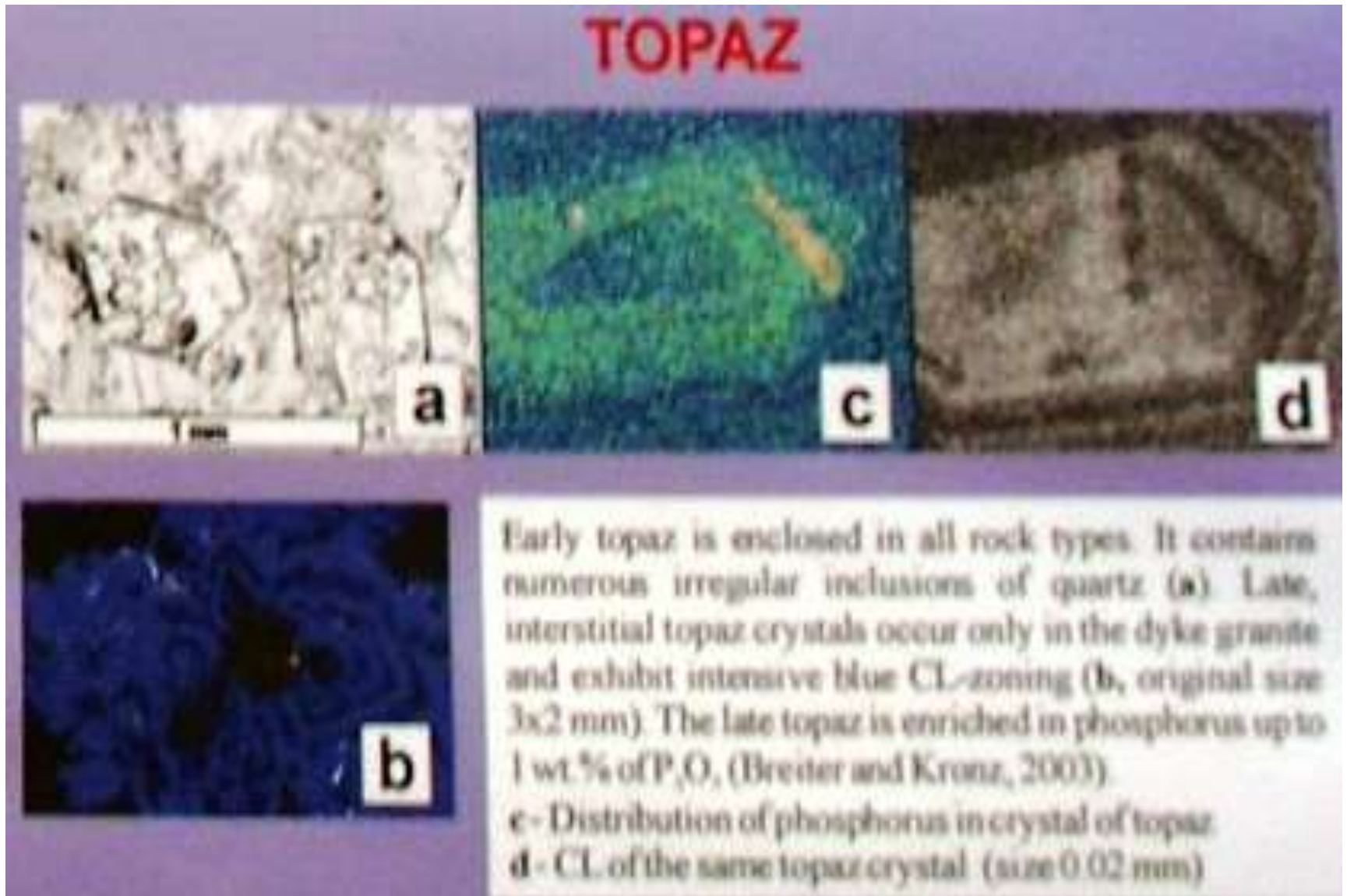


Рис. 5.6. Поля стабильности топаза и других минералов в системе  $Al_2O_3-SiO_2-H_2O-KF-HF$  на диаграмме  $lg m_{HF} - lg m_{KF}$  при  $T=400^\circ C$ ,  $P=1$  кбар, кварц в избытке [Шаповалов, 1988]

# ОНГОНИТЫ



Топаз фосфорсодержащий зональный. Чехия

**ТОПАЗ  $\text{Al}_2 [\text{F}_2 / \text{SiO}_4]$**

**ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ**



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



Имя

Александра Евгеньевича

Ферсмана

навсегда связано с проблемами

гранитных пегматитов

Все типы гранитных пегматитов - остаточные дифференциаты малого объёма в гранитоидных плутонах, камерные в верхней части гранитных тел или жильные в материнском плутоне и в их кровле в породах рамы, или палингенные, не связанные с массивами гранитоидов, - суть пегматиты по А.Е. Ферсману, т.е. продукты кристаллизации флюидонасыщенного магматического расплава гранитного или лейкогранитного состава

# Гранитные пегматиты – природные автоклавы

На магматической “автоклавной” стадии при формировании графической, блоковых зон и кварцевого ядра тела гранитных пегматитов - закрытые системы, в значительной степени термостатированные. Небольшой термический градиент всё же был, что создавало возможности для химических транспортных реакций с небольшим количеством вещества растворителя – переносчика. Наличие газовых пустот обеспечивало некоторый градиент давлений внутри пегматитового «автоклава», дополнительный фактор движения флюидов. Концентрация солей в  $H_2O$  и  $H_2O - CO_2$  флюидах составляла 40 и более масс. %, это – хлориды K, Na, Fe, Ca, фториды и алюмофториды K и Na, бораты K, Na, Li, борофториды K и Cs... Крупные до огромных размеры кристаллов полевых шпатов (до 55 м), кварца (до 15 м), сподумена (до 12 м), берилла (до 18 м), мусковита (до 6 м), топаза (до 1.5 м) и их исключительные качества свидетельствуют о чрезвычайно медленной скорости их кристаллизации. Термостатирование и фракционная кристаллизация пегматитовых расплавов-растворов обеспечили поразительную степень дифференциации вещества. Собственные минералы образуют даже те химические элементы, которые в стандартных процессах полностью маскированы в минералах распространённых элементов: гафнон  $Hf[SiO_4]$ , поллуцит  $Cs[AlSi_2O_6]$ , рубиклин  $Rb[AlSi_3O_8]$ , черниит  $Cu_2CdSnS_4$ . Яркий пример – аммониевый полевой шпат баддингтонит в пегматитах. Кларк азота в гранитах первые г/т. Азот ( $NH^{4+}$ ) должен был рассеяться в калишпатах и слюдах. Ан нет !



# Классификация гранитных пегматитов

Поскольку главное в генезисе пегматитов – поведение летучих, постольку ведущий параметр их классификации – давление (глубинность формирования).

- I. Гранитные пегматиты относительно низких давлений при начальном минералообразовании – 1-2 кбар, - миароловые или кристаллоносные.**
- II. Гранитные пегматиты умеренных давлений при начальном минералообразовании – 2-4 кбар, - редкометальные.**
- III. Гранитные пегматиты повышенных давлений при начальном минералообразовании – 4-6 кбар, - редкометально-мусковитовые.
- IV. Гранитные пегматиты высоких давлений при начальном минералообразовании – 6-10 кбар, - мусковитовые,  
уран-редкоземельные,  
керамические.

С ростом давления заметно меняется состав кварц-полевошпатовых котектик: кварц - К-На полевой шпат – 1 кб ~ 40 % кварца, 2 кб ~ 35 % кварца, 4 кб ~ 30 % кварца; кварц – олигоклаз – 1 кб ~ 47 % кварца, 2 кб ~ 43 % кварца, 5 кб ~ 40 % кварца, 10 кб ~ 25 % кварца.

# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

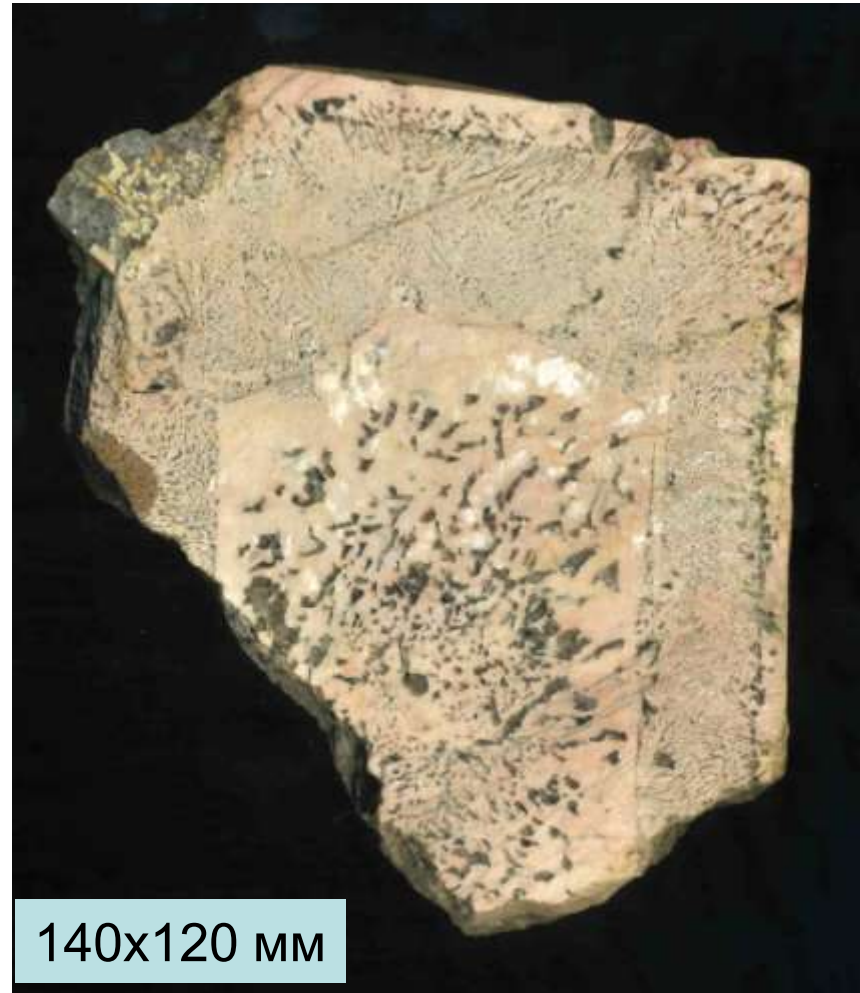
В ходе кристаллизации гранит-пегматитового расплава увеличивалась кислотность флюида и возникали мусковит, гранаты, колумбит-танталит, касситерит, воджинит, микролит, берилл, топаз, андалузит, шерл, тсилаизит, эльбаит, фойтит, россманиит, лепидолит, масутомилит, воробьевит, пезоттаит, родицит, лондонит, гамбергит, еремеевит; истощались Mg, Fe, Ti, Ca, Sr, Ba, Zn; накапливались F, B, Sn, Pb, Nb, Ta, Be, Li, Rb, Cs. Малоуглубинные (Р при начальном минералообразовании 1-3 кб) – миароловые гранитные пегматиты Бразилии, Урала, Украины, США, Забайкалья, Памира..., в максимальной степени насыщенные флюидами с F, Li и B, нередко содержат кристаллы самоцветов. Это кварц, берилл, топаз, андалузит, флюорит, апатит, турмалины, спессартин, сподумен, лепидолит, данбурит, еремеевит, гамбергит, родицит и иные. Графические кварц - полевошпатовые (К-Na полевой шпат, реже олигоклаз) срастания - “еврейский камень”, “рунические письмена”, - популярный поделочный материал.

# 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



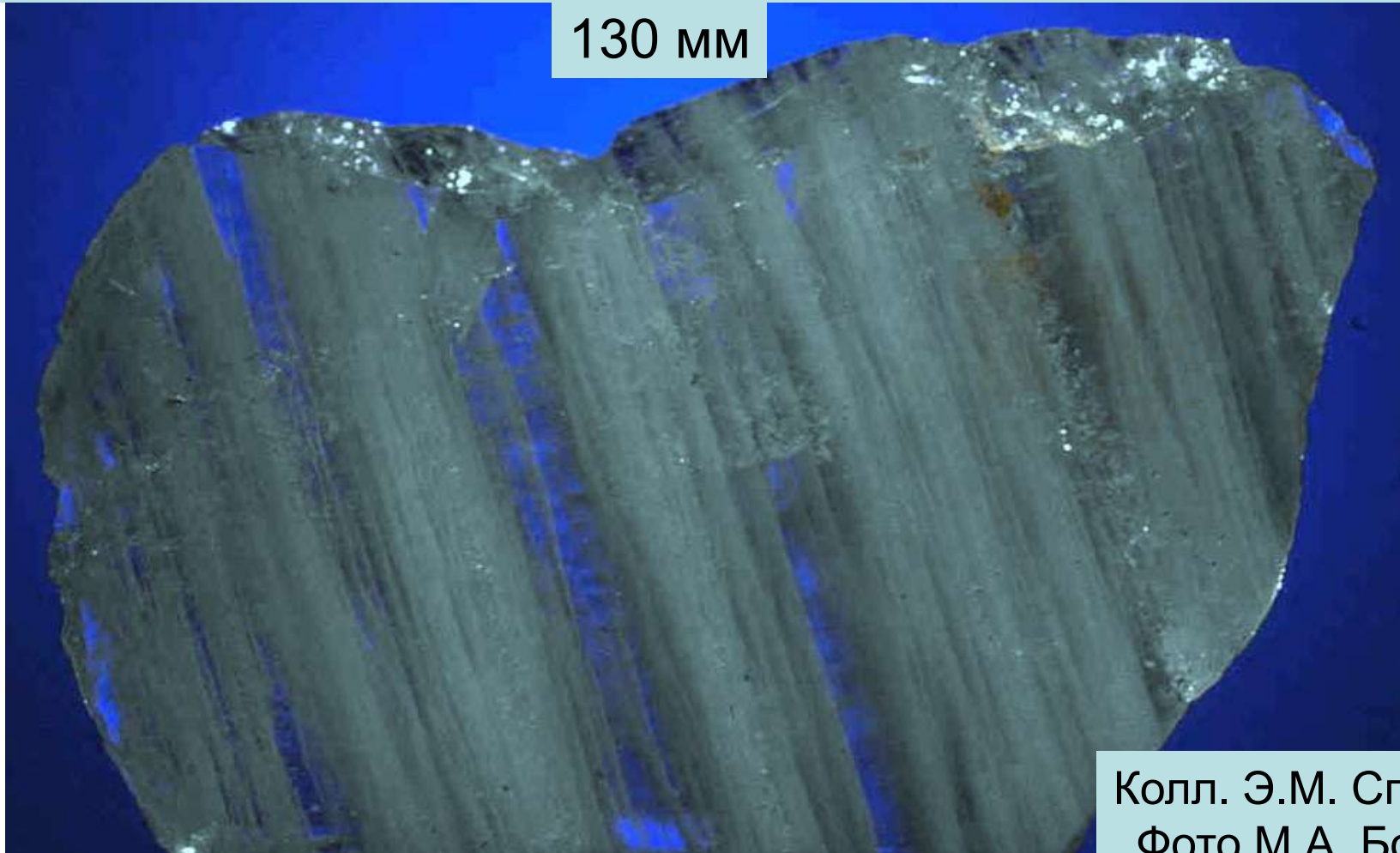
Средний Урал. Колл. О.К. Иванова. Фото Н.Н. Жукова



# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Кварц аплитовой и графической зон и кварцевого ядра – магматический высокотемпературный  $\beta$ -кварц, который затем превратился в сотовый  $\alpha$ -кварц. В трещинах сотового кварца содержится масса газовых включений. Иногда такой кварц – симпатичный поделочный камень (в пегматитах Волыни...).

130 мм



Колл. Э.М. Спиридонова  
Фото М.А. Богомолова

# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Пневмато-гидротермальный  $\alpha$ -кварц с дымчатой окраской - морион.  
Минас-Жераис, Бразилия



103 кг

150x130 мм



альбит

Lavra Sao Pedro,  
Malacacheta



# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ



Пневмато-гидротермальный  
 $\alpha$ -кварц  
со светлой дымчатой окраской.  
87 кг.

Conselheiro Pena,  
Минас-Жераис,  
Бразилия

# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

## Альбит

110  
MM



Расщепленный (завитый)  
альбит - клевеландит  
на микроклине.  
Горихо, Монголия

80x60  
MM



Шерл в шубе  
альбита - клевеландита.  
Алабашка, Средний Урал



# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

## Топаз $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{F}_2$

Один из наиболее характерных минералов кристаллоносных гранитных пегматитов. Как правило, совершенные и крупные кристаллы топаза образуются в прикровельной части камерных пегматитов и в пегматитах, сформированных в верхней эндоконтактовой и экзоконтактовой зонах пегматитоносных плутонов гранитов. Пегматиты с бериллом развиты глубже. При пониженной активности фтора (редкое событие) вместо топаза кристаллизуется андалузит.

Топаз (по-русски тяжеловес). Великолепными кристаллами светло-голубых и небесно-голубых топазов славились и славятся миароловые гранитные пегматиты Ильменских гор (Южный Урал) и Мурзинско-Адуйской полосы (Средний Урал), Бразилии, Намибии, Забайкалья, Памира, Афганистана, Пакистана. Каждый третий камерный пегматит Волынского месторождения (Украина) содержит топазы ювелирного качества; вес их достигает 117 кг.

# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

## Турмалин - шерл с альбитом и кварцем

на бесцветном  
топазе.

Mimoso do Sul,  
Espirito Santo,  
Бразилия



70x70 мм

# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

## Топаз $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{F}_2$



Топаз 40 мм, шерл. Мурзинка, Ср.Урал



Топаз на шерле 45 мм.  
Erongo Mountain, Намибия





# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Топаз  $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{F}_2$

400x400 мм



с турмалином и альбитом. Lavra do Xanda, Virgem da Lapa, Минас Жераис



# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

## Турмалин - шерл

в топазе. Мурзинка



# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

## Турмалин - тсилаизит

и топаз на агрегате альбита-клевеландита и лепидолита



# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

## Топаз $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{F}_2$



Топаз и раух-кварц.  
Алабашка, Урал



26204  
ТОПАЗ  $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F},\text{OH})_2$  Топаз  
с друзами кварцем  
Алабашка, д. Мурзинка, Ср. Урал,  
Россия Иосса В.А. 1978



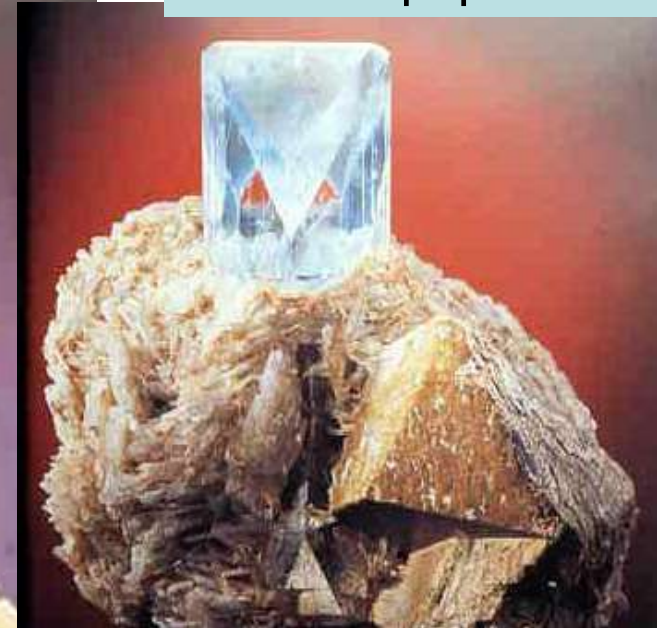
# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Топаз  $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{F}_2$

45 мм. Little Three,  
Ramona,  
Калифорния



130 мм



Xanda Mine, Virgem da Lapa, Минас Жераис,  
Бразилия

# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Топаз  $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{F}_2$ . Мурзинка, Ср. Урал



Топаз,  
кварц - морион,  
альбит  
на К-На  
полевоом шпате



# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Топаз  $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{F}_2$



Кристаллы  
топаза  
до 70 мм,  
альбит-  
клевеландит,  
кварц.  
Мурзинка,  
Средний Урал

ТОПАЗ,  
АЛЬБИТ, КВАРЦ  
TOPAS, Albit, Quartz  
Al<sub>2</sub>(F<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) · NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub> · SiO<sub>2</sub>  
Средний Урал Ural Centre



# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Топаз  $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{F}_2$

Мурзинка, Средний Урал



Кристаллы топаза пинакоидально-призматические

# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Топаз  $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{F}_2$ . Мурзинка, Средний Урал



Топаз, кварц - морион, альбит



# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Топаз  $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{F}_2$ . Мурзинка, Средний Урал



Топаз,  
кварц - морион,  
альбит



90 мм

# КРИСТАЛЛО- НОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

## Топаз



Мурзинка,  
Ср. Урал

Топаз,  
кварц - морион,  
альбит



**КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ  
ГРАНИТНЫЕ  
ПЕГМАТИТЫ**

**Топаз  $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{F}_2$**

Голубой топаз 150 мм  
присыпан кристаллами  
лепидолита.

Минас Жераис,  
Бразилия



# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Фенакит  $\text{Be}_2 [\text{SiO}_4]$



Фенакит 10 мм  
на топазе.  
Волынское,  
Украина



# КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

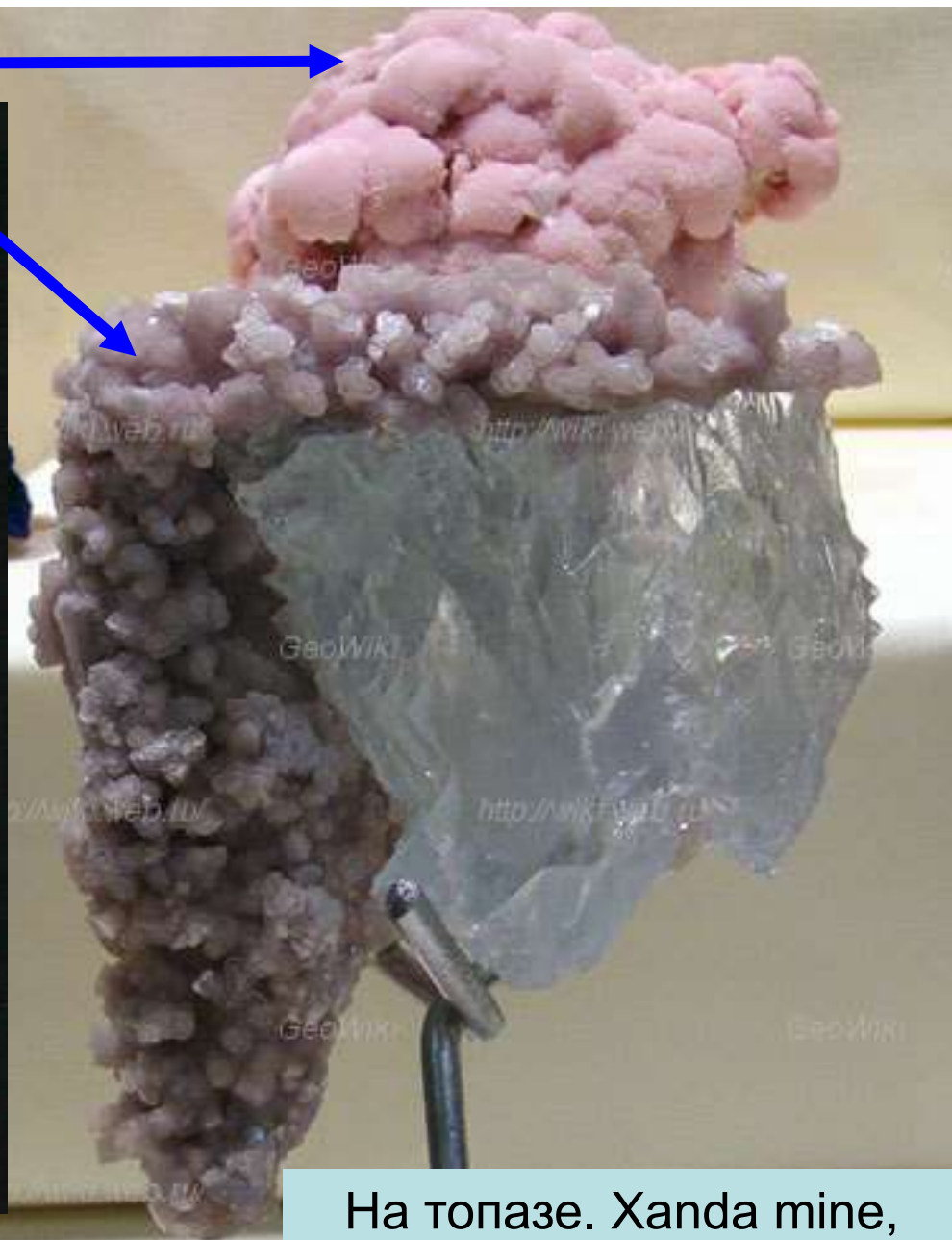
## Лепидолит



$\text{Be}_2 [(\text{F}, \text{OH}) / \text{VO}_3]$

40x30 мм

Гамбергит молочно-белый, топаз, лепидолит. Мокруша, Урал



На топазе. Xanda mine, Минас Жераис, Бразилия

# Процессы формирования гранитных пегматитов расшифрованы далеко не полностью.

Некоторые из проблем:

- 1). где те огромные массы флюидов, количество которых по оценке А.А. Маракушева и Е.Н. Граменицкого достигает 80% пегматитообразующего расплава ?
- 2). как и когда возникли около пегматитовые геохимические и минеральные ореолы, нередко значительных размеров ?
- 3). существуют ли гранитные пегматиты скрещенния, иначе гибридные ? На каком этапе развития гранитных пегматитов формируются чуждые для них геохимические и минеральные особенности ?

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  $\alpha$ - $\beta$  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 Си и Ау (!) турмалины; в других регионах - Cr-содержащие зелёный сподумен (гидденит), розовый и красный 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) вырос голубой Fe-Mg-Na берилл...

# Инверсионные топазы

Топаз (по-русски тяжеловес). Волынские топазы обычно зональные - центр кристаллов голубой, внешние зоны чайной окраски различной густоты (Лазаренко и др., 1973). Голубые топазы с  $Fe^{2+}$  отвечают пегматитам чистой линии. Поздние генерации топаза коричневого или чайного цвета, которые обогащены  $Fe^{3+}$ , - инверсионные образования. В Волынском месторождении найдены уникальные полихромные топазы: прозрачные чистой "воды" кристаллы размером до 20x10x15 см с внешней зоной густого чистого винно-коричневатого цвета шириной 3-5 см и внутренней зоной ярко голубого цвета, в которой "плавают" клиновидные срастания тонких палочковидных кристаллов снежно-белого флюорита размером до 1-2 см, - полная иллюзия стаи белых лебедей в голубом небе.

# Пирамиды роста в кристаллах топаза

По закону Бекке пирамиды роста разных простых форм имеют различные физические свойства: показатели преломления, твёрдость, электропроводность, степень интенсивности радиационной окраски (дымчатый кварц), плотность точечных дефектов и дислокаций.

Различные грани кристаллов обычно по разному сорбируют примеси из среды питания. Интересны пирамиды роста топаза. Грани [120] (более тупые ромбические призмы) и [112] (более тупые, точнее сплюснутые бипирамиды) активно поглощают  $Fe^{2+}$ , их пирамиды роста окрашены в голубой цвет. Кристаллы топаза, образованные такими гранями, - из пегматитов Мурзинки, Ильмен... – голубого цвета.

Грани [110] (более острые призмы) и [111] (более острые бипирамиды) активно поглощают  $Fe^{3+}$ , их пирамиды роста окрашены в чайный, розовый, жёлтый, фиолетовый цвета. Кристаллы, образованные такими гранями, - из кварцевых жил Бразилии, Южного Урала, Пакистана - розовые, жёлтые, фиолетовые.

Кристаллы топаза, где развиты пирамиды роста граней [120] и [110], [112] и [110]..., - двуцветные: пирамиды роста граней [120] голубого цвета, пирамиды роста граней [110] чайного цвета различной густоты окраски; таковы много цветные кристаллы топаза из пегматитов Волыни.



# Доинверсионные и инверсионные топазы

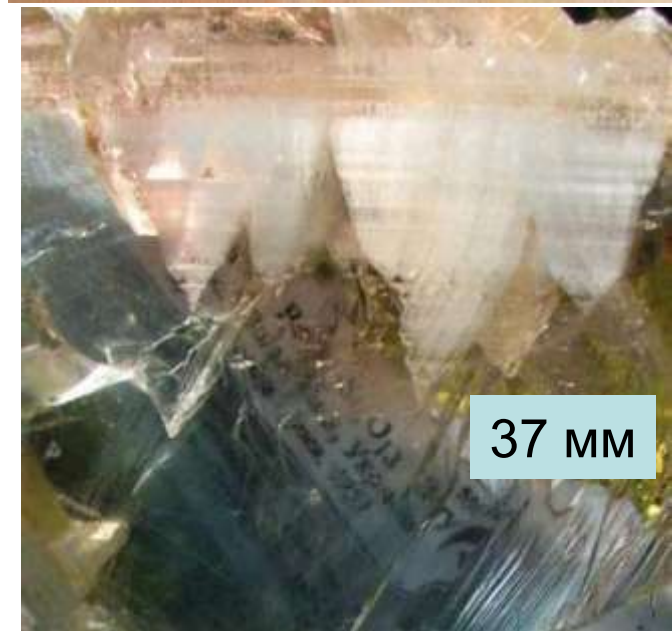
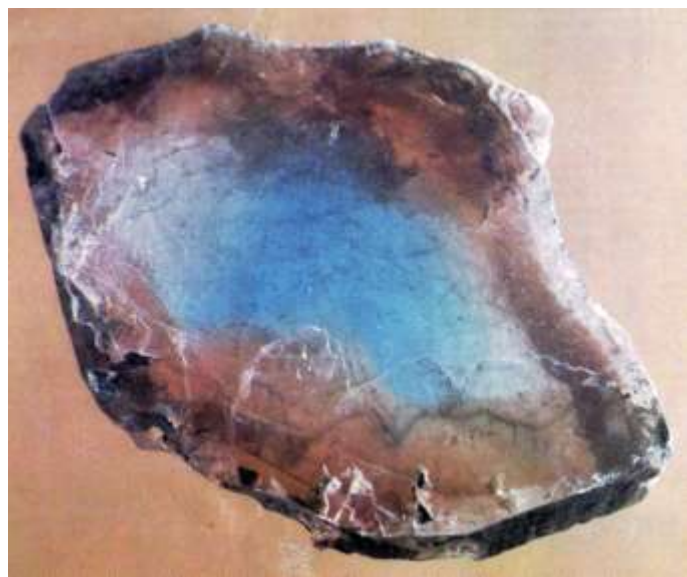
Волынское месторождение, Украина



139x105x64 мм

# Доинверсионные и инверсионные топазы

Волынское месторождение, Украина



37 мм



160x140 мм

Белые скелетные кристаллы флюорита



**Грань [120]**



**Грань [110]**



**Пирамиды  
роста  
разной окраски  
= разного  
состава  
в кристаллах  
топаза из  
пегматитов  
Волыни,  
У**

**171x146 мм**



# Пирамиды роста в кристаллах топаза из пегматитов Волыни, Украина

Грань [120]

Грань [110]



130x129 мм

Грань [120]

Грань [110]



292x190 мм

# Инверсионные топазы

В пегматитах иных регионов окраска топазов инверсионного периода от оранжево-желтой до розовой (примеси  $Mn^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$  !). Пегматиты Среднего Урала содержат поздние инверсионные золотистые и винно-желтые топазы.

Великолепные винные топазы находятся в гранит-пегматитах Кукуртского месторождения (Памир) (Скригитиль, 1996).



100 мм

Знаменитый кристалл топаза  
красного цвета  
академика  
Н.И. Кокшарова

# Инверсионные топазы

80 мм



110 мм



**Cr-Fe<sup>3+</sup>**  
- топаз.  
Долина  
Shigar,  
Пакистан

**Cr - топаз. Sussy, Haramosh, Пакистан**



Восточный  
Памир



# Инверсионные топазы

80 мм



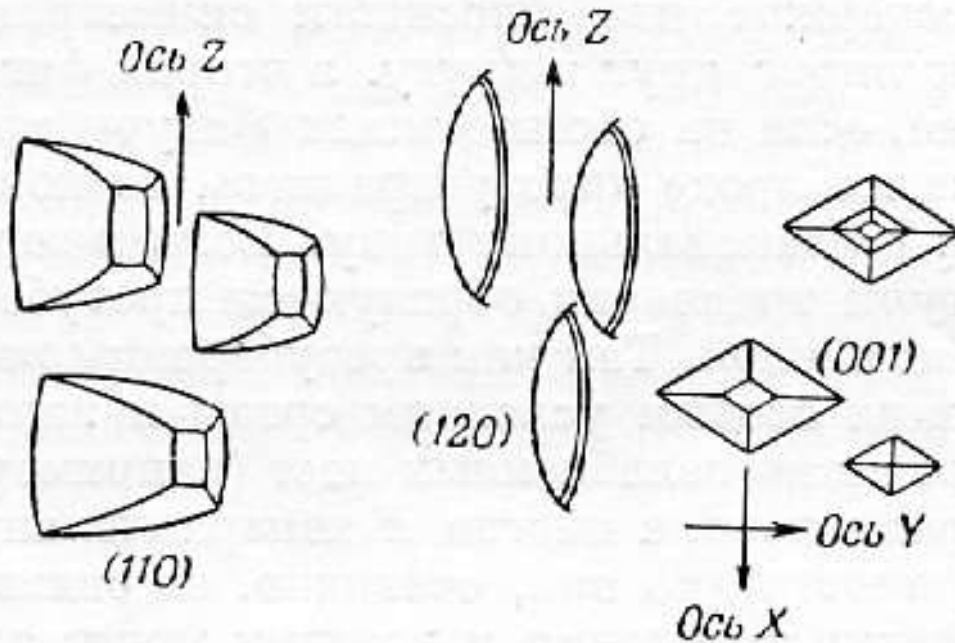
Бразильский гигант  
277 кг



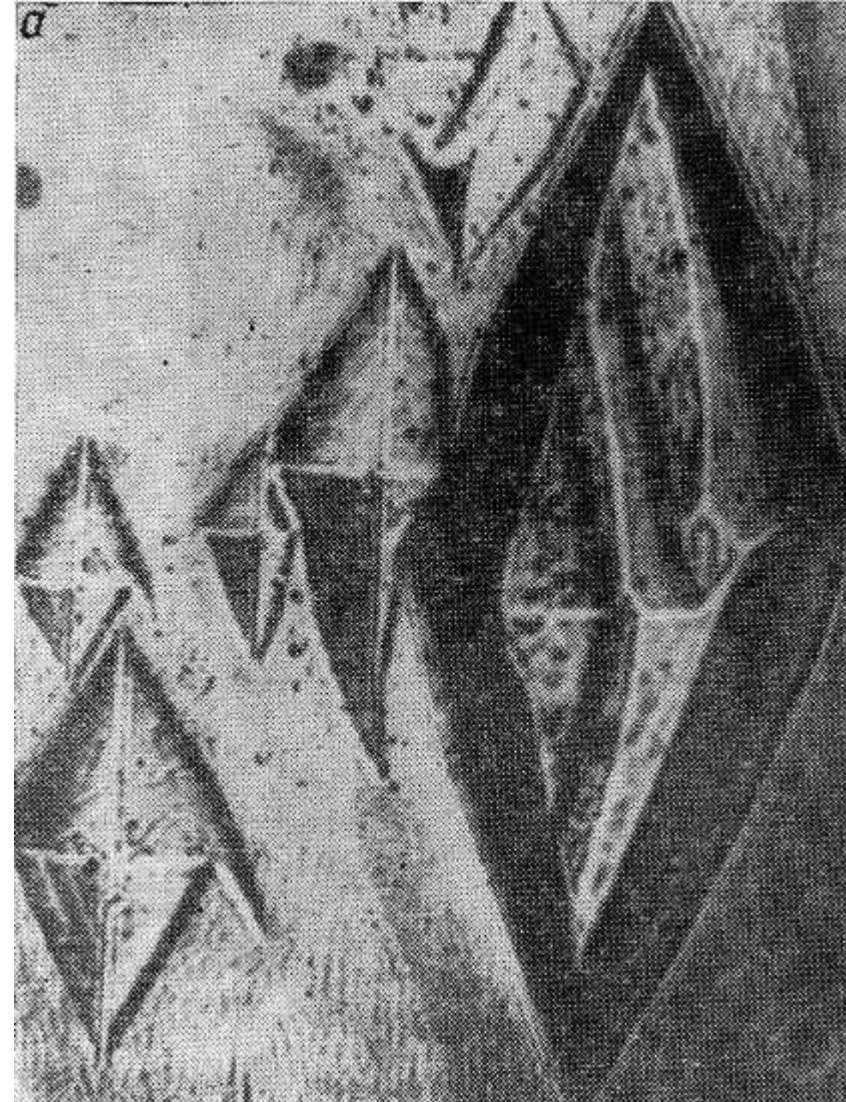
Топаз чайный и шерл на альбите.  
Shardu, Пакистан

# Растворение кристаллов

Форма ямок - скульптур травления – растворения различная на разных гранях кристалла



Ф и г. 128. Фигуры травления на гранях (110), (120) и (001) топаза.



На грани пинакоида [001]



# Скульптуры растворения кристаллов

Топаз.  
Гранитные  
пегматиты

South Percy Peak,  
Coos County,  
Нью-Гэмпшир,  
США



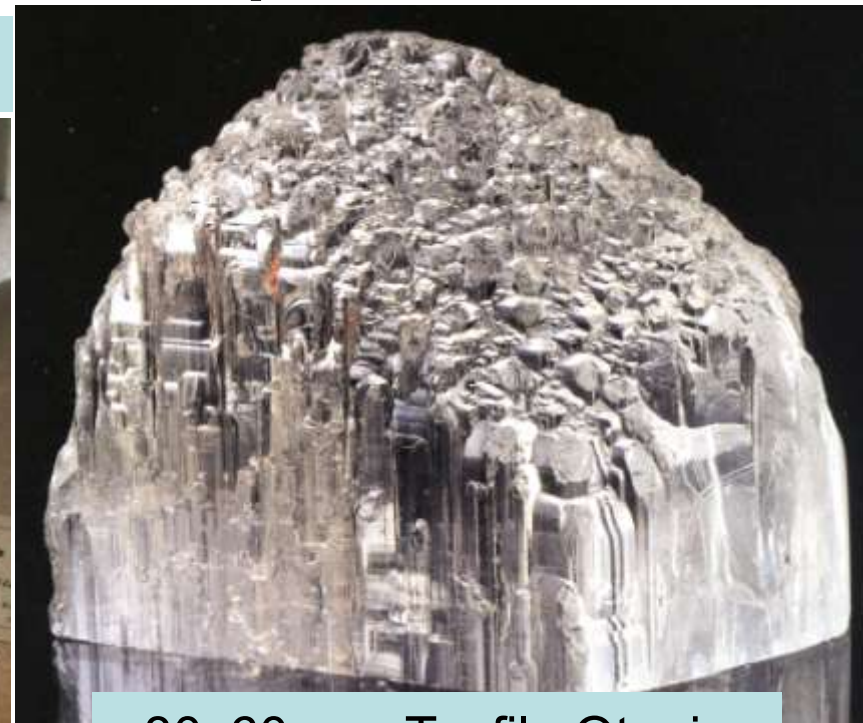


# Скульптуры растворения кристаллов

Топаз. Гранитные пегматиты



Волынь, Украина



80x60 мм. Teofilo Otoni,  
Минас Жераис, Бразилия



0.6 мм. Растворение по трещинам спайности. При 1 николе

**ТОПАЗ  $\text{Al}_2 [(\text{F},\text{OH})_2 / \text{SiO}_4]$**

**ПНЕВМАТОЛИТОВО -**

**ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ**

**В АПОГРАНИТАХ**

# КВАРЦ-ЩЁЛОЧНОПОЛЕВОШПАТОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ (апограниты)

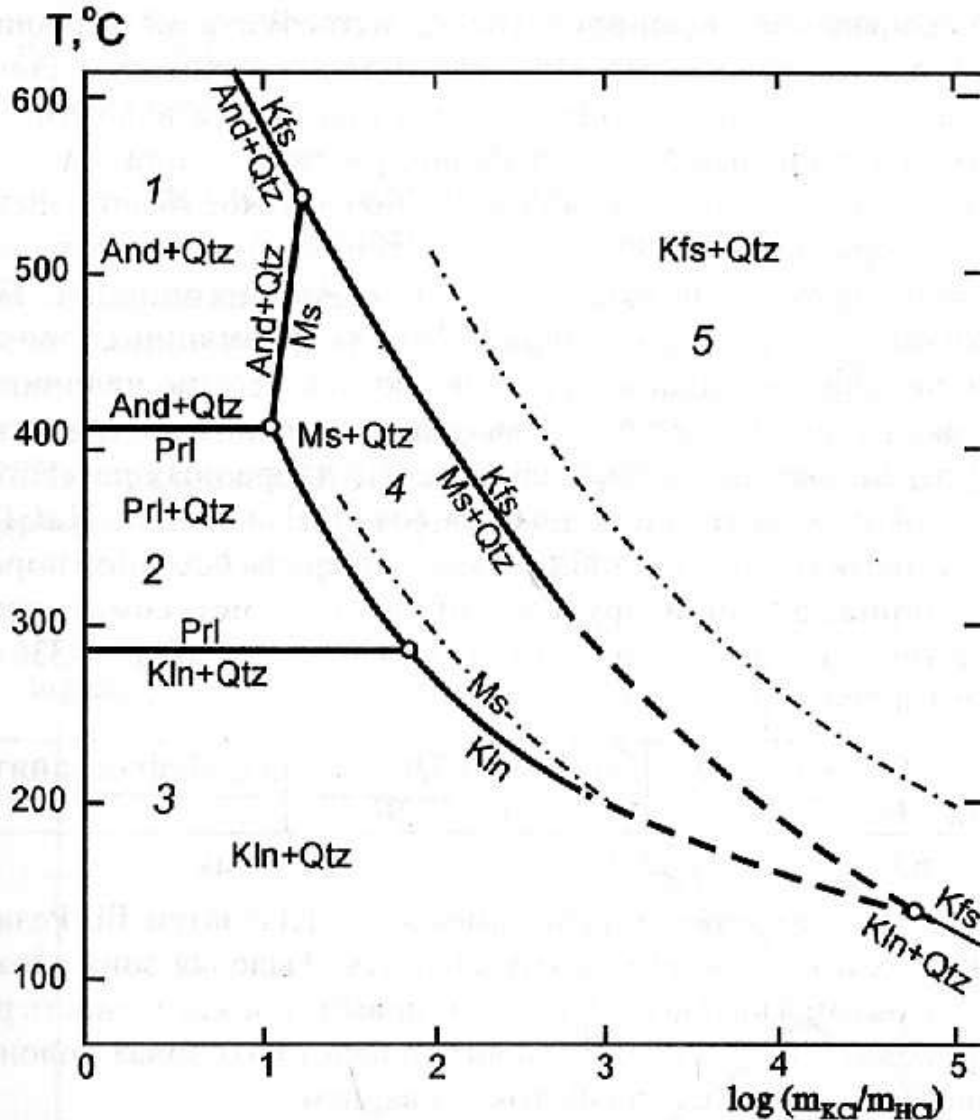
Высокотемпературные кварц-альбит-микроклиновые метасоматиты по многим признакам напоминают граниты. Один из первых исследователей этих метасоматитов – А.А. Беус предложил для них удачное название – апограниты. Многие геологи считают, что это специфические граниты. Но! В магматических породах нет обильных метакристаллов, структуры, зернистость и количественные соотношения минералов не меняются резко и не закономерно на расстояниях в первые см. Не существуют первично магматические парагенезы альбит+микроклин и альбит+топаз. Такие парагенезы типичны для апогранитов. Минералы апогранитов не содержат расплавные включения. Те же минералы, которые заместили первичные минералы гранитов и секущих их жильных гранитов и аплитов, слагают метасомы в экзоконтактовых роговиках, окружающих эти граниты.

О высокой 500-600° С температуре образования



# КВАРЦ-ЩЁЛОЧНОПОЛЕВОШПАТОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ (апограниты)

апогранитов свидетельствуют прямые определения по флюидным включениям и парагенез топаз – полевые шпаты. Апограниты сложены агрегатами альбита, решётчатого микроклина, кварца. Для любых апогранитов типоморфен горошковый кварц. Этот кварц содержит таблички альбита, которые ориентированы по зонам роста кристаллов кварца, образуя структуру снежного кома. Мелко- и средне-зернистые апограниты часто сопровождаются крупно-, грубо- и гигантозернистыми породами, состав которых варьирует от кварц-щёлочнополовошпатового до кварцолитов. Эти пегматоиды или рандпегматиты имеют такое же отношение к настоящим гранитным пегматитам как апограниты к магматическим гранитам. Рандпегматиты и кварцолиты слагают жилы, шпайры и гнёзда. С интрузивами высокоглинозёмистых лейкогранитов связаны плюмазитовые апограниты с топазом и амазонитом, циннвальдитом – криофиллитом...



Поле устойчивости  
топаза относительно  
близко  
к полю  
устойчивости  
андалузита

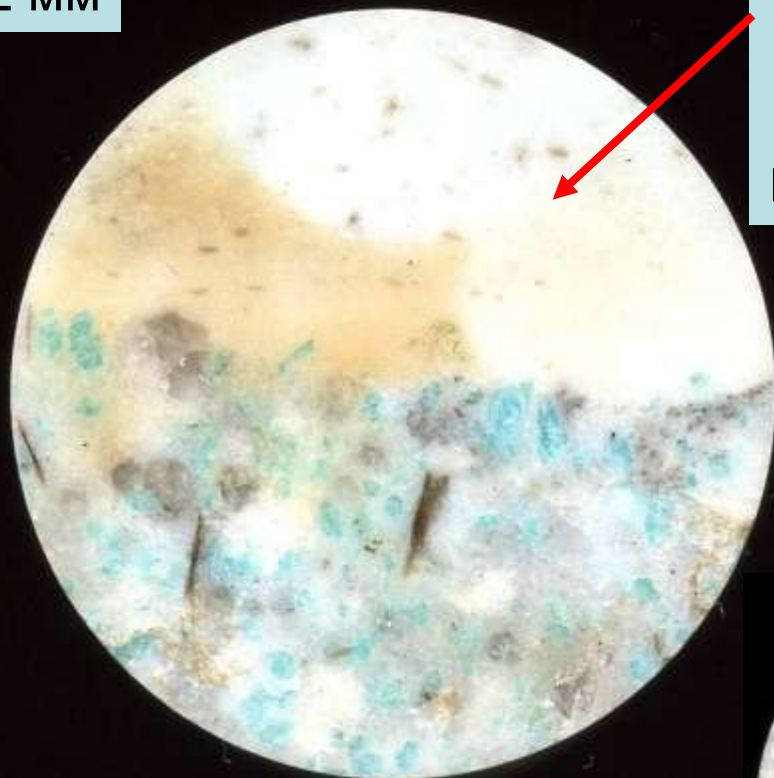
Рис. 5.5. Фазовые соотношения в системе  $Al_2O_3-SiO_2-H_2O-KCl-HCl$  при  $P=1$  кбар и избытке кварца [Зарайский и др., 1981]

Цифрами показаны поля, которым соответствуют по минеральному составу тыловые зоны колоннок метасоматических фаций: 1, 2 и 3 – кварц-андалузитовая, кварц-пирофиллитовая и кварц-каолинитовая фации вторичных кварцитов соответственно; 4 – кварц-мусковитовая фация грейзенов и кварц-серицитовая фация вторичных кварцитов; 5 – кварц-калишпатовые метасоматиты

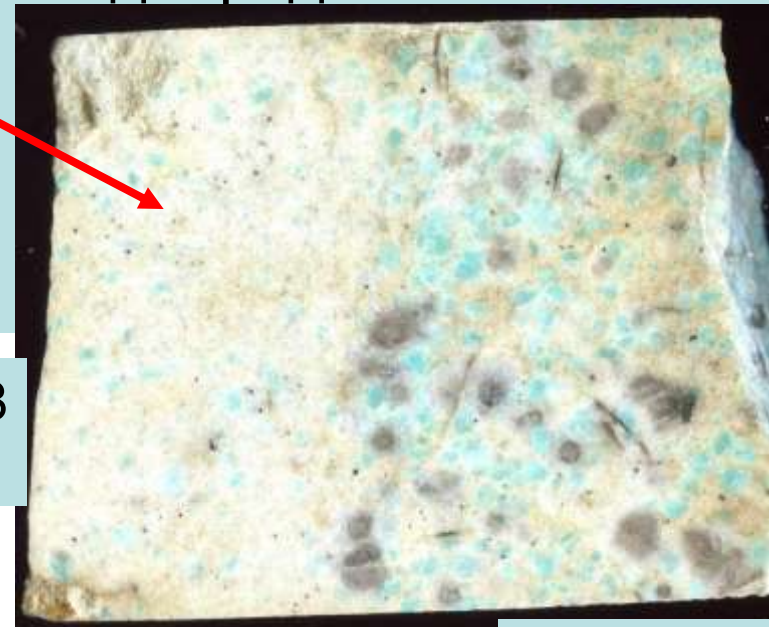
# КВАРЦ - ЩЁЛОЧНОПОЛЕВОШПАТОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ = АПОГРАНИТЫ

Плюмазитовые апограниты резко не однородные. Этыка

42 мм



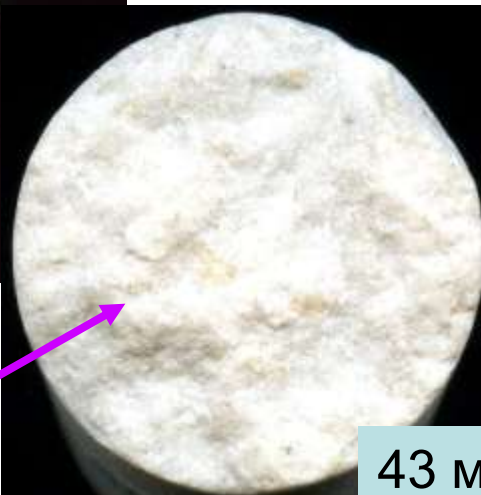
Участки,  
богатые  
альбитом  
и топазом



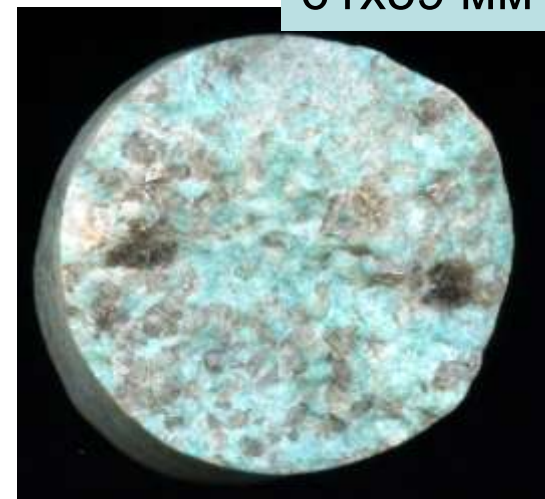
75x58  
мм

61x59 мм

Участок альбитового  
состава



43 мм

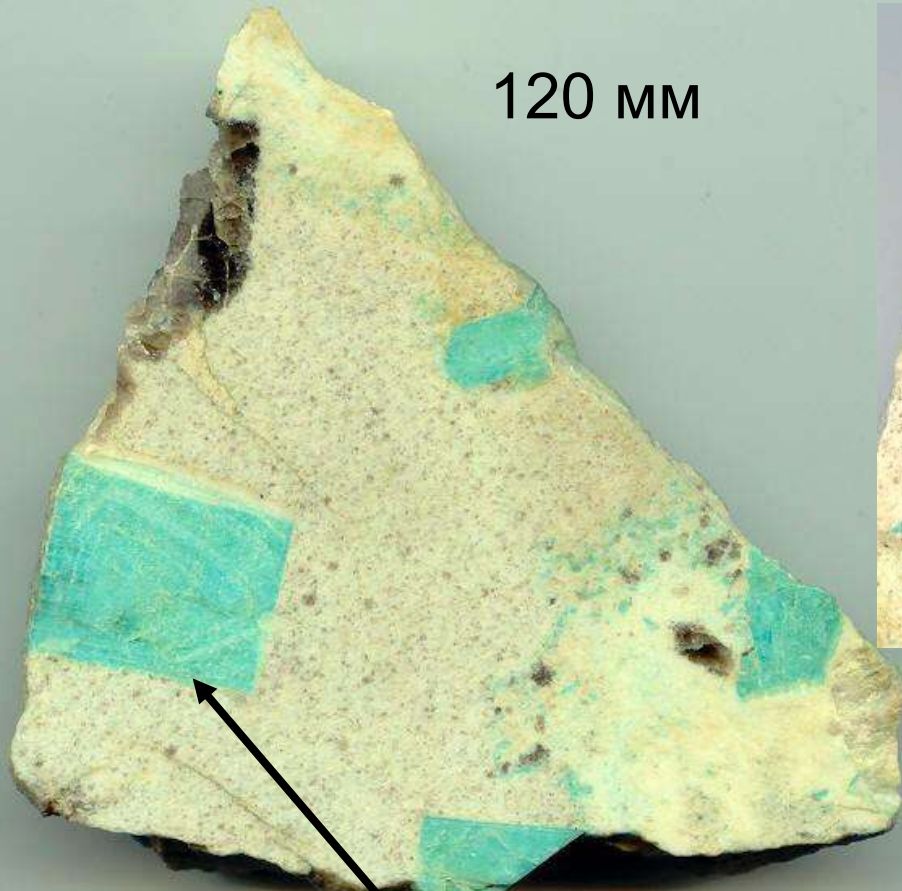




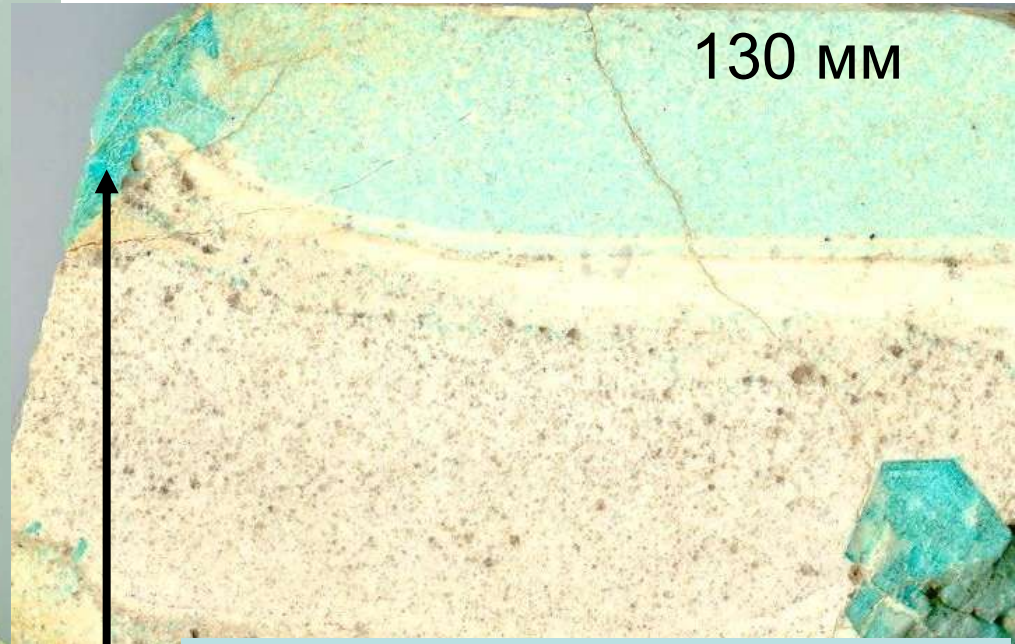
# КВАРЦ - ЩЁЛОЧНОПОЛЕВОШПАТОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ = АПОГРАНИТЫ

С метакристаллами амазонита. Этыка, Забайкалье

120 мм



130 мм



Две генерации амазонита.  
Ранний – светло зелёный.  
Поздний – густо зелёный.

Чередование микроклина-  
амазонита и альбита в  
одном метакристалле

Один метакристалл позднего  
амазонита срезает три зоны  
апогранитов разного состава

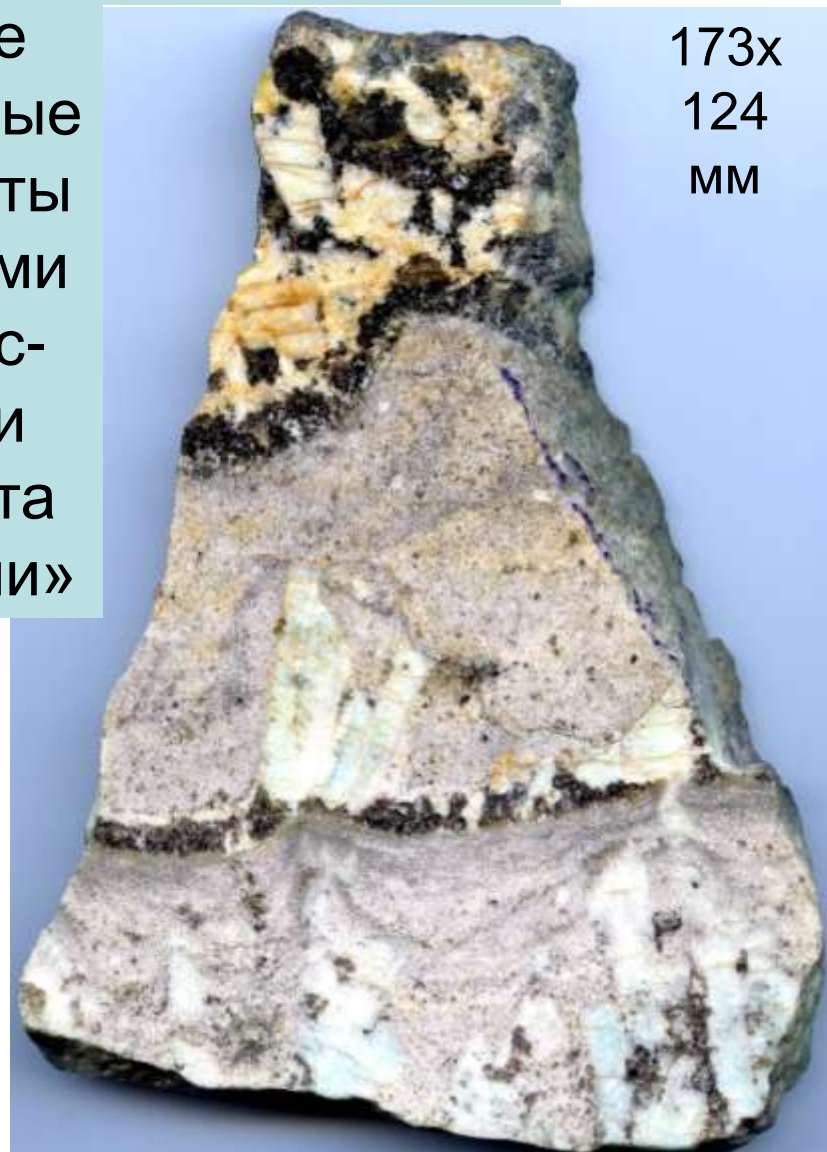
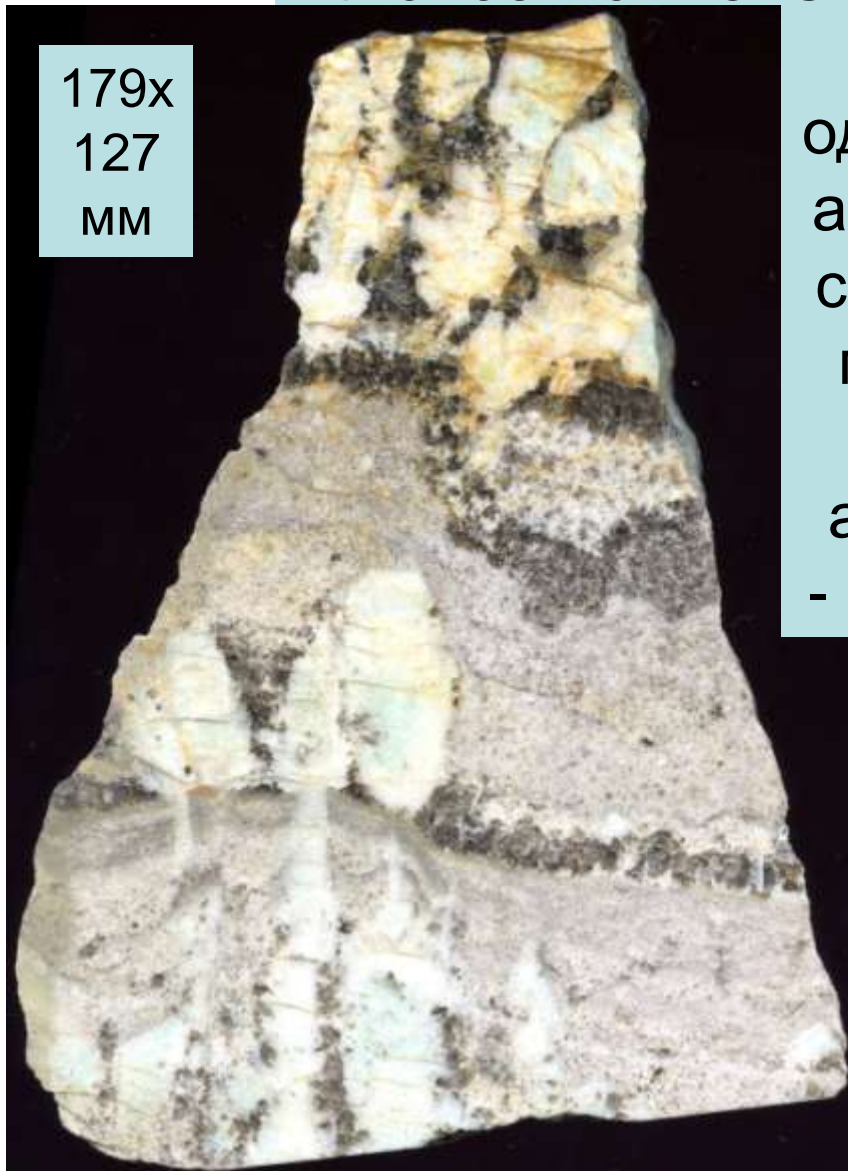
# КВАРЦ - ЩЁЛОЧНОПОЛЕВОШПАТОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ = АПОГРАНИТЫ

Плюмазитовые. Спокойнинское, Забайкалье

179x  
127  
мм

Резко не  
однородные  
апограниты  
с крупными  
метакрис-  
таллами  
амазонита  
- «грибами»

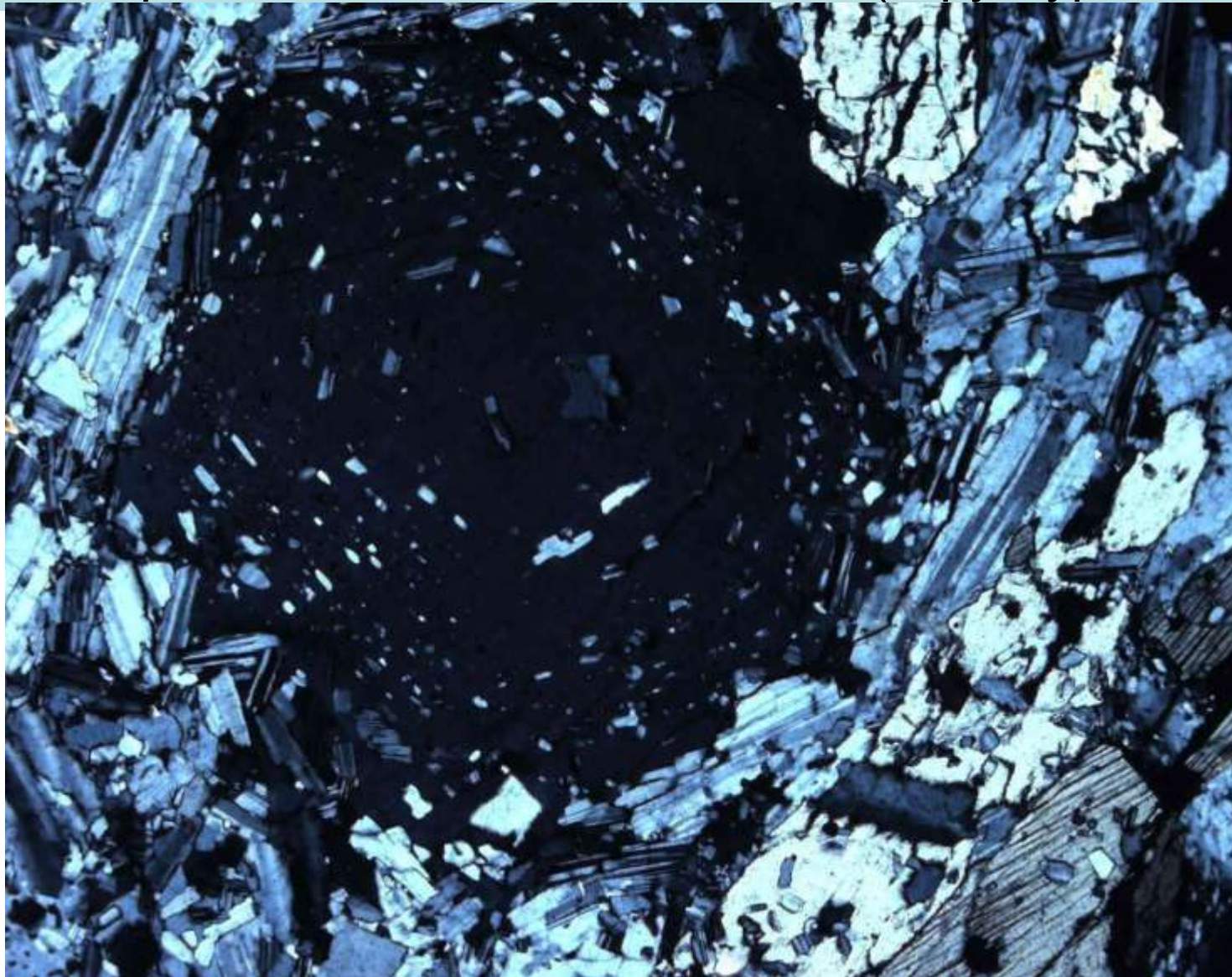
173x  
124  
мм





# КВАРЦ - ЩЁЛОЧНОПОЛЕВОШПАТОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ = АПОГРАНИТЫ

Кварц с включениями альбита (структура снежного кома)



Плюма-  
зитовые.  
Алаха,  
Горный  
Алтай

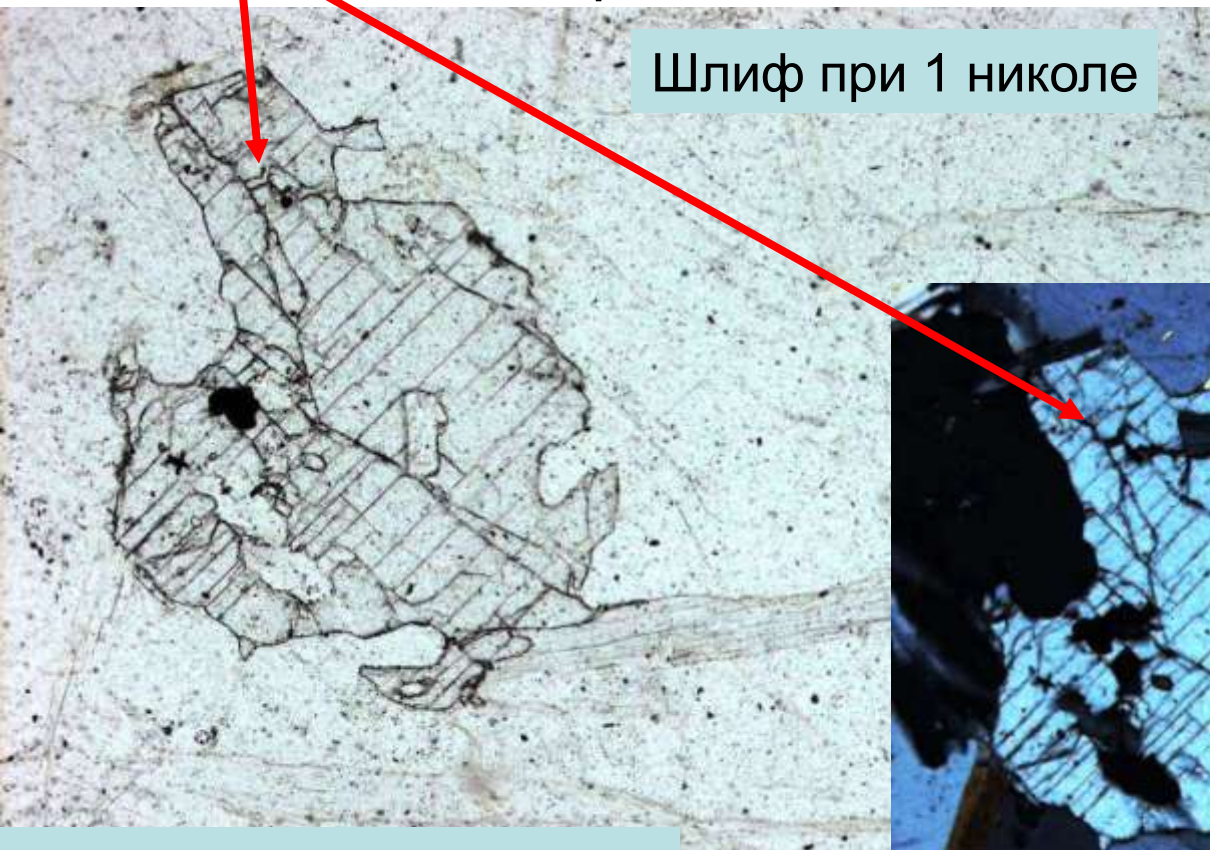
Совместный  
рост  
кварца и  
альбита

Шлиф.  
Николи x  
Колл. Т.Н.  
Шуриги,  
фото Э.М.  
Спиридонова



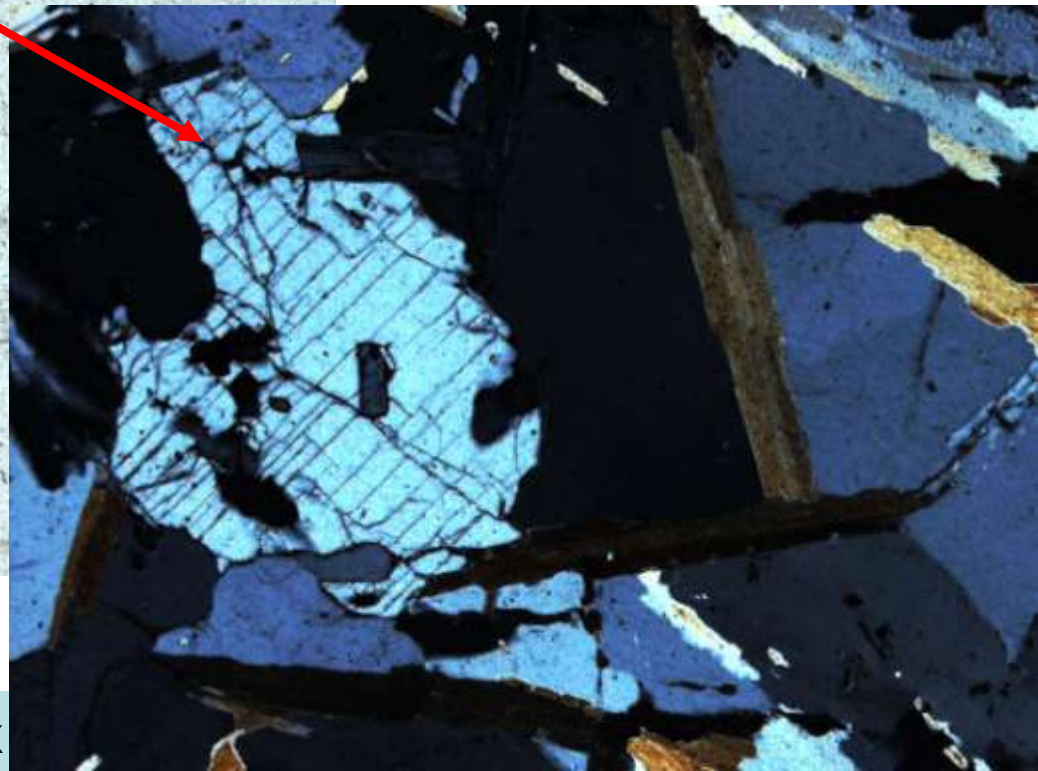
# КВАРЦ - ЩЁЛОЧНОПОЛЕВОШПАТОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ = АПОГРАНИТЫ

**Топаз  $Al_2 [F_2/SiO_4]$**  – типичный минерал плюмазитовых апогранитов. Этыка, Забайкалье



Шлиф при 1 николе

Пластины более позднего циннвальдита-криофиллита



Колл. З.Г. Караевой,  
фото Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х



# КВАРЦ - ЩЁЛОЧНОПОЛЕВОШПАТОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ = АПОГРАНИТЫ

Топаз. Орловка, Забайкалье

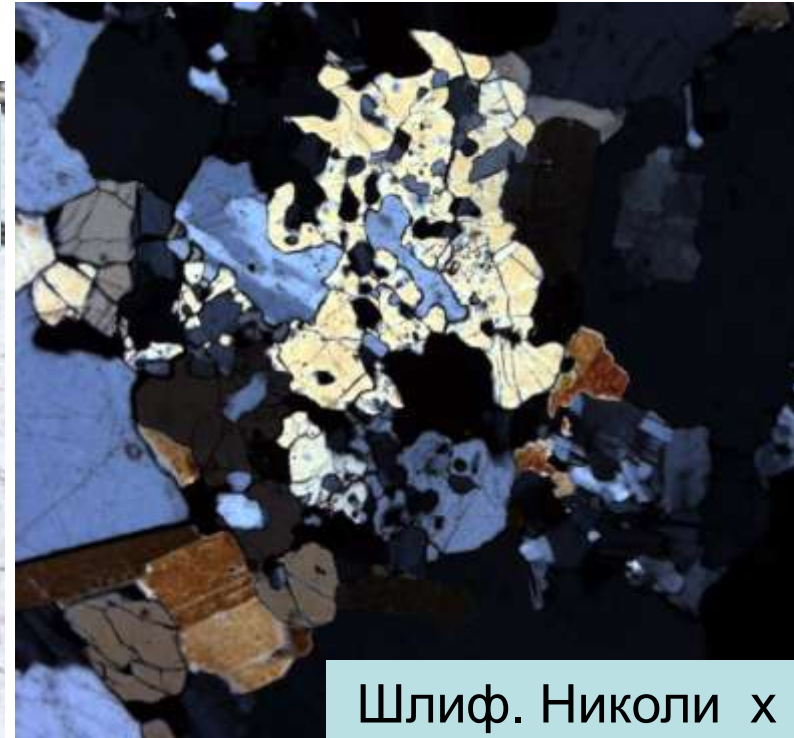
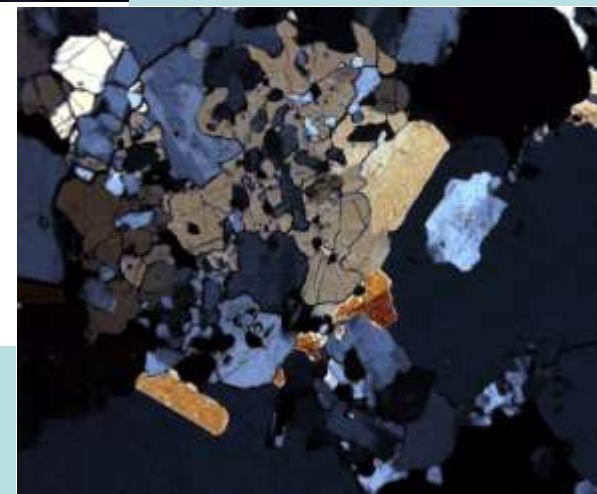


Фото  
ЭМС




Топаз – рельефный. Не мало более позднего криофиллита – циннвальдита. Колл. З.Г. Караевой



# КВАРЦ - ЩЁЛОЧНОПОЛЕВОШПАТОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ = АПОГРАНИТЫ

**Топаз.** Высокотемпературный фторидный метасоматоз синхронно захватил и экзоконтактовые роговики вокруг лейкогранитного интрузива. Этыка, Забайкалье



Шлиф. При 1  
нике

Колл.  
и  
фото  
ЭМС



Шлиф. Николи x

Зональные метакристаллы топаза до 0.5 мм в т/з роговиках



# КВАРЦ - ЩЁЛОЧНОПОЛЕВОШПАТОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ = АПОГРАНИТЫ



Этыка,  
Забайкалье

Шлифы. При 1 николе



Колл. и фото  
Э.М. Спиридонова



Шлифы. Николи х



Зональные метакристаллы топаза до 0.5 мм в т/з роговиках

**ТОПАЗ  $\text{Al}_2 [(\text{F}, \text{OH})_2 / \text{SiO}_4]$**

**ПНЕВМАТОЛИТОВО -**

**ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ**

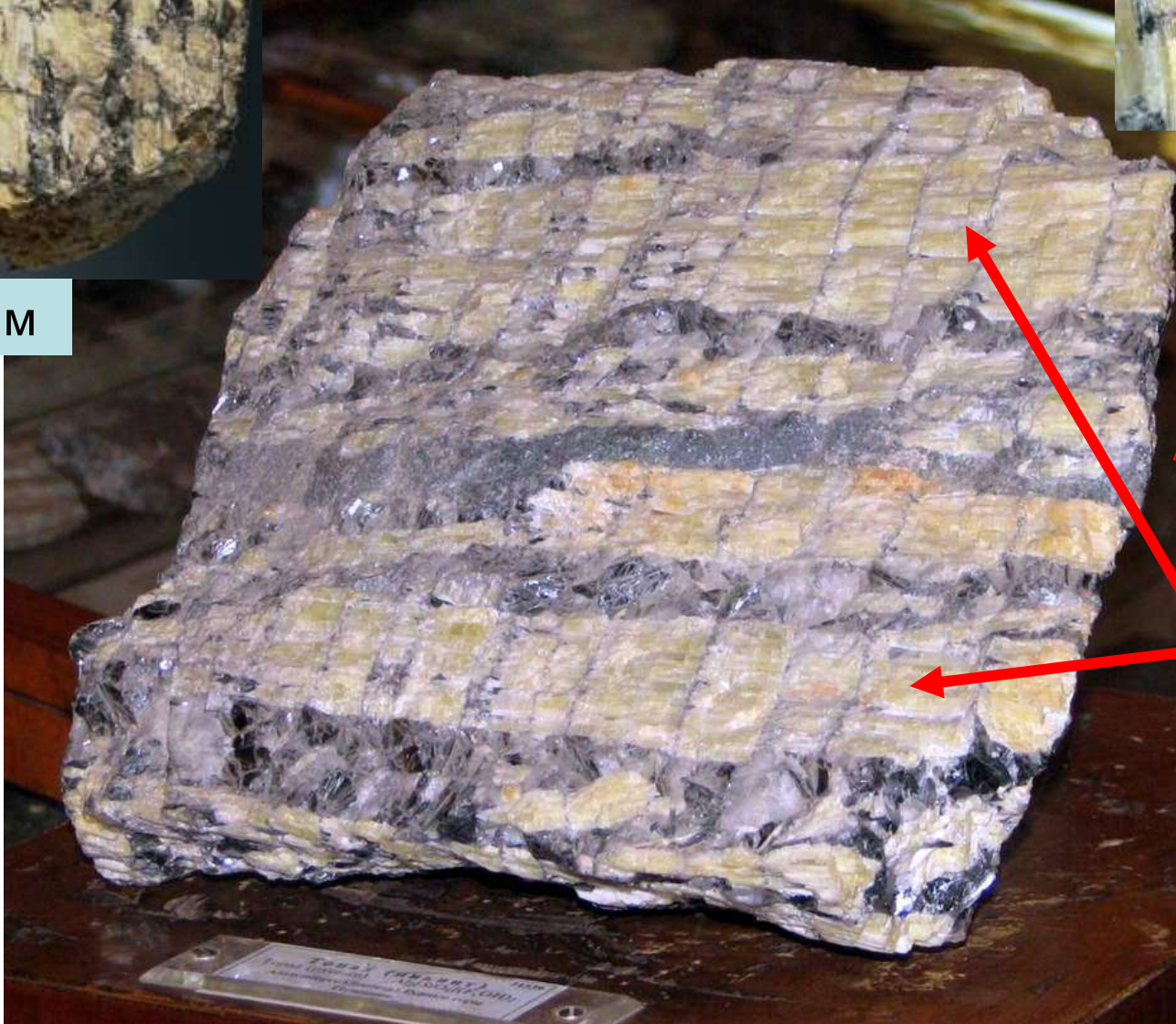
**В ЦВИТТЕРАХ**



# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ



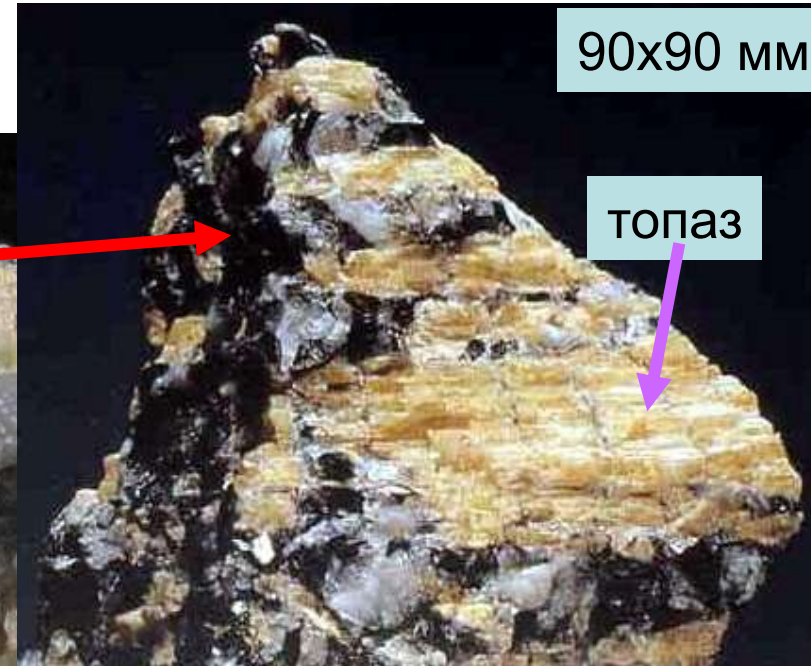
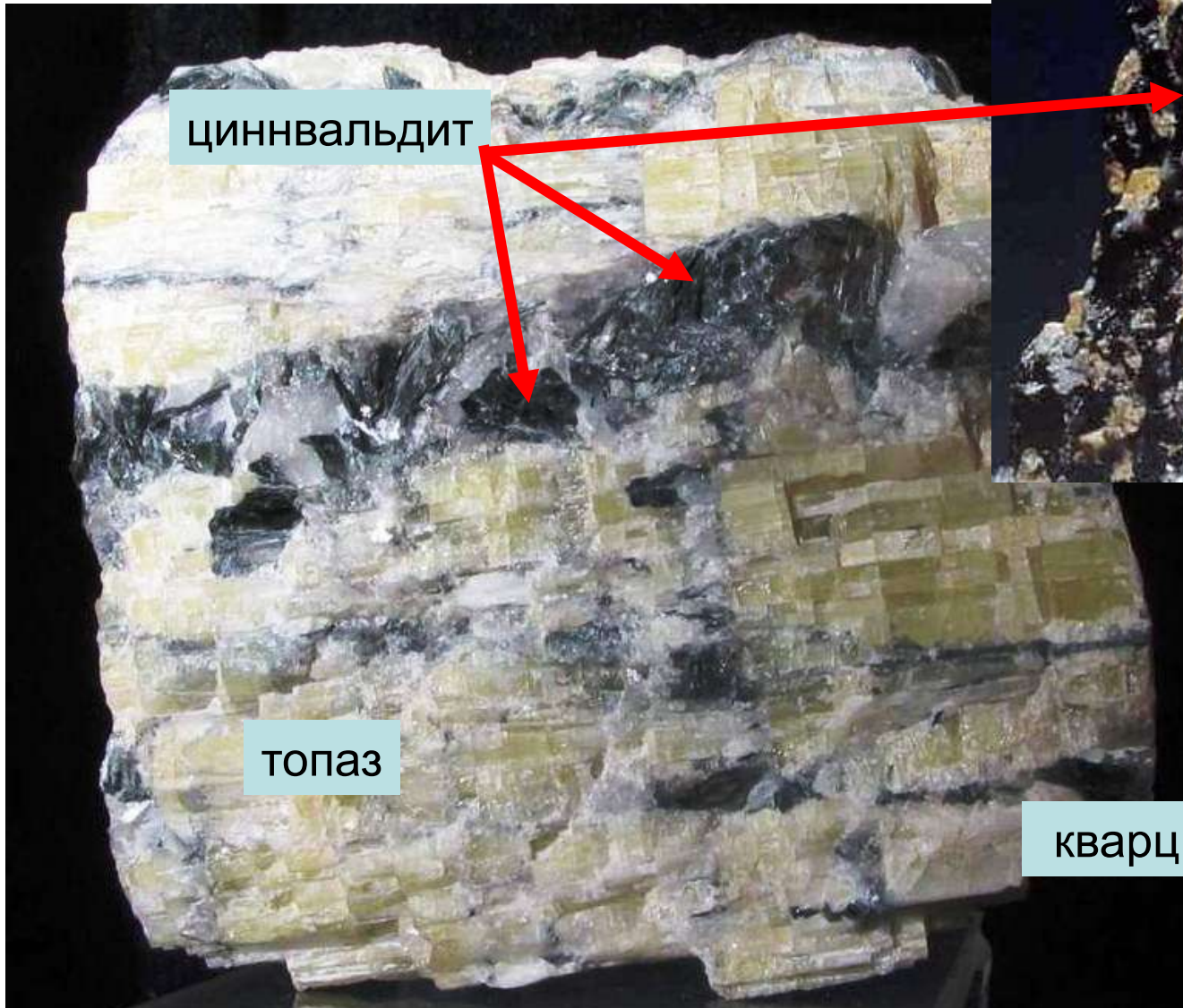
120 мм



Жильные  
цвиттеры.  
Пикнит =  
длинно-  
призматический  
топаз.  
Альтенберг,  
Рудные Горы,  
Южная  
Германия



# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ



Жильные  
цвиттеры.  
Пикнит = длинно-  
призматический  
топаз.  
Альтенберг,  
Рудные Горы,  
Южная Германия

# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

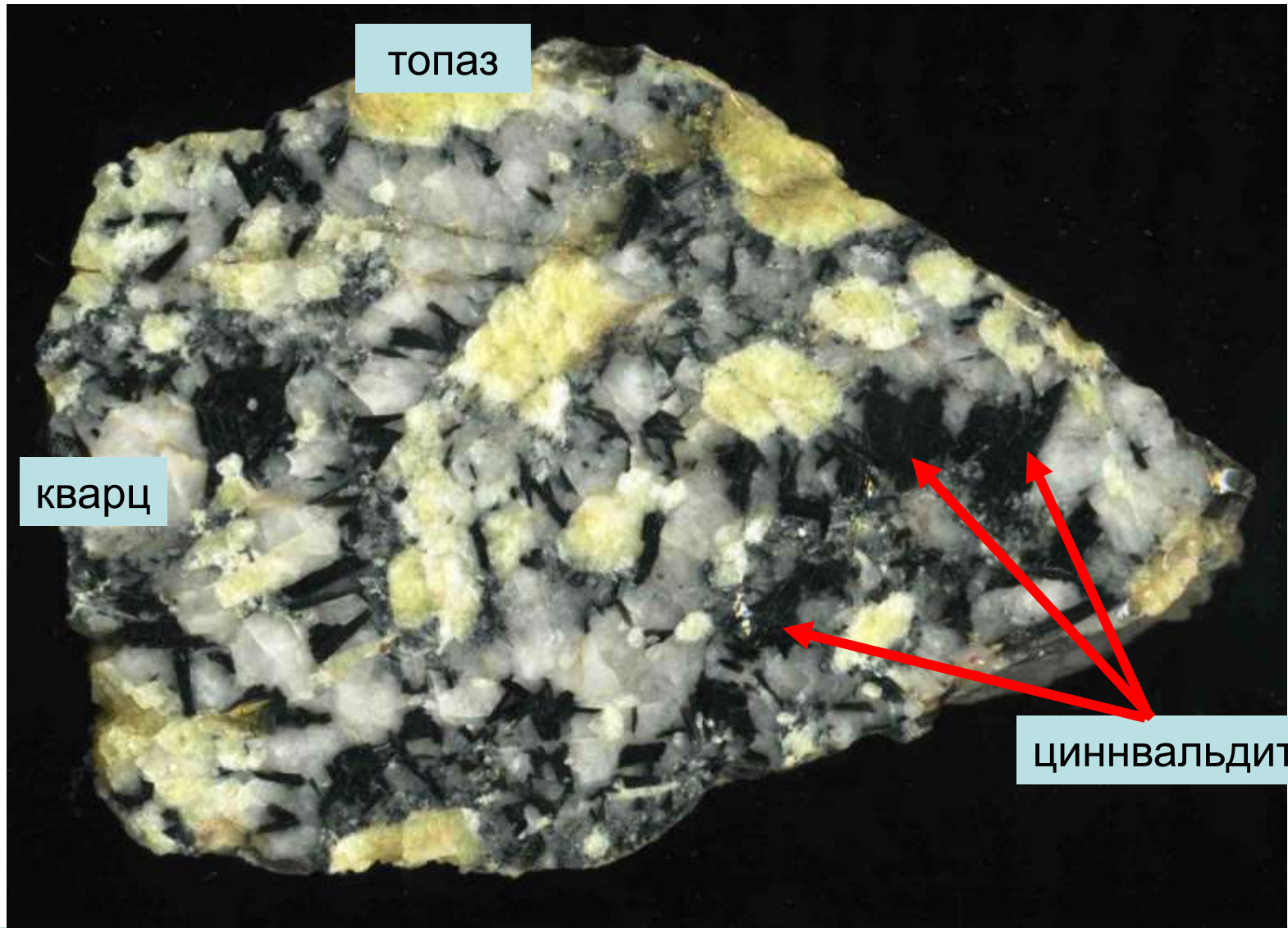
102x66 мм

топаз

Жильные цвиттеры. Пикнит = длиннопризматический топаз. Альтенберг, Рудные Горы, Южная Германия. Колл. В.Н. Голубева. Фото ЭМС



# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ



Жильные цвиттеры. Альтенберг, Рудные Горы, Южная Германия.  
Колл. В.Н. Голубева. Фото Э.М. Спиридонова

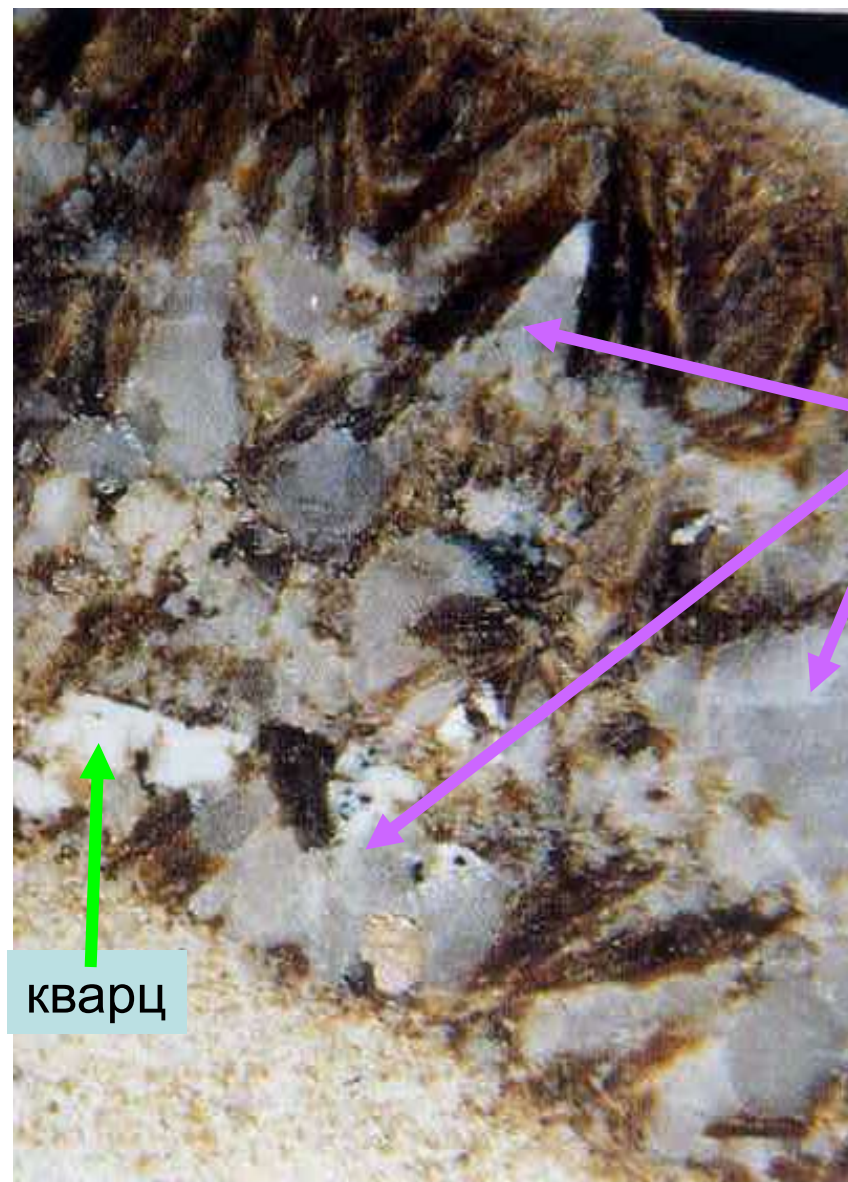


# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ



Жильные цвиттеры циннвальдит – топазового состава.  
Альтенберг, Рудные Горы, Южная Германия. Фото Э.М. Спиридонова

# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ



топаз

кварц

Жильные цвиттеры  
кварц - циннвальдит – топазового  
состава.  
Корнуолл, Юго-Западная Англия

Zinnwaldit, Cornwall, 2fach



# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ



Жильные цвиттеры. Пикнит = длиннопризматический топаз.  
Яуриоке, Кольский полуостров. Колл. Геол. Ин-та КОЛФАН, фото ННЖ



# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ



Жильные цвиттеры. Пикнит = длиннопризматический топаз.  
Юрийоке, Кольский полуостров. Колл. Геол. Ин-та КОЛФАН, фото ННЖ



# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ



Светлое,  
Чукотка



С циннвальдитом.  
Забытое,  
Приморье



Шерлова Гора,  
Забайкалье



# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Красно,  
Чехия



8 мм



С бериллом и красным шеелитом на  
щётке циннвальдита.  
Китай

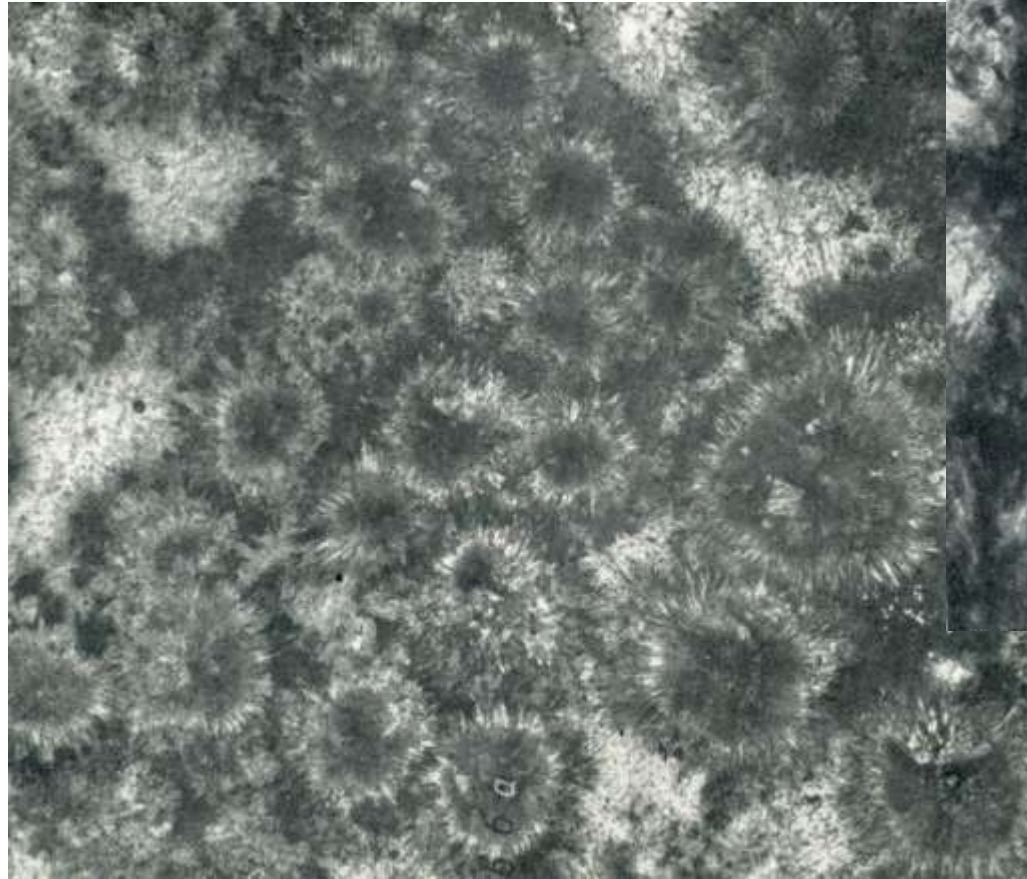


# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ГРЕЙЗЕНАХ



С флюоритом и кварцем. 8 мм.  
Hornberg, Schwarzwald, Германия

# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ГРЕЙЗЕНАХ



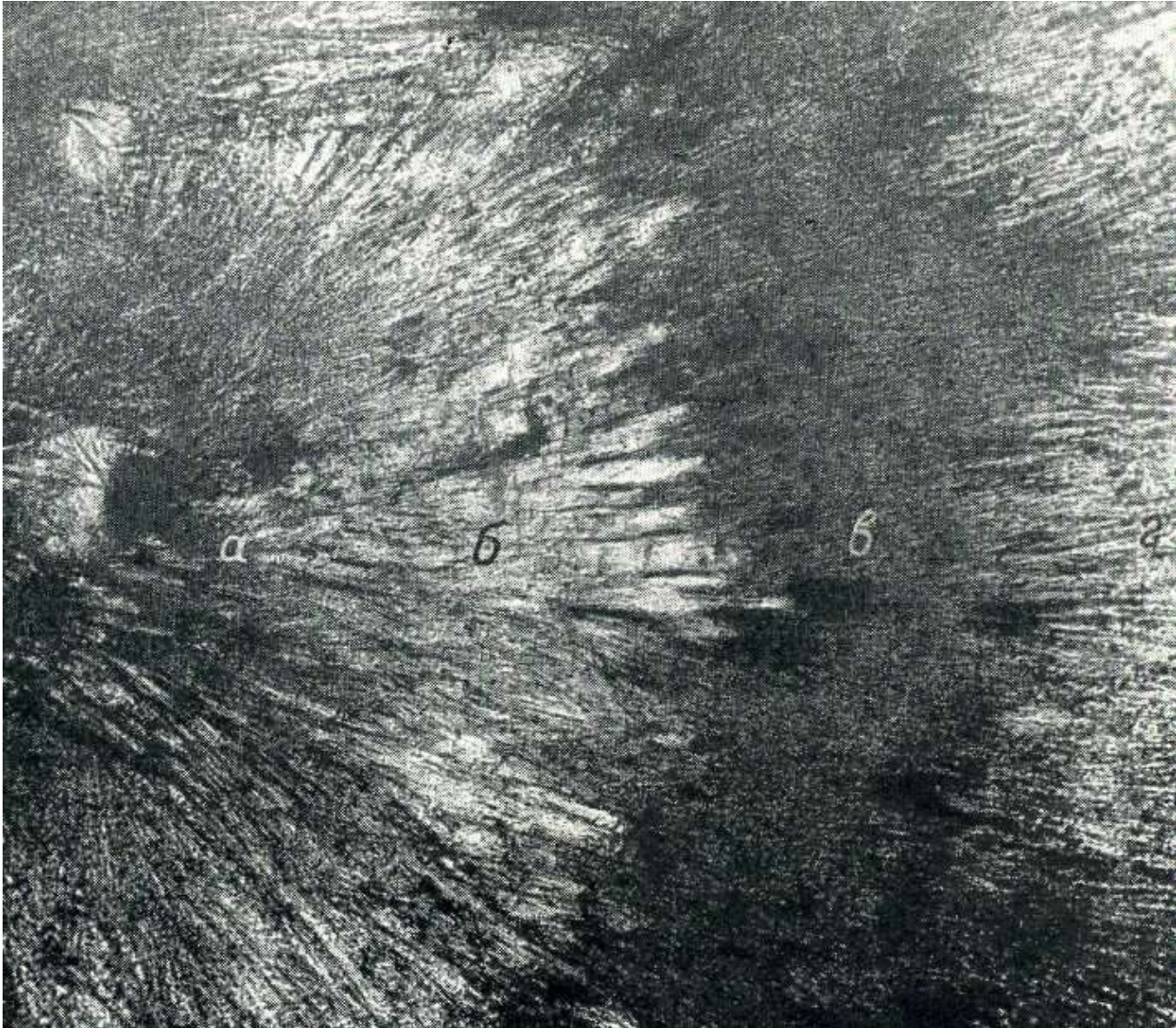
9 мм. Шлиф при 1 николе.  
Малый Хинган, Дальний Восток



3 мм. Шлиф. Николи х.  
Малый Хинган, Дальний  
Восток



# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ГРЕЙЗЕНАХ



1 мм. Шлиф при 1 николе. Малый Хинган, Дальний Восток

**ФТОР-ГИДРОКСИЛ-ТОПАЗ**

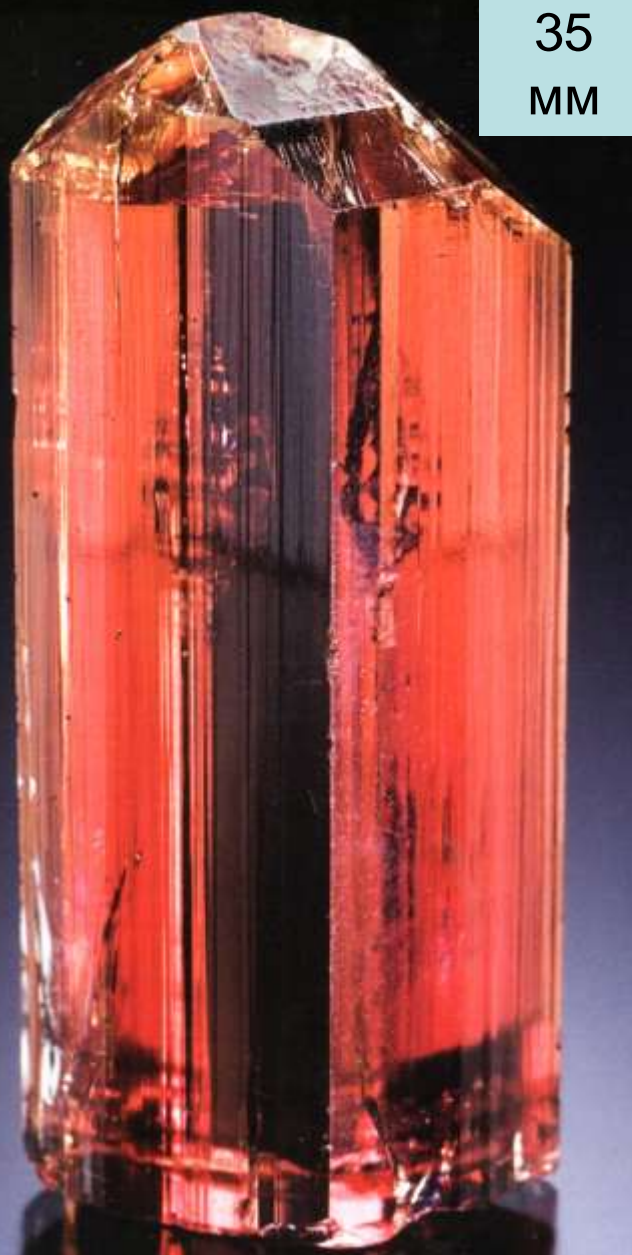
**ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ**

**В ПЛУТОНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ**



# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ПЛУТОНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ

35  
мм



Империл – топаз. Оуро Прето,  
Минас Жераис, Бразилия



250 мм





# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ПЛУТОНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ

Империял – топаз. Оуро Прето, Минас Жераис, Бразилия



89 mm



84  
mm





# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ПЛУТОНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ

Империял – топаз. Оуро Прето, Минас Жераис, Бразилия



500x  
350  
MM



réto, Minas Gerais Brasilien



# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ПЛУТОНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ



Топаз-империял.  
78 мм.  
Колвези,  
Конго



150 мм.  
Piraja mine,  
Бразилия.



# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ПЛУТОНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ

Русская Бразилия - Санарское, Южный Урал

Удалённый экзоконтакт Борисовского интрузива  
лейкогранитов



Cr-топаз

# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ПЛУТОНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ

Русская Бразилия - Санарское, Южный Урал

Удалённый экзоконтакт Борисовского плутона лейкогранитов

31 мм



28 мм



26  
мм



# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ПЛУТОНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ

Katlang, Пакистан

Чёрные сланцы,  
Cr-содержащие



80x65x50 мм

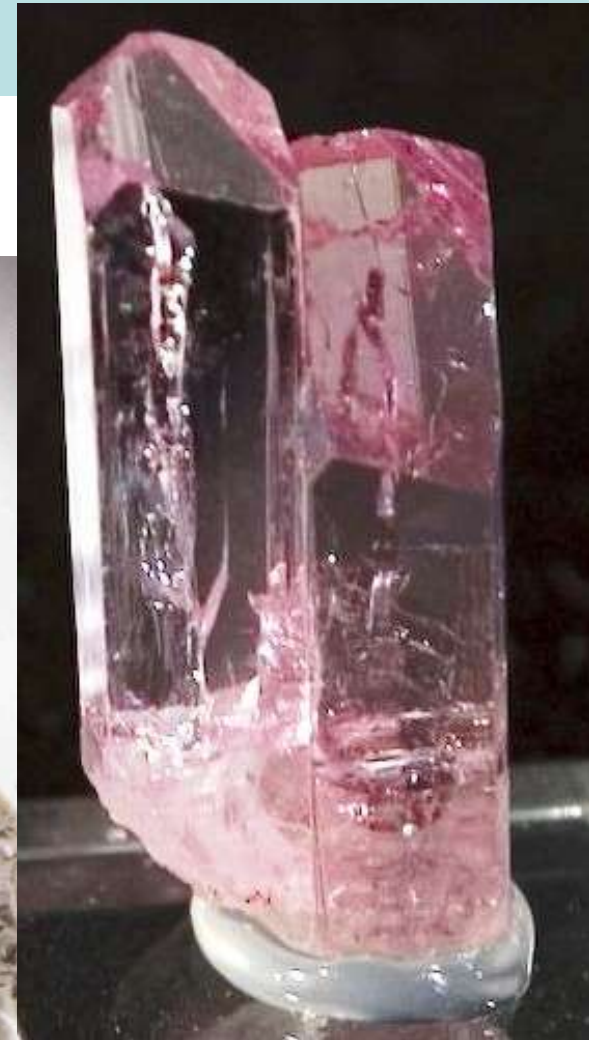




# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ПЛУТОНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ

Katlang, Пакистан

Чёрные сланцы,  
Cr-содержащие





# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ПЛУТОНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ

Месторождение магнезита Brumado, Бразилия



18  
мм

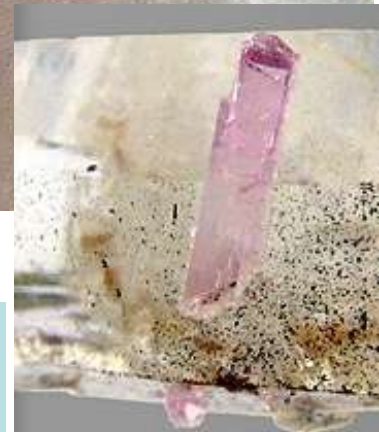


кристаллы до 10 мм

кварц



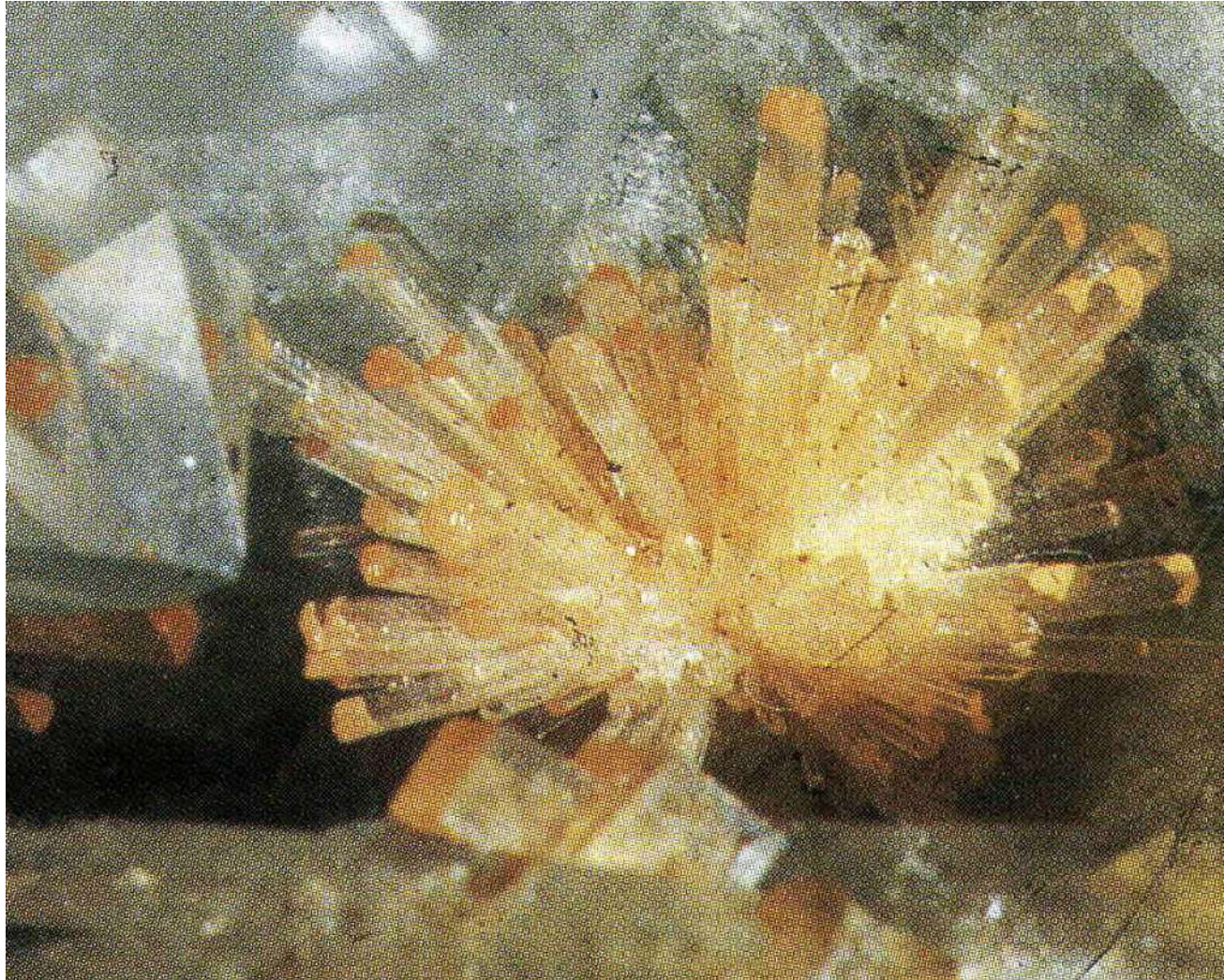
топаз  
5x1 мм





# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ПЛУТОНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ

Месторождение магнезита Brumado, Бразилия



Друза 12 мм с кварцем.



# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ПЛУТОНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ

Katlang, Пакистан

Чёрные сланцы, Cr-содержащие



# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ПЛУТОНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ

Katlang, Пакистан

Чёрные сланцы, Cr-содержащие



70 мм





# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ПЛУТОНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ

Альтенберг, Рудные Горы, Южная Германия

12 мм. С кварцем и накритом



30 мм



18 мм



14 мм



**ТОПАЗ  $\text{Al}_2 [(\text{F},\text{OH})_2 / \text{SiO}_4]$**

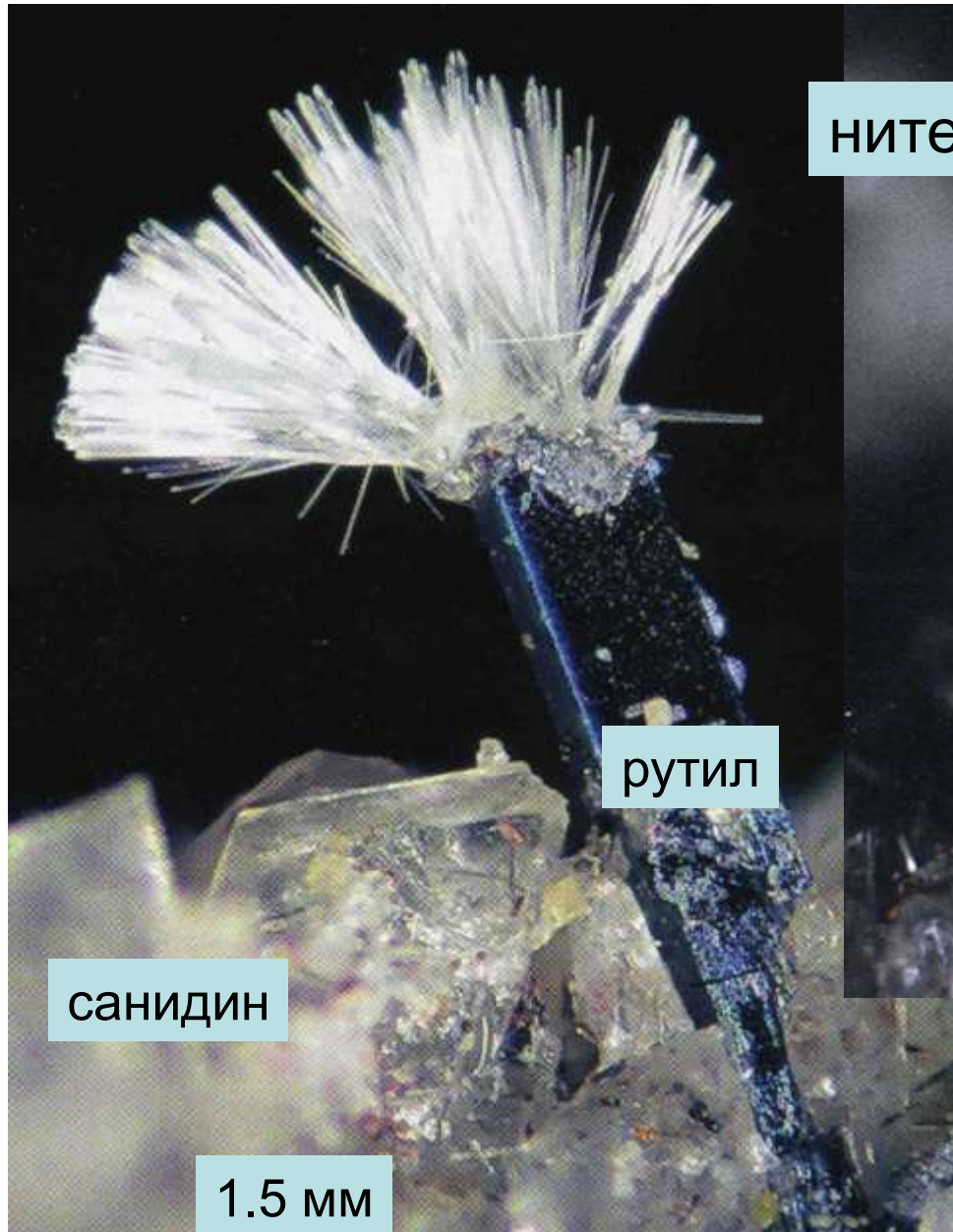
**ПНЕВМАТОЛИТОВЫЙ**

**В ПРОДУШИНАХ**

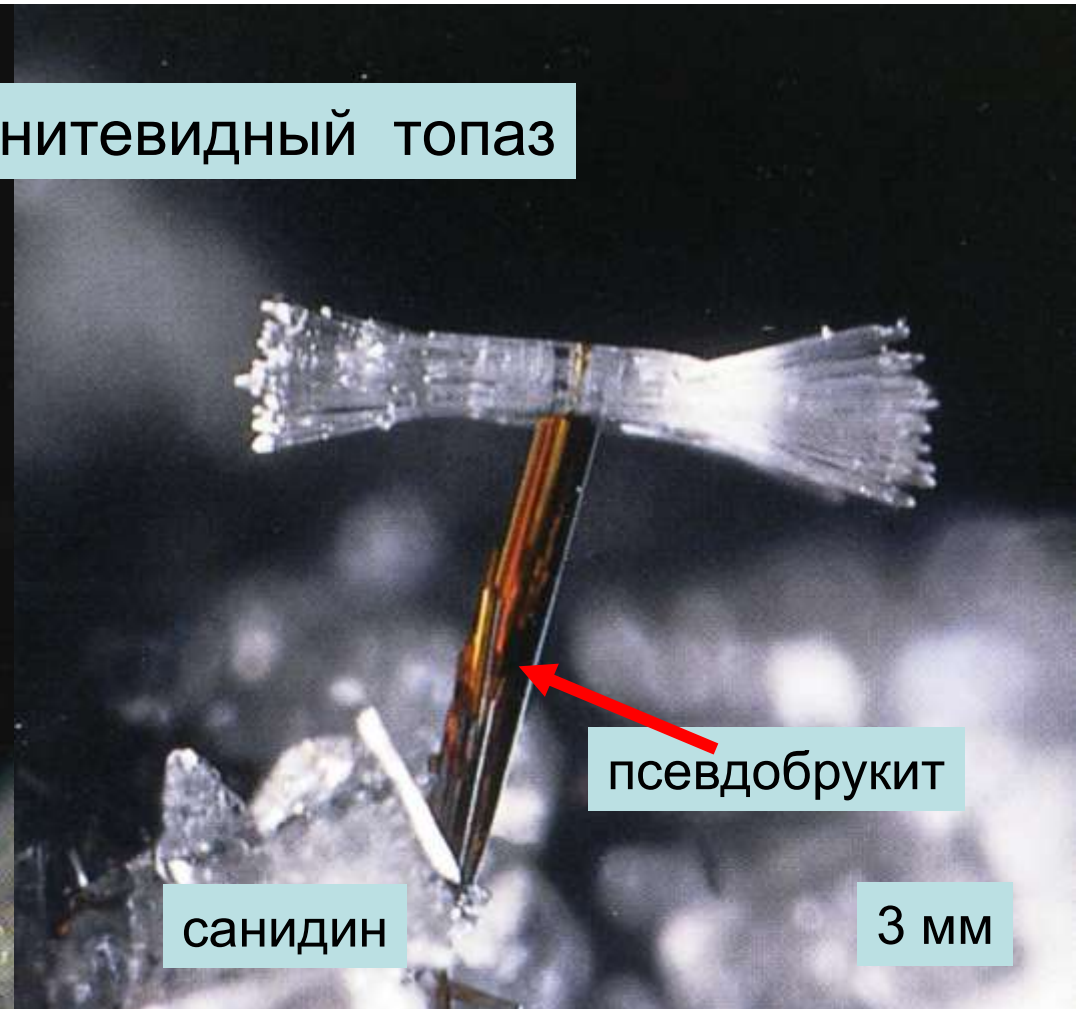
**МОЛОДЫХ ВУЛКАНИТОВ**



# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВЫЙ В ПРОДУШИНАХ МОЛОДЫХ ВУЛКАНИТОВ



нитевидный топаз



Emmelberg, Эйфель.  
Германия

# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВЫЙ В ПРОДУШИНАХ МОЛОДЫХ ВУЛКАНИТОВ



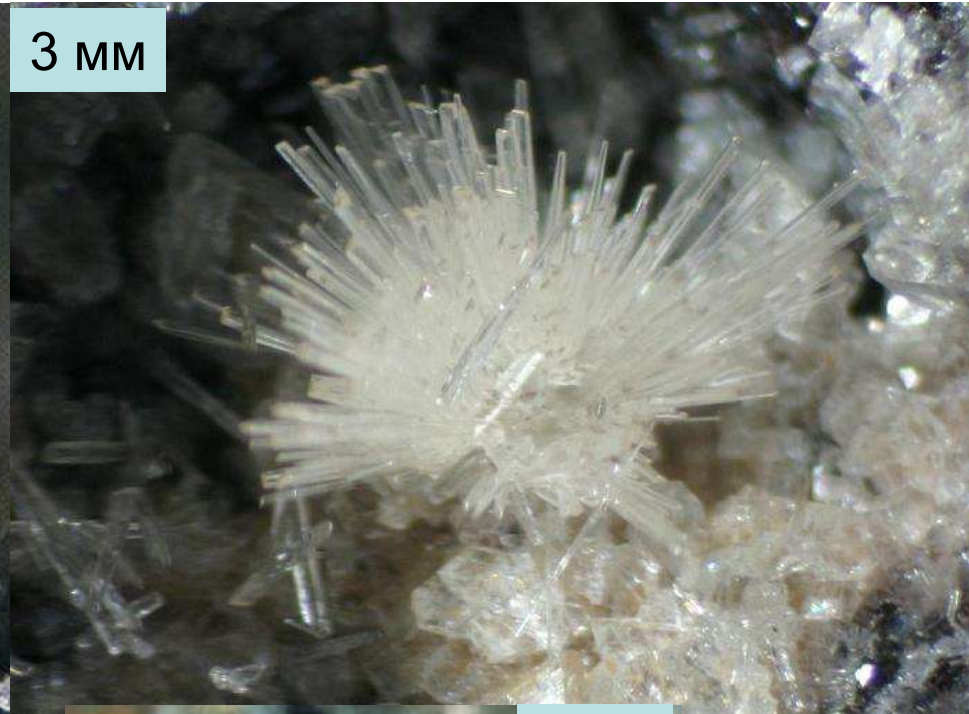
6 мм

псевдобрукит и топаз

Emmelberg, Эйфель.  
Германия



# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВЫЙ В ПРОДУШИНАХ МОЛОДЫХ ВУЛКАНИТОВ



Niveligsberg,  
Эйфель,  
Германия



# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВЫЙ В ПРОДУШИНАХ МОЛОДЫХ ВУЛКАНИТОВ

2 мм



5 мм



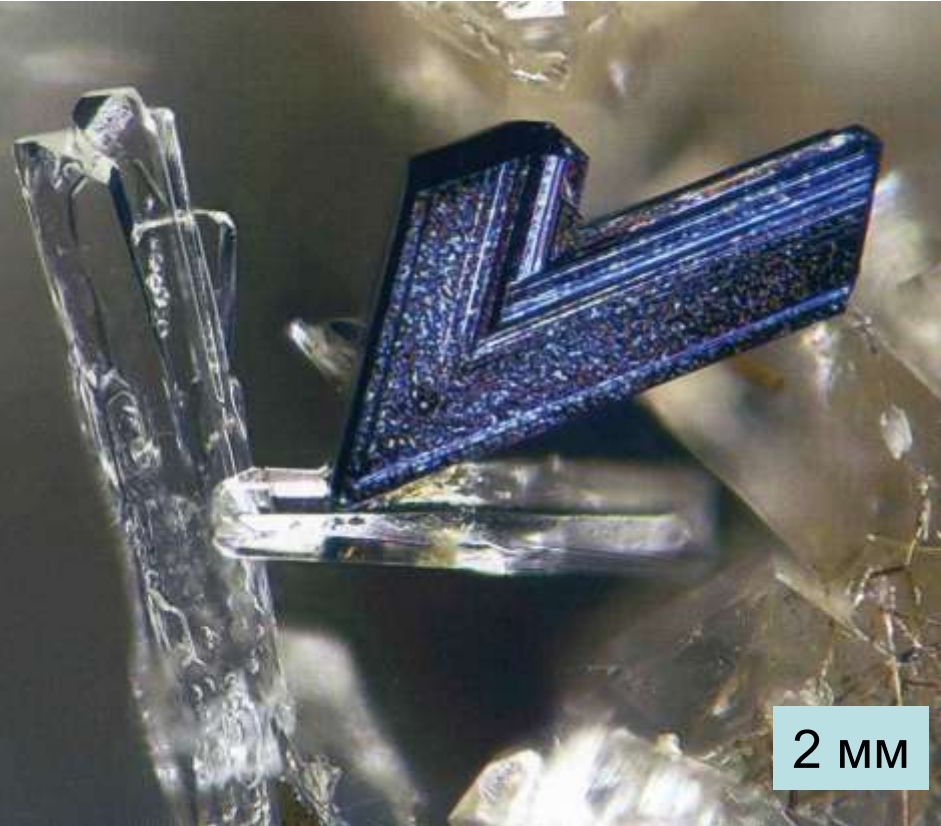
Emmelberg, Эйфель.  
Германия



# ТОПАЗ ПНЕВМАТОЛИТОВЫЙ В ПРОДУШИНАХ МОЛОДЫХ ВУЛКАНИТОВ

2 мм

кристобалит



2 мм

Рутил – двойник на топазе

Niveligsberg,  
Эйфель,  
Германия

**ТОПАЗ**

**ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ**

**В ВУЛКАНОГЕННЫХ**

**АРГИЛЛИЗИТАХ**



# ВУЛКАНОГЕННЫЕ АРГИЛЛИЗИТЫ


Thomas Range, Юта, США



Аргиллизиты по  
глинистым  
известнякам.

Флюорит +  
опал +  
бертрандит

# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ВУЛКАНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ Thomas Range, Юта, США



биксбиит  $(\text{Mn,Fe})_2\text{O}_3$  с 0.4 %  $\text{Sc}_2\text{O}_3$

аргиллизиты по риолитам



# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ВУЛКАНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ Thomas Range, Юта, США

18 мм



биксбиит

80x75 мм



аргиллизиты по  
риолитам



# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ВУЛКАНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ Thomas Range, Юта, США



Топаз с 1-3 %  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{Mn}_2\text{O}_3$





# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ВУЛКАНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ Thomas Range, Юта, США

13 мм



Топаз с 1-3 %  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{Mn}_2\text{O}_3$



# ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ВУЛКАНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ

Thomas Range,  
Юта, США

Топаз с 1-3 %  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{Mn}_2\text{O}_3$



сферобертрандит



**ГИДРОКСИЛ-ТОПАЗ -**

**ХАРАКТЕРНЫЙ**

**МИНЕРАЛ**

**МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД**

**ВЫСОКО- И СВЕРХВЫСОКОБАРНЫХ:**

**при высоком  $P_{H_2O}$**

**устойчив до 170 кбар**

