



Лейкограниты Джукейского интрузива с пластовой отдельностью.
Северный Казахстан. Фото Э.М. Спиридонова

Э.М. Спиридонов

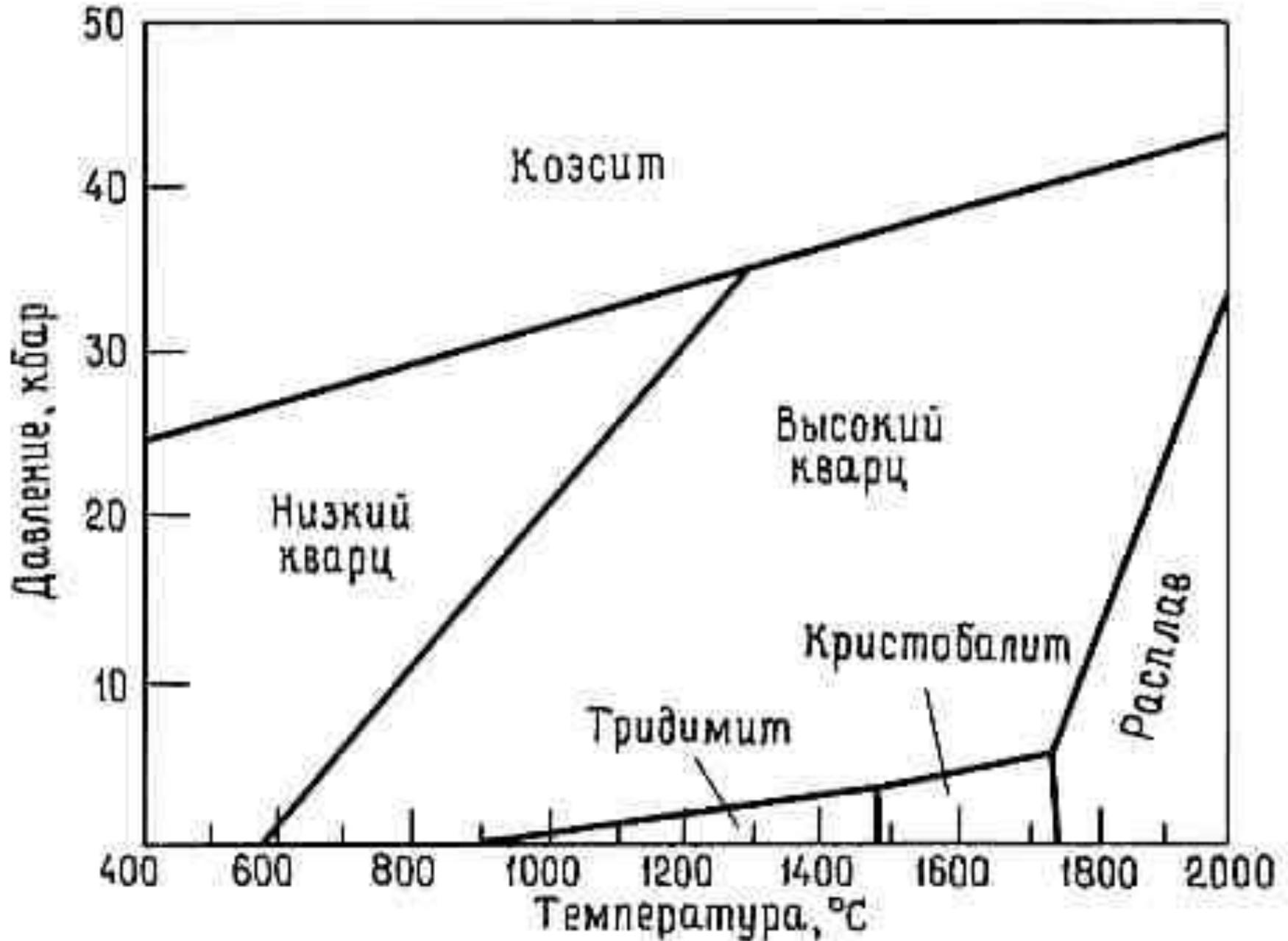
КВАРЦ

И

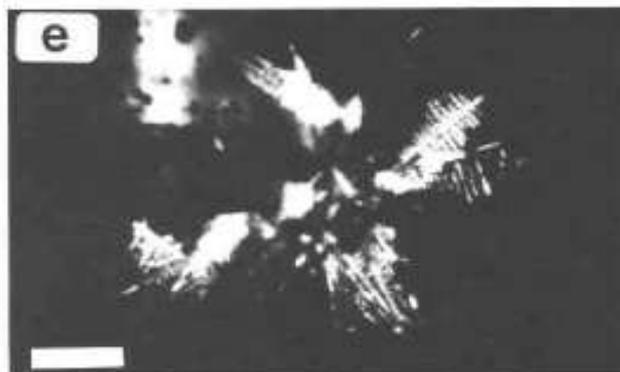
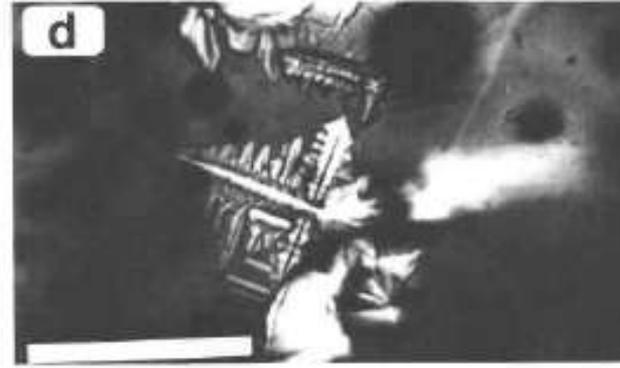
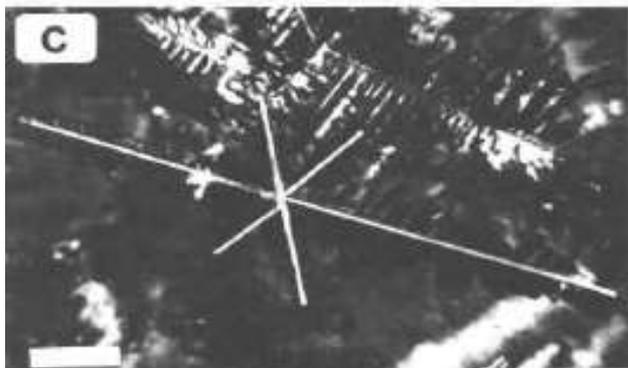
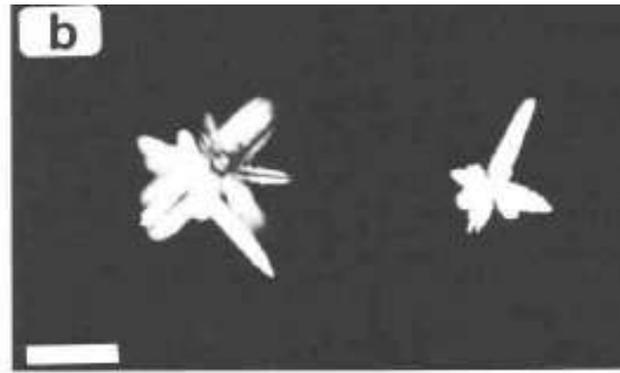
ИНЫЕ МИНЕРАЛЫ

КРЕМНЕЗЁМА

Фазовые превращения кремнезёма



Микрокристаллы, в том числе скелетные, высококварца в вулканическом стекле



Гранитоиды. Кварц

ВысокоТ магматический кварц гранитоидов макроскопически нередко голубоватый, т.к. содержит тонкие волокна распада рутила

Юг
Балтийского щита.
Фото ЭМС



70x50 мм

Чарнокитовые граниты.
Антарктида

Гранитоиды. Кварц

Магматический кварц гранитоидов всегда непрозрачный содовый, т.к. претерпел фазовый переход. При высоких температурах кварц растворяет довольно много алюминия и титана. Будучи облучены, алюминиевые центры обусловили дымчатую до чёрной окраску кварца. Поэтому цвет кварца – индикатор степени радиоактивности гранитоидов.

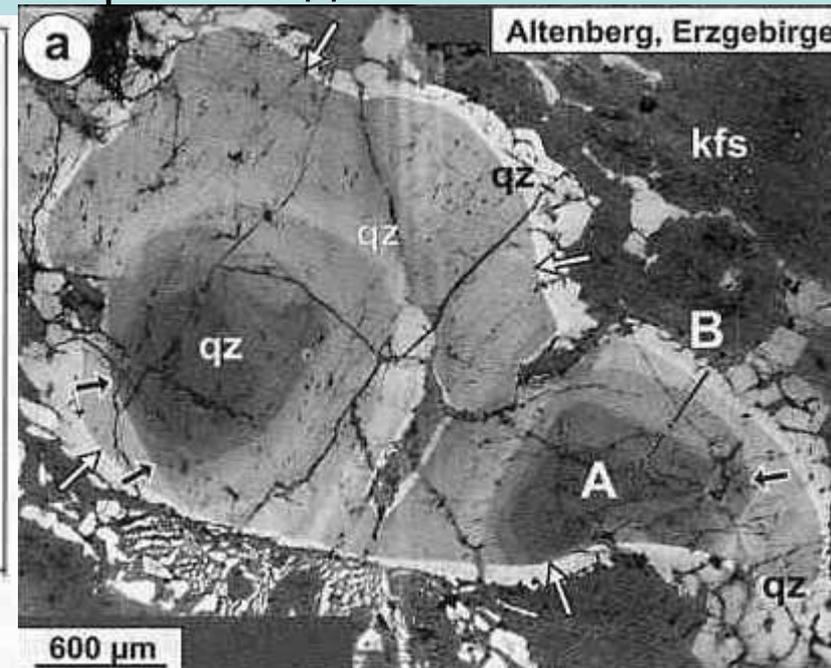
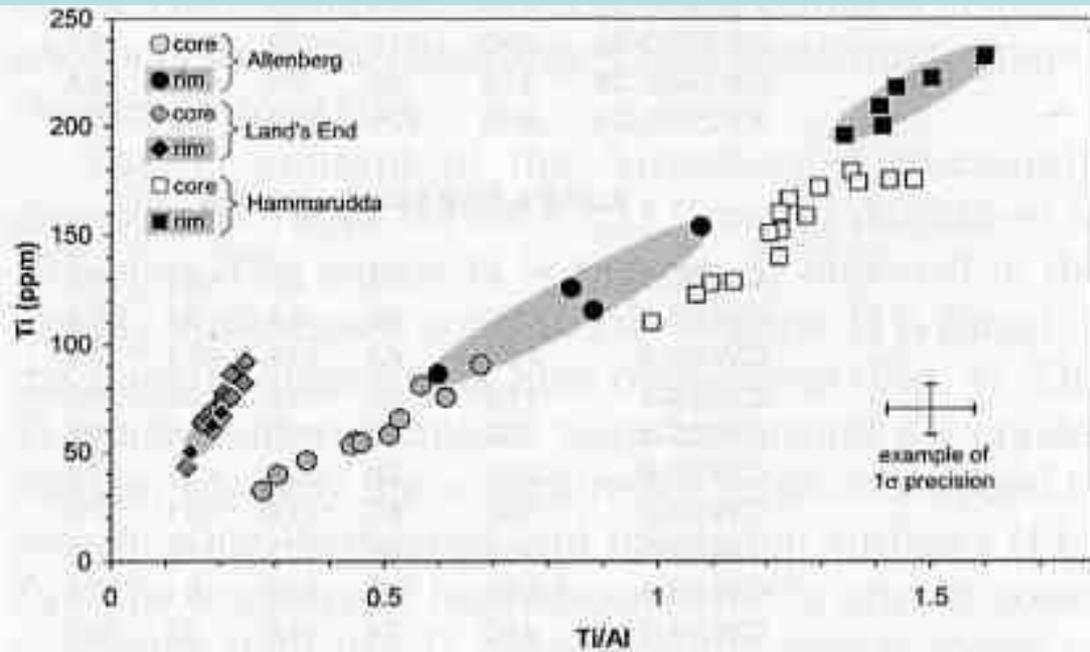


FIG. 9. Ti/Al versus Ti diagram for quartz phenocrysts associated with rapakivi feldspars. Concentrations were determined with an electron microprobe. Grey areas enveloping black symbols indicate the composition of the marginal growth-zone.

Зональность
вкрапленников кварца
в порфиroidных гранитах
Рудных Гор. Картина
католюминесценции

ГЛУБИННЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ



Архей.
Кольский
полуостров



Бедные кварцем графические срастания с олигоклазом

ГЛУБИННЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Кварц содержит магматические (раскристаллизованные расплавные) включения с параметрами образования $T = 700-650^{\circ}C$ и $P = 9.7 - 5.7$ кбар. Кварц содержит до 0.2 масс. % Al.



Ёна, Кольский полуостров



Средний Урал



71x60 мм.
Силезия.
Польша



Бедные кварцем графические срастания

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ



114x70 мм.

Урал.

89x59 мм

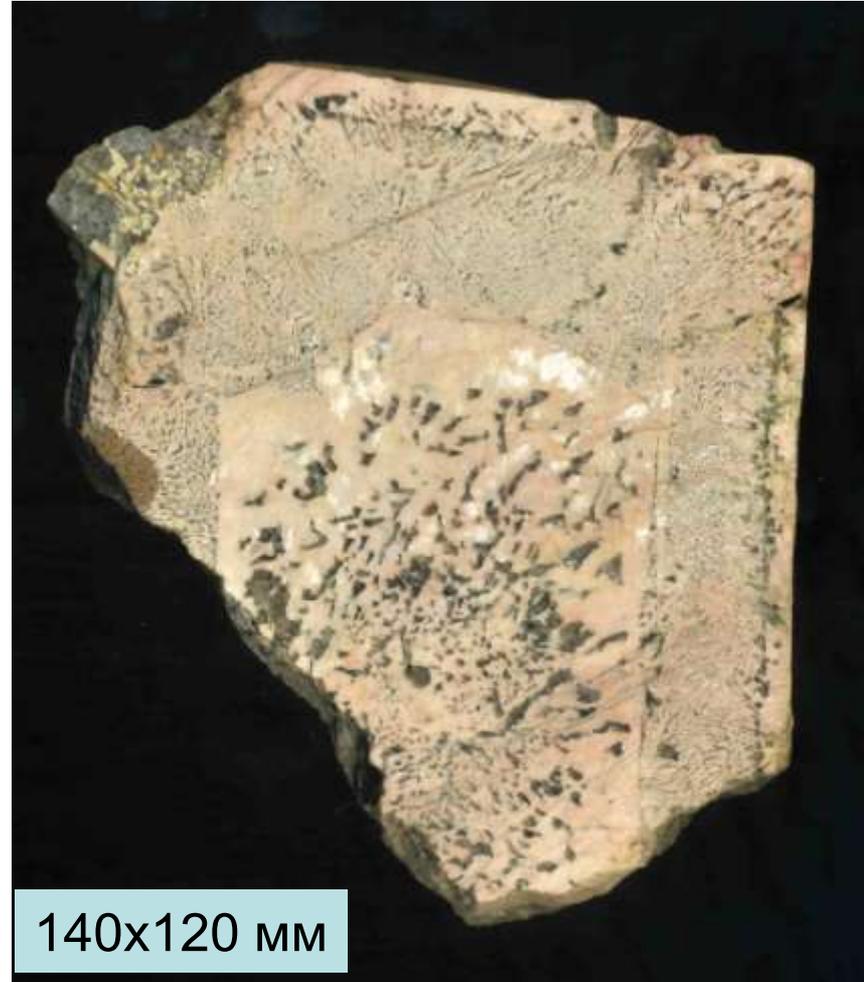


КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ



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

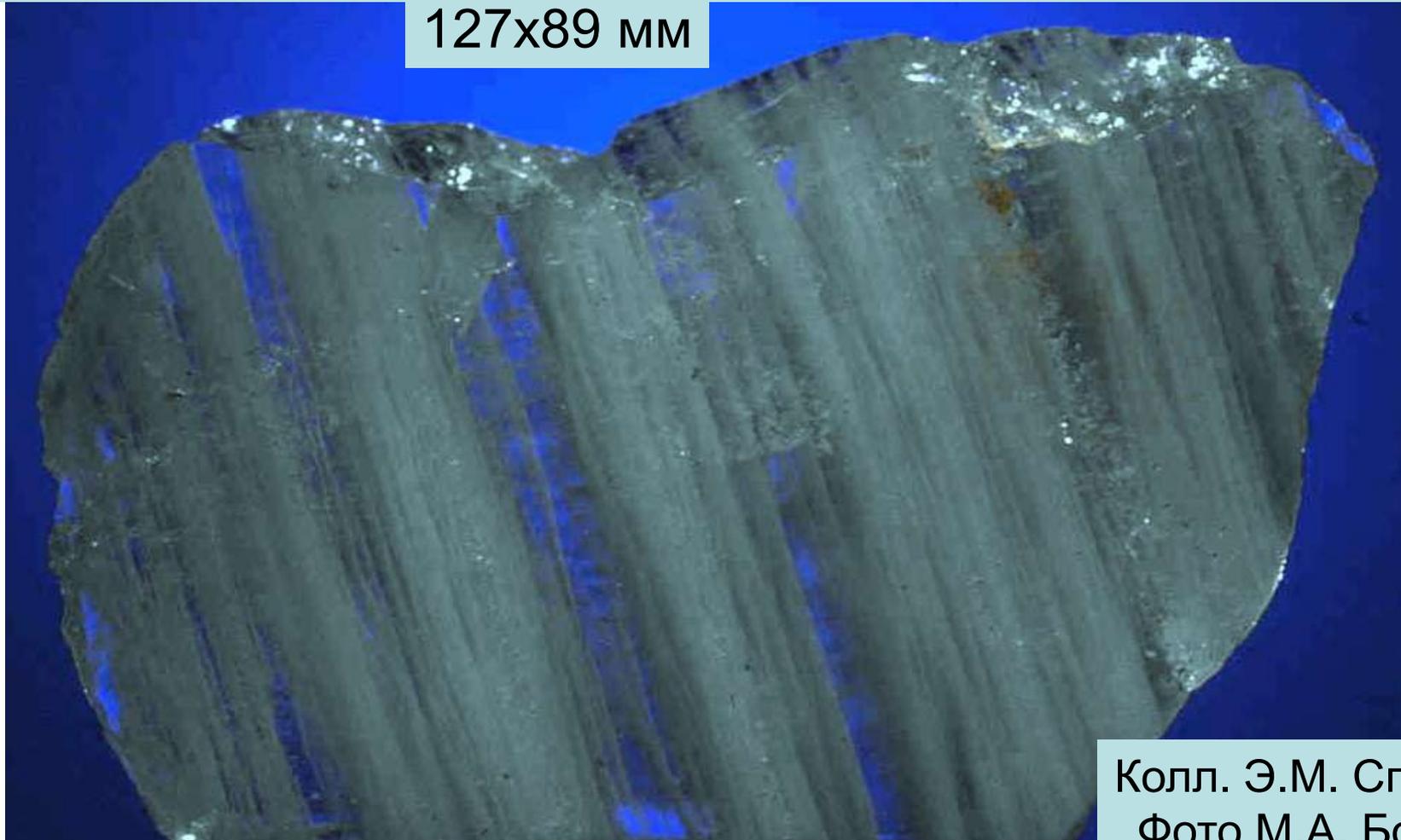


Богатые кварцем графические срастания. Вольнь, Украина

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

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

127x89 мм



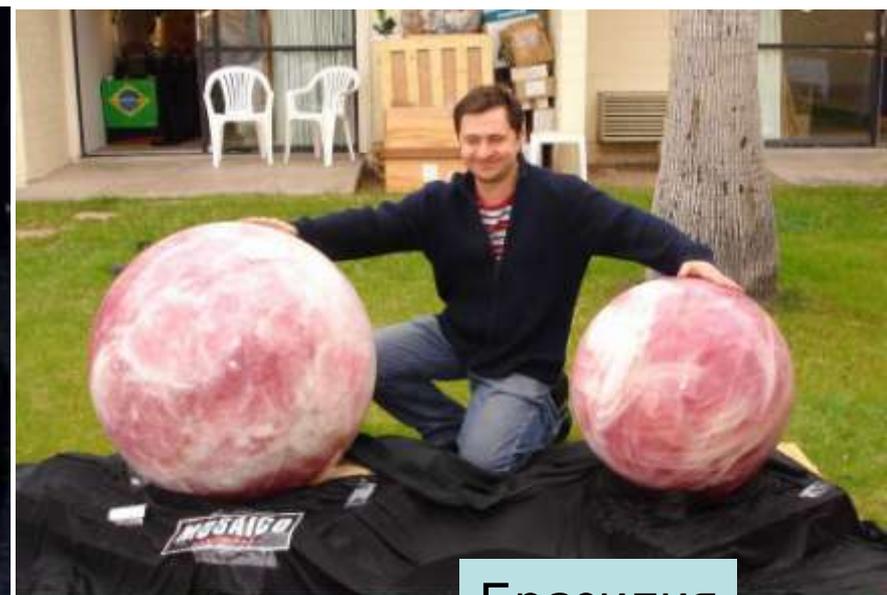
Колл. Э.М. Спиридонова
Фото М.А. Богомолова

Глубинные гранитные пегматиты. Кварц

Розовый кварц характерен для ядерных зон глубинных пегматитов (Бразилия; Панфилова варака, Лисий Бор, Никонова варака, Северная Карелия; Приднепровье; Мадагаскар, США...). У части розового кварца проявлен берлинитовый тип изоморфизма - $\text{Si}^{4+} + \text{Si}^{4+} \leftarrow \text{Al}^{3+} + \text{P}^{5+}$; концентрации P составляют 0,0n %; будучи облучены, фосфорные центры вызывают розовую окраску кварца различной интенсивности.



Бразилия



Бразилия

Глубинные гранитные пегматиты. Кварц



Малиновая варака,
Северная Карелия

При-
днепро-
вье



Кастер, Южная Дакота, США



Antsirabe,
Мадагаскар

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ



Розовый кварц 40 мм. Окрашен тонкими вростками дюмортьерита. Бахия, Бразилия

Фазовые превращения в минералах

Переход высокий (β – кварц) \leftrightarrow низкий (α – кварц).

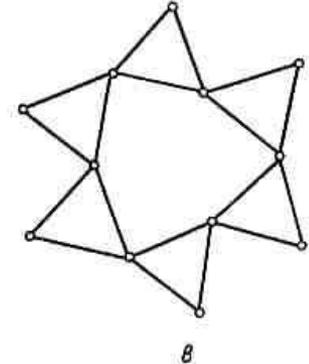
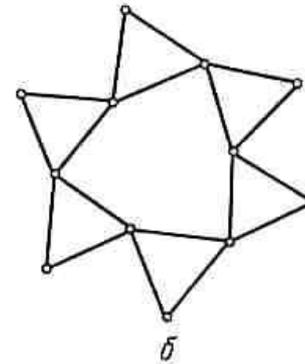
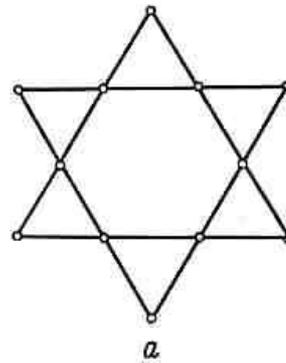
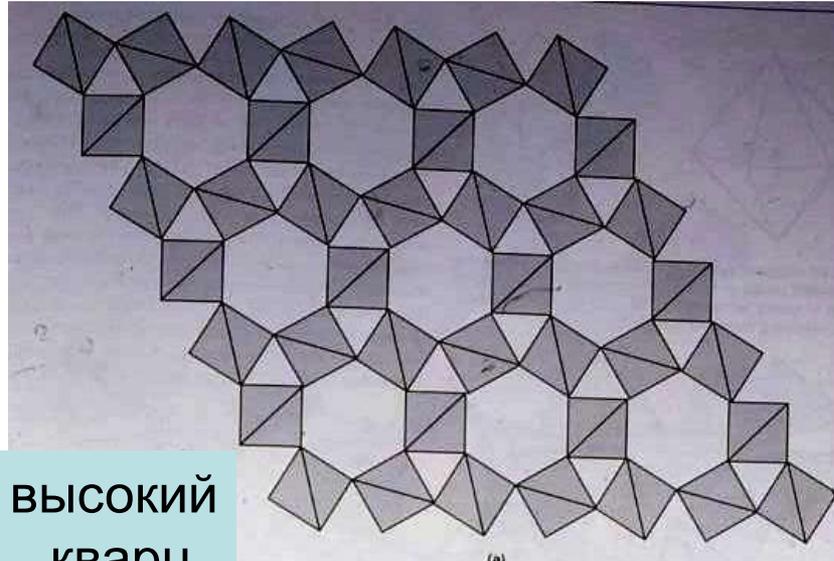
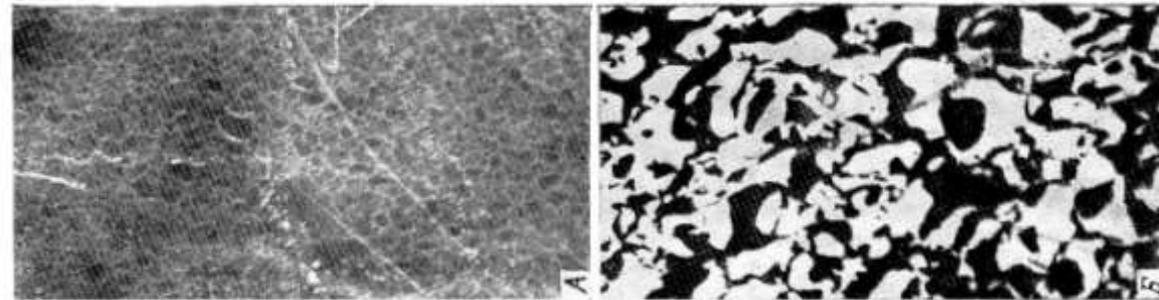
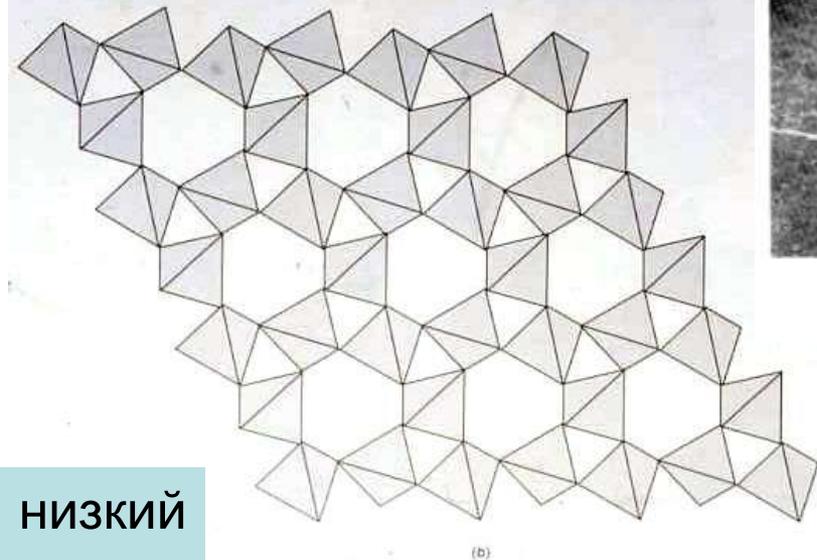


Рис. 5.2. a – неискаженная высокотемпературная структура высокого кварца, кружками обозначены центры тетраэдров SiO_4 ; б, в – два эквивалентных варианта структуры низкого кварца, которые образуются путем искажения структуры высокого кварца.



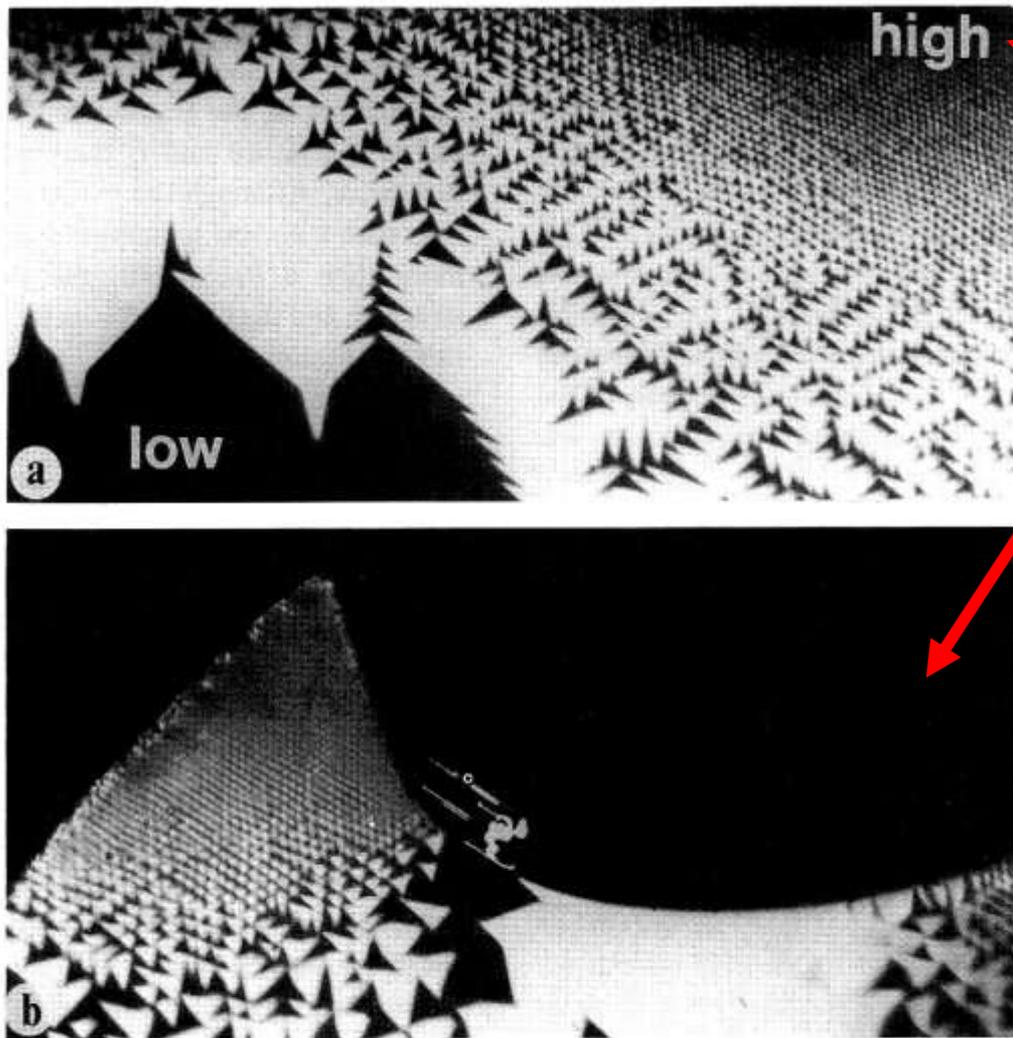
сотовый кварц $\beta \rightarrow \alpha$ переход!

Сотовый кварц макро и микро

tetrahedra in (a) high quartz, showing the six-fold symmetry, (b) low quartz exhibiting

Фазовые превращения в минералах

Переход высокий (β – кварц) \leftrightarrow низкий (α – кварц).



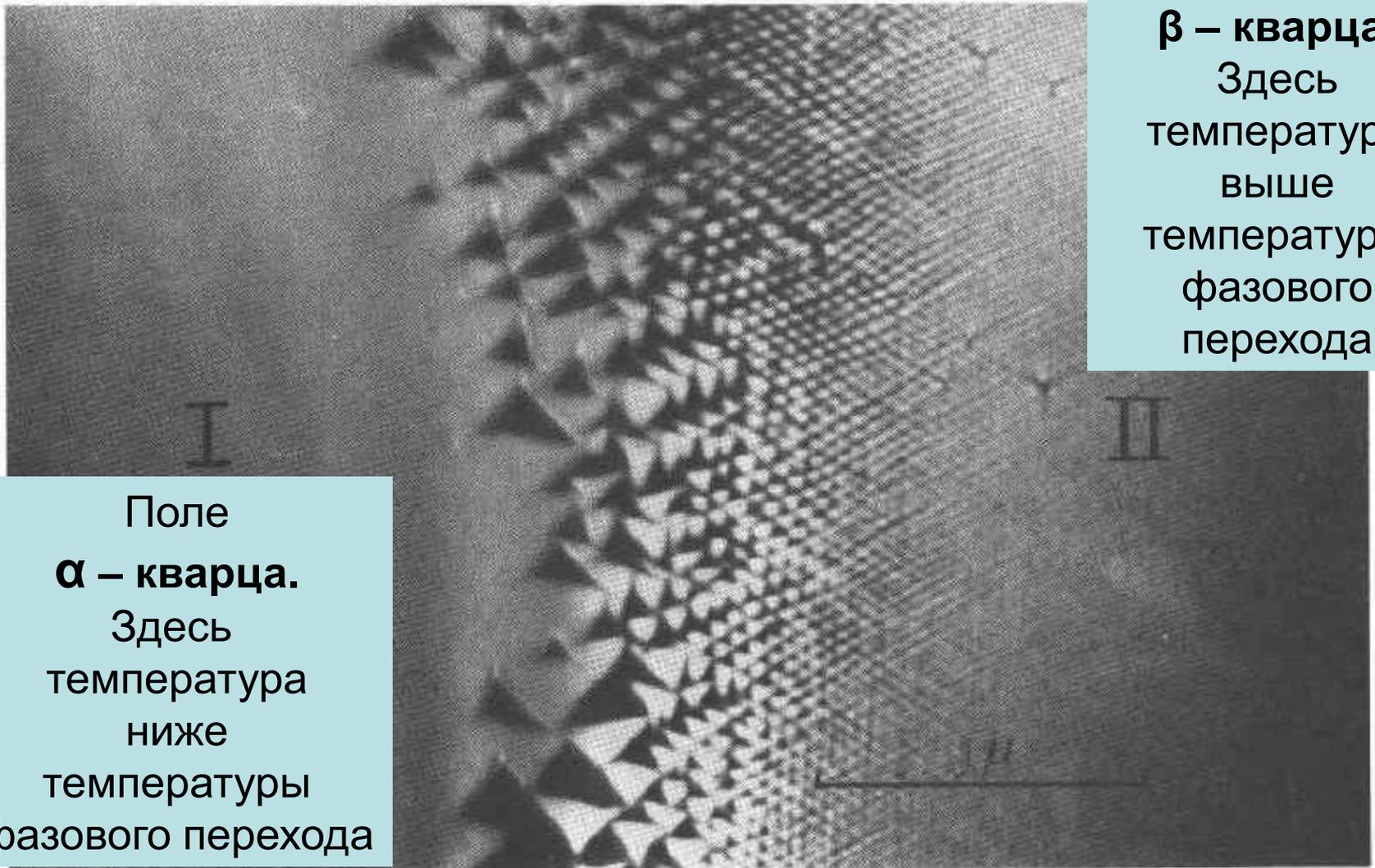
Чёрное –
высокий кварц
(зона
температур
выше
 573°C).
Чередование
светлых и
чёрных
треугольников
поровну –
это двойники
полиморфного
перехода
(правый и левый
низкий кварц)
(зона температур
ниже 573°C)

Figure 12.25. (a) Dark field electron micrograph across a crystal of quartz undergoing the high–low quartz transition. A temperature gradient has been set up across the crystal from lower left ($<573^{\circ}\text{C}$) to the upper right ($>573^{\circ}\text{C}$). In the low quartz, the black/white Dauphiné twin domains are large and become progressively finer as high quartz is approached. Within the high quartz no domain structure can be observed. Note the periodic distribution of domains in the transition zone. (b) Skiing from high to low quartz down the temperature gradient. The skier, $0.2\ \mu\text{m}$ high, provides the scale. (Micrographs courtesy of G. Van Tendeloo. See Van Landuyt *et al.*, 1985; also Heaney and Veblen, 1991.)

Фазовые превращения в минералах

Переход высокий (β – кварц) \leftrightarrow низкий (α – кварц)

Поле
 β – кварца.
Здесь
температура
выше
температуры
фазового
перехода

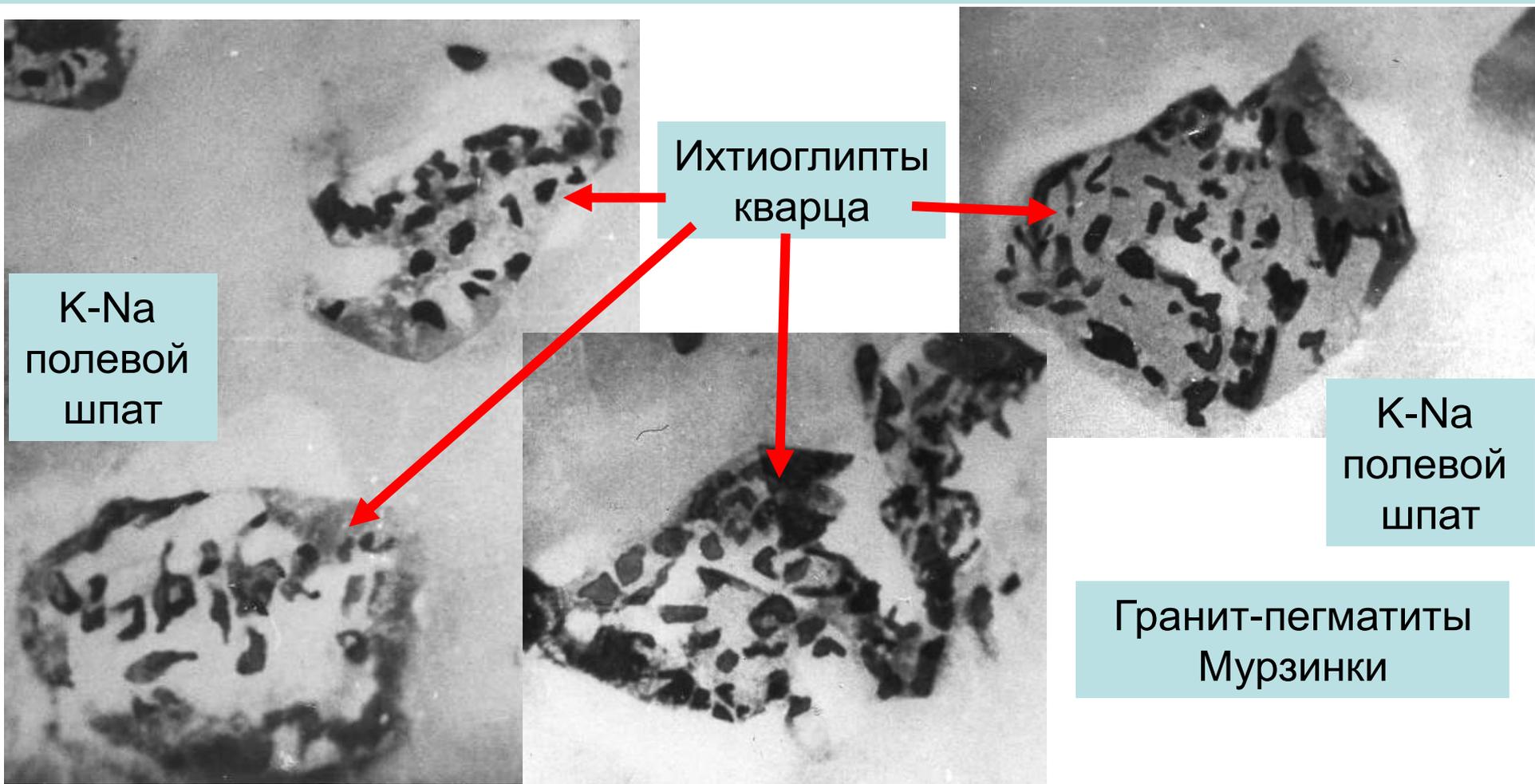


Поле
 α – кварца.
Здесь
температура
ниже
температуры
фазового перехода

Van Tendeloo G., Van Landuyt J. & Amelinckx S., 1976.
Physik Status Solidi. Vol. 33. P. 723-735.

Фазовые превращения в минералах

Переход высокий (β – кварц) \leftrightarrow низкий (α – кварц).



Дофинейские двойники полиморфного перехода (правый и левый кварц).

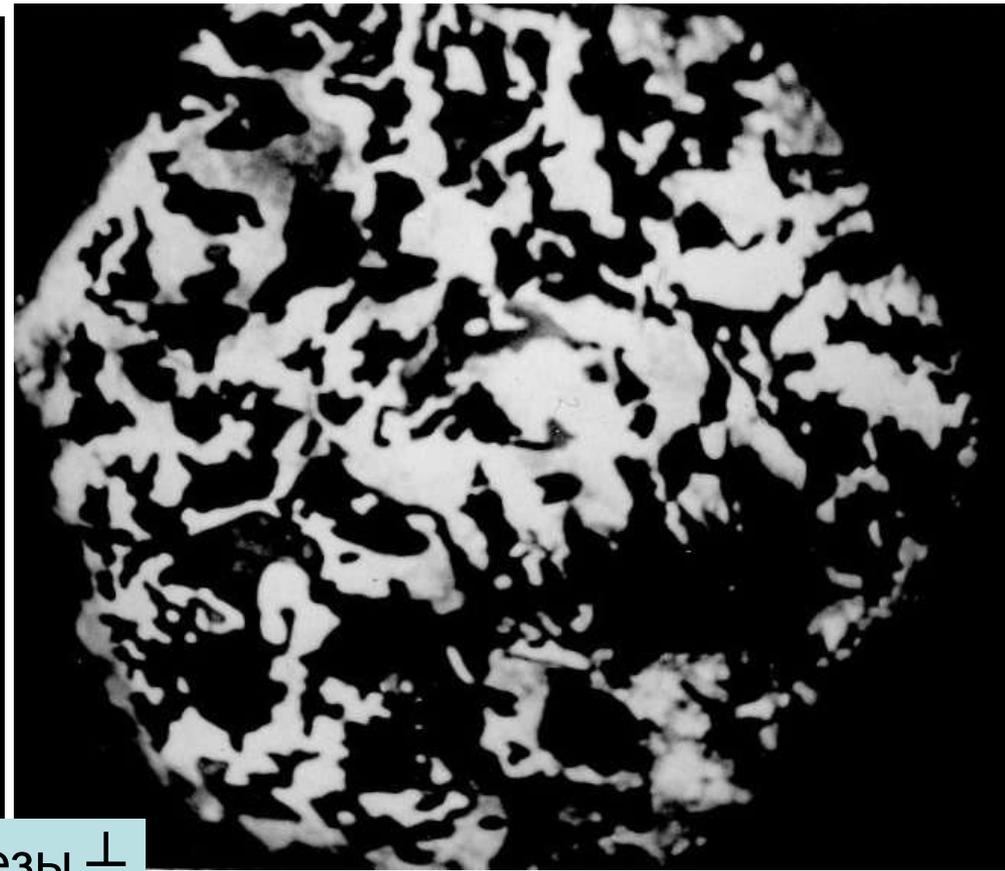
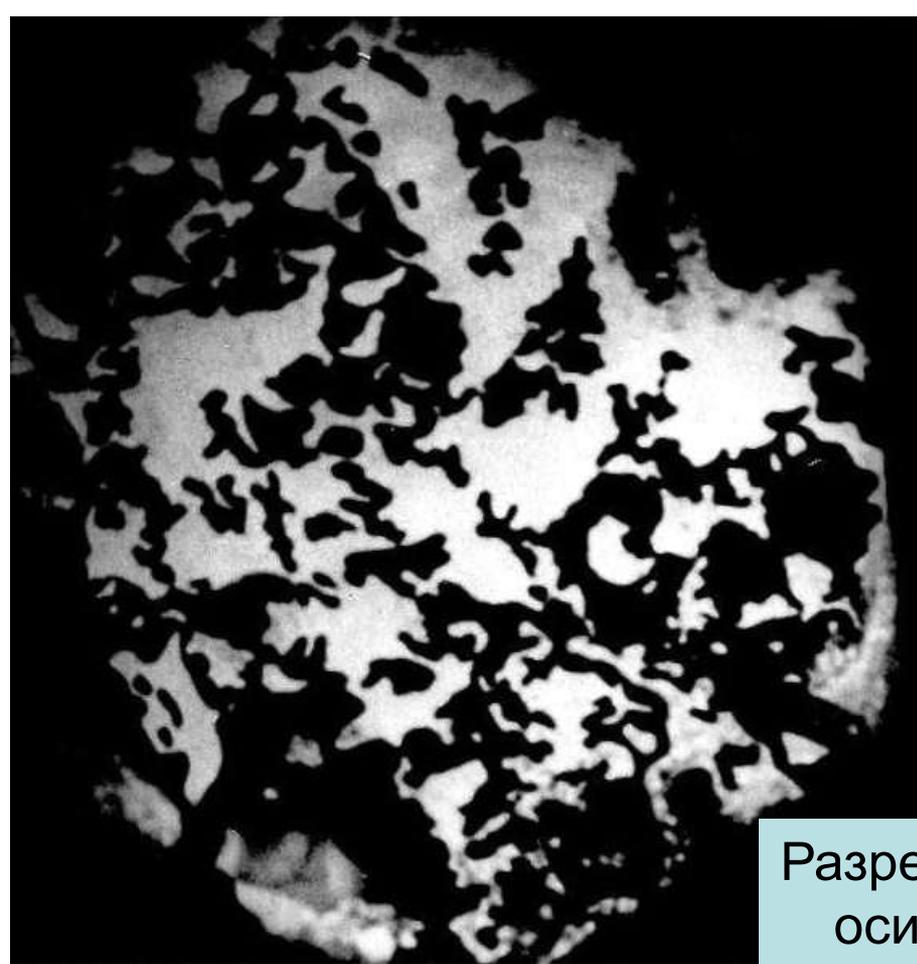
Барсанов Г.П., Гурова Э.Я.

О значении и методах исследования α - β превращения природного кварца

// Тр. Минер. музея АН СССР. 1964. Вып. 15. С. 3-38.

Фазовые превращения в минералах

Переход высокий (β – кварц) \leftrightarrow низкий (α – кварц).



Разрезы \perp
оси L_6

Гранит-пегматиты Самшвильдо

Дофинейские двойники полиморфного перехода (правый и левый кварц).

Барсанов Г.П., Гурова Э.Я.

О значении и методах исследования α - β превращения природного кварца

// Тр. Минер. музея АН СССР. 1964. Вып. 15. С. 3-38.

Фазовые превращения в минералах



Низкий кварц (α – кварц),
который вырос в области
своей устойчивости

Высокотемпературный = высокий (β –
кварц), который испытал полиморфный
переход и превратился в двойниковые
срастания низкого левого и правого кварца

Гранит-пегматиты Волыни

Барсанов Г.П., Гурова Э.Я.

О значении и методах исследования α - β превращения природного кварца
// Тр. Минер. музея АН СССР. 1964. Вып. 15. С. 3-38.

Кристаллы – двойники роста

Кварц

Бразильские
двойники ростовые



a



b

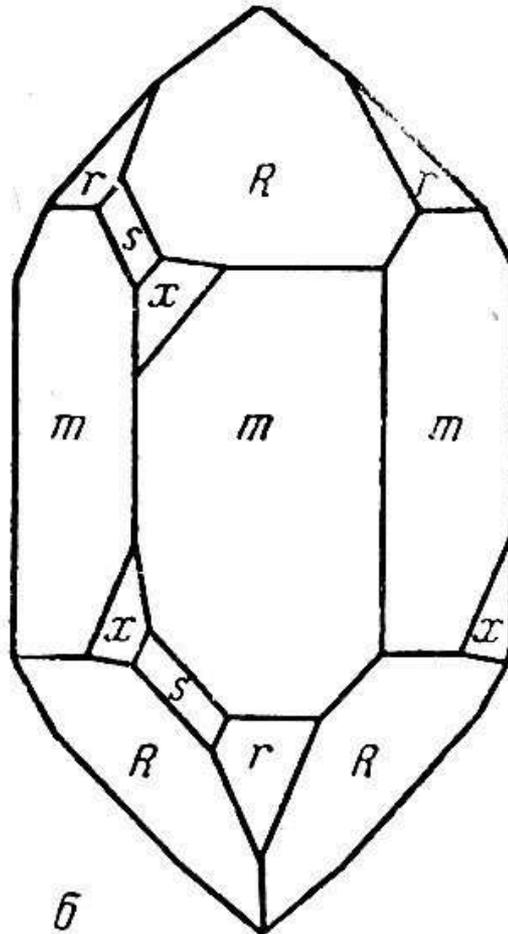
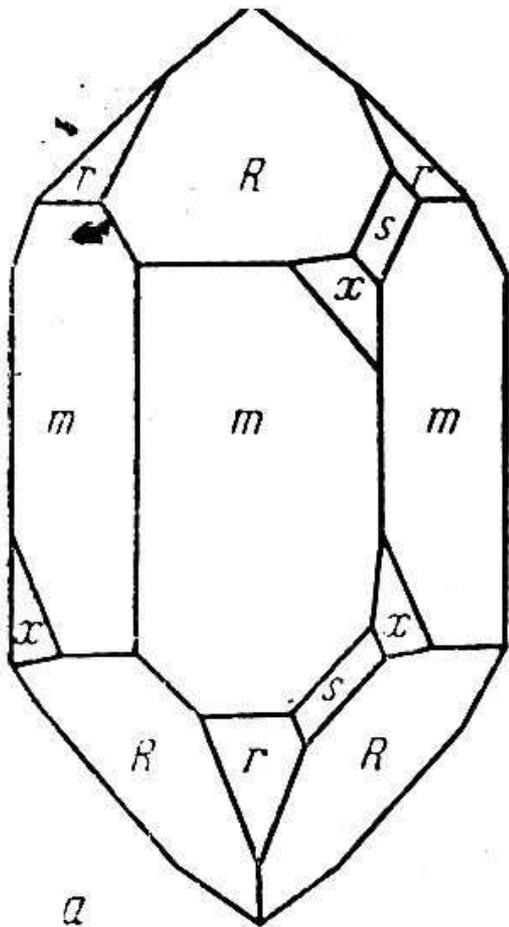
Рис. 10. Границы двойников, полученные травлением кварца на плоскости (0001)

a — по бразильскому закону; *b* — по дофинейскому закону

Дофинейские
двойники
полиморфного
превращения
высокий кварц —
низкий кварц

Низкий кварц. Кристаллы правого (а) и левого (б) кварца

- Грани m - призма
 R - основной ромбоэдр
 \bar{r} - отрицательный ромбоэдр
 x - трапецоэдр
 s - тригональная дигпирамида



КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Морион, раухкварц. Кристаллы мориона, раухкварца широко распространены в миаролах пегматитов Бразилии, Украины и Урала. При повышенных температурах для кварца характерна структурная примесь Al^{3+} . Al-центры, будучи облучены (радиоактивное облучение), обусловили различной интенсивности дымчатую окраску кварца. Одно из крупных Волынское месторождение на Украине в апикальной части Коростенского плутона лейкогранитов позднего протерозоя. Объём кристаллоносных камер в пегматитах до 250 м^3 . Иногда для добычи одного крупного кристалла мориона (пьезокварцевое сырьё) проходили отдельную шахту. Мне довелось присутствовать при добыче такого кристалла размером $8 \times 1.2 \times 1.2 \text{ м}$, который почти горизонтально покоился на щётках из сотен крупных кристаллов микроклин-пертита, покрывавших стенки огромной полости. Цвет волынского раухкварца варьирует от густого смоляно-коричневого через коричневый с сиреневатым оттенком до цитринового. Камерные пегматиты Волыни подстилаются апогранитными флюорит-мусковит-альбитовыми метасоматитами с сидеритом и с выщелоченным кварцем. Очевидно, что эти образования являлись источником SiO_2 для образования гигантских кристаллов раух-кварца волыньских камерных пегматитов (Лазаренко и др., 1973).

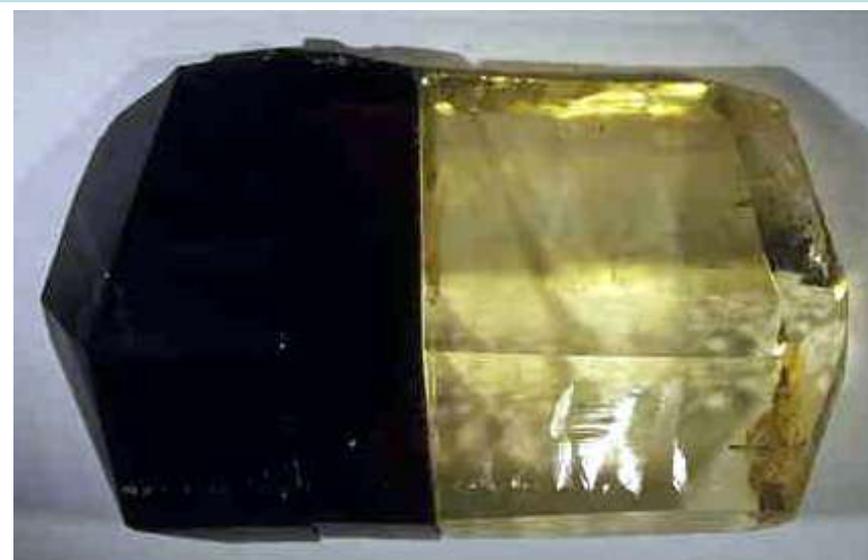
КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Более поздняя генерация - это пневмато-гидротермальный α -кварц с дымчатой окраской - морион = раух-кварц, в структуре которого часть атомов Si замещена Al и менее Fe^{3+} ; интенсивность дымчатой окраски зависит от степени радиоактивного облучения кварца. Такой кварц используют как прекрасный пьезоматериал и как поделочный камень.

300
мм



Морион + микроклин-пертит + альбит.
Мурзинка, Урал



Облученный
синтетический кварц с
Al и Fe^{3+} . Правая часть
кристалла при облучении
была закрыта
пластиной свинца

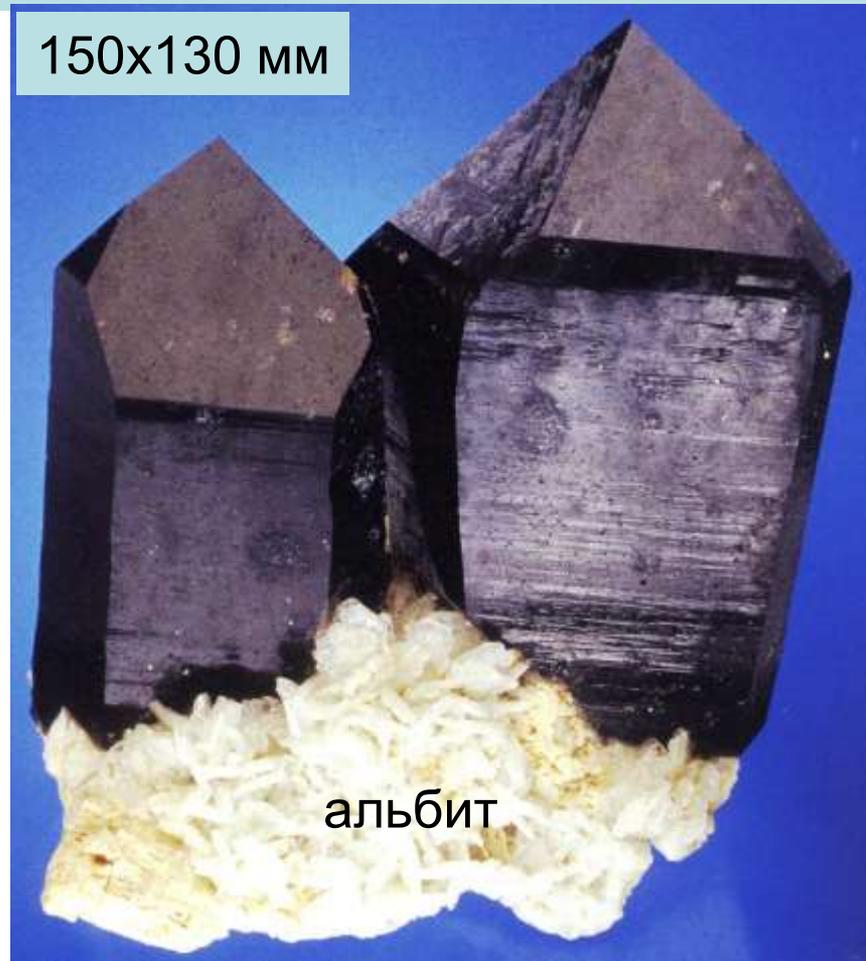
КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Пневмато-гидротермальный α -кварц с дымчатой окраской - морион.
Минас-Жераис, Бразилия



103 кг

150x130 мм



альбит

Lavra Sao Pedro,
Malacacheta

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

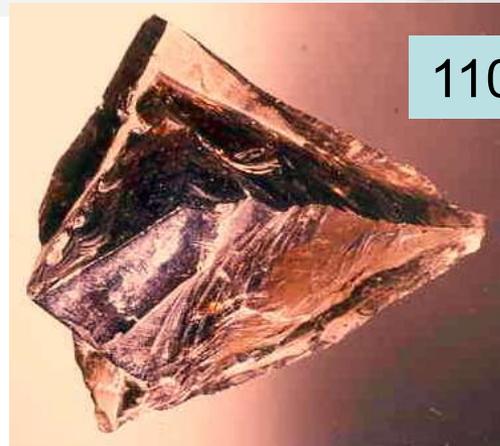
Пневмато-гидротермальный α -кварц с дымчатой окраской.
Коростеньский плутон, Волынь, Украина



80 мм



120
мм



110 мм



90 мм

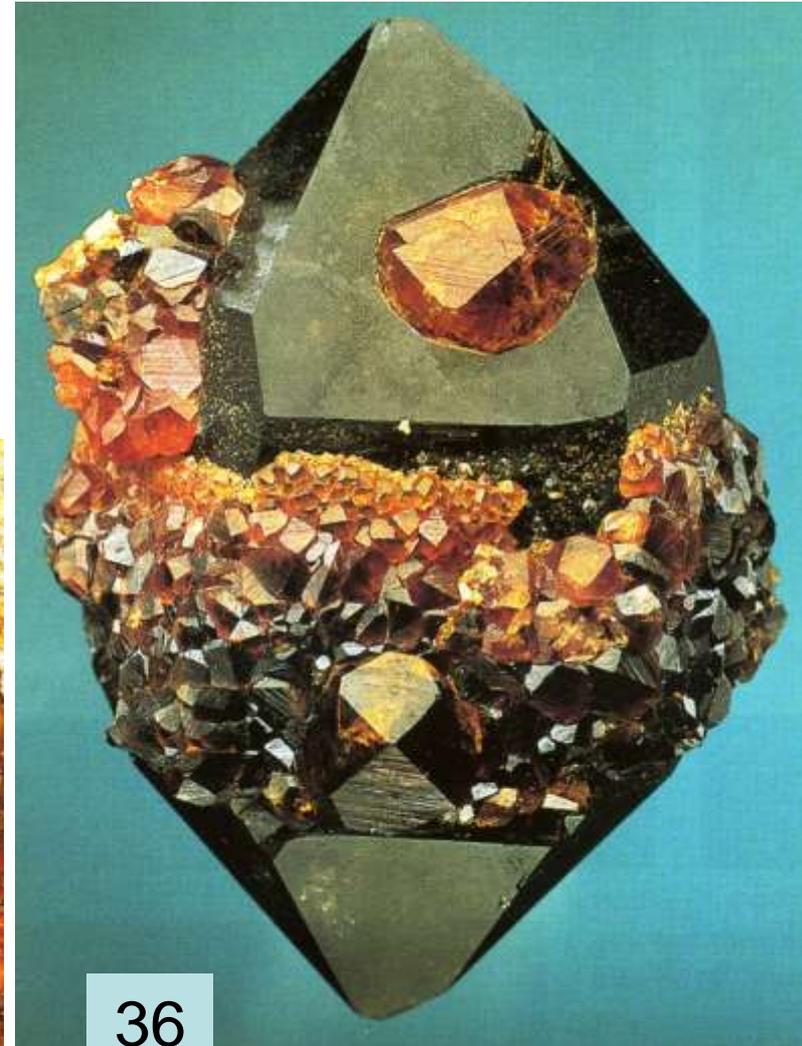
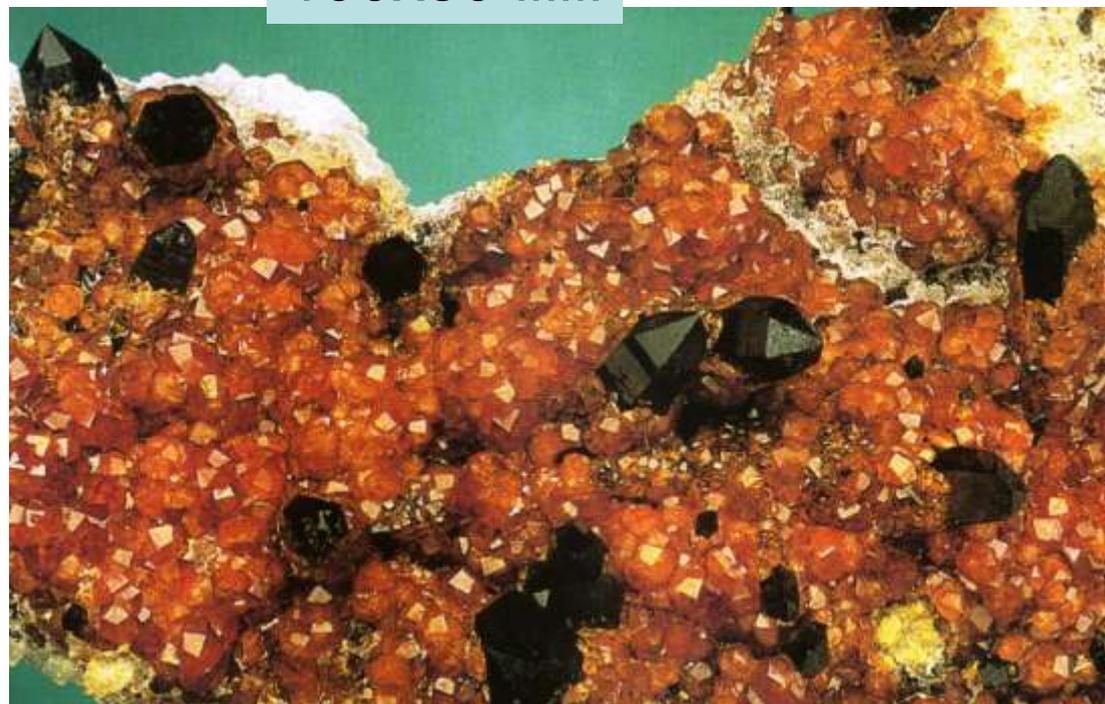
На обломок раухкварца вырос горный хрусталь

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Морион со спессартином (Mn,Fe²⁺)₃ (Al,Fe³⁺)₂ [SiO₄]₃

Yunling, Tongbei,
Фуцзянь, юж. Китай

100x80 мм



36
мм

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

На пневмато-гидротермальный α -кварц с дымчатой окраской вырос горный хрусталь и/или стеклистый молочно-белый α -кварц.

Минас-Жераис, Бразилия



Регенерация кристаллов кварца

Гранитные пегматиты Бразилии



КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ



Пневмато-гидротермальный
 α -кварц
со светлой дымчатой окраской.
87 кг.

Conselheiro Pena,
Минас-Жераис,
Бразилия

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Пневмато-гидротермальный α -кварц - горный хрусталь и/или стеклистый
молочно-белый кварц.

Минас-Жераис, Бразилия



С включениями
зеленого турмалина

С мусковитом
и
полевыми
шпатами



КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Кристалл горного хрусталя 950 мм
с полихромным турмалином и альбитом.
Мадагаскар



Фото Э.М. Спиридонова

80x30 мм



Кварц на эльбаите.
Alto Ligonha, Мозамбик

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Рутил TiO_2



С горным хрусталем.

72 мм.

Северная Каролина,
США

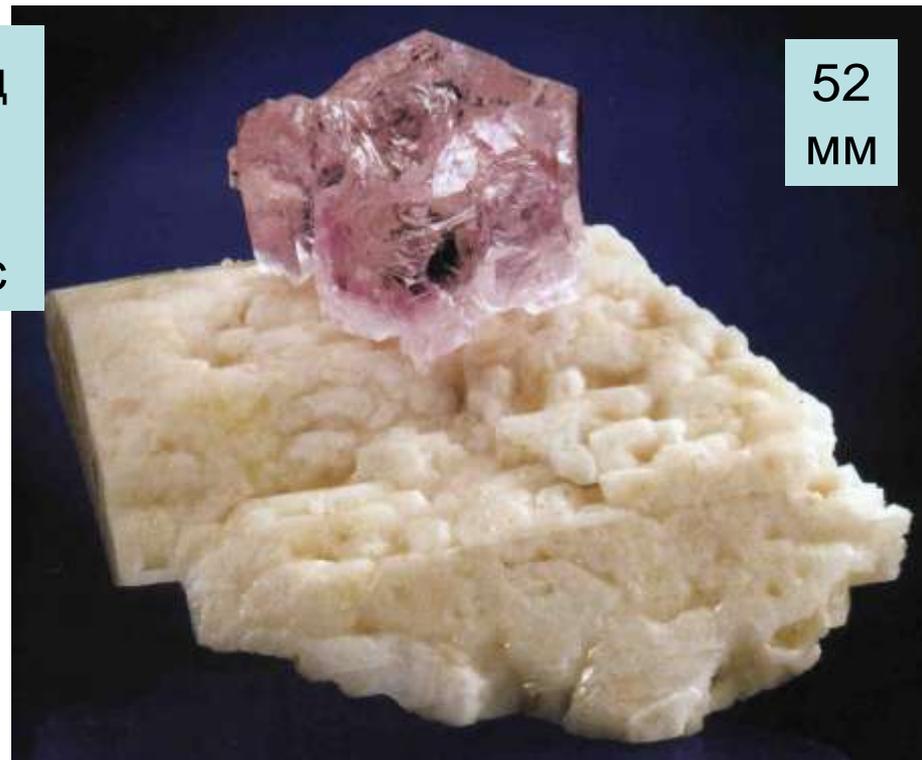
Инверсионный кварц

Аметистовый кварц абсолютно прозрачный светлого фиолетово-розового цвета слагал блоки объёмом до 1,5 кубических метров в ядре пегматитов в Кентском лейкогранитном плутоне, Центральный Казахстан. Друзы аметистового кварца развиты во многих пегматитах Бразилии. Окраска аметиста обусловлена наличием структурной примеси Fe^{3+} (Fe^{4+}); будучи облучены Fe-центры создают фиолетовую окраску различной интенсивности. Fe^{3+} мало устойчив в кислой среде. Поэтому появление аметиста - признак инверсии в развитии гранитных пегматитов.



Розовый кварц
на альбите.
Pitorra mine,
Минас Жераис

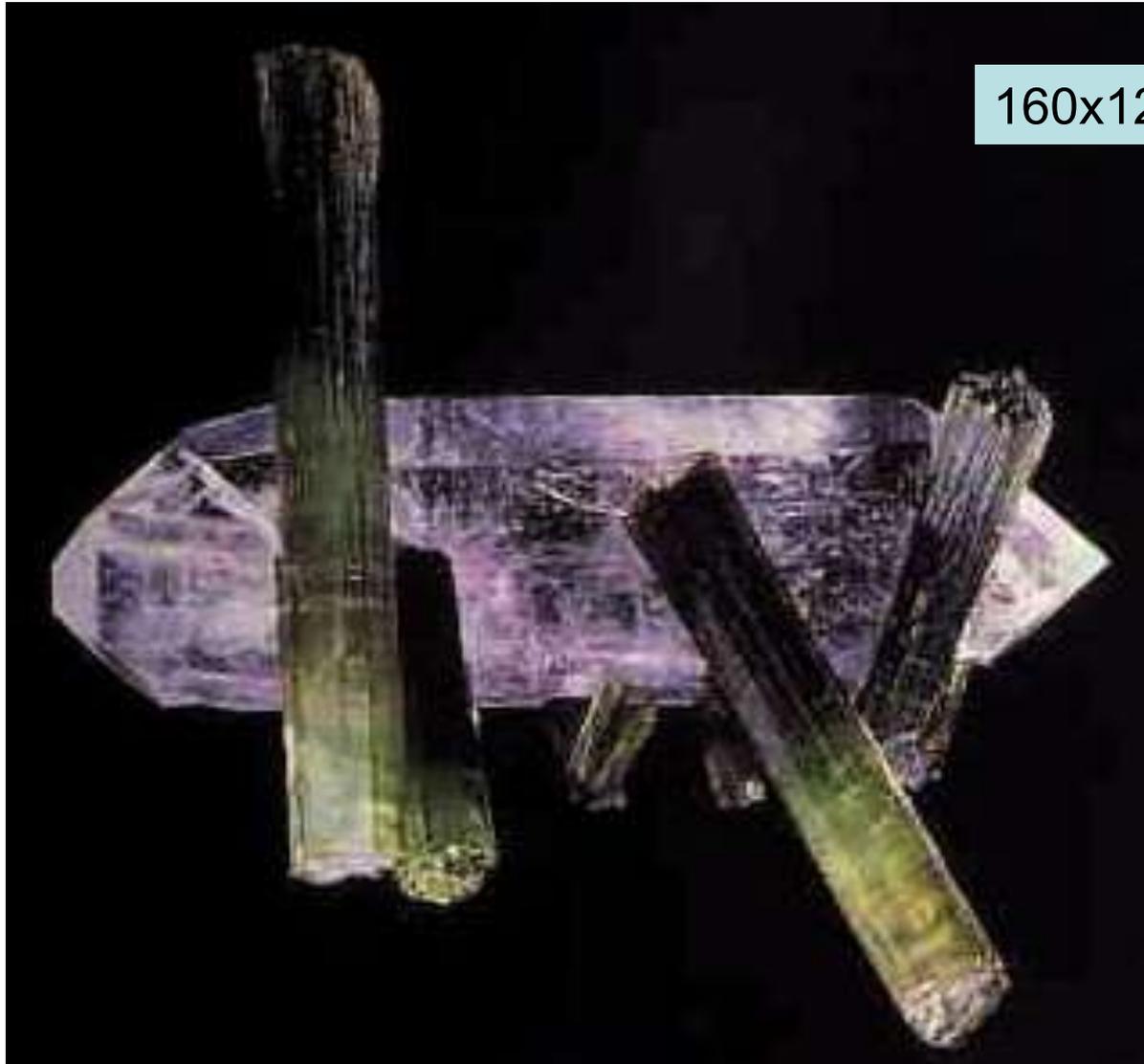
Сиренево-розовый
кварц с шерлом.
Sarusaia mine,
Минас Жераис,
Бразилия



52
MM

Инверсионный кварц

Аметист



Эльбаит-лиддикоатит с аметистом. Cruzeiro mine, Бразилия

Гидротермальные жилы

Жильный кварц – один из самых распространённых минералов гидротермальных жил, несмотря на то, что растворимость кремнезёма в водных растворах невысока. Причина в том, что при околожильном метасоматозе первичные минералы горных пород – полевые шпаты, пироксены, амфиболы... (относительно богатые кремнезёмом), довольно быстро замещаются вторичными минералами – светлыми слюдами, хлоритами... (относительно бедные кремнезёмом). А скорость (кинетика) кристаллизации кварца за счёт избыточного кремнезёма мала. Поэтому избыток кремнезёма достаточно легко мигрирует к трещинным зонам, где пониженное давление. Там и формируются кварцевые жилы, в том числе с сульфидами Cu, Zn, Pb, Ag, с золотом... В полостях таких жил растут кристаллы горного хрусталя, аметиста, цитрина.

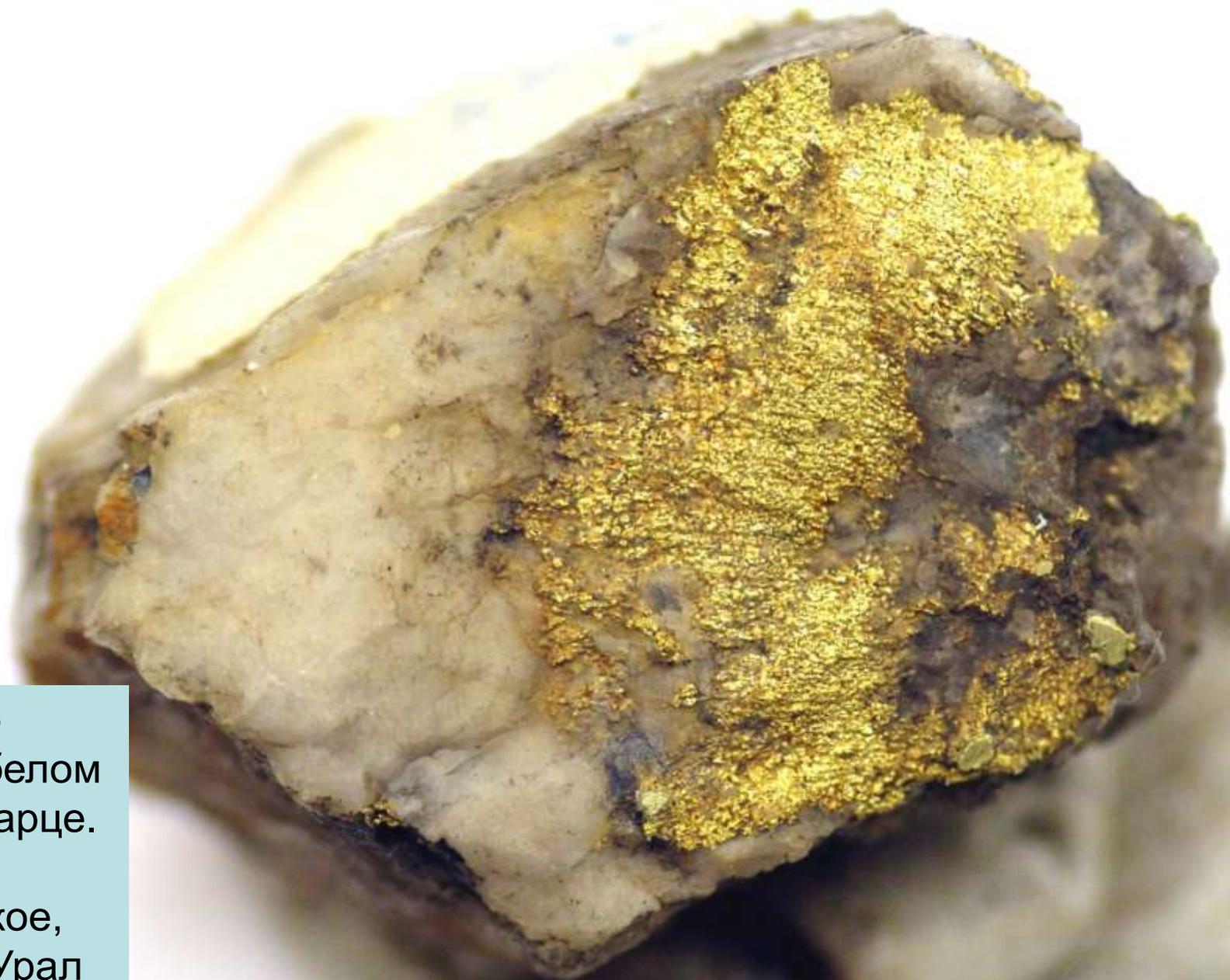
Гидротермальные жилы



Золото
в молочно-белом
жильном кварце.
45 мм.

Берёзовское, Средний Урал

Гидротермальные жилы



Золото
в молочно-белом
жильном кварце.

57 мм.

Берёзовское,
Средний Урал

Гидротермальные жилы



Раух-кварц
205 мм.
Из
грейзенов.
Красно,
Чехия



82x
43
мм

Дымчатый кварц
с магнезитом.
Brumado,
Бразилия



59
мм

Гидротермальные жилы

85x55x55 мм



Друза горного хрусталя и вольфрамит. Pasto Bueno district, Перу

Гидротермальные жилы



Скипетры аметиста на горном хрустале до 15 мм. Ватиха, Урал

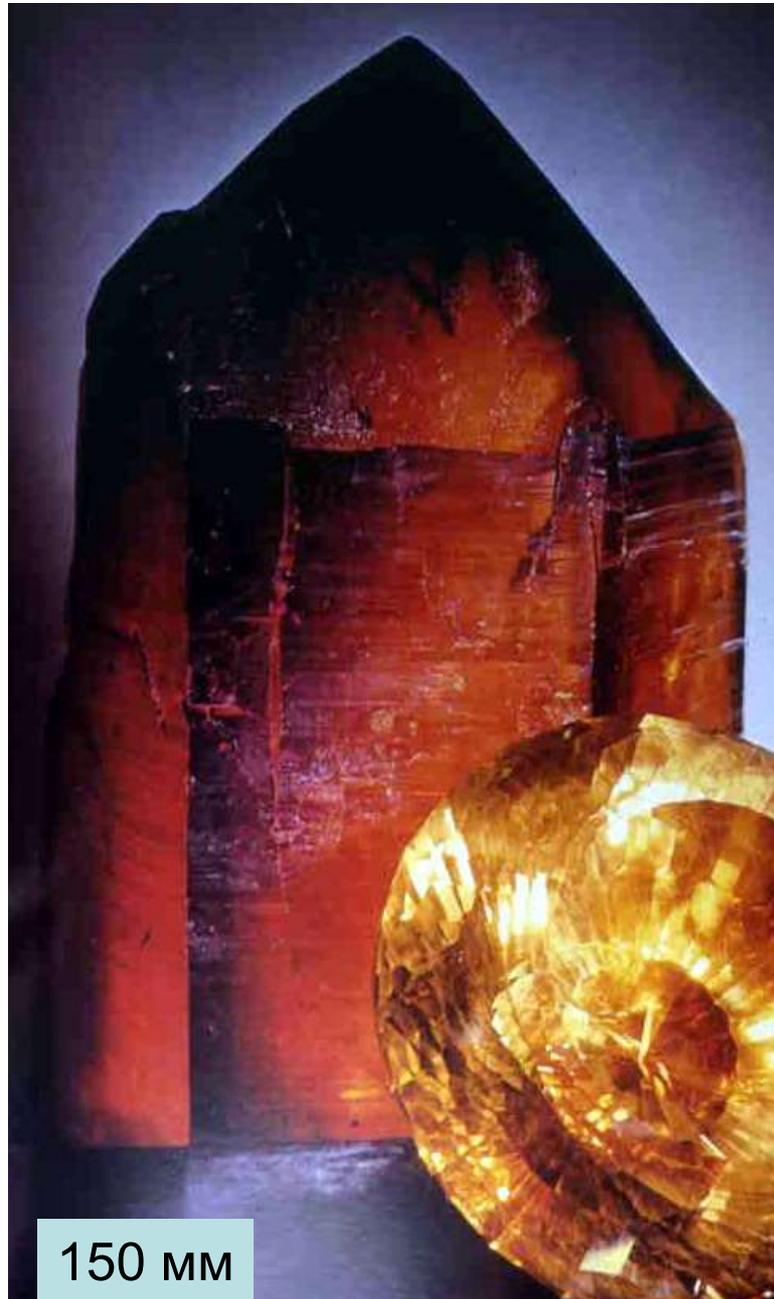
Гидротермальные жилы



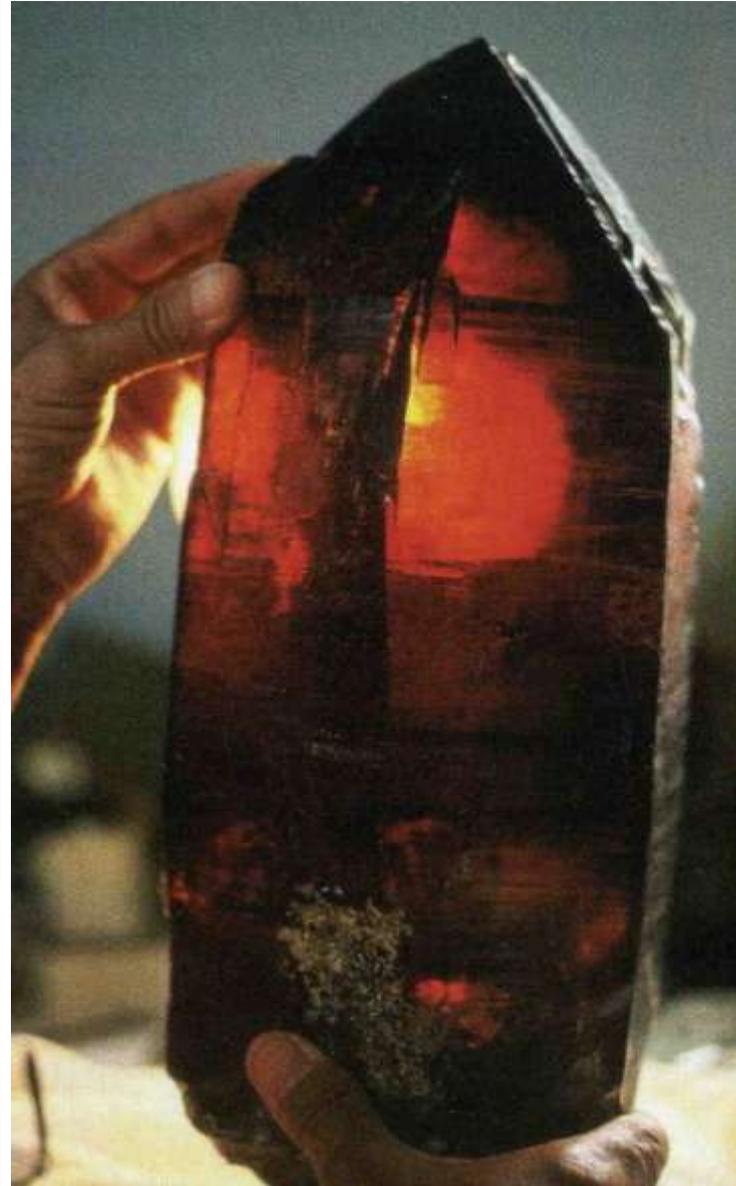
Скипетры аметиста на горном хрустале до 20 мм. Ватиха, Урал

Гидротермальные жилы

Цитрин – «империал»



150 мм



Ouro Preto,
Минас
Жераис.
Бразилия

Метаморфогенно-гидротермальные альпийские жилы

Самые известные образования фации зелёных сланцев (ФЗС) – сопряженные с метаморфитами ФЗС метаморфогенно - гидротермальные образования, - альпийские жилы с роскошными кристаллами горного хрусталя, раух-кварца, цитрина, аметиста, аметрина, адуляра, альбита, эпидота, ферроаксинита, апатита, титанита, перовскита, рутила, анатаза, брукита, ангидрита, флюорита, “розами” гематита и ильменита... Альпийские жилы являются источником бесконечного количества коллекционного материала с прекрасно оформленными прозрачными кристаллами минералов REE, Be, Sc, Y, U, W, As...(Gramaccioli, 1978; Belogne, 1980; Mineral & Erz..., 1994; Буканов, 1995 и др.).

Альпийские жилы, как правило, развиты в массивах метаморфитов амфиболитовой фации и фации зелёных сланцев в ядрах складчатых сооружений, которые испытывают медленное воздымание. По существу, жилы альпийского типа выполняют отдельные трещины и системы трещин гидроразрыва среди метаморфитов.

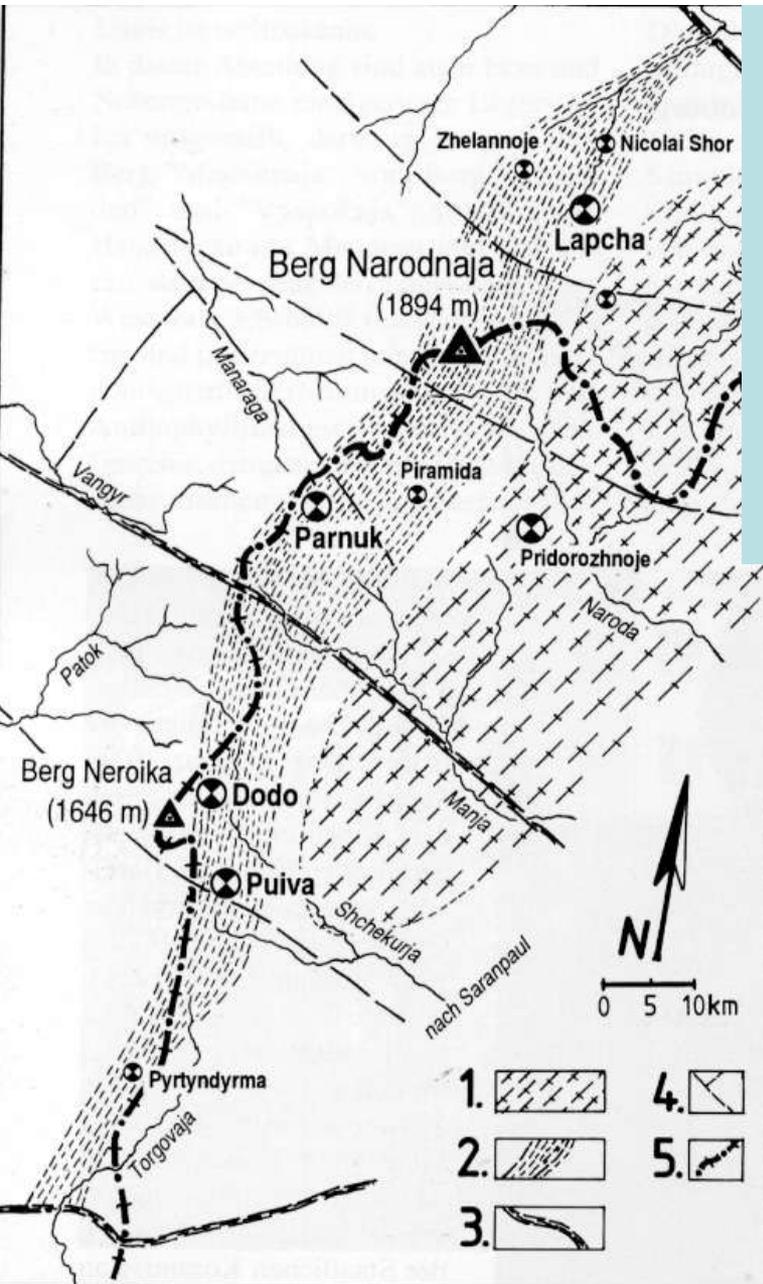
Часто стенки трещин гидроразрыва в заметной степени захватываются процессами растворения, что увеличивает или существенно увеличивает пространство для роста кристаллов, в заметной степени определяя предельные размеры кристаллов в них. Размер кристаллов кварца в альпийских жилах достигает 2-3 м весом до 5 т.

Альпийские жилы

Месторождения
горного хрусталя и
цитрина -
альпийские жилы
западного склона
Приполярного Урала

Морфология
полостей
альпийских жил

Откуда
торчат
подошвы?

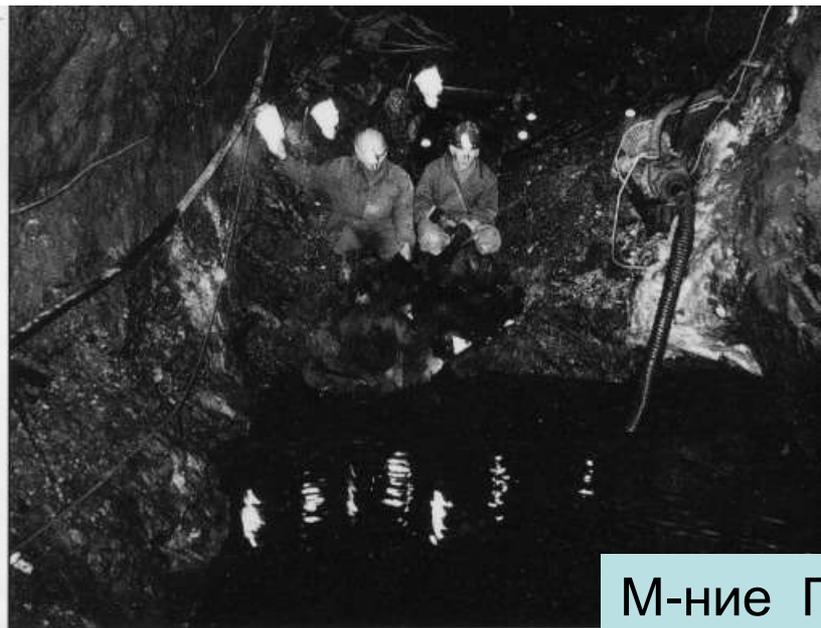
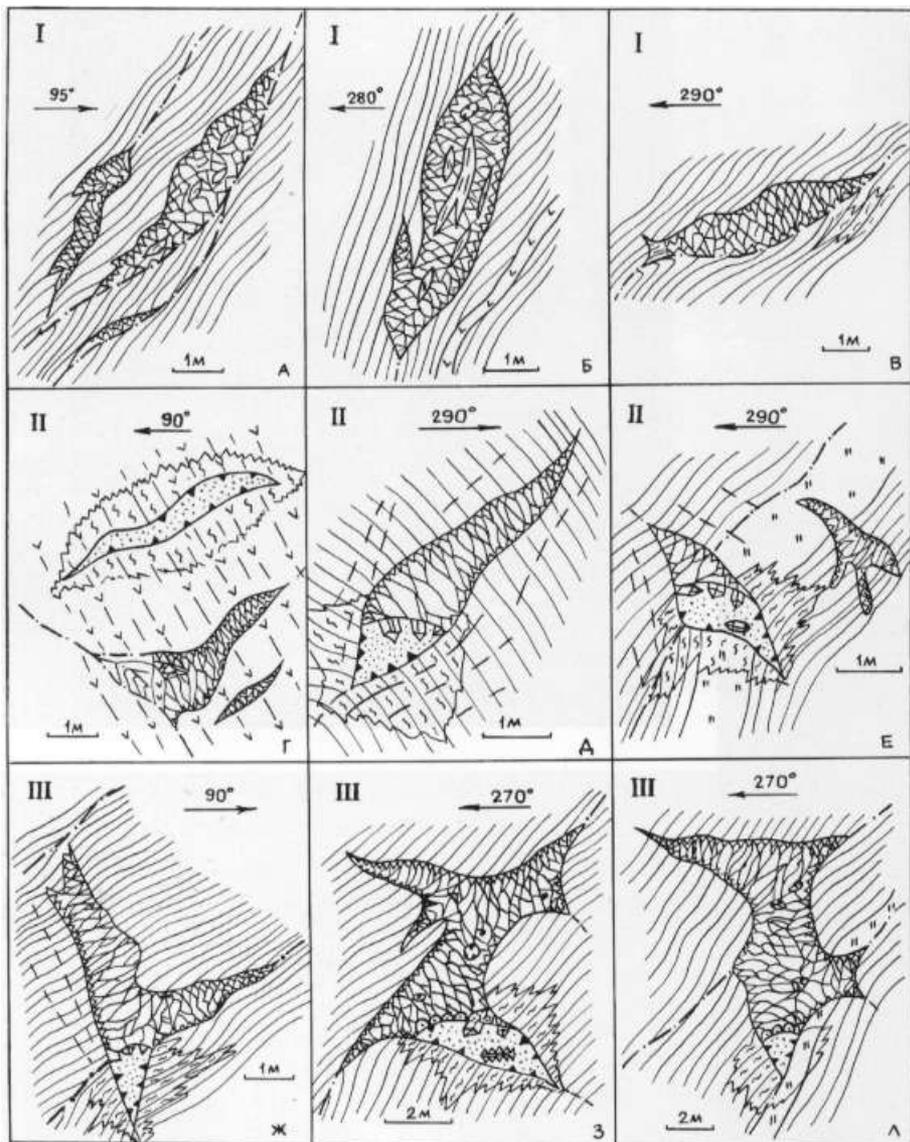


Links: Übersichtskarte der alpinotypen Quarz-lagerstätten im Polar-Ural und im Subpolar-Ural (nördlich bzw. südlich des Berges Narodnaja). Umgezeichnet nach BUKANOV (1995).

1 = Granitgneis-Aufwölbung (Proterozoikum); 2 = Zentrale Schiefer/Grünstein-Zone (Muldenstruktur); 3 = große Scherzonen (Ural-Querstörungen); 4 = Lokale Bruchstrukturen und Verwerfungen; 5 = Ural-Hauptkamm (Wasserscheide).



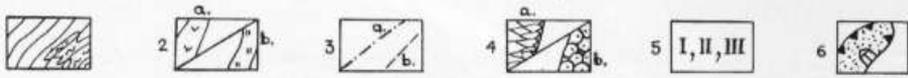
Месторождения горного хрусталя - альпийские жилы западного склона Приполярного Урала



М-ние Пуйва

Links: *Strukturelle und morphologische Typen der Quarzbänder und Klüfte in der Lagerstätte Puiva. Profilschnitte in Richtung West-Ost. Zeichnung: Jevgenji V. Burlakov.*

- 1 – Quarz-Serizit-Phyllite / hydrothermale Auslaugungszone.
- 2 – Gänge: a) Diabase; b) Albitophyre.
- 3 – Tektonische Elemente: a) Kluftartige Störungen/Verschiebungen, Verwerfungen, Faltungen; b) unabhängige Risse.
- 4 – Quarzband: a) Milchquarz mit primären Wachstumsstrukturen; b) kluftnaher klarer, umkristallisierter Quarz.
- 5 – Struktur-morphologische Typen der Quarzgänge und Klüfte: I = taube Quarzbänder, subparallel zur Gesteinsschieferung; II = kristallführend mit typischer Auslaugungszone, senkrecht zur Schieferung; III = umbiegend mit teilw. rekristallisiertem Quarzband, oft mit Gwindel-Kristallen.
- 6 – Kristallführende Klüfte und Hohlräume.



М-ния горного хрусталя - альпийские жилы вост. склона Южного Урала



Рис. 2. Хрусталеносные жилы сложной формы. По Н.С. Кухарю (1982) [26]. 1 - жильный кварц; 2 - хрусталеносные гнезда; 3 - вмещающие породы.

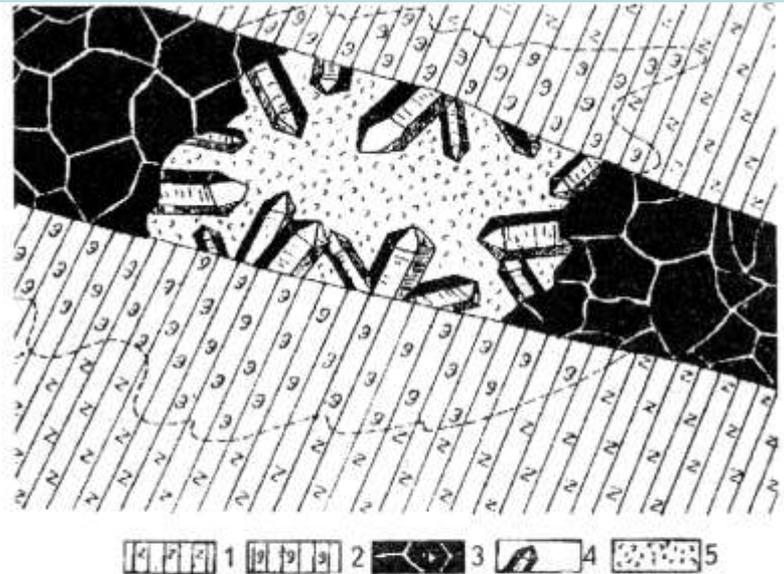


Рис. 3. Хрусталеносное гнездо Д-7 в центральной части многополостной жилы. По Д.М. Белику (1972). 1 - порфиритоиды; 2 - эпидотизированные породы; 3 - жильный кварц массивной текстуры; 4 - кристаллы горного хрусталя; 5 - минералы гнездового выполнения.

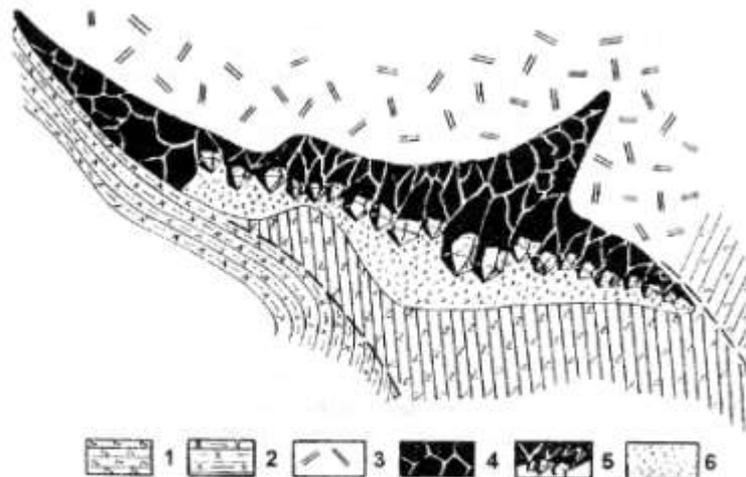
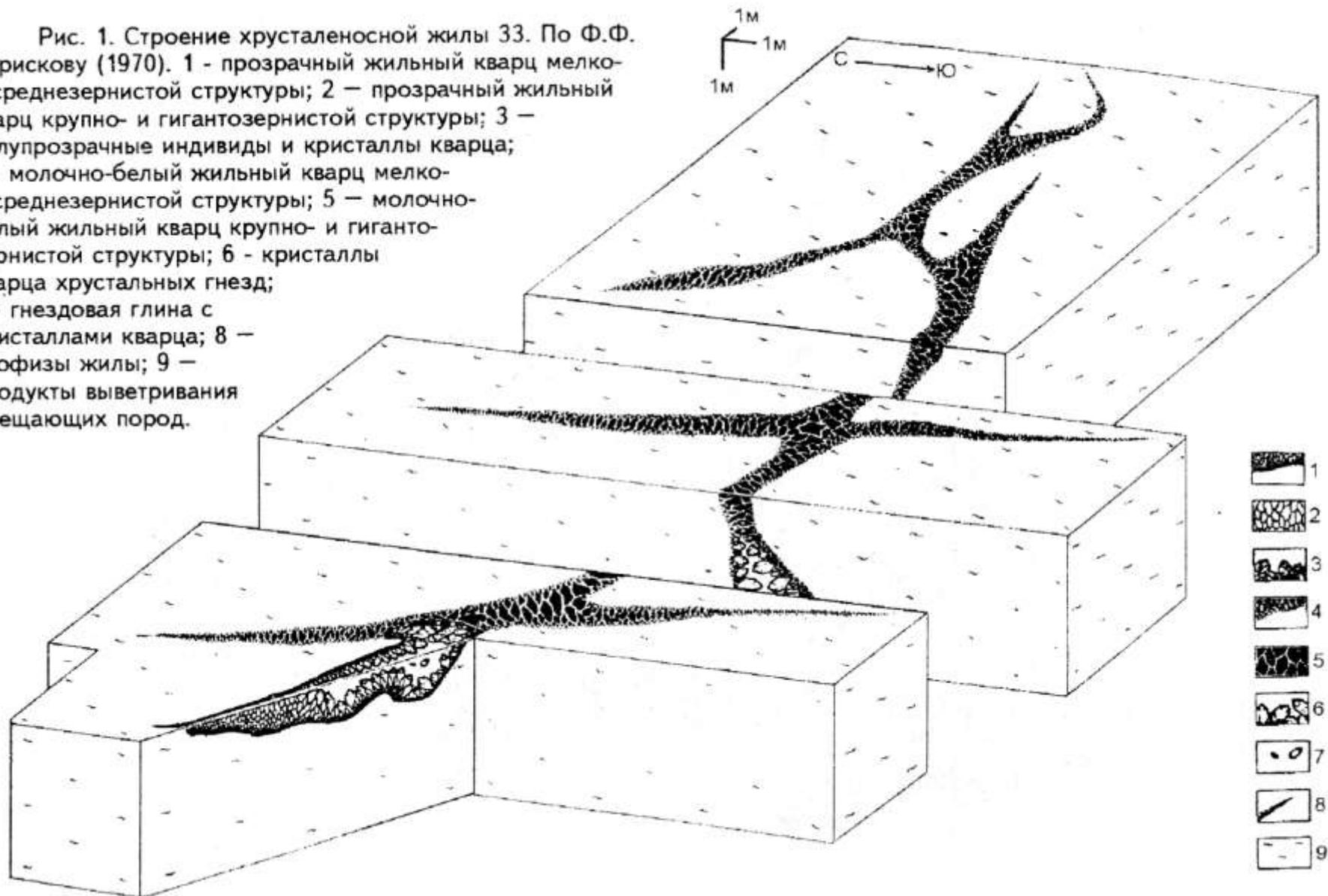


Рис. 4. Хрусталеносная жила Д-31. По Д.М. Белику (1972). 1 - порфиритоиды; 2 - туфоалевролиты; 3 - кора выветривания; 4 - жильный кварц массивной текстуры; 5 - кварц шестоватой текстуры и горный хрусталь; 6 - минералы гнездового выполнения.

Месторождения горного хрусталя - альпийские жилы восточного склона Южного Урала

Рис. 1. Строение хрусталеносной жилы 33. По Ф.Ф. Борискову (1970). 1 - прозрачный жильный кварц мелко- и среднезернистой структуры; 2 - прозрачный жильный кварц крупно- и гигантозернистой структуры; 3 - полупрозрачные индивиды и кристаллы кварца; 4 - молочно-белый жильный кварц мелко- и среднезернистой структуры; 5 - молочно-белый жильный кварц крупно- и гигантозернистой структуры; 6 - кристаллы кварца хрусталеносных гнезд; 7 - гнездовая глина с кристаллами кварца; 8 - апофизы жилы; 9 - продукты выветривания вмещающих пород.



Альпийские жилы

Морфология полостей

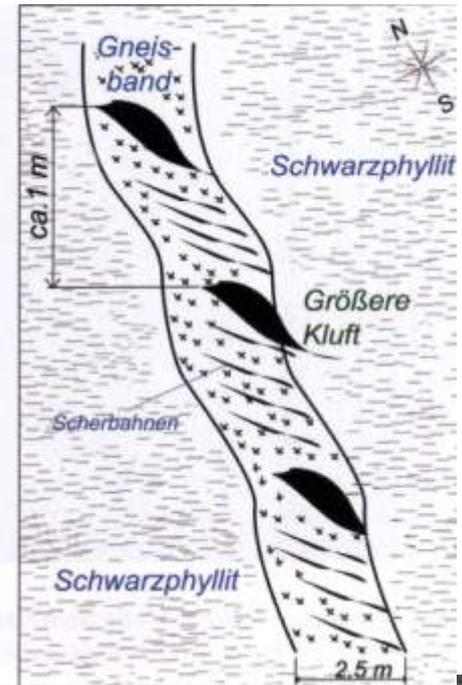


Альпы

Альпийские жилы. Австрийские Альпы



Einige der größeren Scherklüfte im annähernd Nord-Süd verlaufenden Gneisband setzen auch in den Phyllit durch. Nicht maßstäbliche Skizze. Graphik: Patrick Reith.



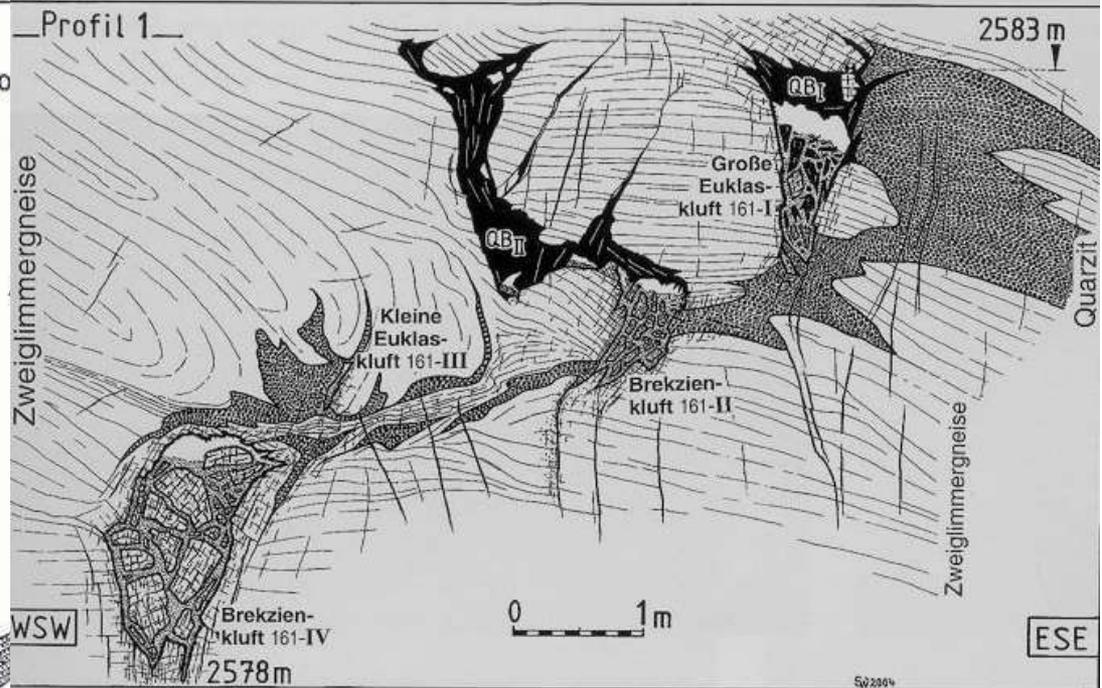
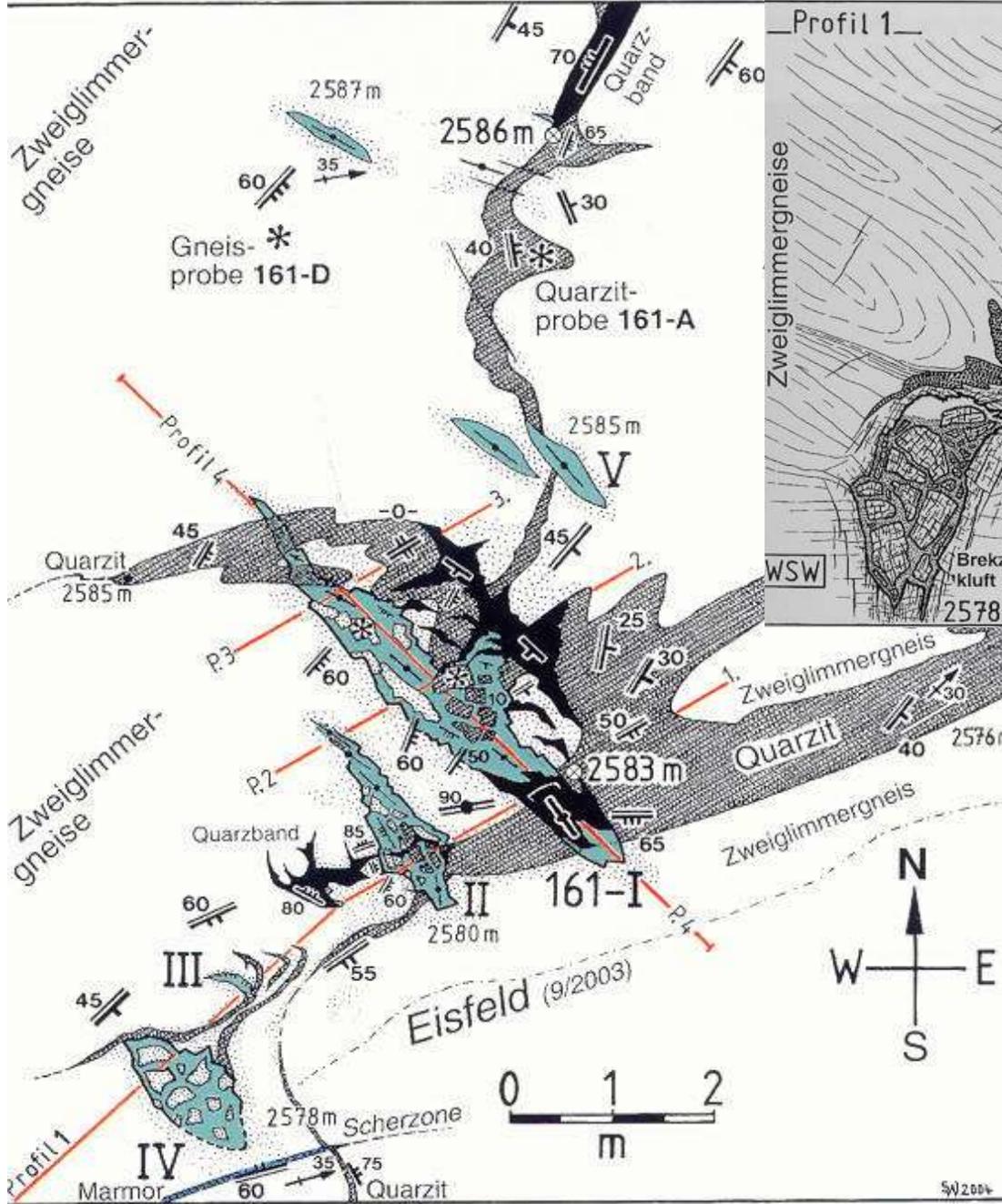
Малые альпийские жилы
с хрусталём
в гнейсах через 100 мм

Rauris, Австрия



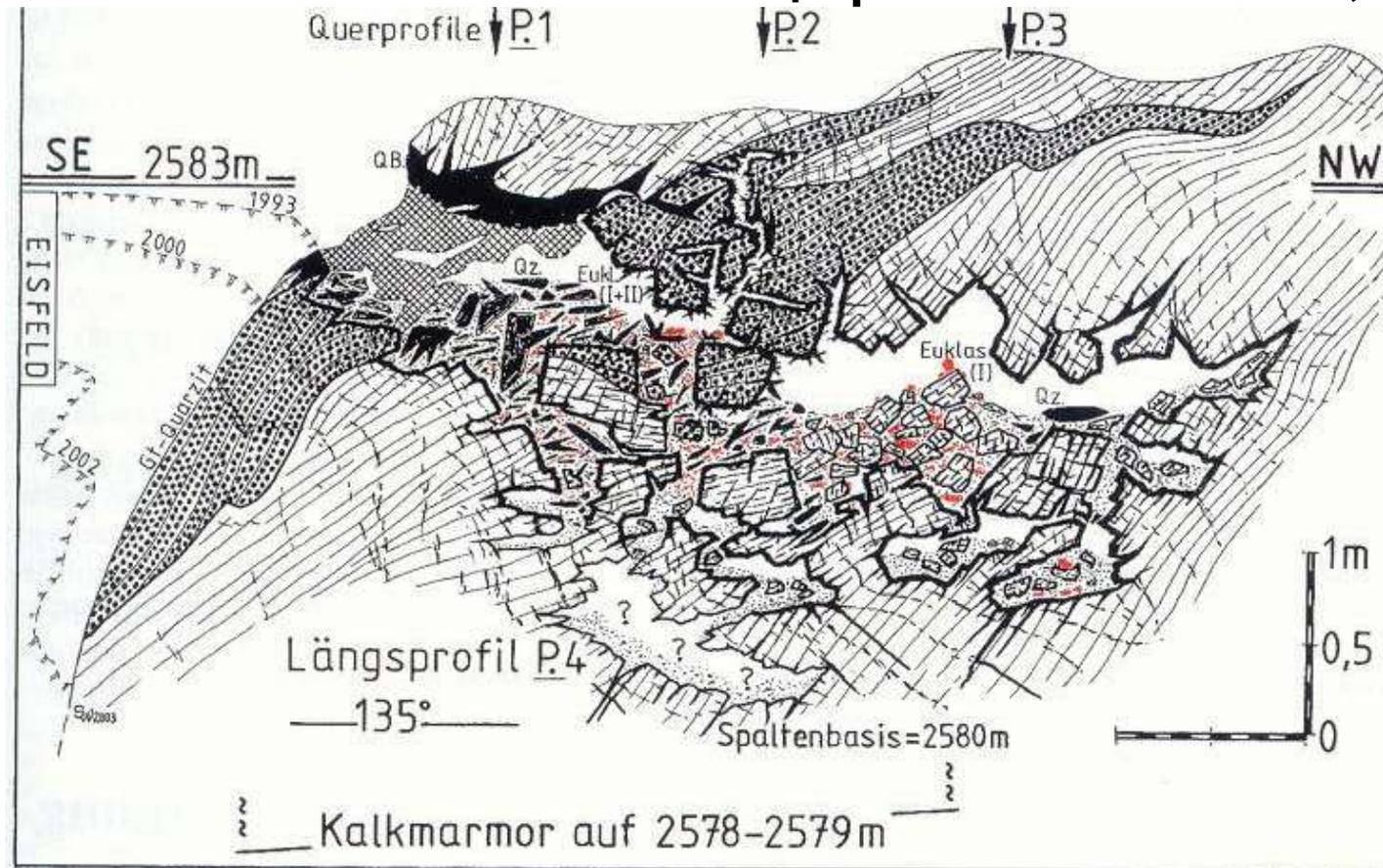
Добыча из этих жил

Альпийские жилы. Швейцарские Альпы, Тессин



Альпийские жилы с эвклазом среди диафторированных гнейсов и кварцитов. Тессин

Альпийские жилы. Швейцарские Альпы, Тессин

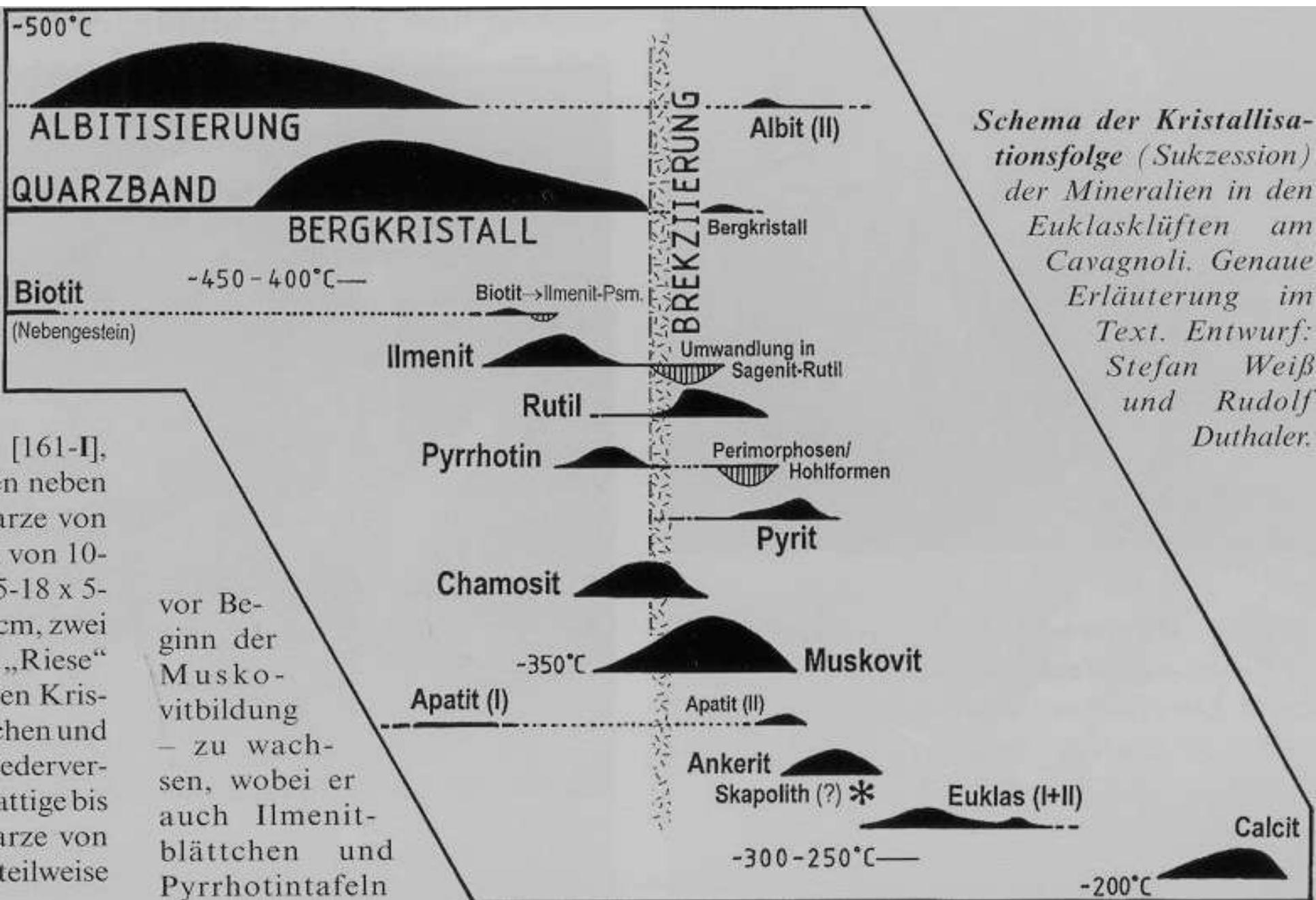


Oben: Längsprofil 4 durch die Große Euklaskluft (vgl. Karte S. 18 / Mitte rechts), mit schematisierter Verteilung der Euklaskristalle (rot). Quarzband=schwarz/kreuzschraffiert, Quarzit=punktiert, Gneis=liniert. Stand Juli 2003 (hängendes Kluftportal bei P.1 seitdem abgebaut). Vermessung & Zeichnung: Stefan Weiß.

FAST 5 METER LANG: DIE GROSSE EUKLASKLUFT

Альпийская жила с эвклазом. Диафториров. гнейсы, кварциты и мраморы

Альпийские жилы. Швейцарские Альпы, Тессин

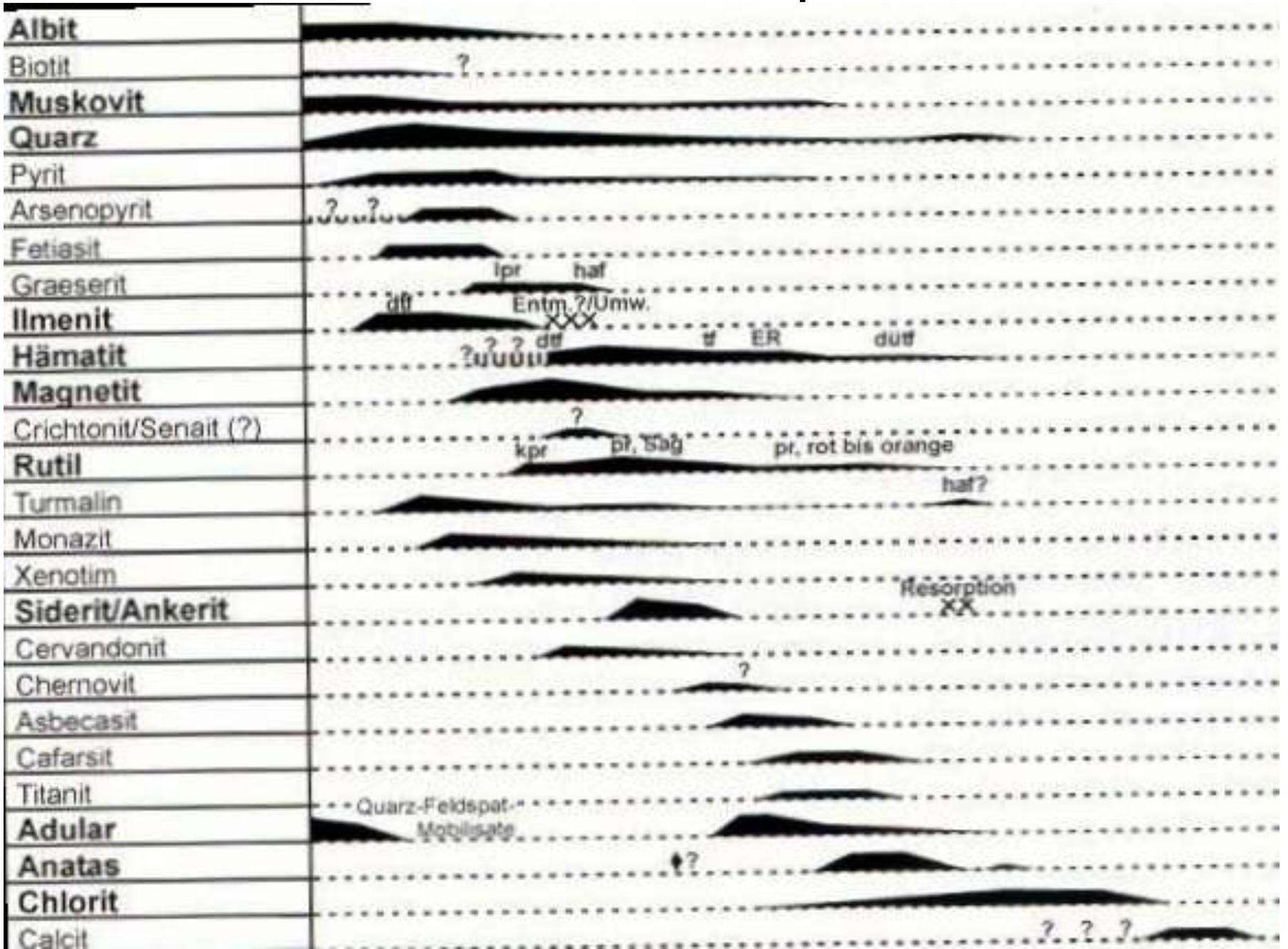


Schema der Kristallisationsfolge (Sukzession) der Mineralien in den Euklasklüften am Cavagnoli. Genaue Erläuterung im Text. Entwurf: Stefan Weiß und Rudolf Duthaler.

[161-I],
n neben
urze von
von 10-
5-18 x 5-
cm, zwei
„Riese“
en Kris-
hen und
ederver-
attige bis
urze von
teilweise

vor Be-
ginn der
Musko-
vitbildung
– zu wach-
sen, wobei er
auch Ilmenit-
blättchen und
Pyrrhotintafeln

Альпийские жилы. Швейцар. Альпы, Биннталь



Альпийские жилы. Кварц

Горный хрусталь и раух-кварц в монокристаллах и кристаллах-двойниках (часто по японскому закону) от коротко- до длиннопризматических, иногда скрученных - характернейшие минералы альпийских жил многих регионов: от классических в Швейцарских, Австрийских и Французских Альпах до Норвегии и Приполярного Урала (Пуйва, Хасаварка, Додо...), Алданского щита (Перекастное) и Памира, от Аргентины и Бразилии до Канады, в Нигерии... Впечатляют ледяной хрусталь или светлый раух с золотистым рутилом, распределенным в массе кварца беспорядочно или образующим сагенитовую решетку (последние - псевдоморфозы по ильмениту или ильменогематиту).



Альпийские жилы. Раухкварц = морион



82 мм

Valsler Tal. Швейцария



174 кг раух-кварц.
Venediger-Nortgrat, Австрия

Альпийские жилы. Раух-кварц = морион

250 мм



Скрученный раух-кварц. Приполярный Урал



Швейцарские Альпы

110 мм



Мон-Блан, Альпы

Явления расщепления кристаллов

Важнейшую роль в процессах блокирования – расщепления может иметь эффект академика П.А. Ребиндера – резкое, в несколько раз, иногда на порядки снижение прочности поверхностного слоя кристалла, покрытого тончайшей плёнкой маточной среды кристаллизации, прежде всего с примесью поверхностно-активных веществ (нафтидов, лёгких и средних битумоидов...) (Ребиндер, 1928-1972). П.А. Ребиндер (и др., 1972) «Поверхностные явления в твёрдых телах особенно ярко и своеобразно проявляются в процессах их деформации и разрушения в поверхностно-активных средах. Сюда относятся разнообразные эффекты облегчения пластического течения и понижения прочности вследствие обратимого физико-химического влияния среды, состоящего в понижении удельной свободной поверхностной энергии твёрдого тела, т.е. работы образования его новых поверхностей *in statu nascendi* (в момент возникновения) в процессах деформации и разрушения. Отличительная особенность этих явлений заключается в том, что они наблюдаются только при совместном действии среды и определённого напряжённого состояния».

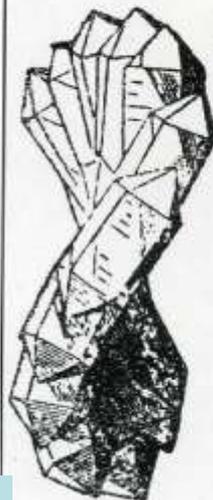
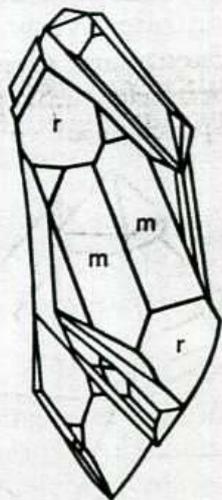
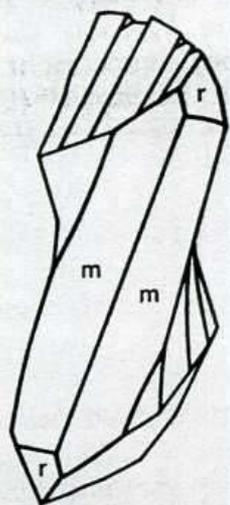
В большинстве случаев именно эффект Ребиндера и даёт возможность реализации эффекта Пунина.

Яркий пример – расщепление – скручивание кварца в альпийских жилах Приполярного Урала. В расположенных по соседству хрусталеносных жилах в одних нет и запаха битумоидов и нет скрученного

Явления скручивания кристаллов

кварца или раух-кварца; в других флюид содержал ничтожные количества битумоидов (запах нефти) – именно в этих жилах широко развиты скрученные горный хрусталь или раух-кварц. Эффекты скручивания кристаллов - следствие суммарной автодеформации из-за межсекториальной гетерометрии, появляющейся при неравномерном захвате примесей разными гранями, + эффект Ребиндера.

Скрученный кварц



Правый и левый кварц



Дымчатый кварц. 83 мм.
Пуйва, Приполярный Урал

Кристаллы – двойники роста

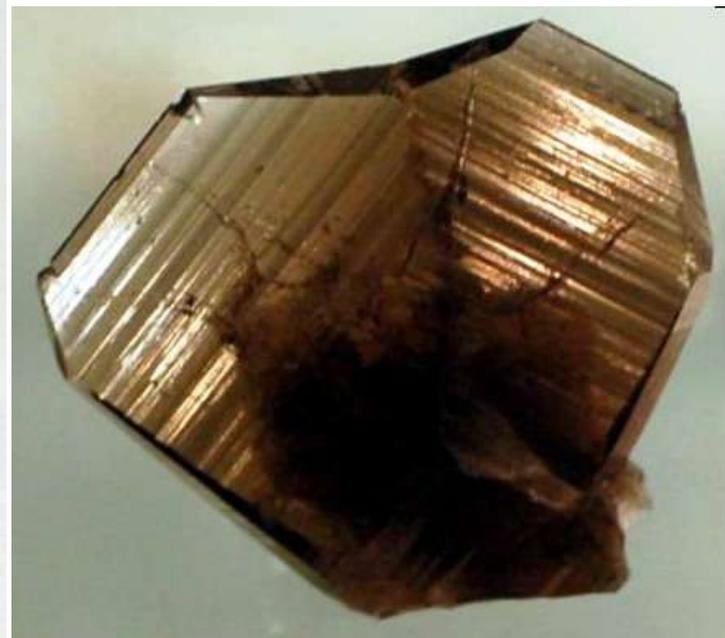
Кварц. Двойники срастания. Японский закон



70 мм. Раух-кварц –
двойник и монокристаллы



90 мм. Цитрин.
Полярный
Урал



Tiro Estrella mine,
Lincoln County,
New Mexico,
США

Альпийские жилы. Кварц



Скрученный кварц. Приполярный Урал

Кристаллы
до 400 мм.
Turbengebier,
Швейцария

Альпийские жилы. Кварц – горный хрусталь



200 мм. Turbengebiet, Швейцария



Скелетные кристаллы. 165x110 мм.
Биннталь. Швейцария

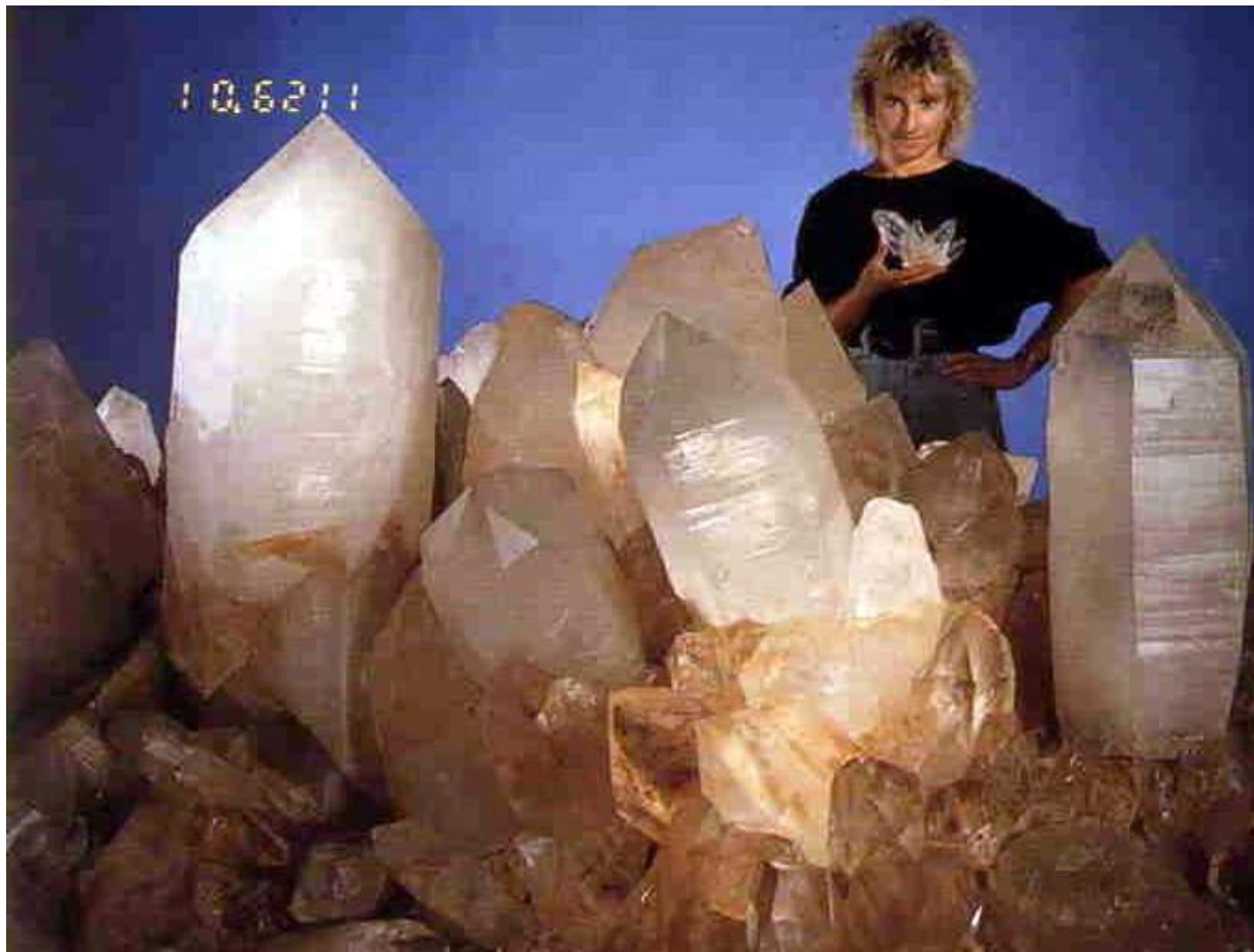
Альпийские жилы

38 мм



Сидерит + кварц. Isere, Французские Альпы

Альпийские жилы. Кварц



Друза 3000 x 2000 x 2000 мм – 8 тонн. Арканзас, США

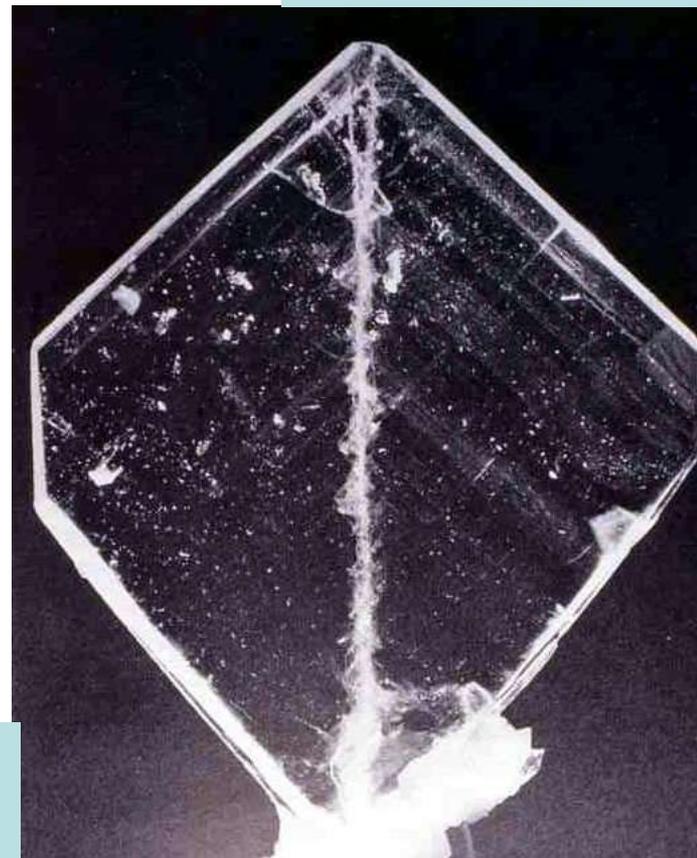
Альпийские жилы. Кварц



70 мм

Набachtal, Австрия

128x95 мм



Pirajá deposit,
Бразилия

Кристаллы – двойники роста

Кварц. Двойники срастания по японскому закону и монокристаллы



30 мм. Huaron, Перу

Mount Ida, Арканзас, США



39 мм

Rivoirands, Франция



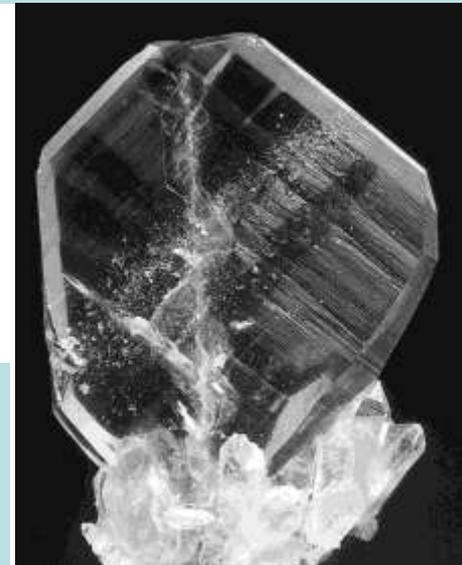
40 мм.

Montgomery County,
Арканзас, США



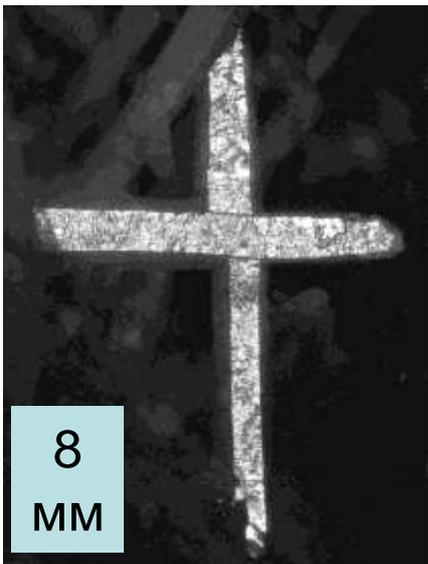
50
мм

49 мм.
Jefferson County,
New York, США



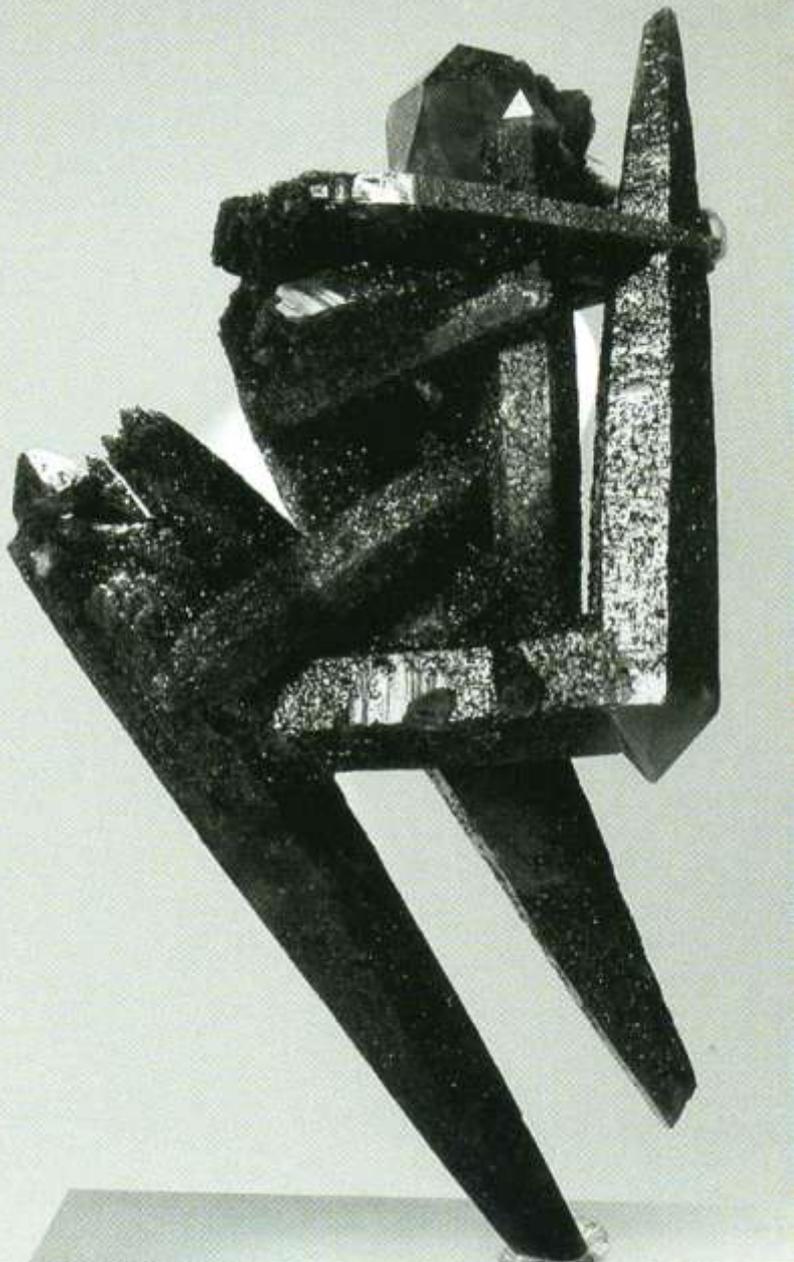
Кристаллы – двойники роста

Кварц. Двойники срастания. Японский закон



На агрегате
рудных минералов

Альпийские жилы. Кварц



Кристаллы кварца по 50-80 мм
с присыпками хлорита



40 мм

Остров
Принца
Уэльса

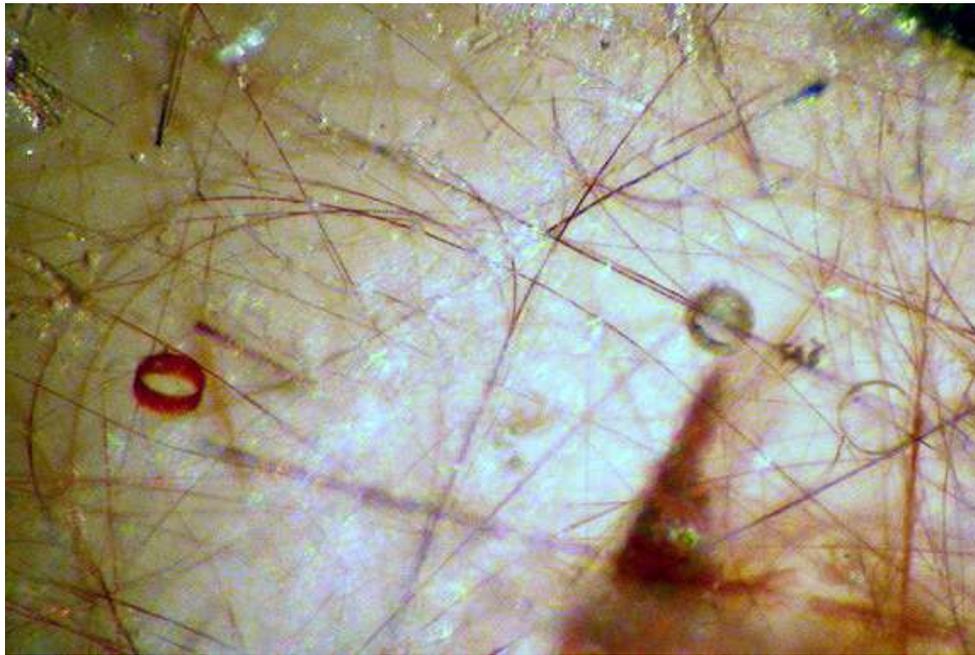
Японский двойник кварца с вкл. хлорита

Альпийские жилы. Кварц-волосатик



Горный хрусталь с сингенетичными включениями рутила.
Приполярный Урал

Альпийские жилы. Кварц-волосатик



Горный хрусталь с сингенетичными включениями рутила, в том числе скрученными в кольца. Приполярный Урал

Альпийские жилы. Кварц-волосатик



Горный хрусталь с сингенетичными включениями рутила.
Приполярный Урал. Колл. В.М. Ладыгина, фото Э.М. Спиридонова

Альпийские жилы. Рутил - сагениит по ильмениту

72 мм



Включения в горном хрустале. Биннталь. Швейцарские Альпы

Альпийские жилы. Рутил - сагениит по ильмениту



20 мм

Включения в горном хрустале. Биннталь. Швейцарские Альпы

Альпийские жилы. Рутит - сагениит по ильмениту



В горном хрустале

30 мм

Альпы

Альпийские жилы. Аметист

Аметист часто в виде скипетровидных кристаллов, иногда многоголовых, - типичное образование альпийских жил Швейцарии, Бразилии, Приполярного Урала, Мадагаскара, Намибии, Болгарии, Боливии... Обычно это один из низкотемпературных минералов альпийских жил.



Аметист с анкеритом

Альпийские жилы. Аметист



Zillertal, Швейцария



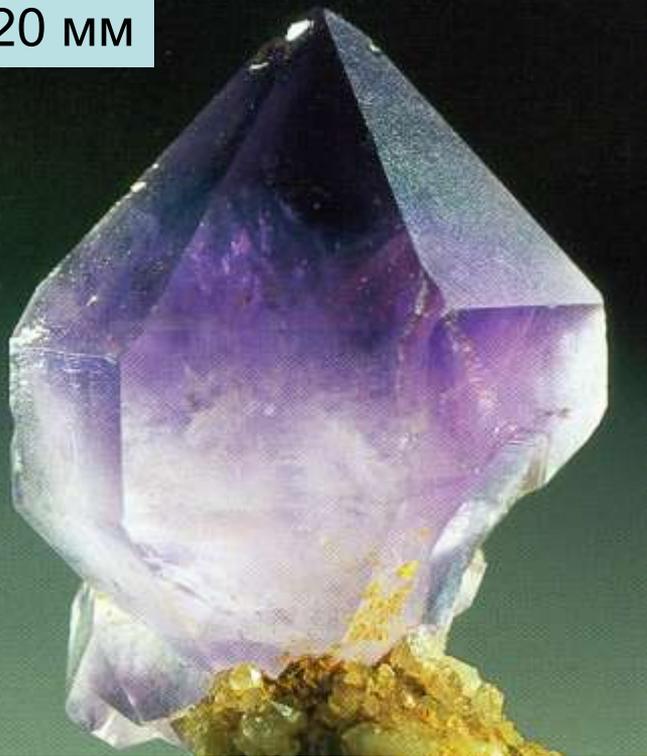
80 мм

Скипетры аметиста на
раухкварце.
Приполярный Урал



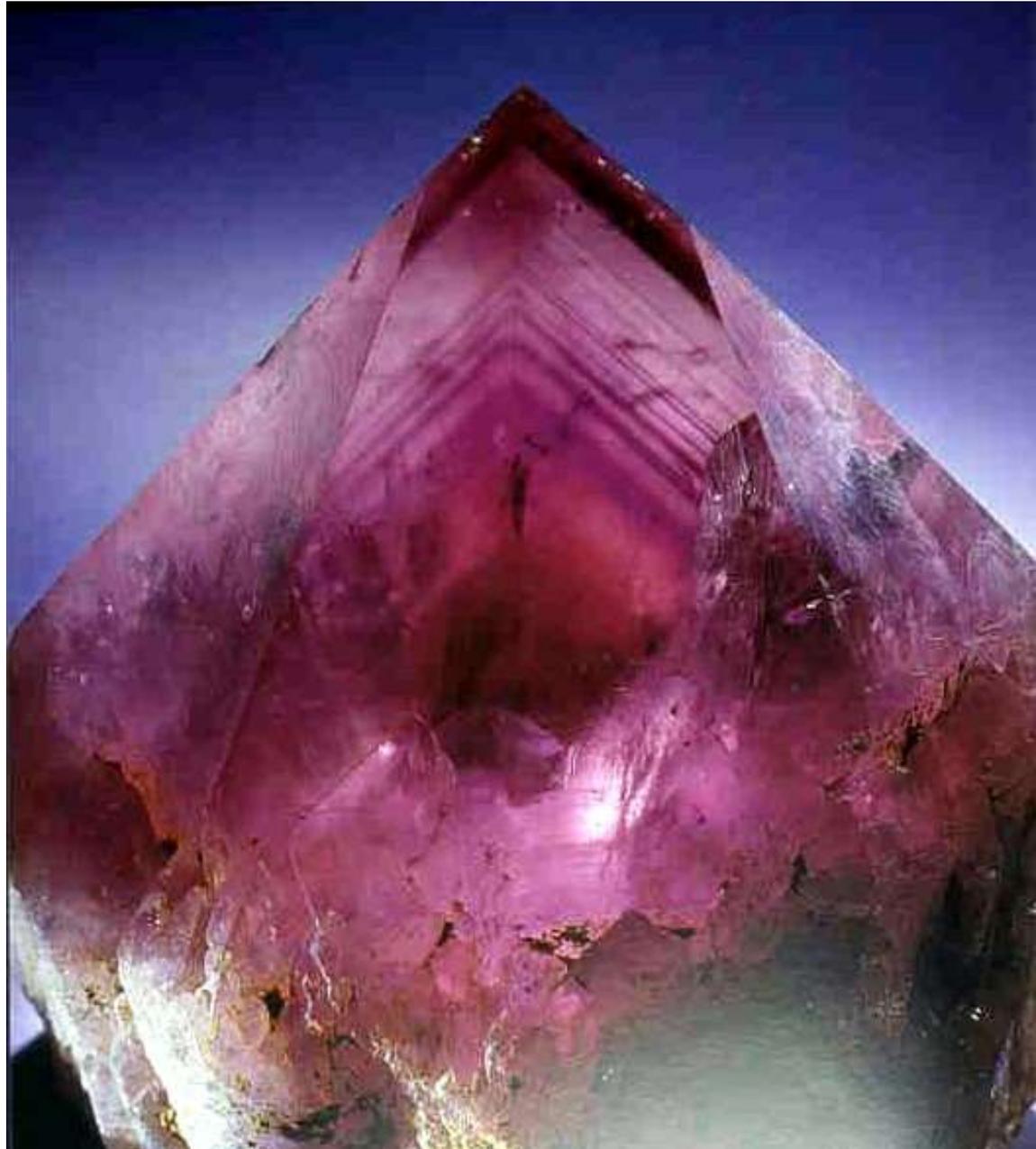
Гематит –
железная роза
30 мм
на аметисте
140 мм.
Zillertal,
Швейцария

20 мм



Beravintsara, Мадагаскар

Альпийские жилы. Аметист



4 кг. Ametistas deposit, Bahia, Бразилия





260 мм

Скипетры аметиста на
молочном кварце

Мадагаскар

Кристаллы – двойники роста

Кварц-аметист. Двойники срастания. Японский закон



30 мм. Сравните размер кристалла-двойника и монокристаллов



Piedra Prada, Las Vigas, Мексика

Цитрин - один из замечательных камней альпийских жил. Особенно красив полярноуральский цитрин с зеленоватым отливом (Буканов, 1995).



44x35 мм. Geraldo do Vaixio, Минас Жераис, Бразилия



Цитрин с иглами рутила.
Додо, Приполярный Урал

Альпийские жилы. Цитрин



Приполярный Урал

Альпийские жилы. Аметрин

Аметрин - необыкновенно красивый драгоценный аметист - цитриновый кварц, - одна из замечательных находок последних десятилетий.

Кристаллы аметрина имеют зонально - секториальное строение, обусловленное селективным распределением цитриновой и аметистовой окрасок в различных секторах и реже - зонах роста.

Известные месторождения Anahí и Yuruty mine расположены в Южной Боливии у границы с Бразилией. Кварцевые жилы с кристаллами аметиста и аметрина развиты в зонах дробления среди мраморизованных доломитов и известняков с прослоями микрокварцитов, аркозовых кварцитов...

В полостях выщелачивания среди карбонатных пород на отдельные глыбы измененных доломитов выросли крупные кристаллы молочно-белого кварца, которые явились затравками для кристаллов аметиста и аметрина весом до 8 кг.

Отдельные полости месторождения Anahí давали до 10 т аметрина (Vasconcelos, 1994).

Альпийские жилы. Аметрин



120 мм

Цеолитовая фация. Метабазальты Патагонии.

Большая
жеода
агатов.
Кварц –
горный
хрусталь
между
слоями
цветного
халцедона



Цеолитовая фация. Метабазальты Патагонии.

Большая
жеода
агатов.
В центре –
аметист на
кварце –
горном
хрустале

270 мм



Цеолитовая фация.

Метабазальты
Патагонии.

Месторождения
агатов, аметиста,
цитрина

Огромная жеода
хрустального
аметиста с ангидритом.
5700 кг. 3830 мм.
Antiguas, Уругвай



Цеолитовая фация. Метабазальты Патагонии.



Огромная жеода хрустального аметиста.

4050 кг. 2550x1500x1100 мм

Цеолитовая фация. Аметист

Огромная жеода в метабазальтах трапповой формации Параны



Цеолитовая фация. Метабазальты Патагонии.



Огромная жеода хрустального аметиста. Rio Grando do Sul, Бразилия

Цеолитовая фация. Метабазальты Патагонии. Месторождения агатов, аметиста, цитрина



Уругвай



5 кг.
300x230x100 мм

Огромная жеода хрустального аметиста и кальцита. Rio Grando do Sul

Цеолитовая фация. Метабазальты Патагонии.



Аметистовое «сердце». Rio Grando do Sul, Бразилия

Цеолитовая фация. Метабазальты Патагонии.

**Аметистовые
цветы**

80x65 мм.
Ametista do Sul,
Rio Grande do Sul,
Бразилия



Цеолитовая фация. Метабазальты Патагонии



Аметистовая жеода с перегородками – псевдоморфозами халцедона по кальциту. Rio Grando do Sul, Бразилия. 3.5 кг. 290x100 мм

Цеолитовая фация. Метабазальты Патагонии



Огромная жеода аметиста, на который выросли цитрин и кварц.
Rio Grando do Sul, Бразилия. 5 кг. 380 x 240 x 50 мм

Цеолитовая фация. Метабазальты Патагонии.

Большие жеоды с цитрином



Фото Э.М. Спиридонова

Цеолитовая фация. Метабазальты Патагонии.

Большая жеода с цитрином



24.5 кг. 460x320x160 мм

Цеолитовая фация. Метабазальты Патагонии.

Большая жеода с цитрином



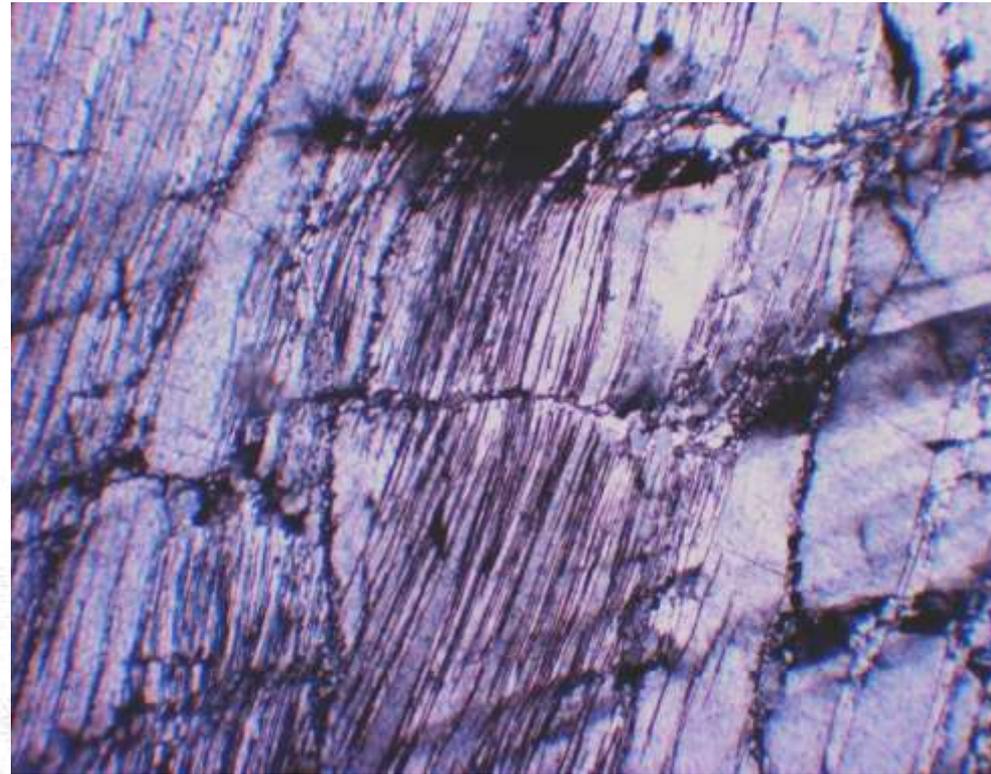
Друза цитрина 9.2 кг. 230 x 220 x 190 мм

Кварц биосферы

Микро- и субмикрористаллы в соломе, бамбуке...

Микро- и макрористаллы в капах берёз....

Механические деформации - разлистованные кристаллы кварца



Жильный кварц.
Аксу, Северный
Казахстан.
При 1 николе

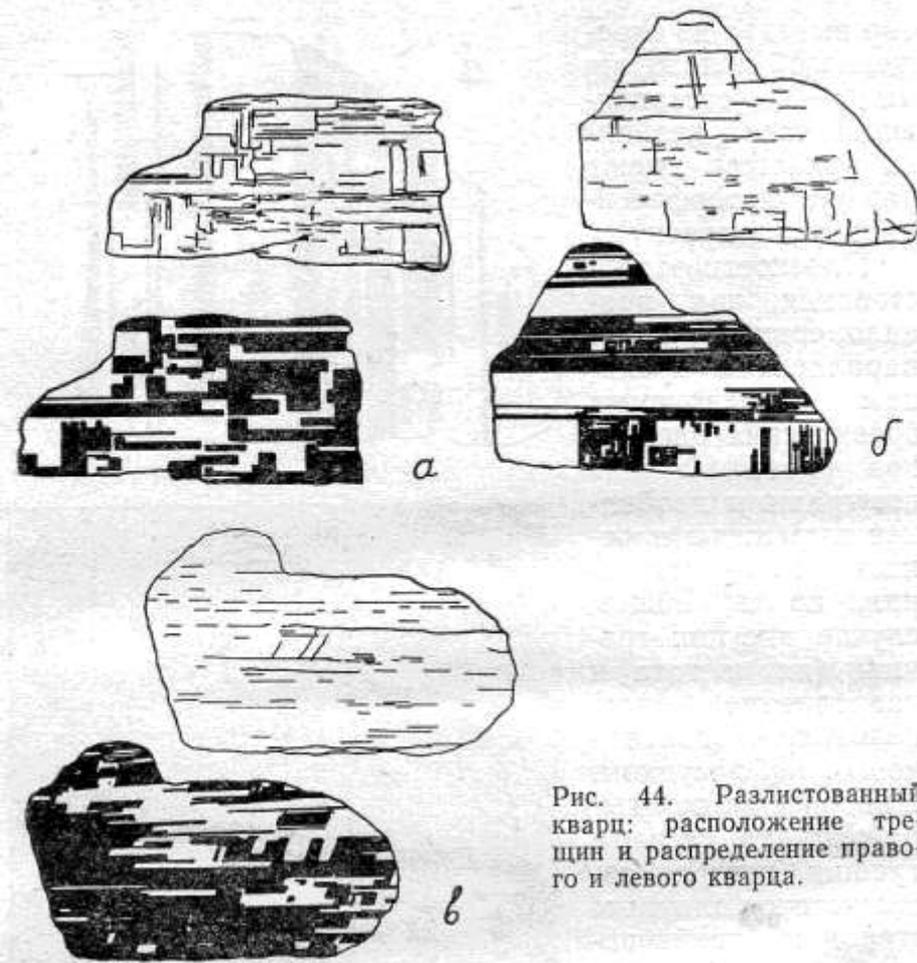
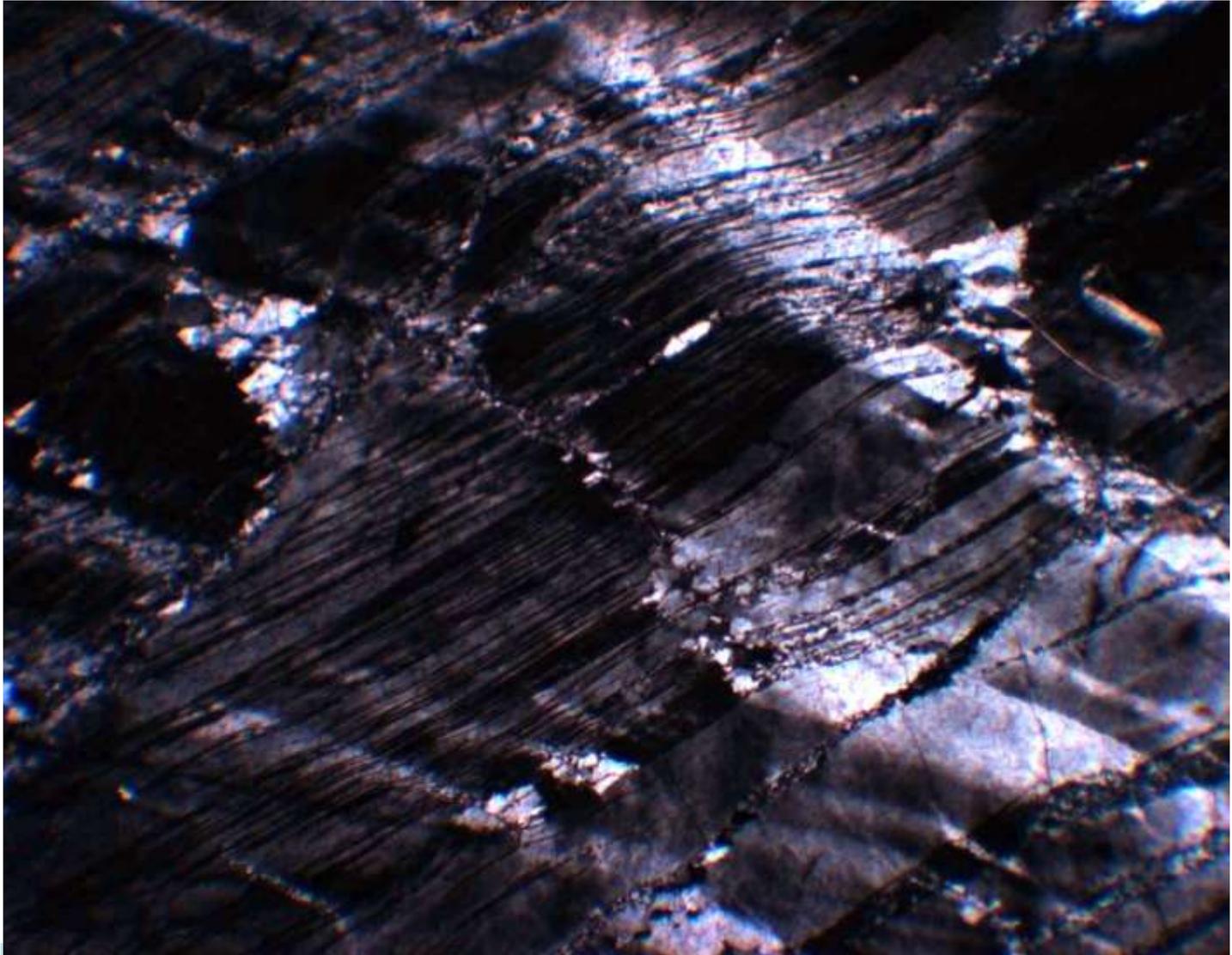


Рис. 44. Разлистованный кварц: расположение трещин и распределение правого и левого кварца.

Механические деформации - разлистованные кристаллы кварца



Жильный кварц разлистован, а затем смят.
Аксу, Северный Казахстан. Шлиф. Николи х



Найдено около 160 ударных кратеров

Опасности и катастрофы при импактных событиях

- Образование ударных кратеров
- Образование волн цунами.
- Изменение электрических и оптических свойств атмосферы.
- Возникновение массовых пожаров.
- Ударные и акустико-гравитационные волны.
- Возмущение ионосферы и магнитосферы.

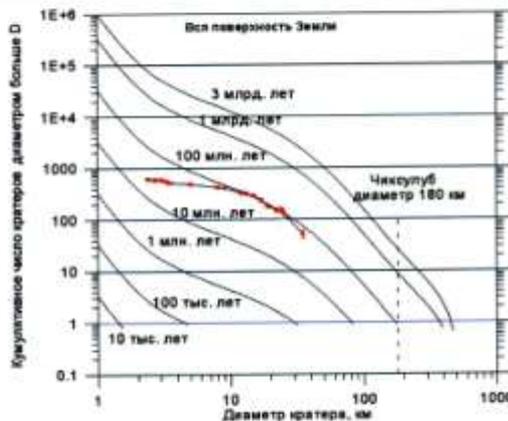


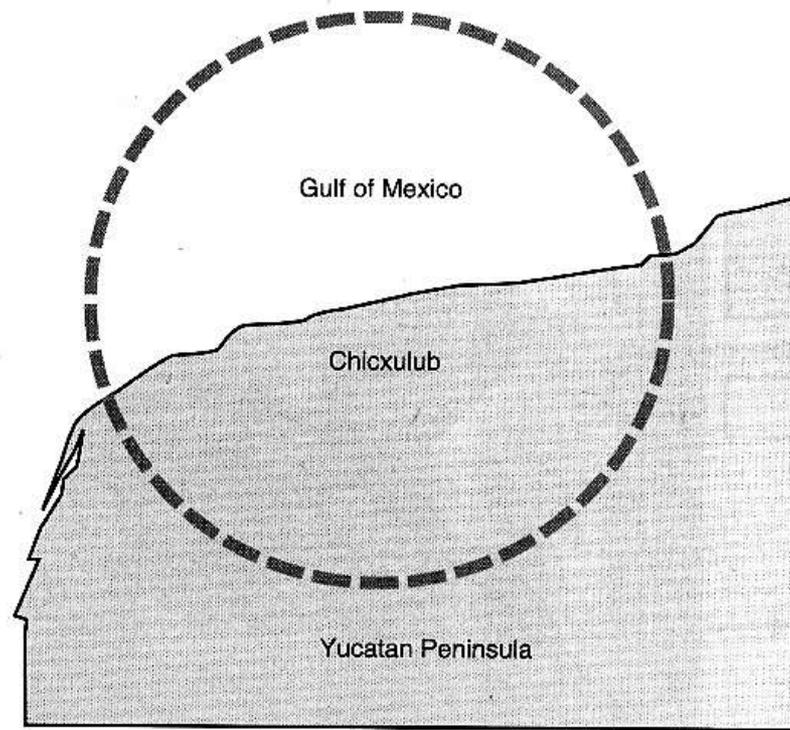
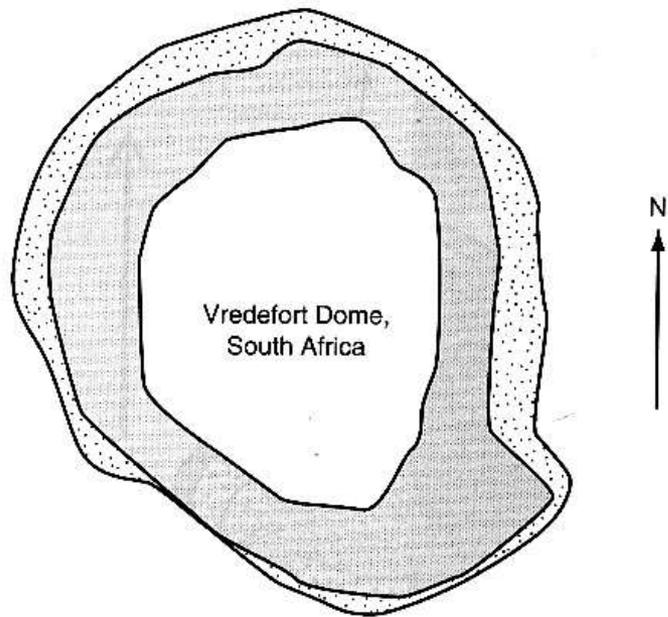
Рис. 2.41. Оценка общего числа ударов по Земле: $N(D > 200 \text{ км}) = 30\text{--}50$ за 3 млрд. лет

Последствия от импактов

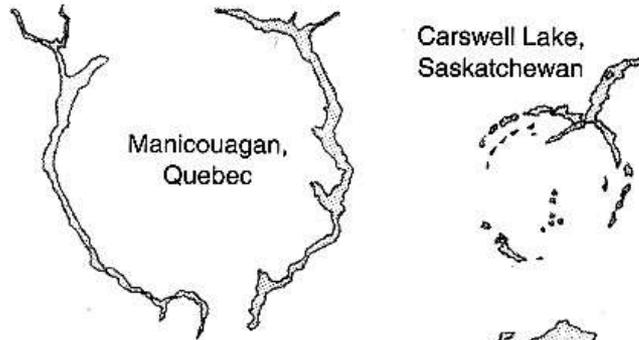
N	Размер	Частота	Последствия
1	$0.1\text{ м} < d < 1\text{ м}$	~100 в год	сгорает (>50 км), пыль в космосе
2	$1\text{ м} < d < 3\text{ м}$	ежегодно	сгорает (25–50 км), пыль в атмосфере
3	$3\text{ м} < d < 10\text{ м}$	1 раз в 10 лет	абляция, разрушение метеорита, м.б. небольшие кратеры на суше
4	$10\text{ м} < d < 30\text{ м}$	1 раз в $10^2\text{--}10^3$ лет	на суше: кратеры и разрушения, пожары, пыль и сажа в атмосфере, в океане: волны цунами
5	$30\text{ м} < d < 10^2\text{ м}$	1 раз в $10^3\text{--}10^4$ лет	выброс NaCl, разрушение озонового слоя
6	$10^2\text{ м} < d < 10^3\text{ м}$	1 раз в $10^5\text{--}10^6$ лет	региональная катастрофа, изменения климата ("ядерная зима")
7	$10^3\text{ м} < d < 10^4\text{ м}$	1 раз в $10^7\text{--}10^8$ лет	глобальная катастрофа

Стадии ударного метаморфизма

Стадия ударного метаморфизма	Давление, кбар	Остаточная температура, °C	Характер изменений в породах и минералах
I	до 100	до 100	трещиноватость пород и минералов, начальные стадии планарных деформаций в кварце и полевых шпатах (трещины)
II	250–300	200–300	диаплектовые преобразования в кварце и полевых шпатах, высокотемпературные модификации кремнезема
III	500–550	1200–1500	селективное плавление кварца и полевых шпатов, высокотемпературные фазы кремнезема
IV	600–650	2000–3000	плавление всех главных породообразующих минералов
V	900–1000	3000–5000	испарение



100 km



Carswell Lake,
Saskatchewan



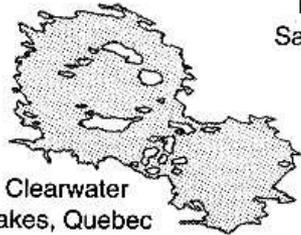
Deep Bay,
Saskatchewan



Lac Couture,
Quebec



Clearwater
Lakes, Quebec



Brent, Ontario



Holleford, Ontario



West Hawk lake,
Manitoba



Meteor Crater, Arizona



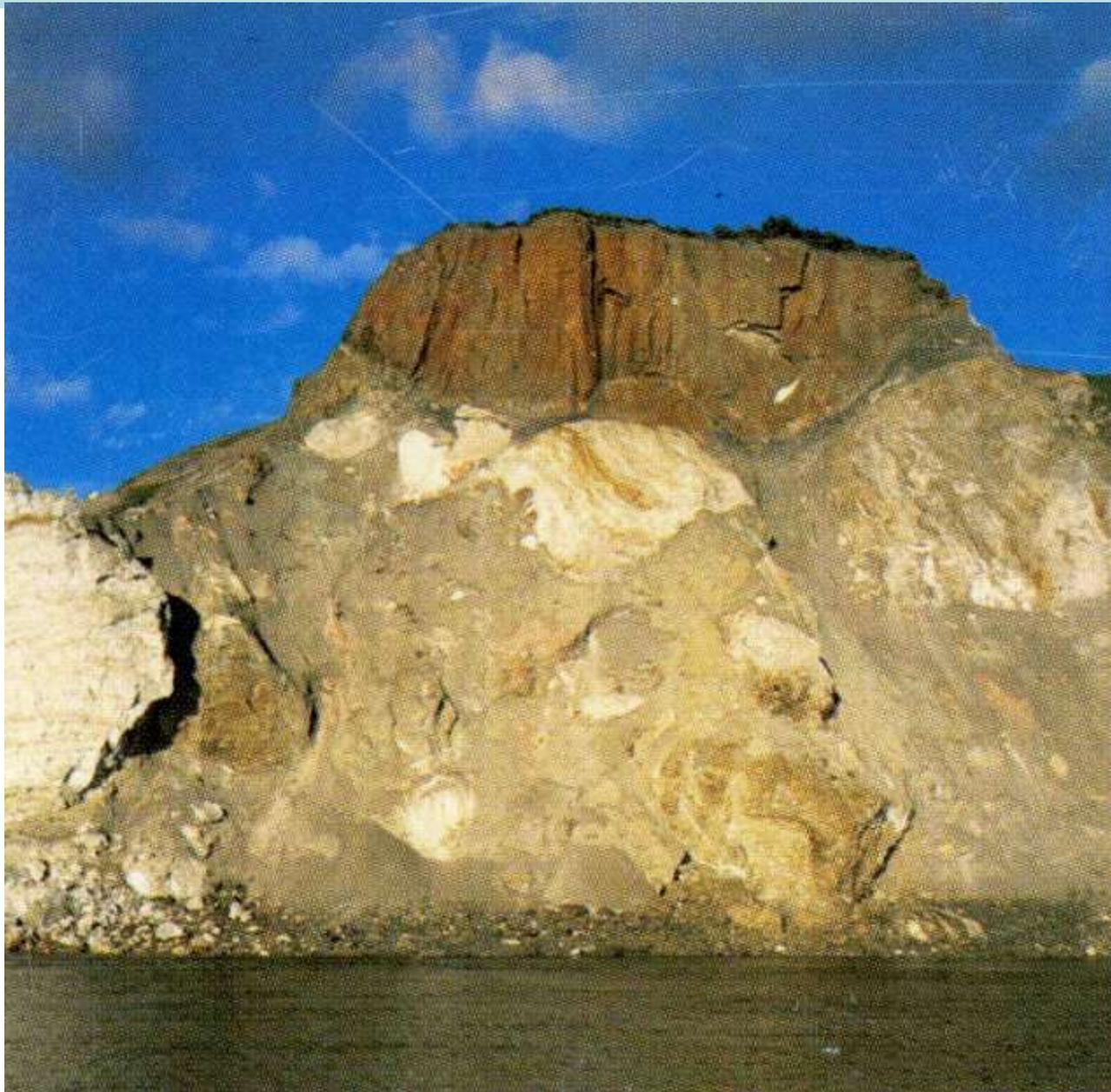
New Quebec



Импактные кратеры на Земле

Fig. 15.32 Topographic expressions of meteorite impact structures ranging in size from the 1.1-km-diameter Meteor Crater, Arizona, to the 100-km-diameter Vredefort and Chicxulub structures. In these deeply eroded large structures, the ring outlines the central uplift; the actual crater would have been three times this size (~300 km).

Импактные кратеры на Земле

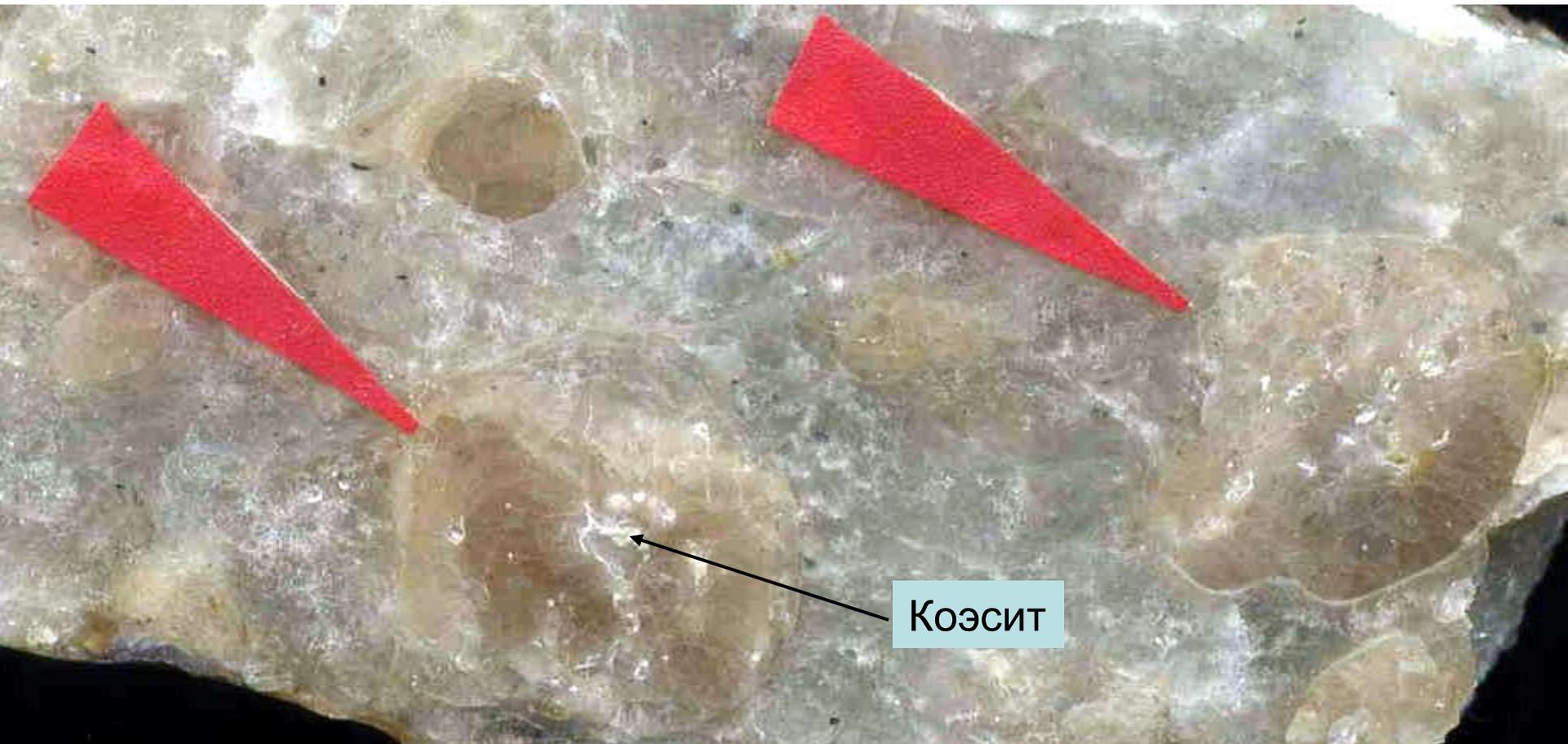


**Попигайская
астроблема.**

Гиганто-
обломочная
брекчия
с
импактными
коэситом,
стишовитом,
алмазами

ЭФ сверхвысоких давлений.

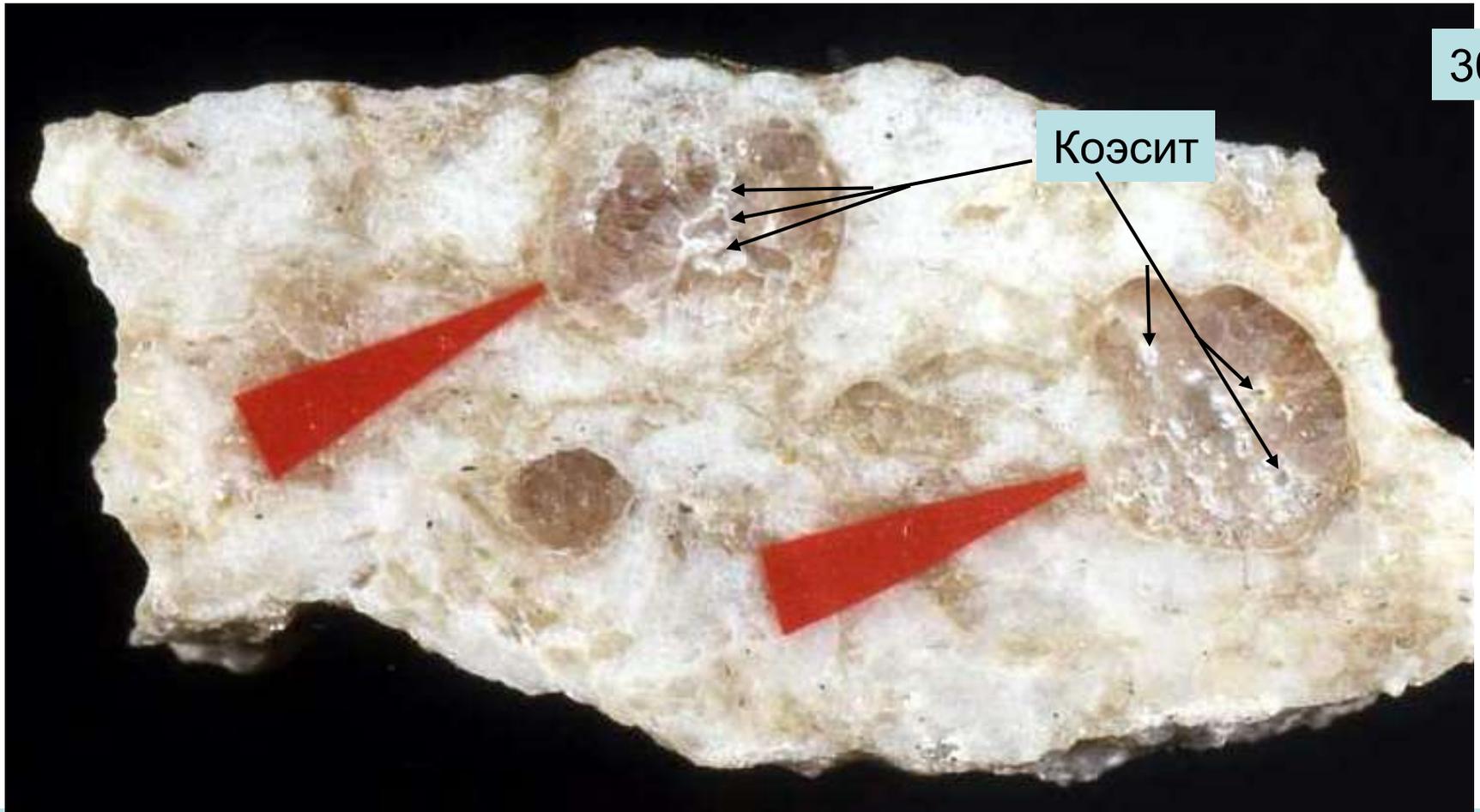
Метаморфический комплекс Дора-Майра, Пьемонт, Италия



Пироповые кварциты с энстатитом, алюмоселадонитом, рутилом...
Поверхность двух кристаллов бледно-розового пироба протравлена фтористоводородной кислотой – кварц растворился, на его месте дырки с белёсыми плёнками. Коэсит этой кислотой не травится.
Образец отобран и обработан Михаилом Николаевичем Мурашко

ЭФ сверхвысоких давлений.

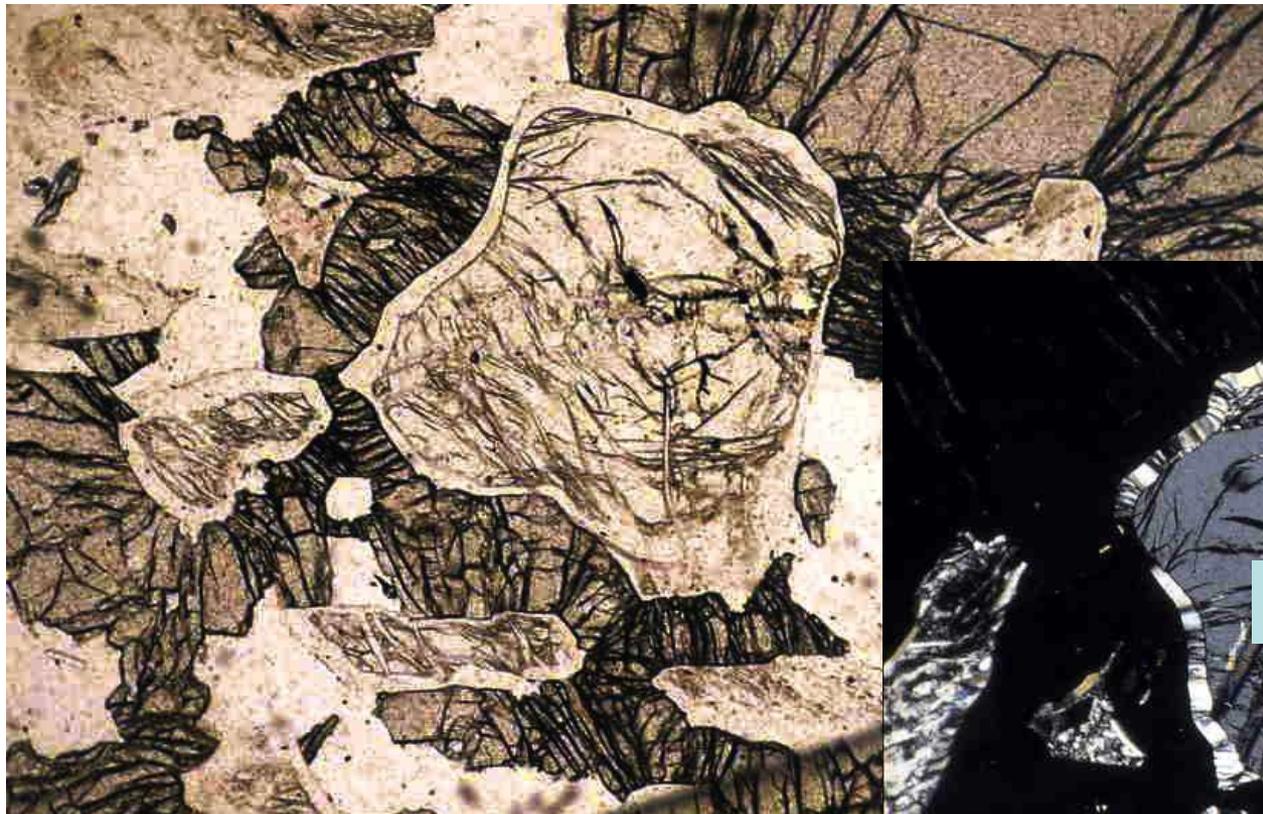
Метаморфический комплекс Дора-Майра, Пьемонт, Италия



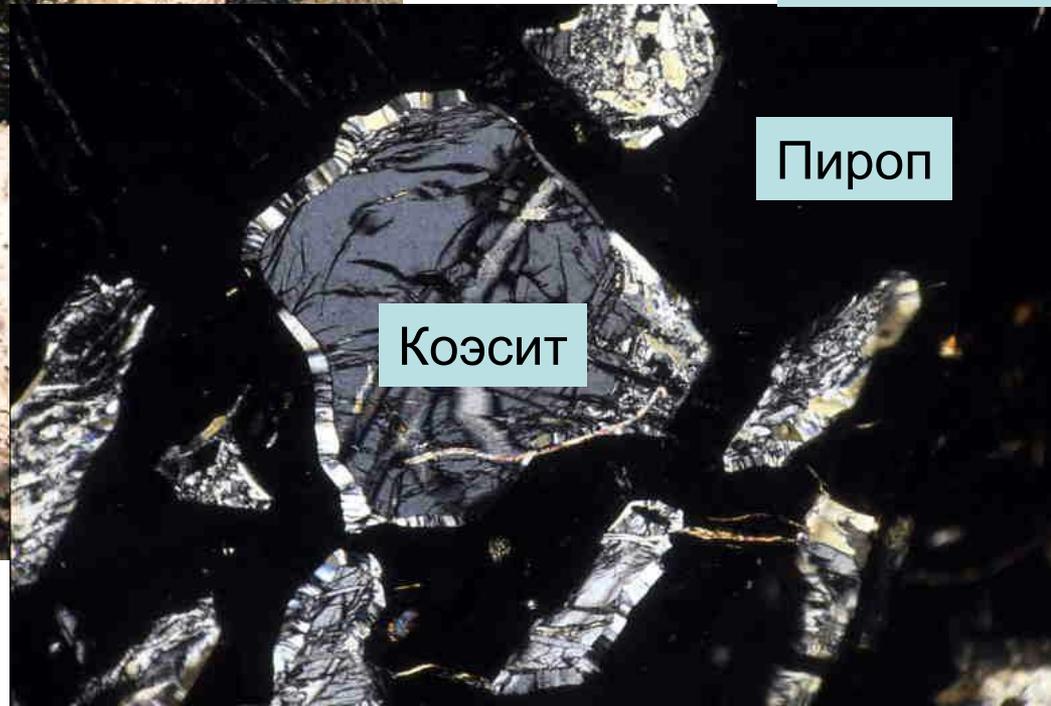
Пироповые кварциты с энстатитом, алюмоселадонитом, рутилом...
Поверхность двух кристаллов бледно-розового пироба протравлена фтороводородной кислотой – кварц растворился, на его месте дырки с белёсыми плёнками. Коэсит этой кислотой не травится.
Образец отобран и обработан М.Н. Мурашко. Фото Э.М. Спиридонова

Механические деформации кристаллов около минералов – включений, испытавших полиморфный переход с увеличением объёма

Пироп с включениями коэсита, частью превращённого в кварц. Пироп-коэситовые кварциты. Дора-Майра, Сев. Италия



Николи х



Пироп

Коэсит

При 1 николе

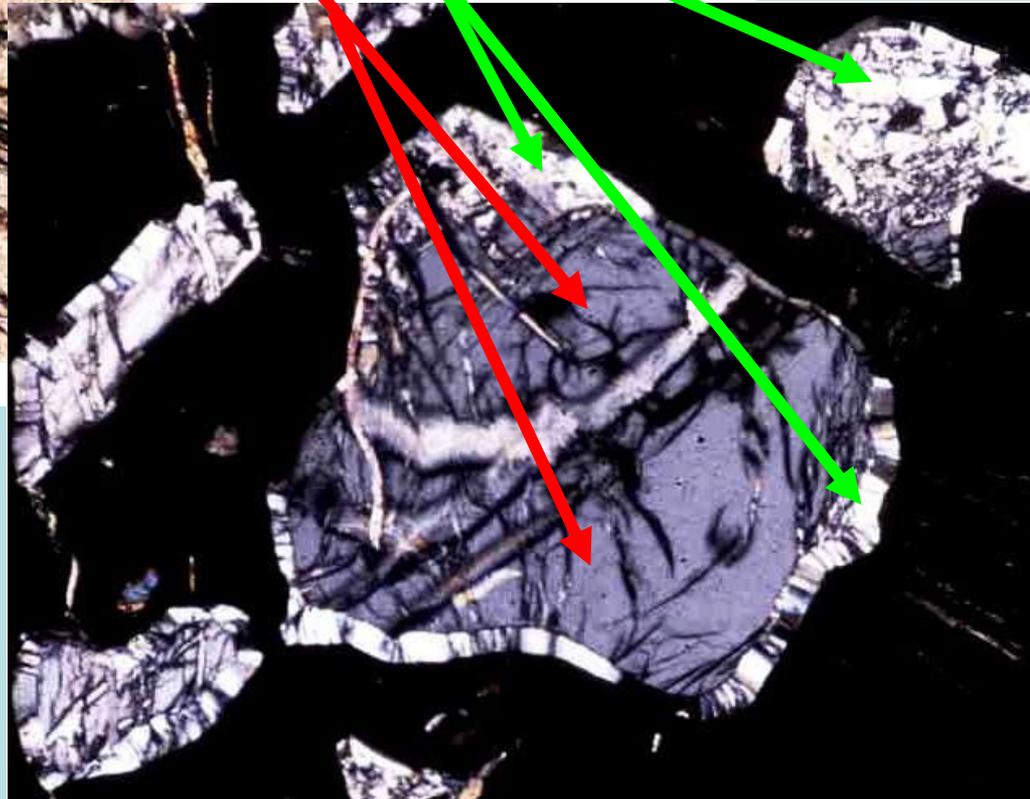
Вынужденные равновесия

Почему сосуществуют коэзит и кварц во включениях в пиропе?

Шлиф.
При 1 николе

Образцы М.Н. Мурашко.
Фото Э.М. Спиридонова

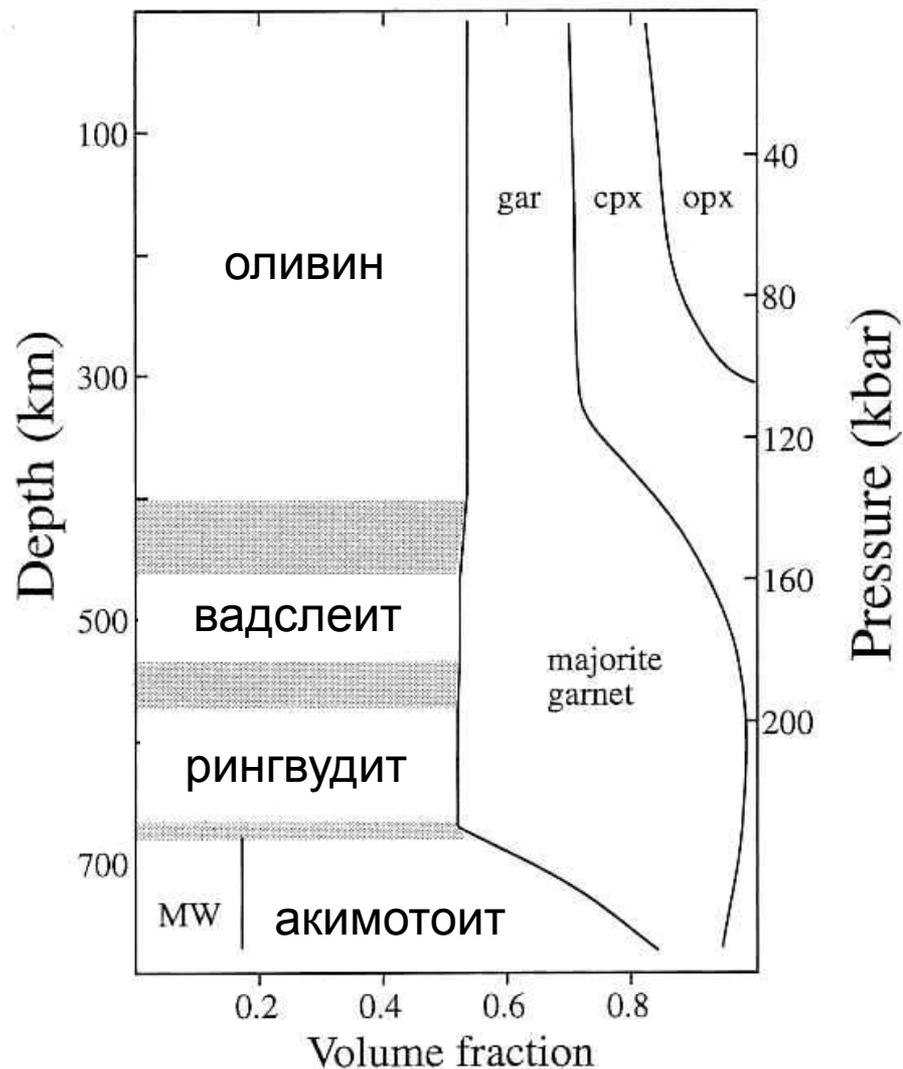
Шлиф.
Николи х



Пироповые кварциты
(метаморфизованные кварцевые
песчаники с
монтмориллонитовым цементом).

Dora Maira, Piemonte,
Северо-итальянские Альпы

Полиморфные переходы в главном минерале мантии – магнезиальном оливине



Вероятный состав мантии Земли

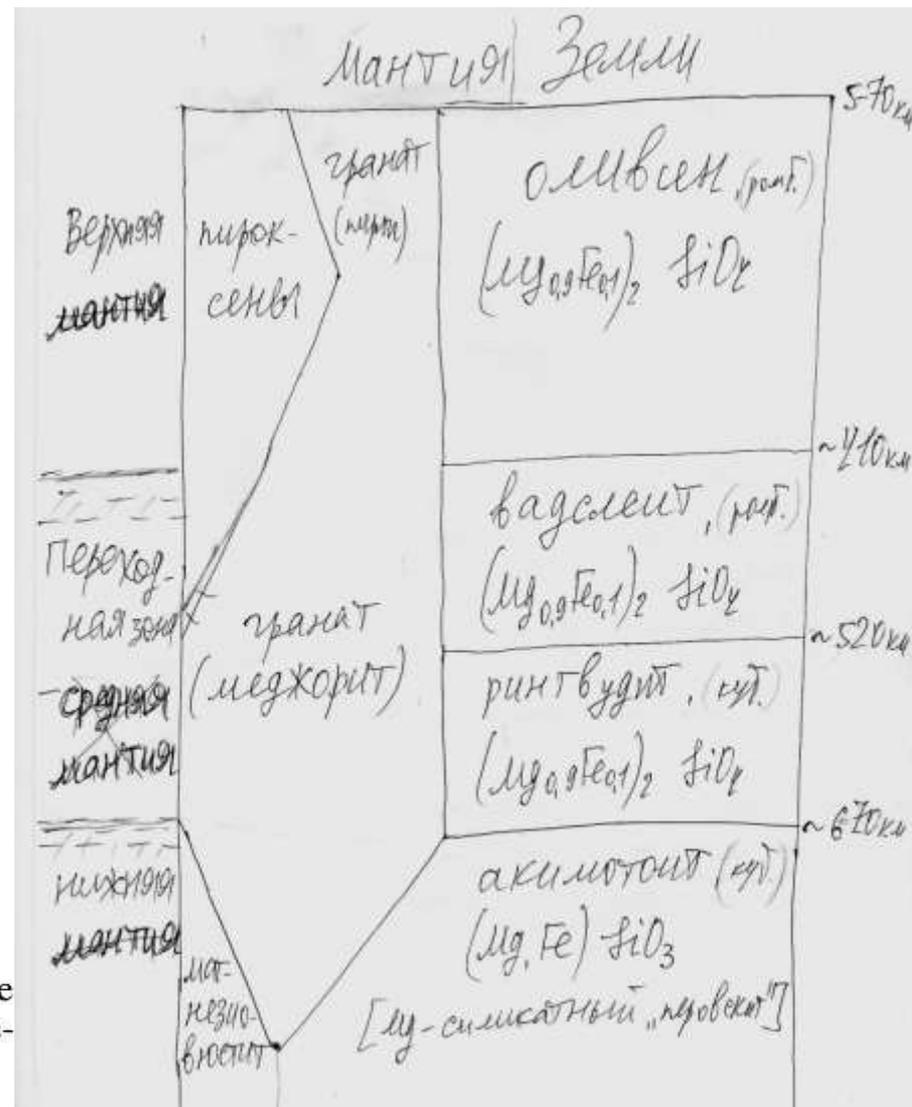


Figure 12.11. The approximate volumetric constitution of the mantle. The shaded areas are transition zones. MW is magnesiowstite, $(Fe,Mg)O$. (After Ito and Takahashi, 1987.)

