

Красные камни

Природный рубин

Шпинель.

Природный корунд

Месторождения корунда

Корунд распространен довольно широко, его месторождения относятся к различным генетическим классам. Он встречается *магматических породах* (перидотитах, базальтах, андезитах, гранитах и др.). Корунд характерен для *сиенитовых (миаскитовых) пегматитов*. Месторождения корунда, относящиеся к *пневматолитово-гидротермальному классу*, связаны с плагиоклазитами слюдитами в ультраосновных породах, скарнированными мраморами и силикатными эндоскарнами. Известны месторождения корунда, относящиеся к *метаморфогенному классу* (кристаллические сланцы, роговики). Корунд является обычным минералом россыпей. Подавляющее большинство известных промышленных месторождений рубина и сапфира представлено аллювиальными россыпями. К наиболее важным коренным источникам, при разрушении которых образуются крупные россыпные месторождения драгоценного корунда, относятся рубиноносные мраморы и скарны, а также сапфиноносные базальты, которые распространены на обширной площади Могокского горнорудного района в Сев. Мьянме и в нескольких районах Таиланда.

Коренные, не затронутые процессом химического выветривания месторождения благородного корунда обычно не разрабатываются, так как из скальных вмещающих пород невозможно без повреждения извлечь качественные кристаллы. Исключение представляют рубиноносные слюдиты

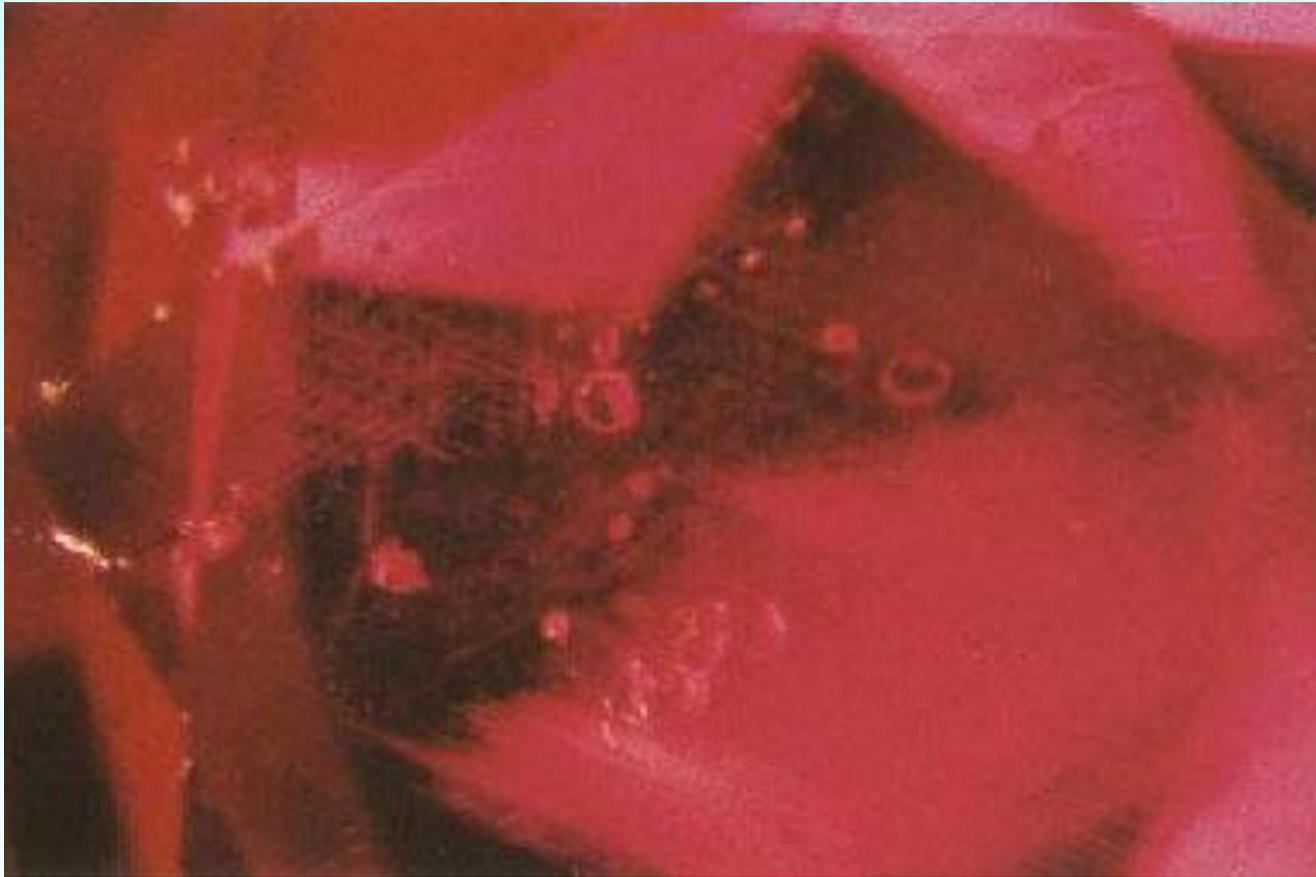
В России крупных месторождений ювелирного корунда пока не выявлено. На Среднем Урале у д. Бызовой разрабатывалась рубиноносная жила плагиоклазита, из которой получено небольшое количество призматических кристаллов кроваво-красного рубина. Месторождения и проявления рубина в слюдитовых жилах и в слюдитовых зонах плагиоклазитов известны также на Полярном Урале (в гипербазитах). В Ильменских и Вишневых горах на Урале в начале прошлого столетия отрабатывались корундовые сиенит- и миаскит-пегматиты, из которых было добыто много кристаллов сапфироподобного корунда и получено небольшое количество ювелирного материала, пригодного для огранки очень мелких камней типа "искра".

В Таджикистане, на Юго-Западном Памире (в магнетитовых мраморах и кальцифирах) обнаружены мелкие рубины.

Включения в корунде. (*Gunawardene, 1986*)

Минерал	$N_{\text{прелом}}$	Плеохроизм	Включения
Корунд синий	1.760-1.768	Зеленовато-синий Темно-фиолетово-синий	Флогопит, биотит, графит, рутил, шпинель и циркон; «перья»
Желтый	1.760-1.768	Оранжево-желтый Серовато-желтый	Шпинель, циркон, рутил; «перья»; флюидные включения в виде негативных кристаллов
Красный и розовый	1.761-1.769	Красновато-фиолетовый или розовый	Рутил, апатит, циркон, ильменит и графит; жидкие включения в виде отпечатков пальцев
Звезда сапфира и рубина	1.761-1.769	-	Рутил и другие кристаллические включения
«Падпараджа»	1.760-1.768	Оранжево-желтый Желто-оранжевый	Рутил; «перья»

Включения в рубине Мьянмы (Бирмы)



Классическим диагностическим признаком бирманских рубинов являются сетевидные скопления иголочек рутила, так называемый «шелк», сопровождающийся включениями кристаллов кальцита и доломита.

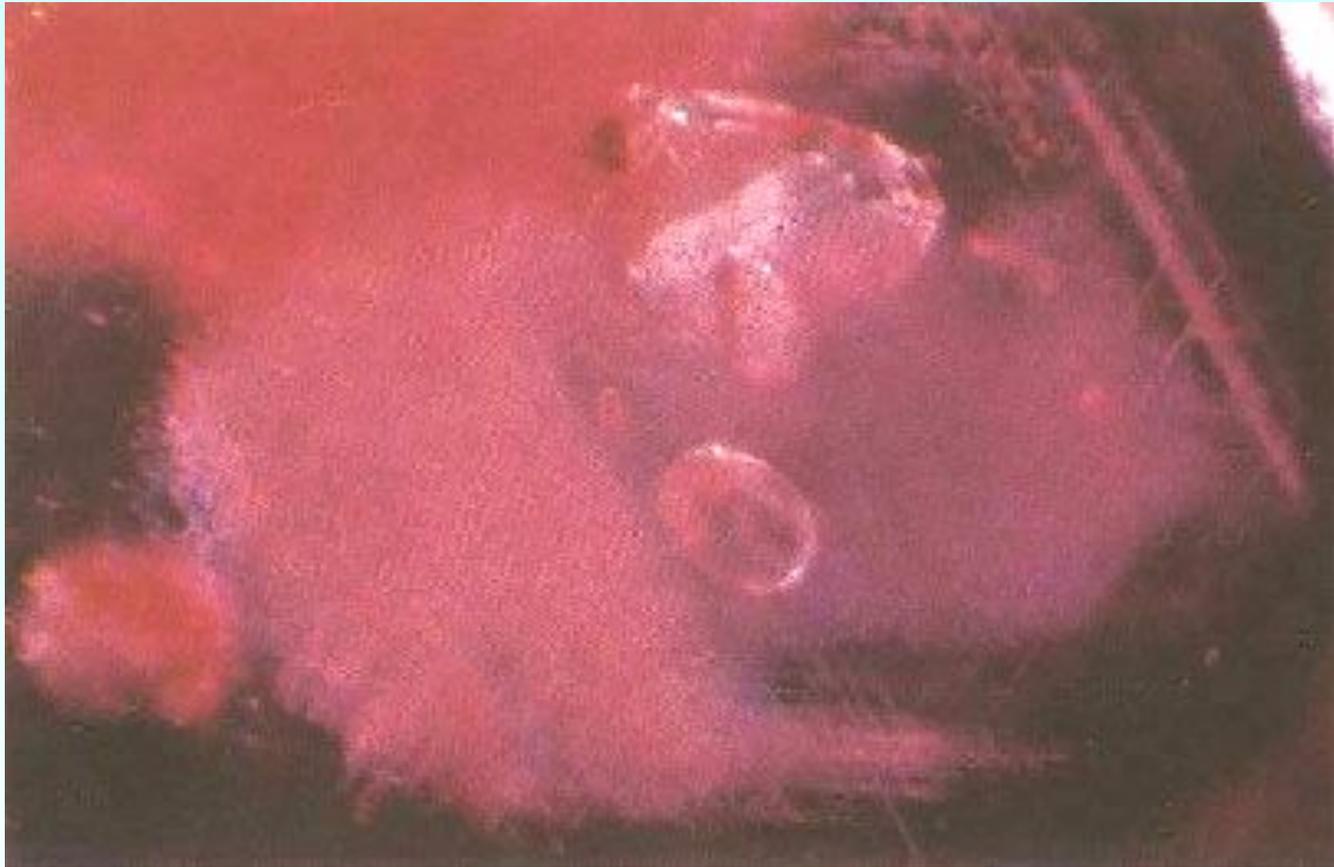
Ширина картинки 1 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



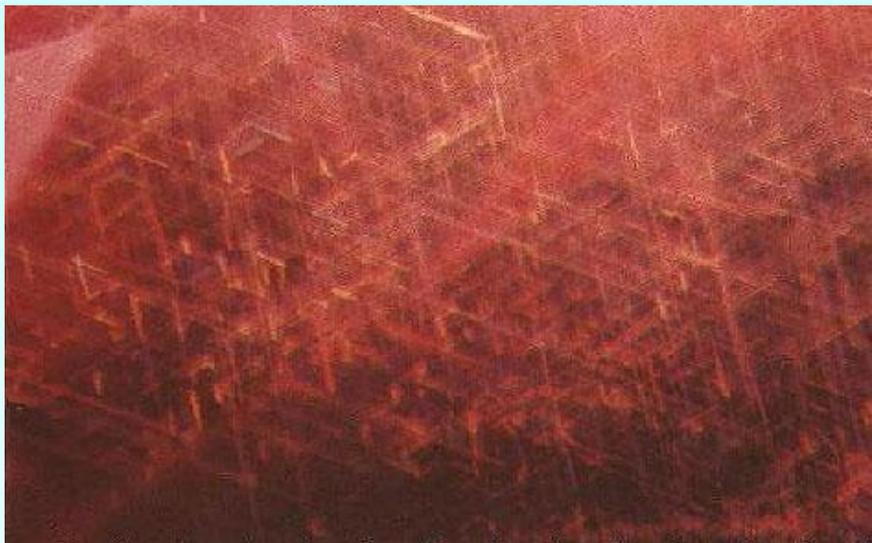
Включениями в мьянмском рубине могут быть: апатит, рутил, кальцит или доломит, пирротин. Ширина картинки 1 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*).



Идиоморфный кристалл апатита. Николи скрещены.
Ширина картинка 0,25 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Кристаллы кальцита и иглы рутила в мьянмском рубине.
Ширина картинки 0,25 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*).



a

Включения в рубине иглоочек рутила, так называемый «шелк», (рубин из Мьянмы). *a* – проходящем свете, *б* – николи скрещены. Ширина картинки 0,25 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*).



б



Включение доломита в рубине Мьянмы. Николи скрещены.
Ширина картинки 0,25 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Одно из самых редких включений в мьянмском рубине - сфалерит.
Проходящий свет. Ширина картинка 0,2 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Флюидные включения в мьянмских рубинах.
Ширина картинки 1 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)

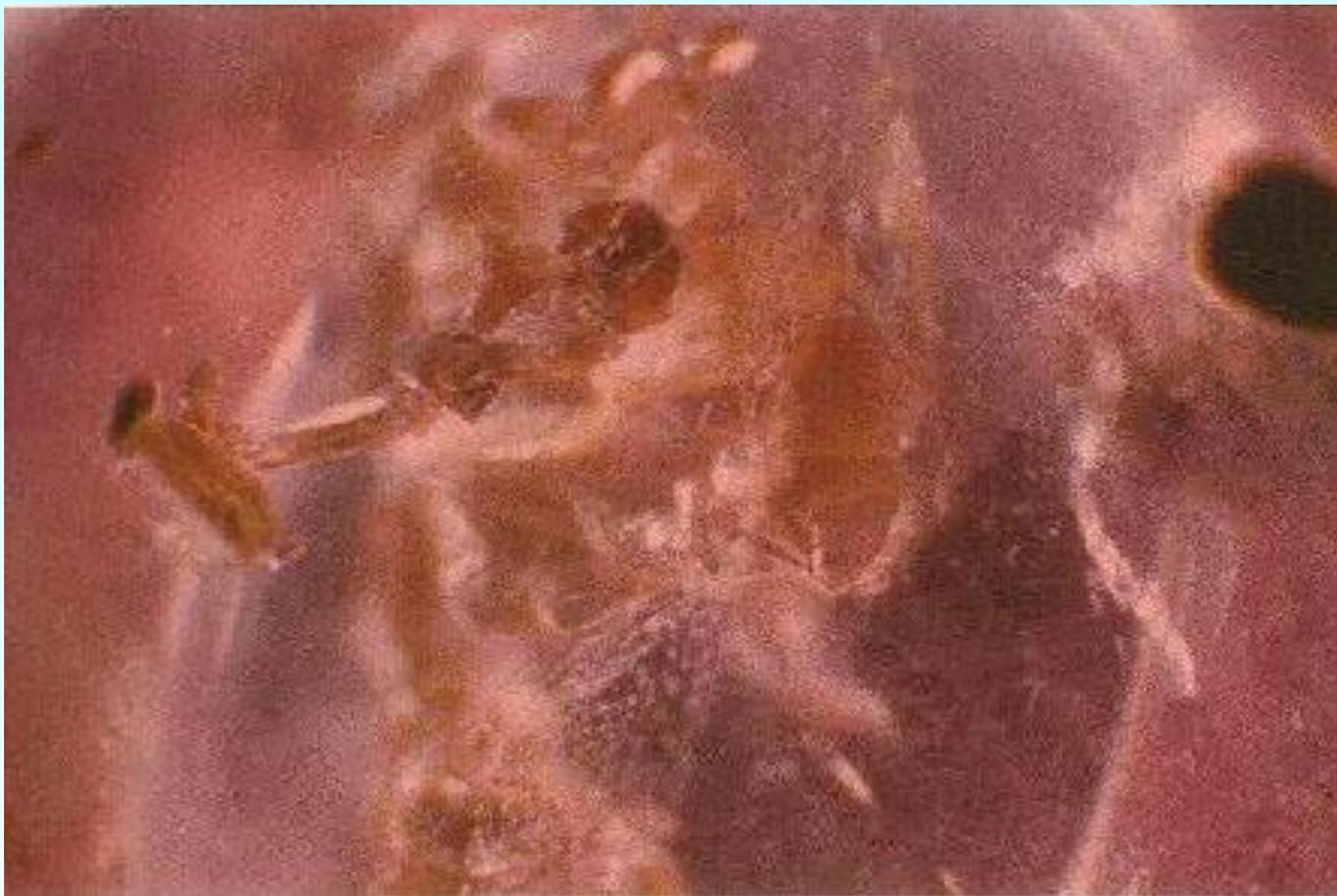


Первичное флюидное включение.
Ширина картинки 0,1 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Кристаллы сфена в рубине Мьянмы.

Ширина картинки 0,2 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Лейсты биотита в рубине Мьянмы

Ширина картинки 0,1 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Биотит (коричневый) и кристаллы пирита.

Ширина картинка 0,2 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Включения шпинели в рубине Мьянмы.
Ширина картинки 0,2 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)

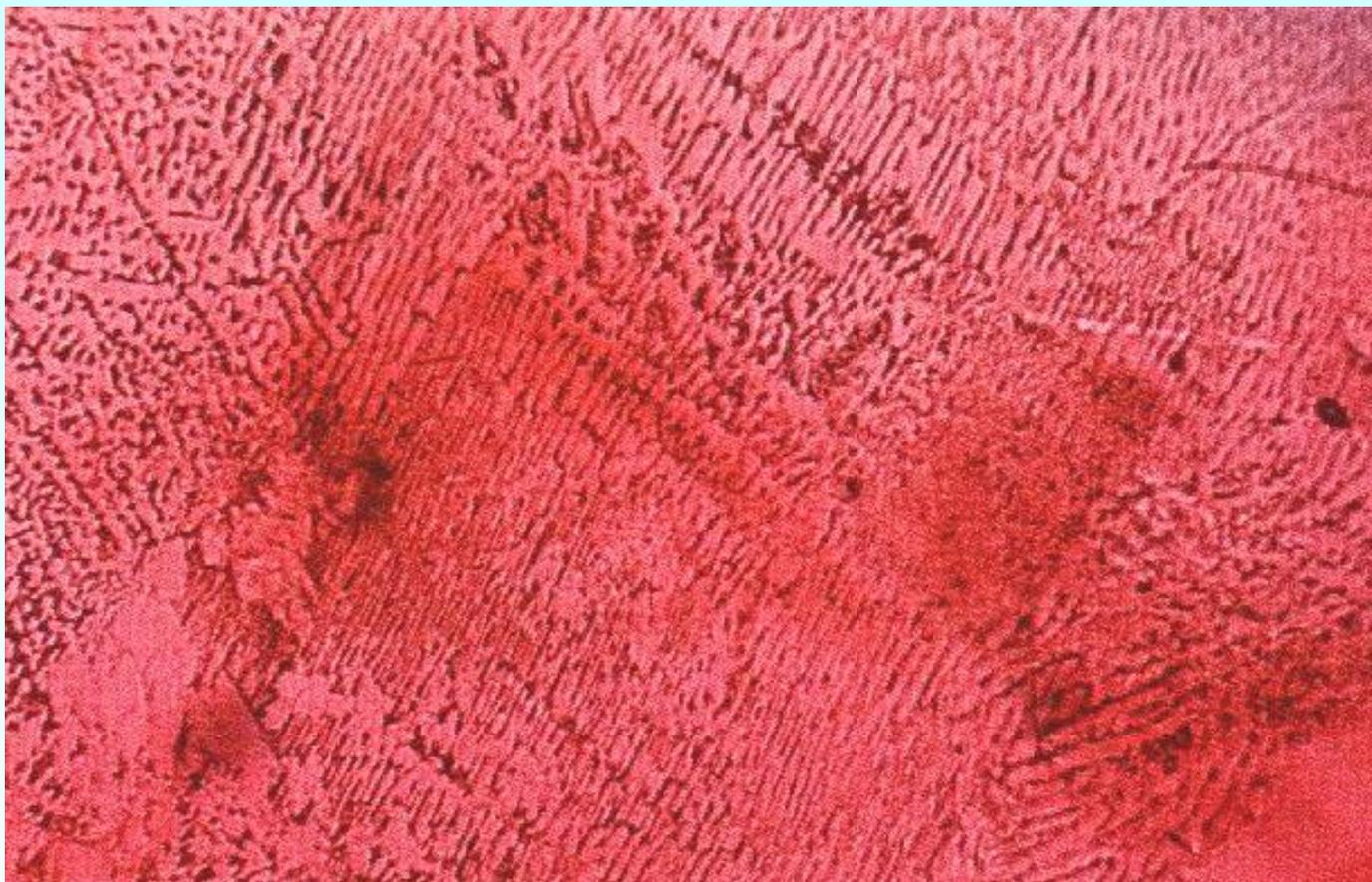
Включения в рубине Шри Ланки



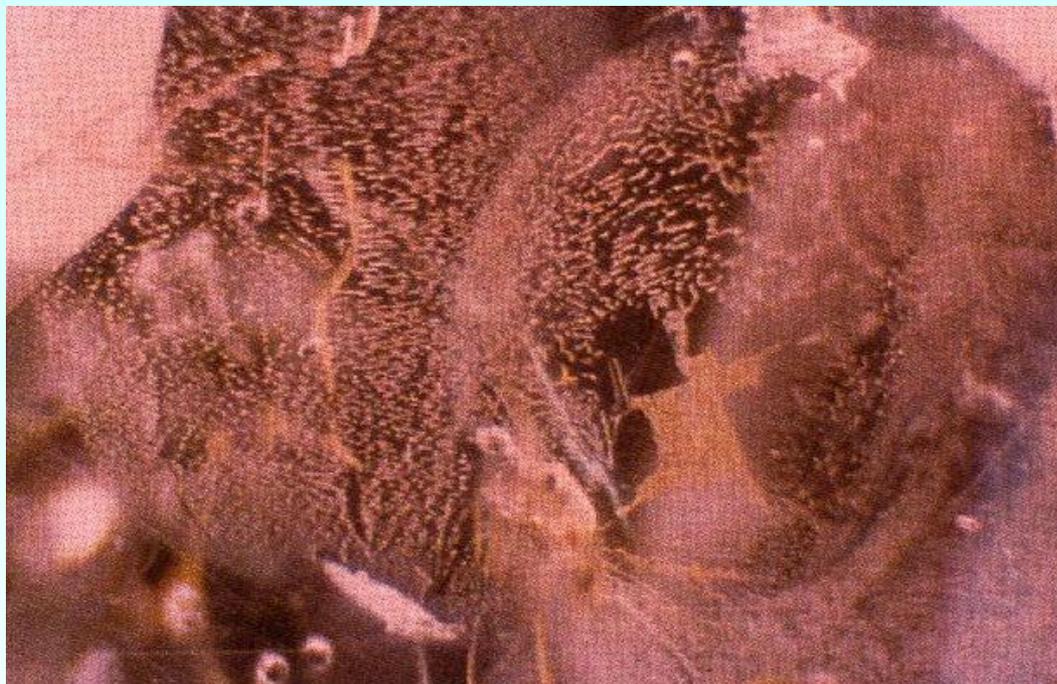
«Шелк», образованный длинными нитями рутила, в рубине Шри Ланки.
Ширина картинка 0,2 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Метамиктный циркон с «плеохроичными двориками» в рубине Шри Ланки.
Ширина картинка 0,2 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Флюидные включения и тонкие волокна рутила, образующие «шелк» в рубине Шри Ланки. Ширина картинка 0,2 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Флюидные включения в виде «отпечатков пальцев» в рубине Шри Ланки. Ширина картинки 0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)

Включения в рубине Таиланда

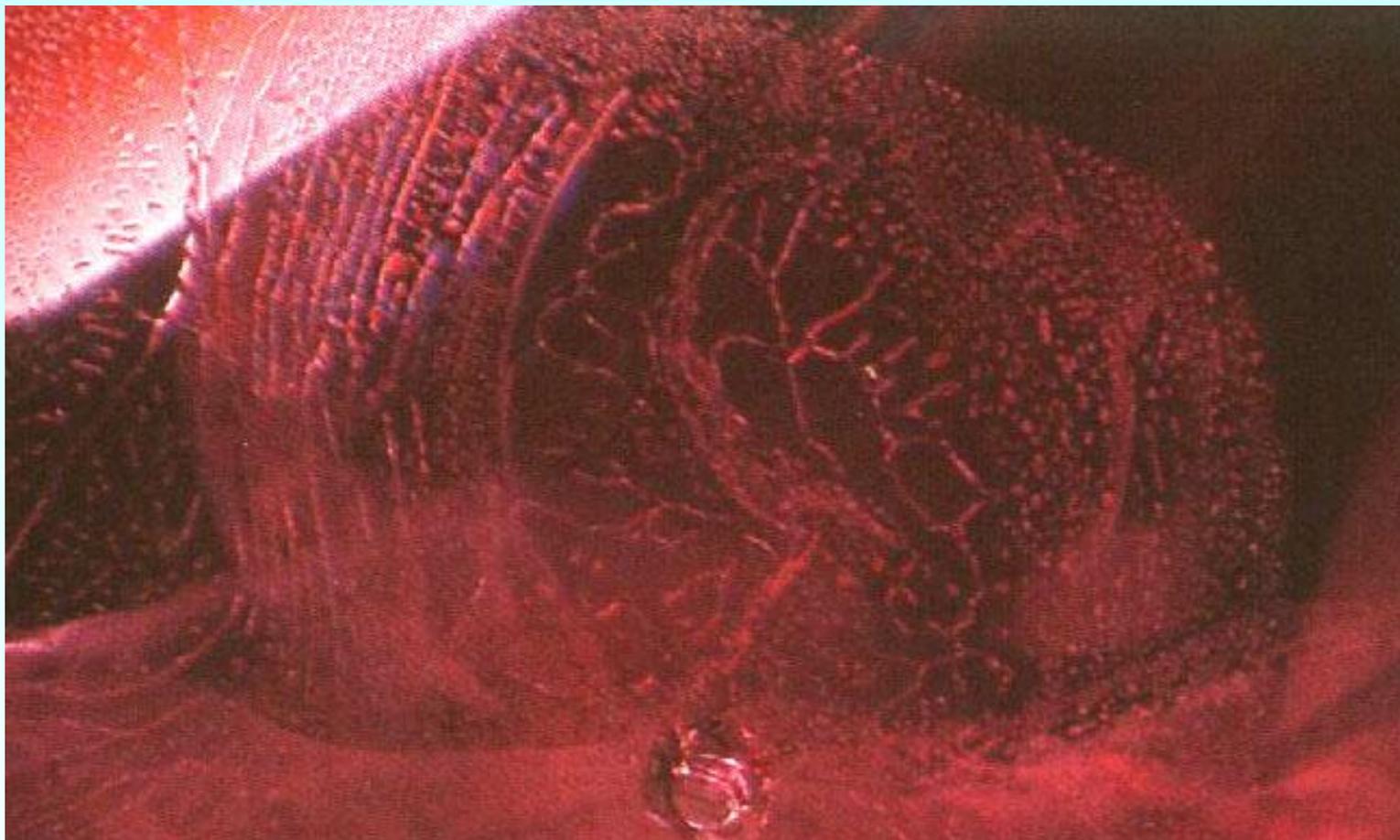


Округлое включение пирротина в рубине Таиланда.

Ширина картинки 0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)

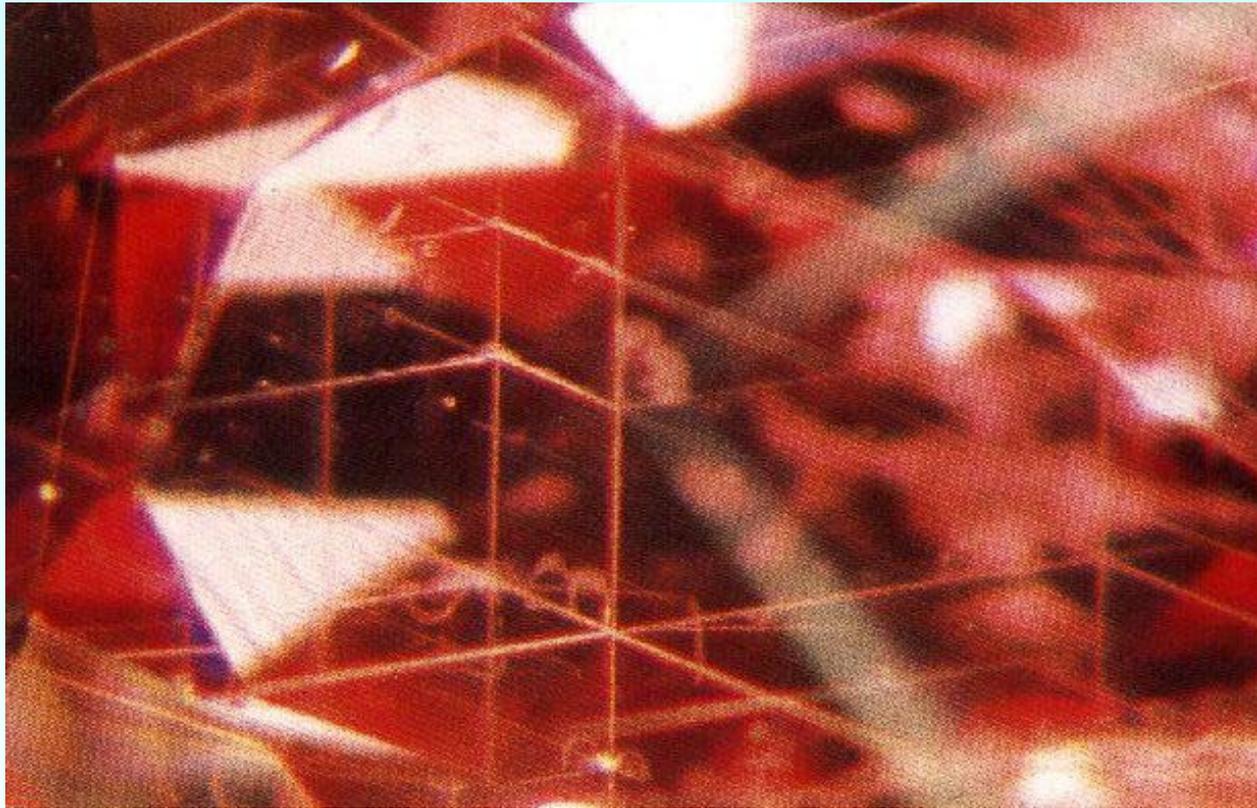


Остроугольные зёрна плагиоклаза и типичные флюидные включения в тайских рубинах Ширина картинки 0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Флюидные включения в рубине Таиланда.

Ширина картинки 0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Включения длинных игл бёмита (AlOON) в тайском рубине.

Ширина картинки 0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Иглы бёмита в рубине.

Ширина картинки 0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Включение пироба в тайском рубине.
Ширина картинки 0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)

Включения в рубине Непала



Включения апатита в виде гексагональных кристаллов слева (ширина картинки 0,25 мм) и в виде изогнутых игл справа (ширина картинки 1 мм).

(Smith_at_oth., 1997)

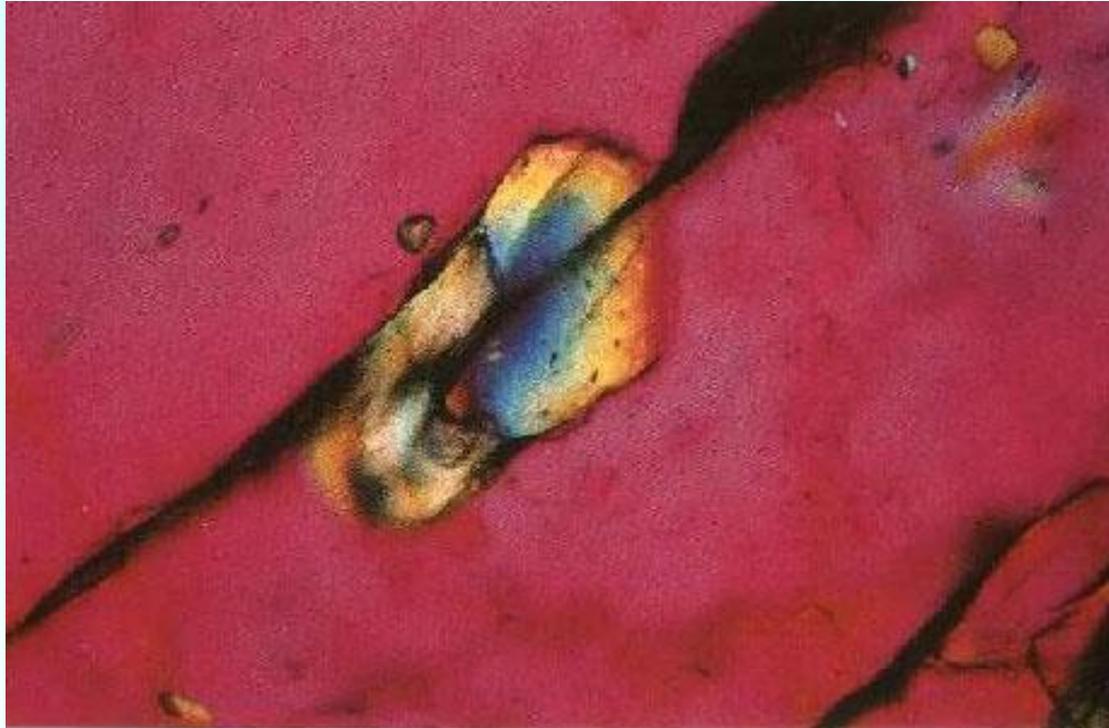


Включения мелких игл рутила (ширина картинки 0,25 мм).
(*Smith_at_oth., 1997*)



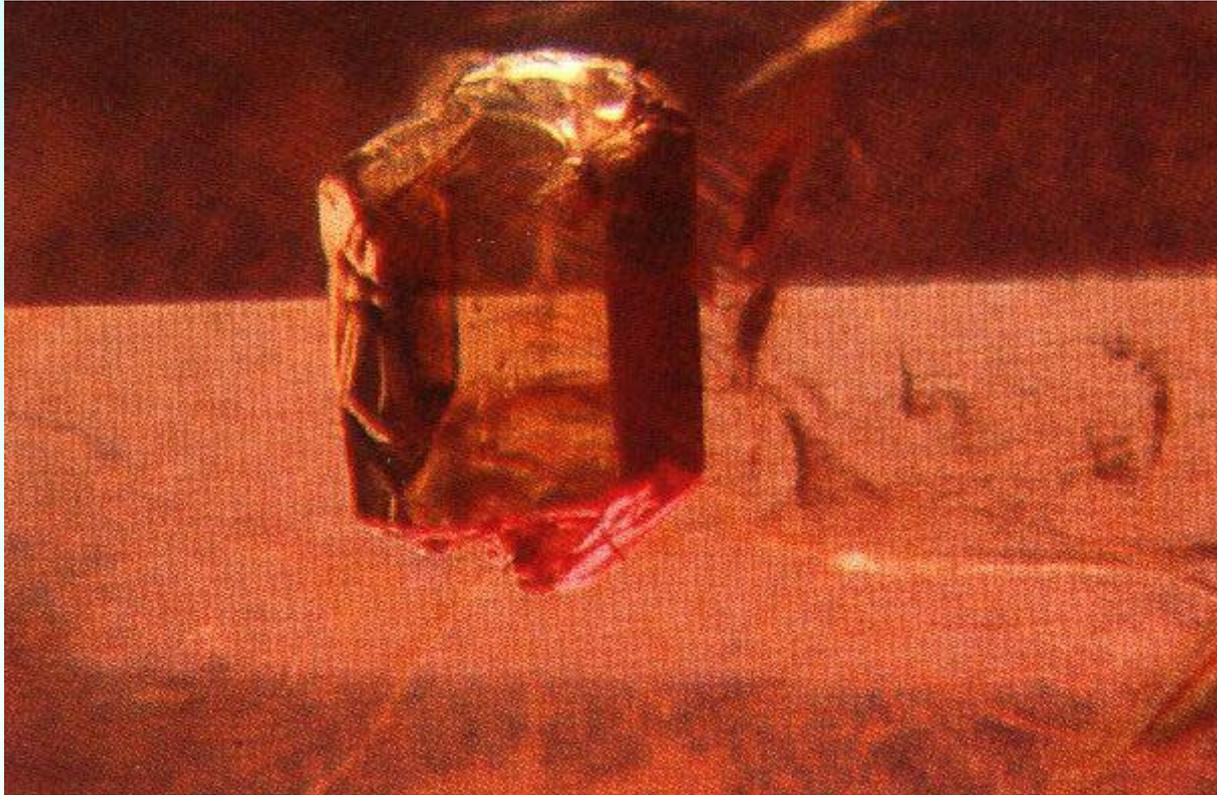
Газово-жидкие включения в виде "отпечатков пальцев"
(ширина картинки 0,25 мм). (*Smith_at_oth., 1997*)

Включения в рубине Гренландии



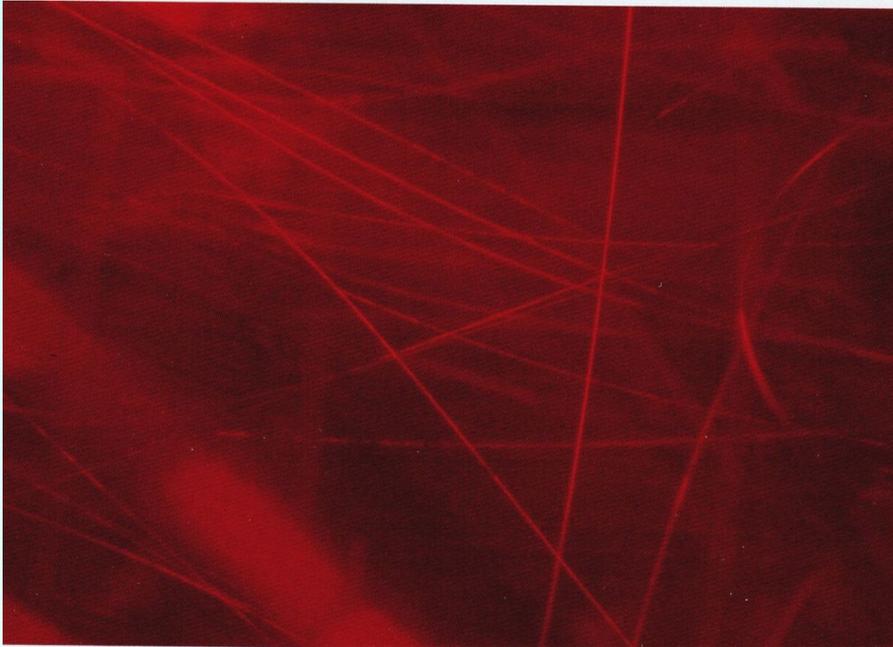
Включение паргасита (амфибола) в рубине (м-ние Fiskenaesset in South West Greenland; зеленый – паргасит, белый – анортит). Николи скрещены. Ширина картинка 0,2 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)

Включения в рубине Танзании



Кристалл апатита в рубине. (Умба, Танзания).
Ширина картинка 0,25 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)

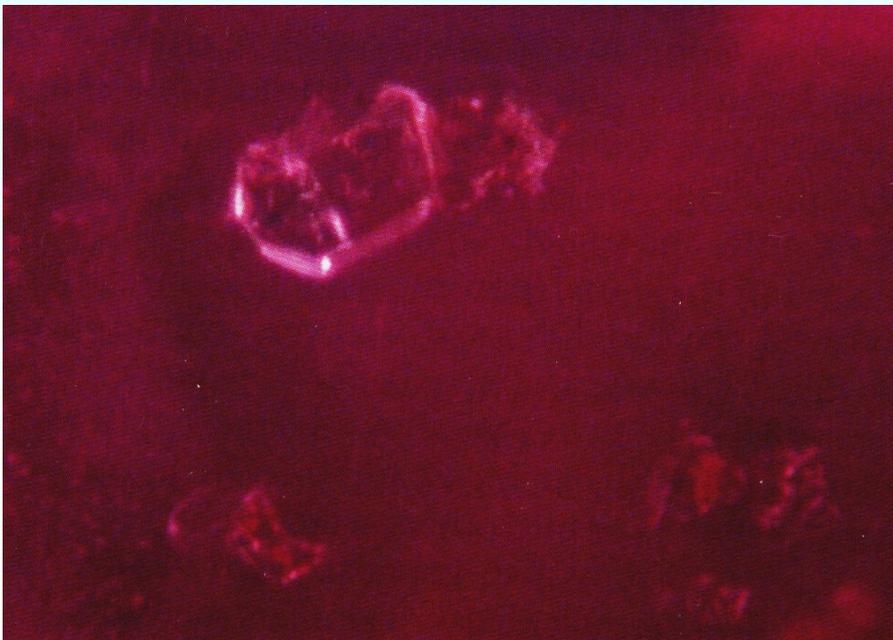
a



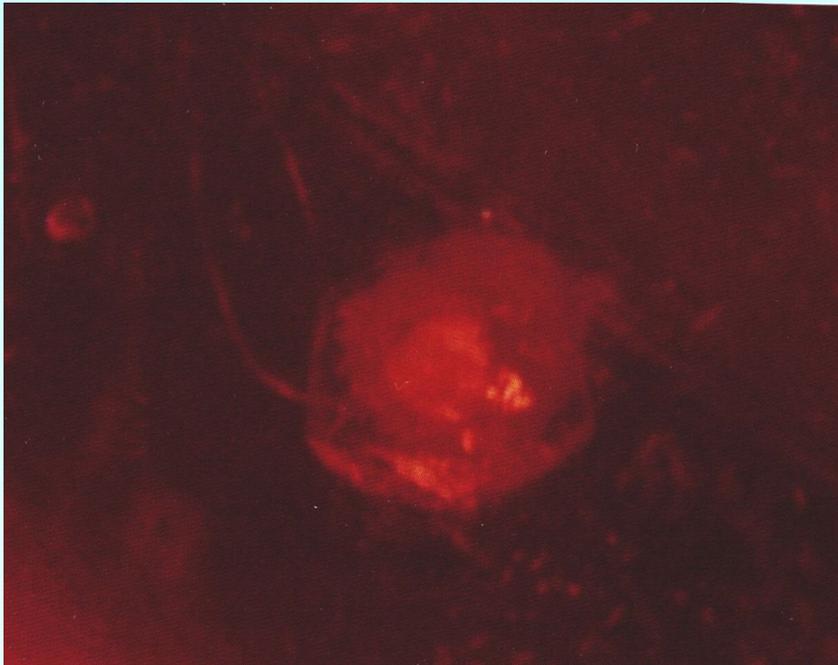
Наиболее характерные включения для
рубинов из месторождения Winza
(Танзания) (*Schwarz and oth., 2008*).

a – иголки, «волосы» рутила. Ширина
картинки 0,25 мм.

б



б – прозрачный кристалл апатита.
Ширина картинки 0,25 мм.



Оранжево-желтое включение граната
в рубине из м-ния Winza (Танзания) .

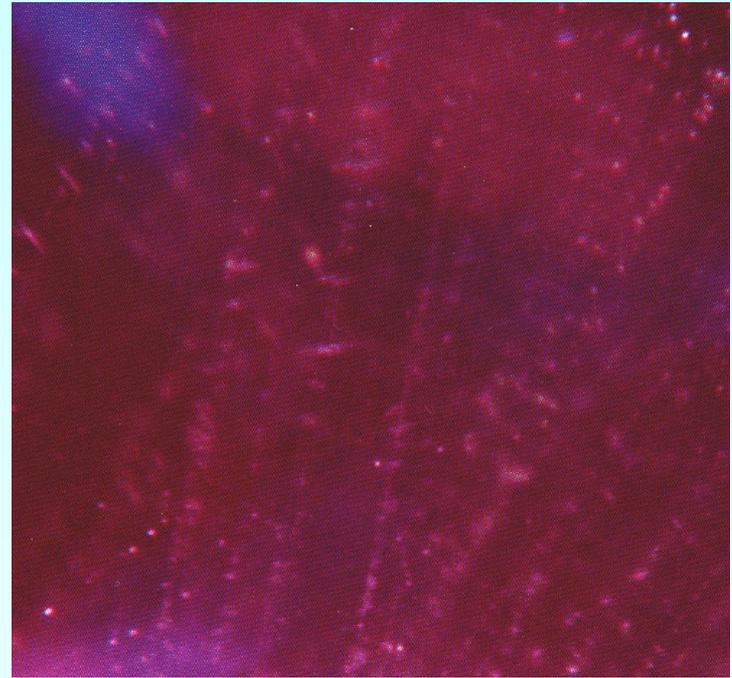
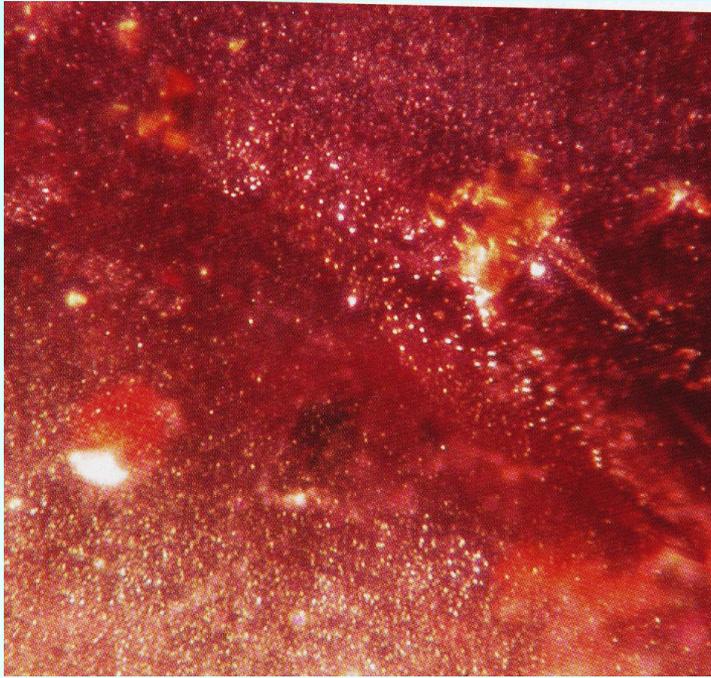
Ширина картинки 0,25 мм.

(Schwarz and oth., 2008).

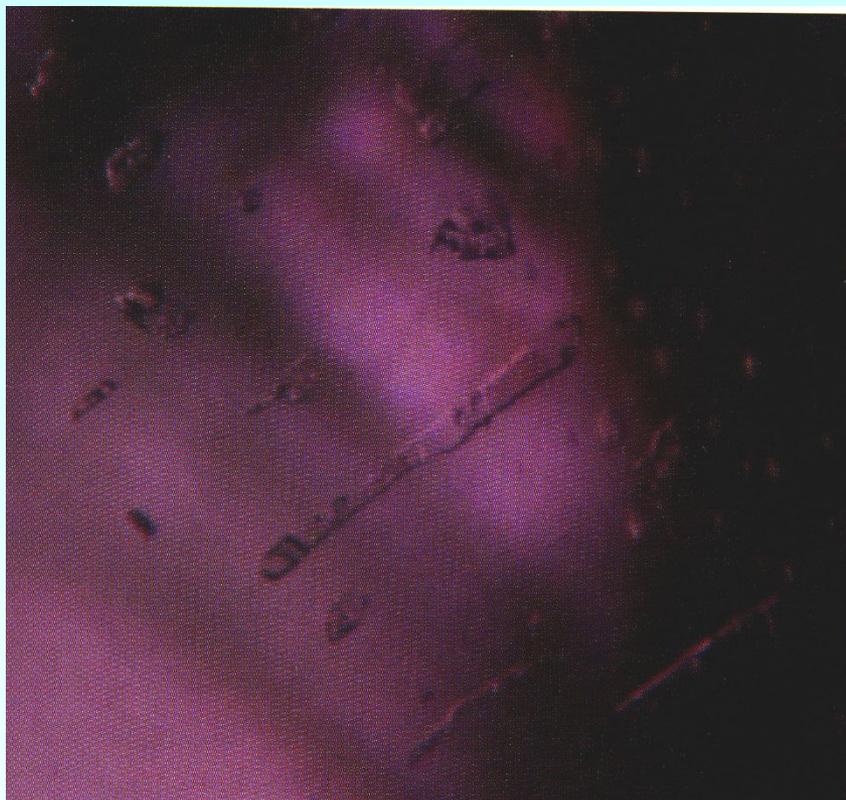


Призматические кристаллы амфибола в
рубине из м-ния Winza (Танзания) .

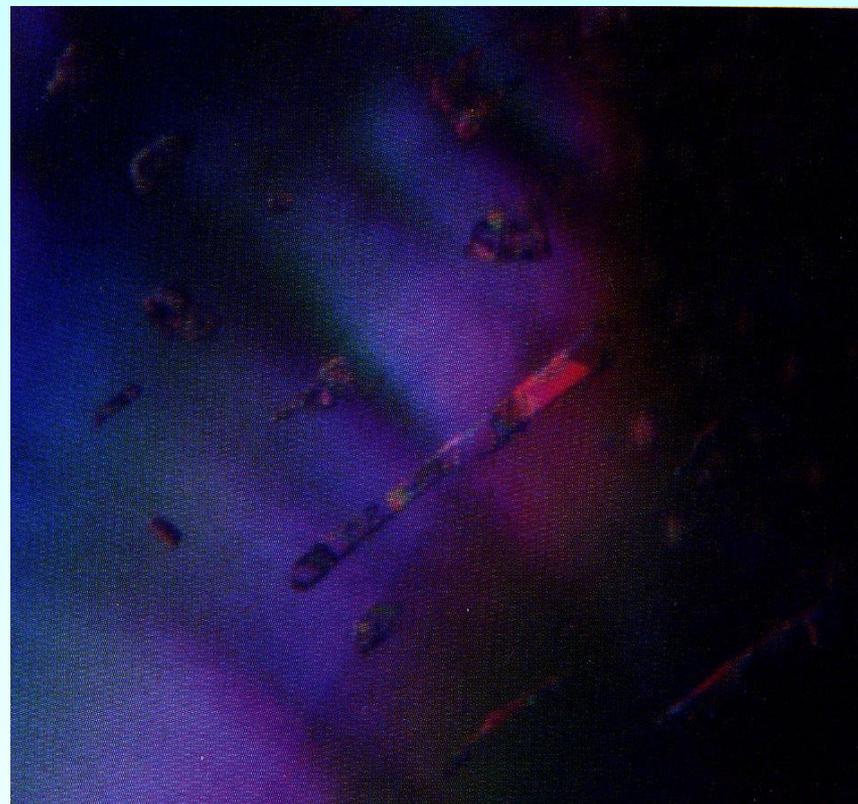
Ширина картинки 0,25 мм. *(Schwarz and oth.,
2008).*



Флюидные включения в рубине из м-ния Winza (Танзания) .
Ширина картинки слева 0,25 мм, справа – 0,1 мм (*Schwarz and oth., 2008*).

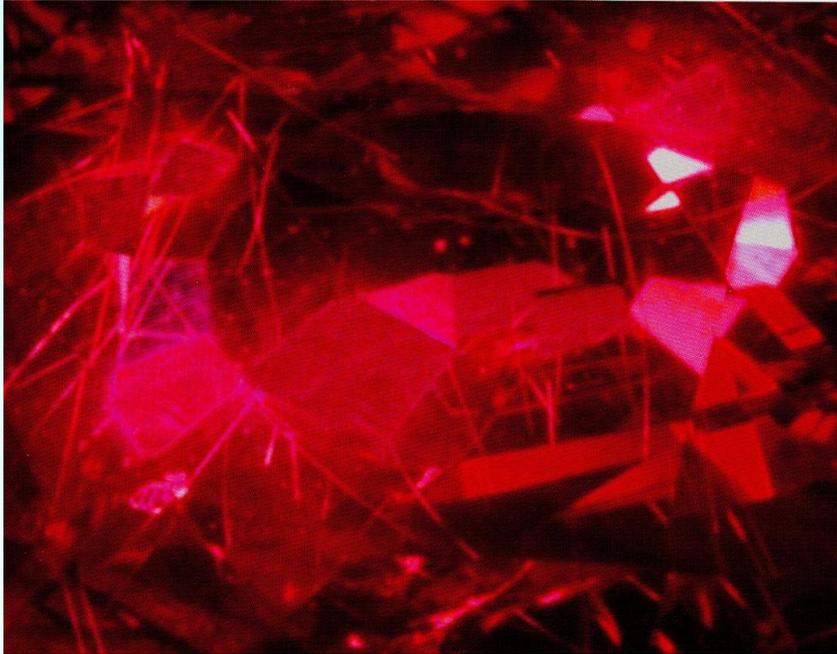


a



б

Многофазовые включения в рубинах из м-ния Winza (*Schwarz and oth., 2008*).
a – в проходящем свете; *б* – в скрещенных николях. Ширина картинки 0,15 мм.



Изогнутые иголки в рубине м-ния Winza. Ширина картинки 0,5 мм. (*Schwarz and oth., 2008*).



Многофазовые включения. (Winza). Ширина картинки 0,25 мм. (*Schwarz and oth., 2008*).

Прежде всего необходимо помнить, что чистые густо окрашенные крупные рубины в природе встречаются чрезвычайно редко. Уже один этот факт должен ставить под сомнение природное происхождение крупного чистого образца. Природный рубин практически никогда не бывает совершенно «чистым». Он почти всегда содержит включения небольших кристаллов других минералов в виде бледных угловатых зерен, пустоты неправильной формы, часто значительных размеров, а также местами тонкие пересекающиеся каналы или тонкие красноватые иглы рутила, придающие камню в отраженном свете шелковистость и известные под названием "шелк". Если при микроскопическом изучении удастся обнаружить такие включения, то с полной уверенностью можно считать, что мы имеем дело с природным камнем.

Газовые пузырьки, которые служат характерным признаком синтетических камней.

Отличия

Кроме синтетического рубина на природный рубин похожи **шпинель, гранат, турмалин, пасты и дублеты**. Тщательное измерение показателя преломления на рефрактометре в натриевом свете при хорошем красном фильтре дает однозначный результат, поскольку единственным красным камнем с такими же показателями преломления является гранат. При этом только изотропный пироп с показателем преломления от 1,74 до 1,75 приближается по цвету к лучшим рубинам; другие гранаты альмандин-пиропового ряда, имеющие более высокие показатели преломления, иногда похожи по цвету только на тайландские рубины.

В синтетическом вернейлевском рубине всегда видны близко расположенные *изогнутые* линии, которые представляют собой последовательные слои роста були.

Среди таиландских рубинов иногда встречаются очень чистые камни, однако для них наиболее типичны круглые и непрозрачные включения, окруженные более или менее концентрической зоной жидких включений. Если эти включения малы, их можно принять за пузырьки, наблюдающиеся в синтетических камнях.

Большинство рубинов получают методом выращивания из раствора в расплаве, и поэтому они содержат флюсовые включения типа вуалей, выращиваемых Чэтемом и Жильсоном. Чэтем часто использует в качестве затравок природные мьянмские (бирманские) рубины, которые, конечно, имеют все признаки этих хорошо известных камней.

Чэтем получил друзы кристаллов рубина и сапфира (синего и оранжевого) таких типов, которые не известны в естественных условиях; у кристаллов, получаемых другими производителями также порой наблюдаются формы и облик, редко встречающиеся в природе. Такие кристаллы легко распознаются; все затруднения для геммологов начинаются главным образом после их огранки. Среди современных производителей искусственных кристаллов корунда могут быть названы Чэтем, Кэшан, Книшка, Киосера, Инамори, Рамаура и Лехляйтнер.

Они используют расплавы флюса, в состав которых входят окиси и/или фториды свинца и окислы бора, а также и окрашивающие агенты, такие как окись хрома. В процессе производства используются платиновые тигли, способные противостоять температурам порядка 1300 °С. Включения флюса могут принимать формы отпечатков пальцев или перьев, напоминающие включения в природных камнях; однако, при внимательном рассмотрении видно, что эти перья, трубочки или тонкие прерывистые линии заполнены затвердевшим флюсом. Цвет флюса может быть белым, а в рубинах Кэшана часто наблюдаются желтые или оранжевые включения. В рубинах (и сапфирах), выращенных из содержащих флюс расплавов, можно видеть тесно сближенные друг с другом и располагающиеся под углами 120 ° линии роста, сходные с наблюдаемыми в природном корунде.

В некоторых рубинах, выращенных по методу Чохральского, единственными различимыми признаками могут быть слабо проявленные полосы роста. Эти весьма совершенные рубины, используемые в лазерах, могут поставить геммологов в затруднительное положение. Известен случай, когда один камень был идентифицирован лишь на основании обнаружения в нем единичного тончайшего поверхностного включения, оказавшегося, как было установлено с помощью электроннозондового анализа, маргаритом — минералом, который мог бы присутствовать только в природном рубине.

Всегда надо помнить, что ни в одном синтетическом камне нельзя встретить включения "посторонних" минералов, т. е. минералов, содержащих элементы, не входящие в состав основного минерала.

В восьмидесятые годы появились рубины (и сапфиры) с включениями стекла, которое обычно наблюдается на поверхностях ограненных природных рубинов и, вероятно, применяется для того, чтобы заполнить небольшие поверхностные каверны, стачивание которых привело бы к значительному сокращению веса ценного рубина. Они легко определяются (если их ищут!) по изменению блеска на границе стекла и рубина, а также по обычному присутствию включений в виде газовых пузырьков.

Единственным природным камнем, напоминающим мьянмский рубин по цвету, является красная **шпинель**, которая встречается в том же районе. Ее цвет также обусловлен примесью хрома, однако оттенок шпинели скорее кирпичный или оранжево-красный, чем рубиново-красный. Уверенно отличить шпинель от рубина можно по отсутствию дихроизма и двупреломления у шпинели, ее показателю преломления (1,72), характерному спектру поглощения и по включениям. Под микроскопом рубины отчетливо отличаются от шпинели по своему цвету. Кроме того, у рубинов наблюдается очень сильный дихроизм, заметный при повороте камня.

Турмалин обладает значительно более низкими показателями преломления (1,62 и 1,64), чем у рубина, и большим двупреломлением, причем сильное двупреломление позволяет опытному геммологу увидеть раздвоение ребер задних граней камня при наблюдении их через площадку с помощью лупы .

Имитации из красного **стекла**, обычно окрашенного селеном, после появления синтетического рубина используются реже. Более низкий показатель преломления (обычно около 1,68), изотропность, отсутствие дихроизма и невысокая твердость — все это дает возможность отличить их от рубина. До сих пор иногда еще встречаются красные **дублеты**, почти всегда состоящие из тонкой, служащей гранью площадки пластинки алмазина, наклеенной на основание из красного стекла. Площадка обычно имеет показатель преломления около 1,79, а задние грани — около 1,63. Тщательное исследование камня с помощью лупы позволяет обнаружить место соединения частей дублета: видна тонкая линия, пересекающая коронку чуть ниже площадки. Сама эта линия иногда незаметна, однако резкое изменение блеска при переходе от граната к стеклу в дублете заметно хорошо, если смотреть на камень под надлежащим углом. Хотя пластинка граната очень тонка, в спектро스코пе обычно могут быть определены полосы поглощения алмазина, когда свет проходит через камень. Выявить подделку не представляет труда, если погруженный в жидкость камень рассматривать сбоку на белом фоне. Под микроскопом в дублете, если на него смотреть через площадку, в слое алмазина могут быть видны игольчатые кристаллические включения, а за ними могут располагаться пузырьки воздуха, как в слое клея, соединяющего части дублета, так и в стеклянной подложке.

Шпинель $MgAl_2O_4$



Шпинель красного цвета окрашена примесью хрома. Желтоватый оттенок шпинели связывают с присутствием железа, лилово-красный с присутствием марганца. Цвета шпинели настолько разнообразны, что трудно перечислить все оттенки между синей и красной окраской, которые этот минерал может принимать.

- Шпинель кристаллизуется в кубической сингонии и встречается в виде октаэдров и плоских треугольных пластинок, раздвоенных по углам. Эти пластинки являются сдвойникованными октаэдрами (сдвойникованными по закону, характерному для этого минерала – шпинеллевым законом).

- В связи с тем, что шпинель относится к кубической сингонии, она не обладает двупреломлением, лишена дихроизма и изотропна.

- Показатели преломления варьируют в широких пределах вследствие того, что один из элементов изоморфно замещает другой без каких-либо нарушений кристаллической решетки. Величина показателя преломления зависит от того, какой элемент присутствует в кристаллической решетке.

- Так для *красных* камней величина показателя преломления меняется от **1,715 – 1,735**, в соответствии с содержанием *хрома*.

- Для *синих* камней от **1,715 – 1,754**, в соответствии с содержанием *цинка*.

- Для камней других цветов показатели от **1,712 – 1,717**; нормальное значение **1,717**.

- Шпинели могут флюоресцировать и дают характерные спектры поглощения, хотя из-за изменчивых количеств изоморфных примесей эти явления непостоянны.

- Твердость у шпинели по шкале Мооса 8. Иногда различима несовершенная спайность, параллельная граням октаэдра, которая, возможно, является отдельностью, вызванной двойникованием.

Месторождения шпинели

Выделяют четыре типа месторождений благородной шпинели:

В мраморах и кальцифирах за счет метаморфизма карбонатно-глинистых пород.

Вокруг будин пегматитовых жил и других полевошпатовых пород среди мраморов.

Как один из минералов диопсидо-флогопито-кальцитовых метасоматитов в архейских гнейсах и сланцах.

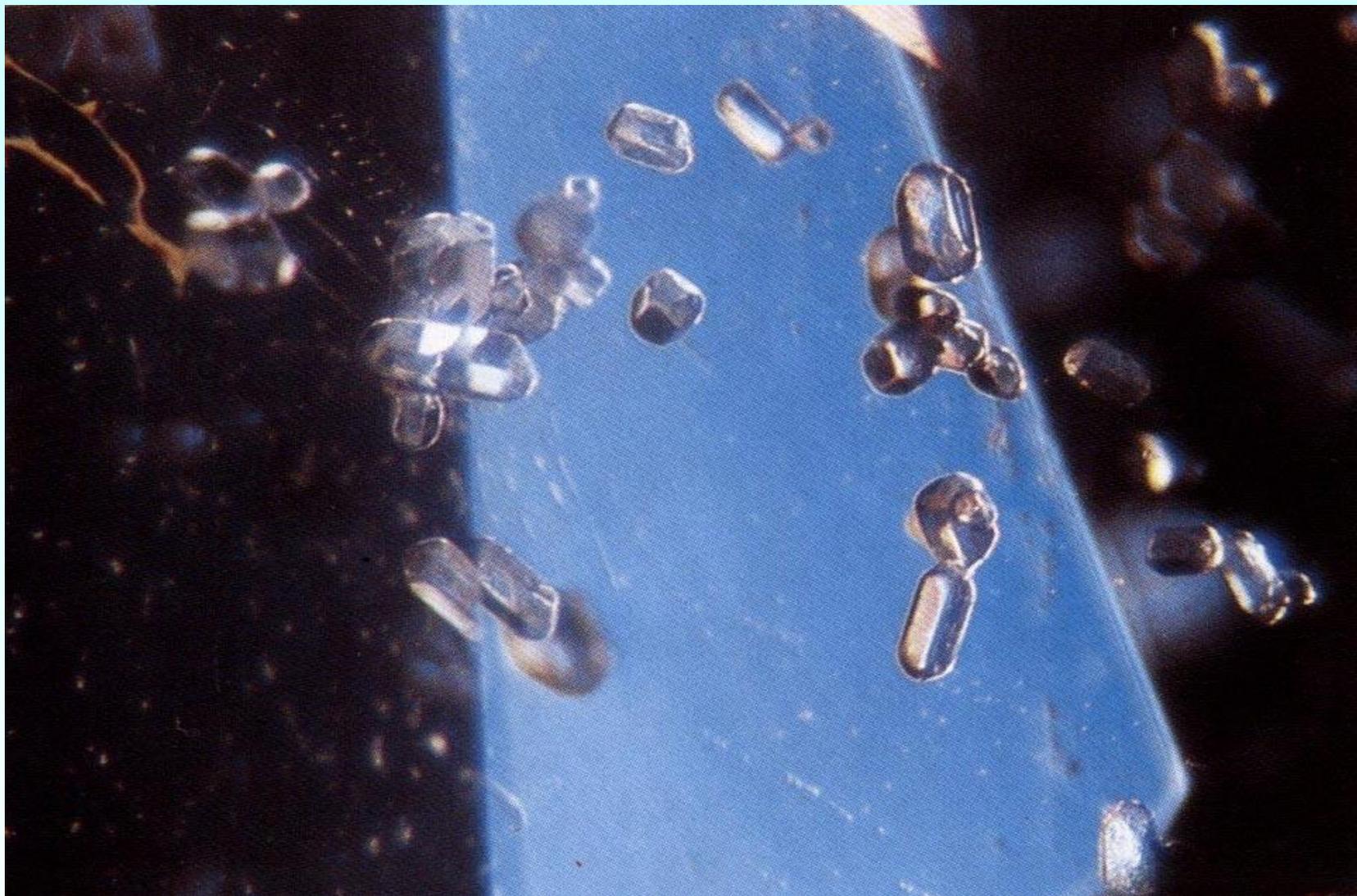
В россыпях.

Красная шпинель встречается в галечниках Могока в Мьянме. На Цейлоне, помимо красных разновидностей, добывают фиолетовые и синие камни. Вместе с сапфирами и рубинами присутствует в аллювиальных отложениях в Таиланде. Встречалась в копиях Бадахшана на Памире.

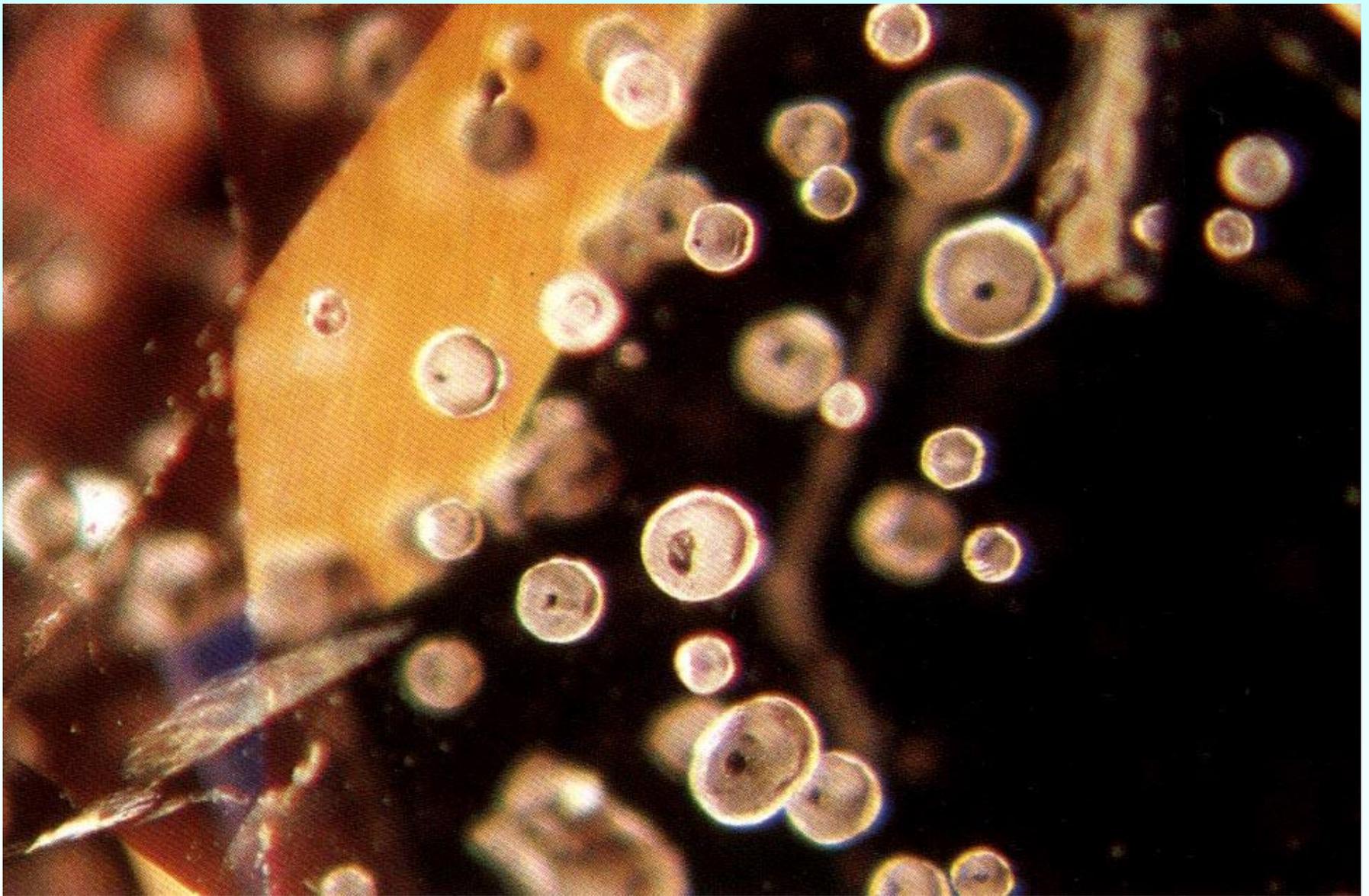
Включения в природной шпинели



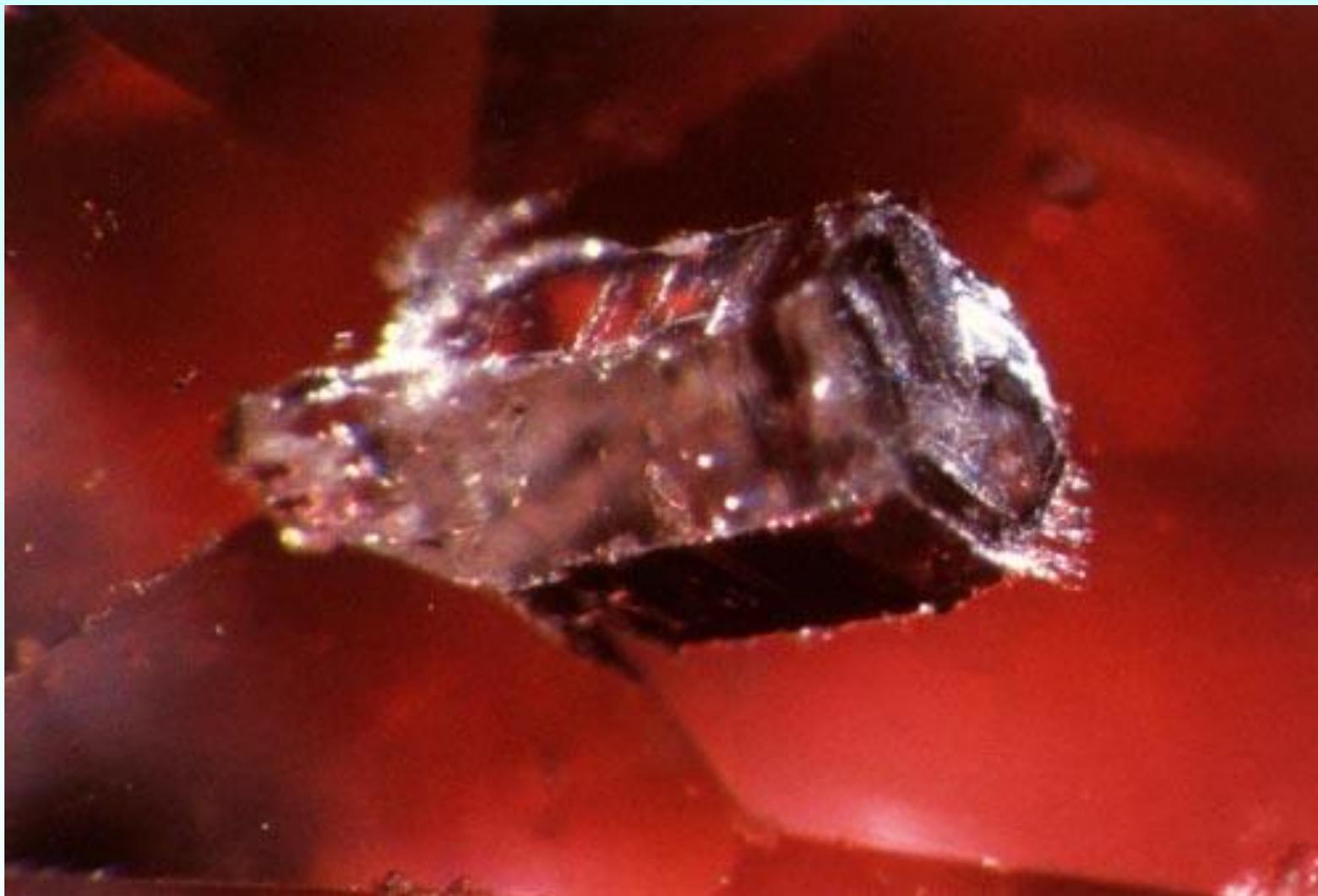
Включение кристалла альбита в шпинели. 40х (Шри-Ланка).
(*Gübelin, Koivula, 1996*)



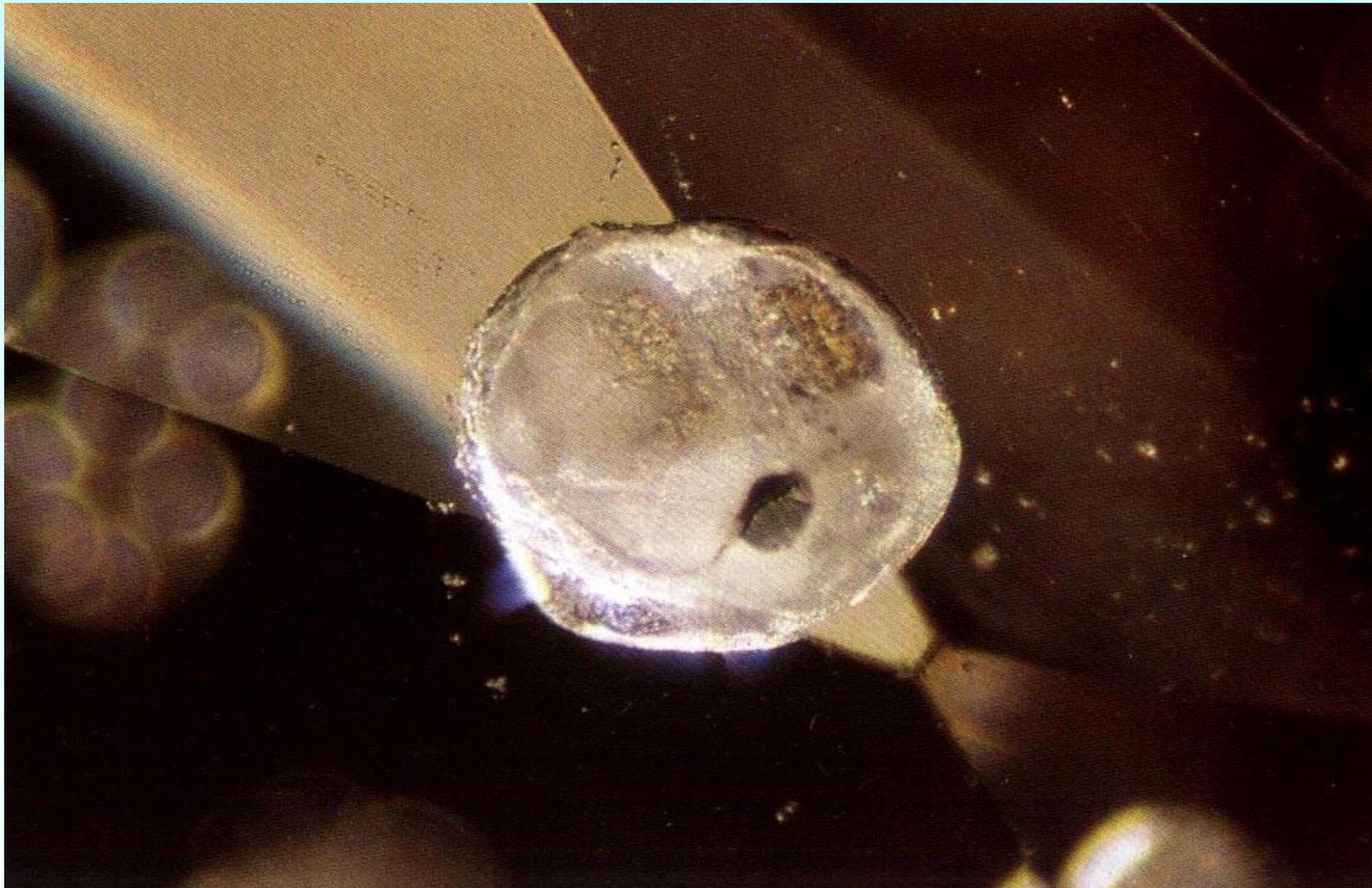
Кристаллы апатита в шпинели. (Шри-Ланка). (*Gübelin, Koivula, 1996*)



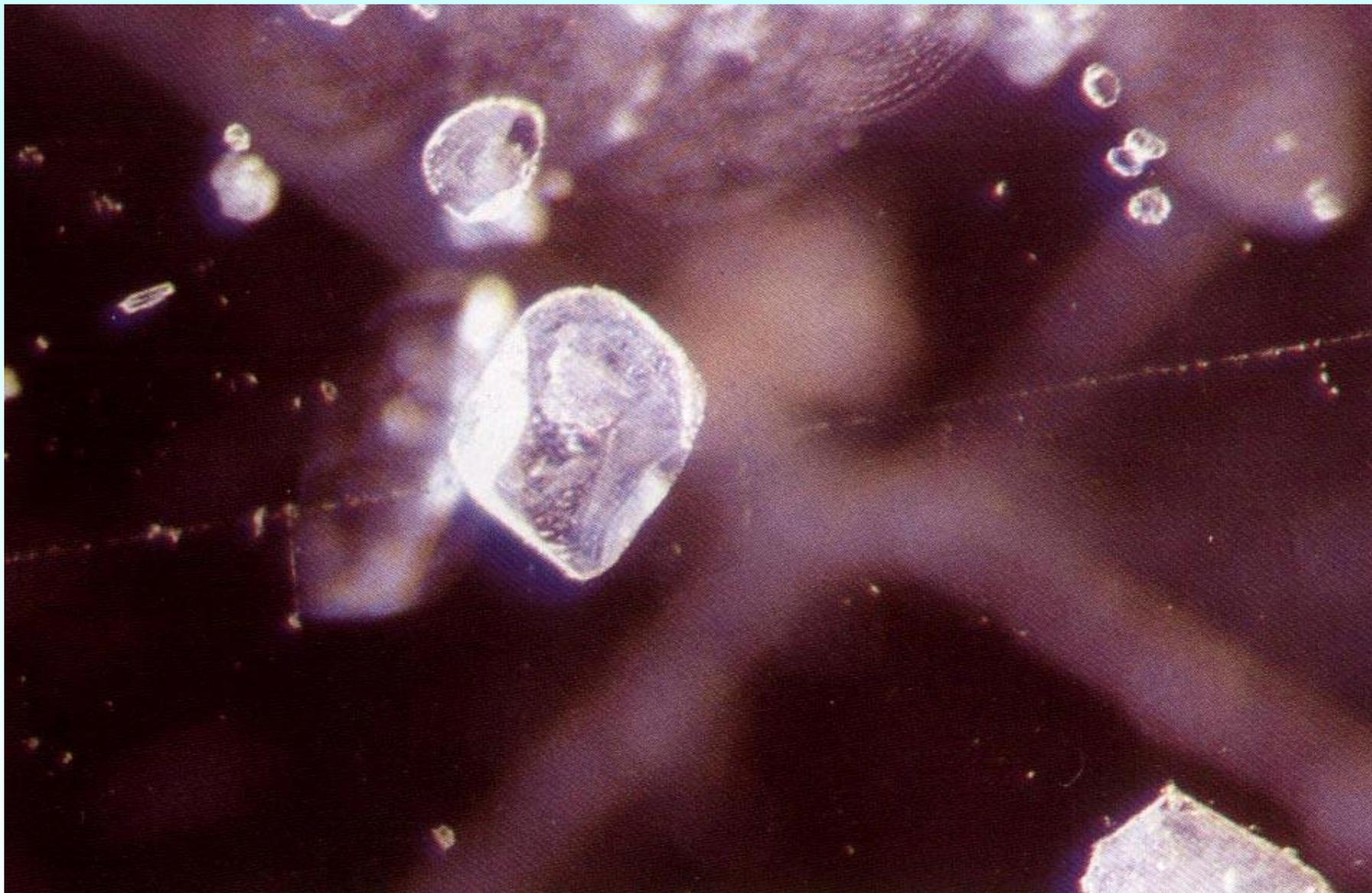
Сферические кристаллы апатита. (Мьянма).
(*Gübelin, Koivula, 1996*)



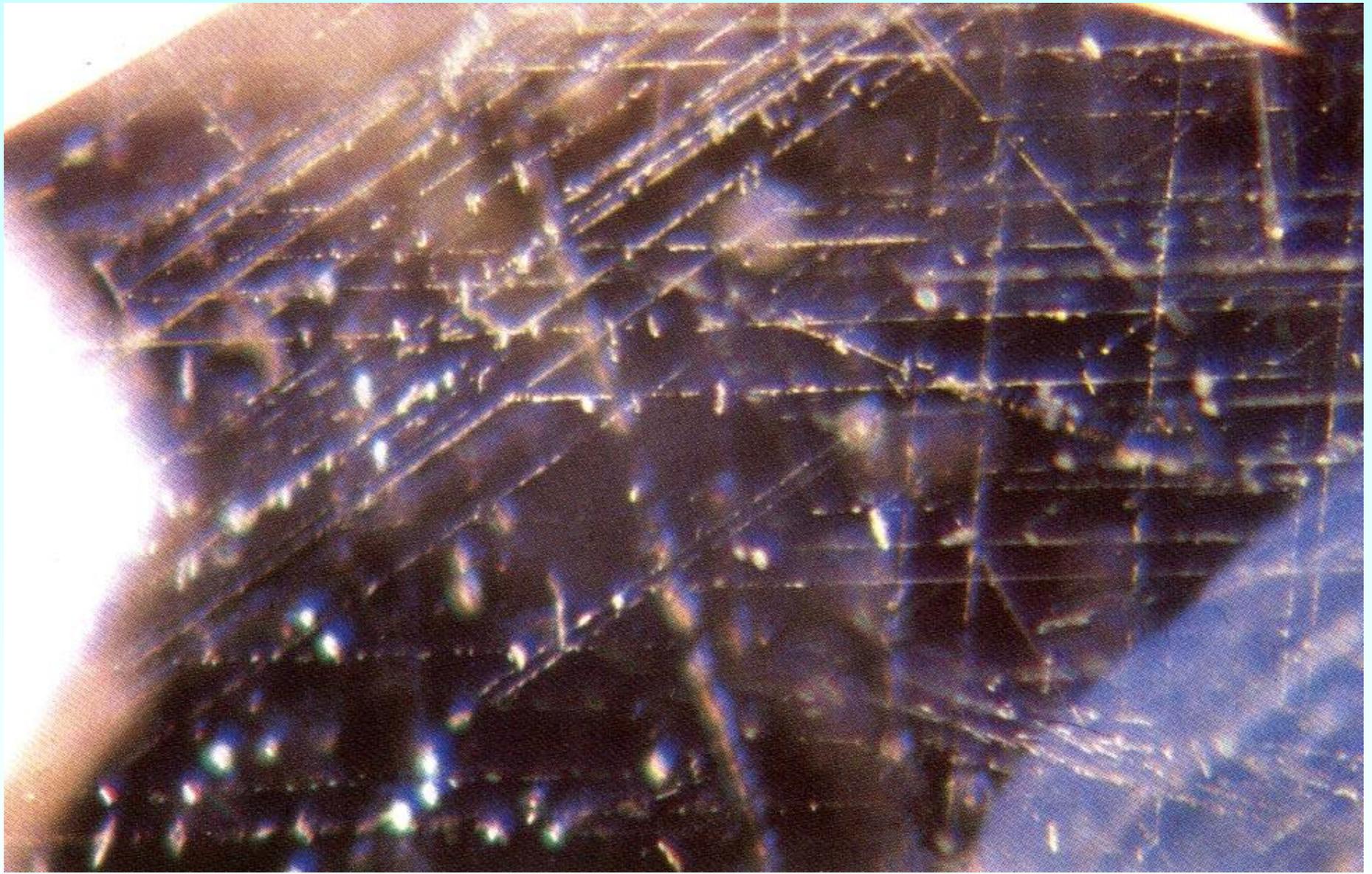
Кристалл апатита в шпинели. (Шри-Ланка).
(*Gübelin, Koivula, 1996*)



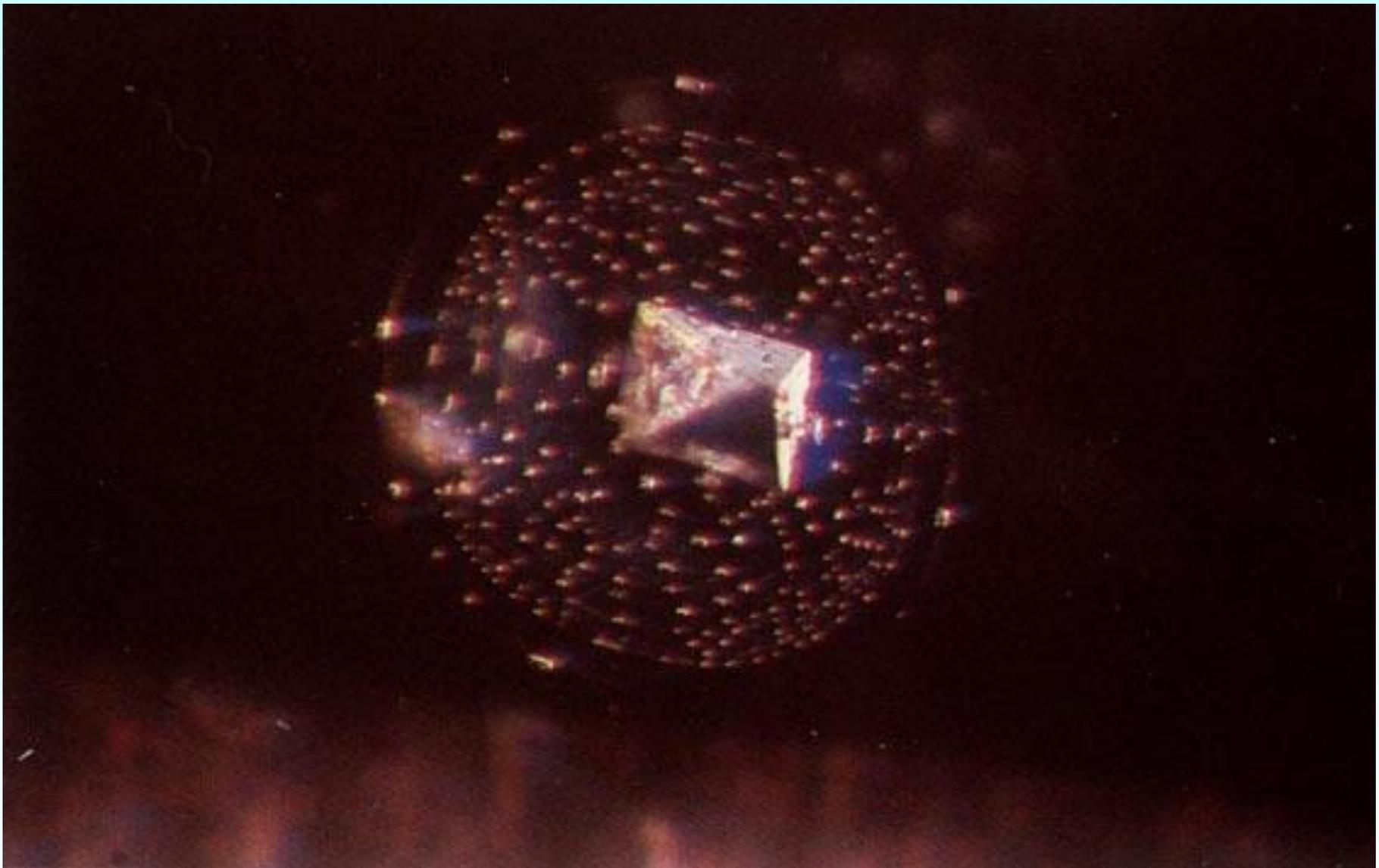
Сферический кристалл апатита. (Мьянма).
(*Gübelin, Koivula, 1996*)



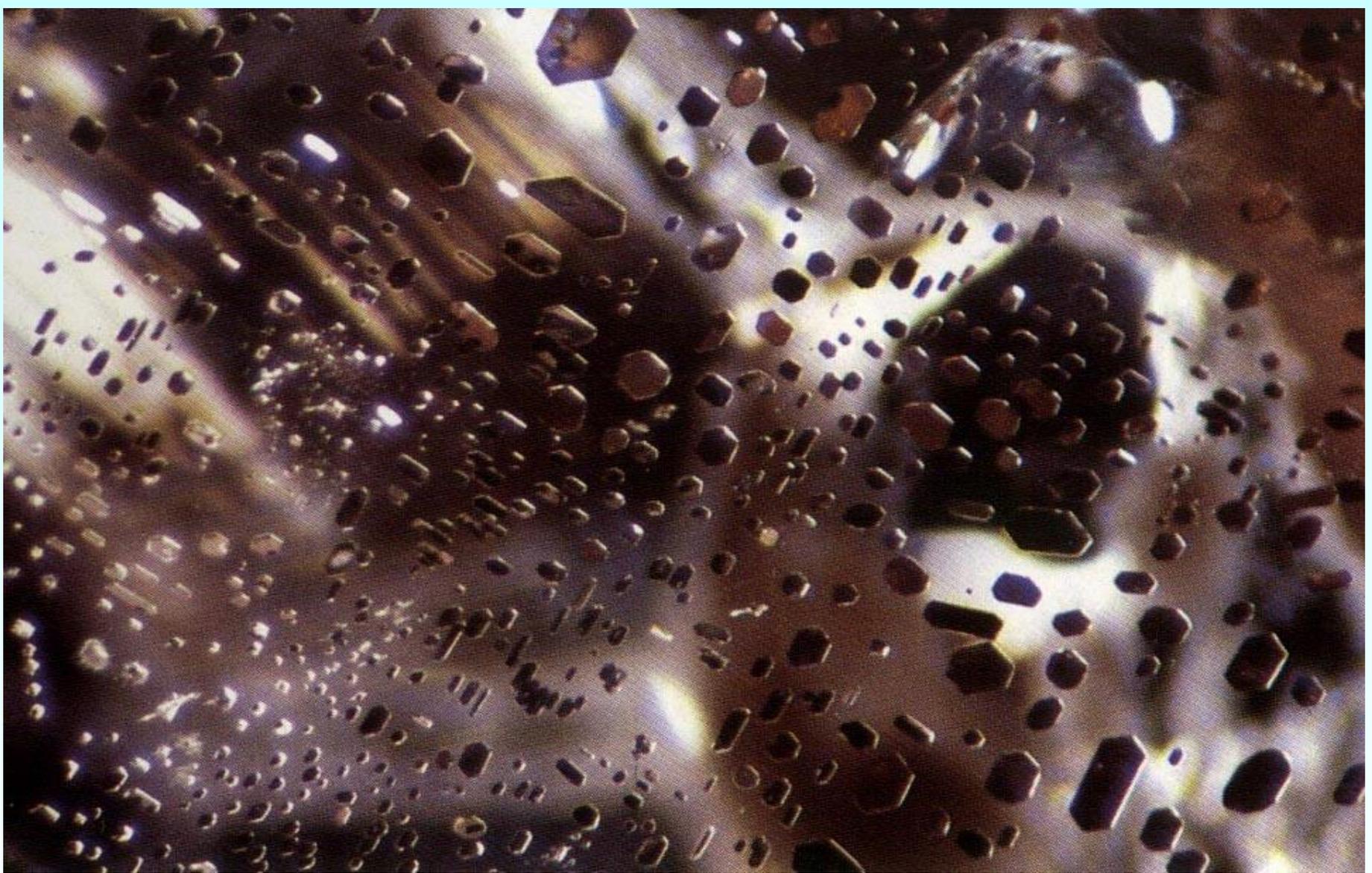
Включения кристалла бадделиита (ZrO_2).
(*Gübelin, Koivula, 1996*)



Сетка из кристаллов бемита. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



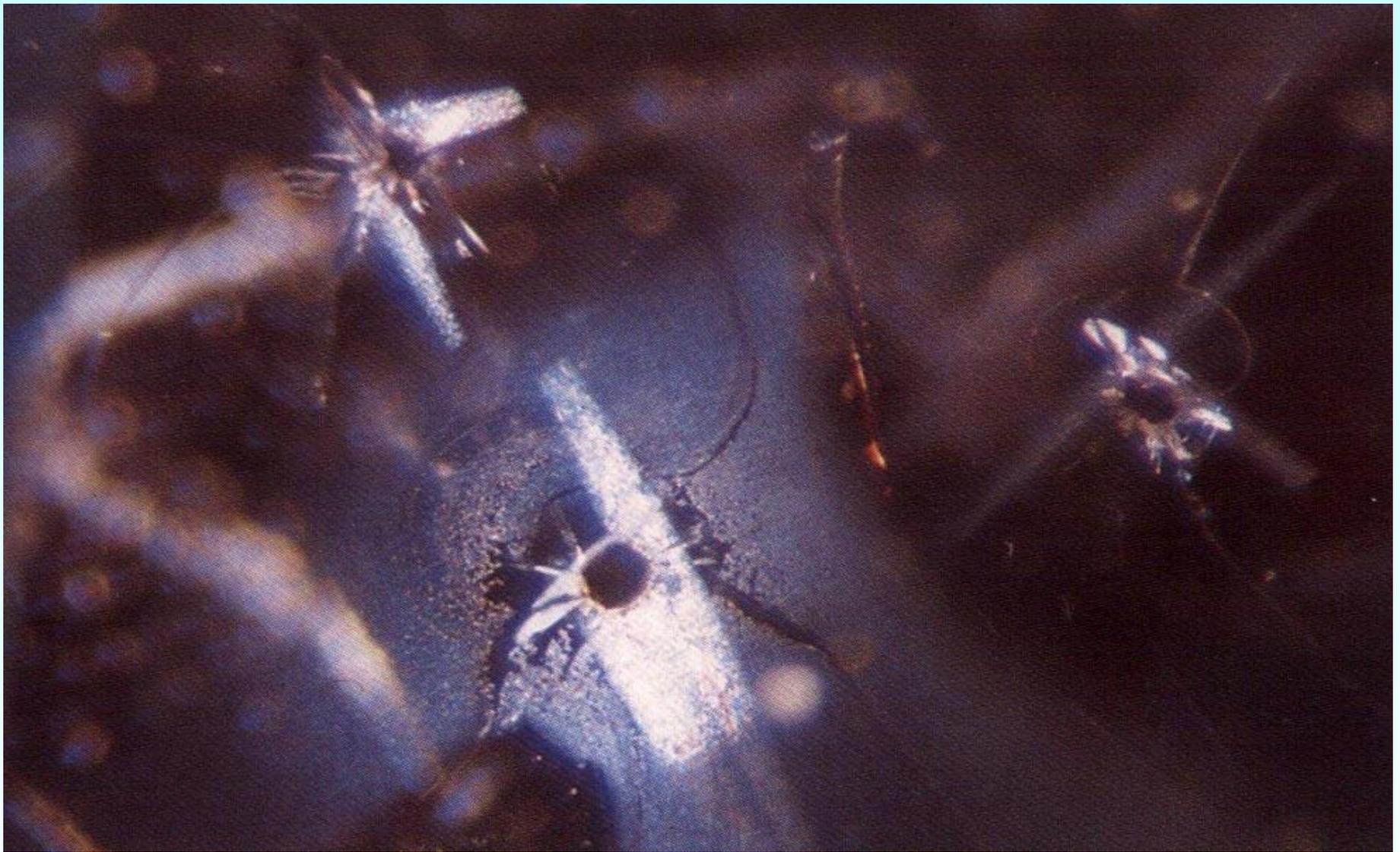
Кристалл доломита в шпинели. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



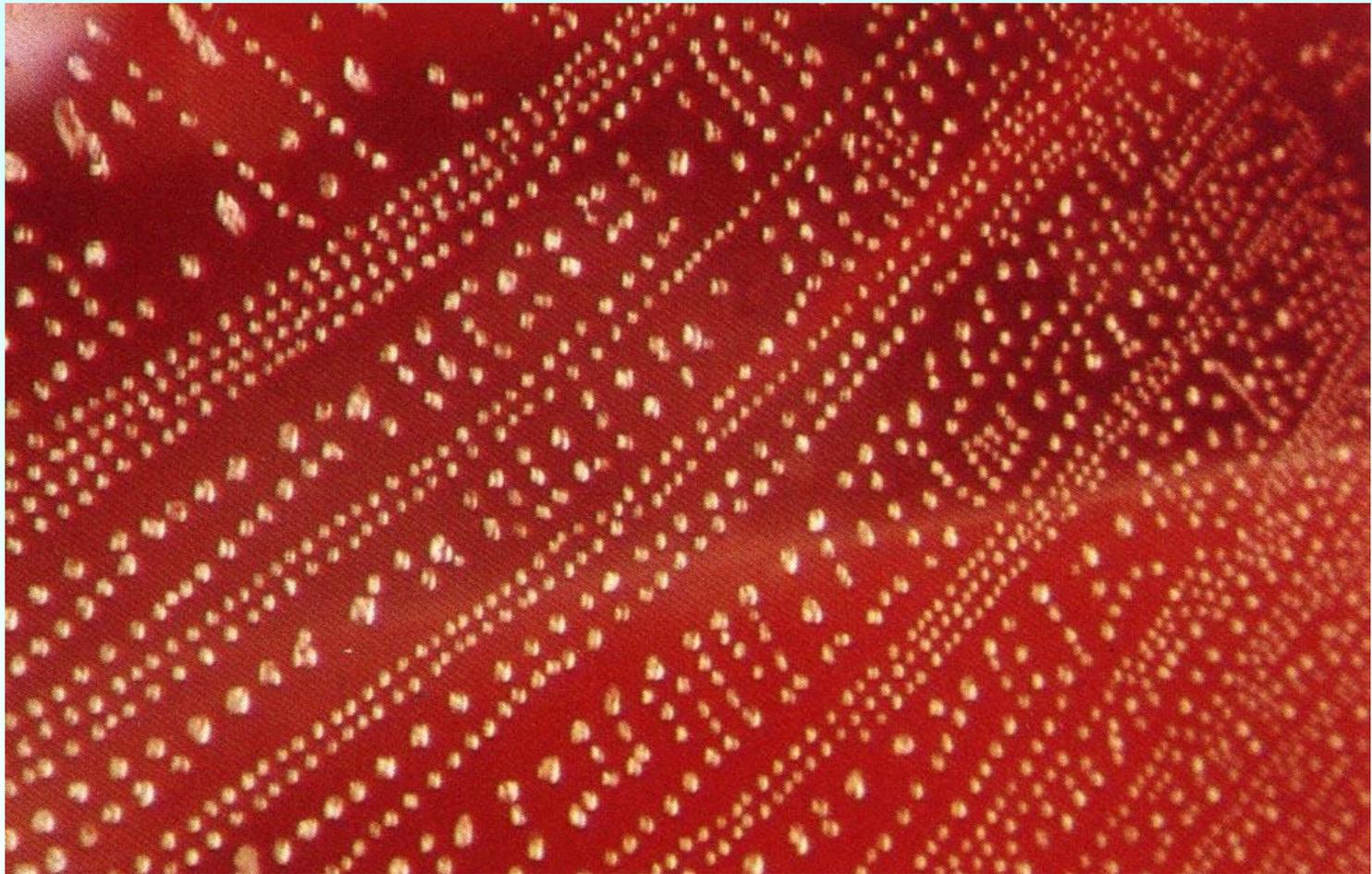
Включения графита в шпинели. (Шри-Ланка).
(*Gübelin, Koivula, 1996*)



Включения кристаллов плеонаста (черная шпинель).
(*Gübelin, Koivula, 1996*)



Кристалл уранинита в шпинели. (Шри-Ланка).
(*Gübelin, Koivula, 1996*)



Флюидные включения в шпинели. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Флюидные включения в шпинели. (*Gübelin, Koivula, 1996*)

Синтетическая шпинель

Синтетическую шпинель выращивают двумя методами: методом Вернейля и из раствора в расплаве (флюсовым).

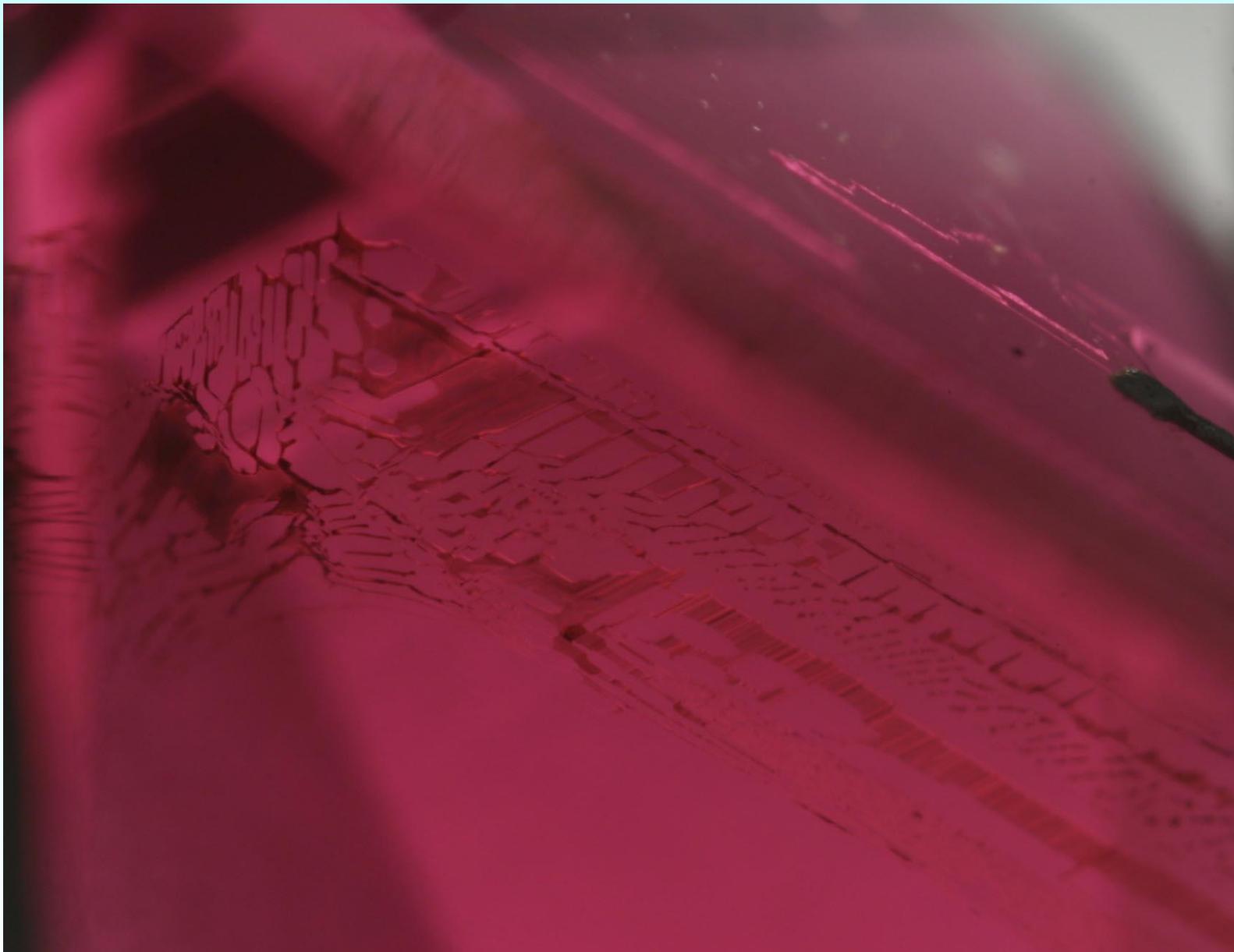


*Кристалл синтетической шпинели 17,19 ст,
выращенный в Советском Союзе флюсовым
методом.*

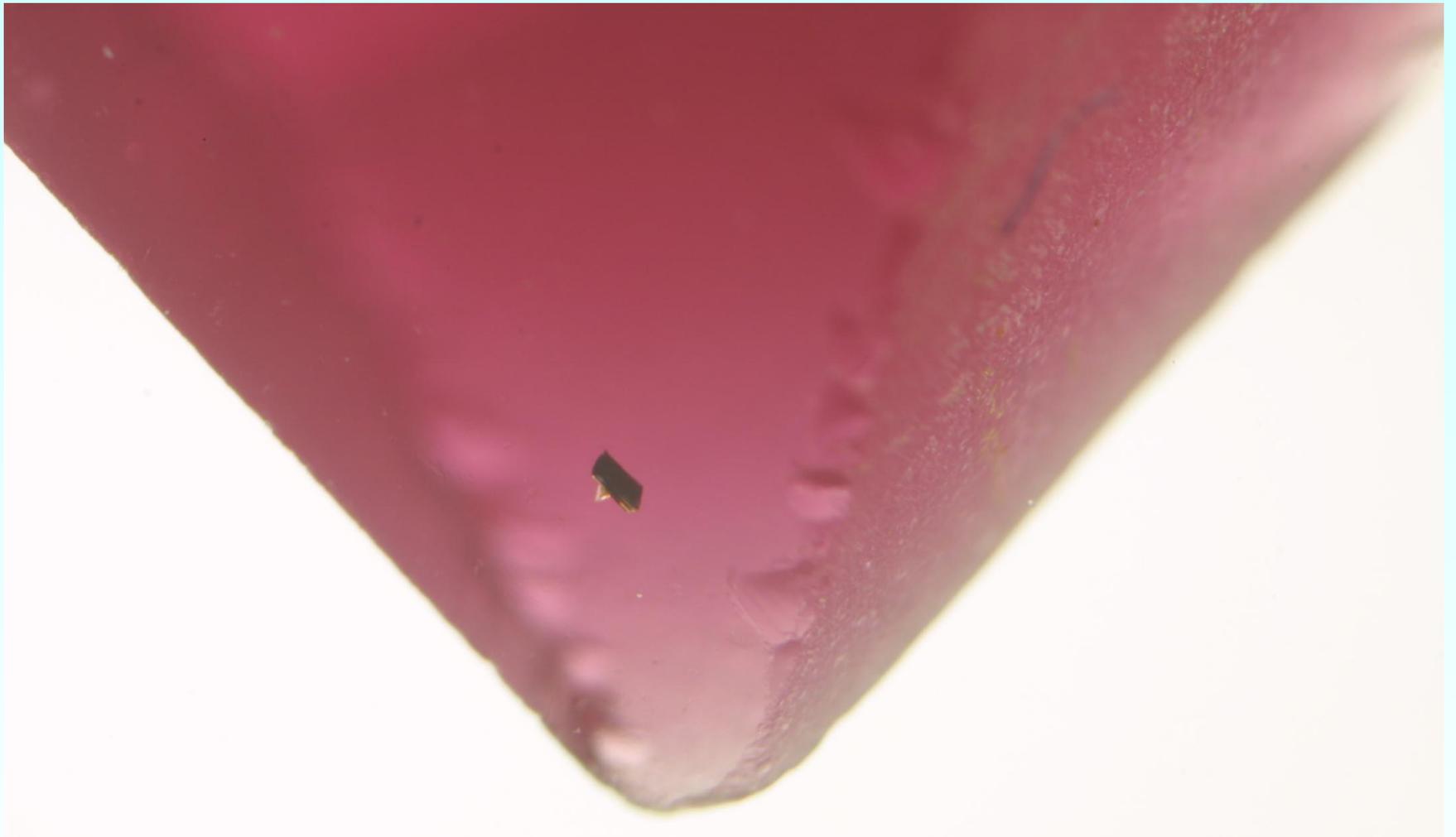
Включения в синтетической шпинели



Включения материала синтеза в шпинели,
выращенной флюсовым методом.



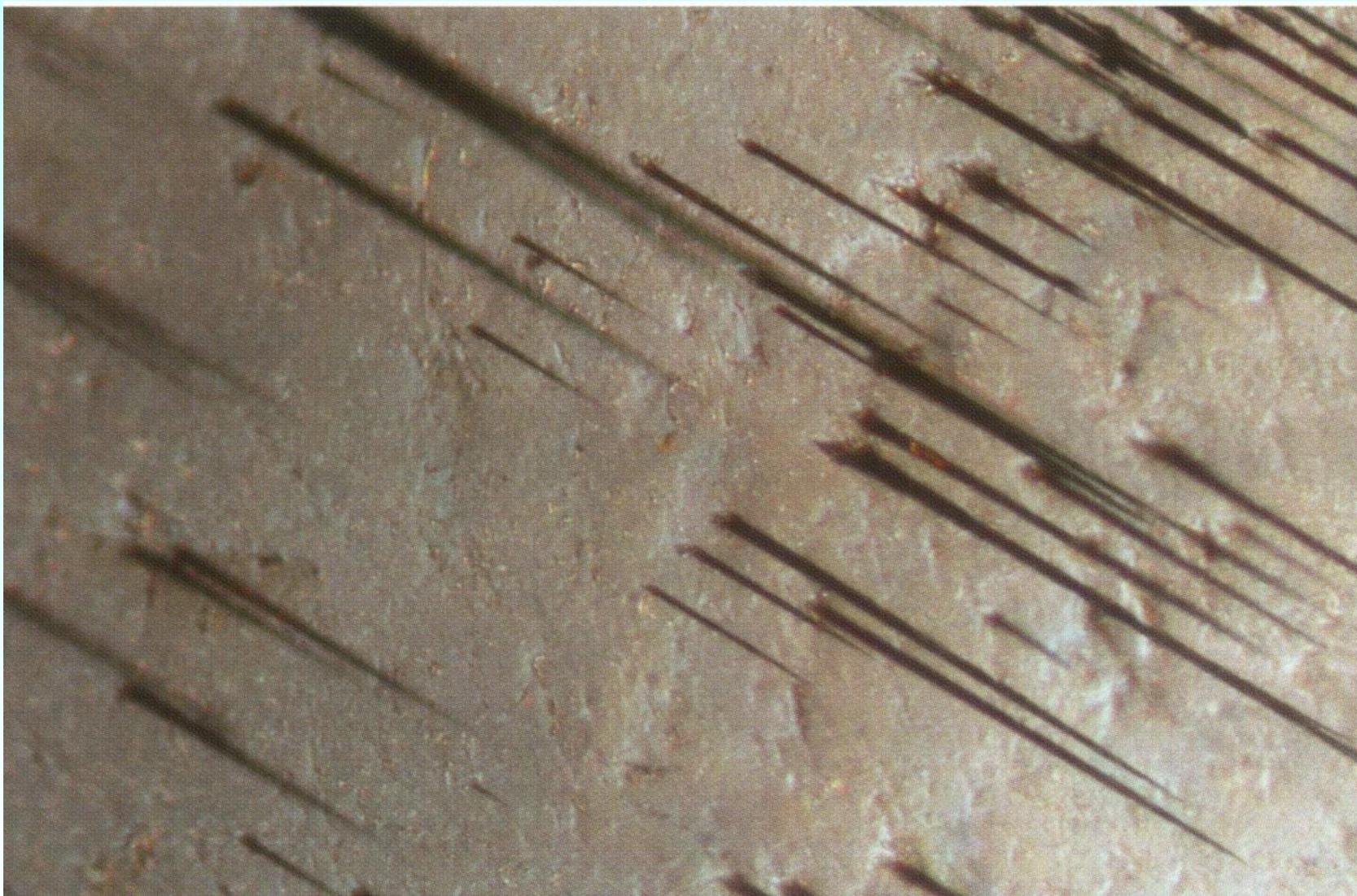
Флюсовые включения



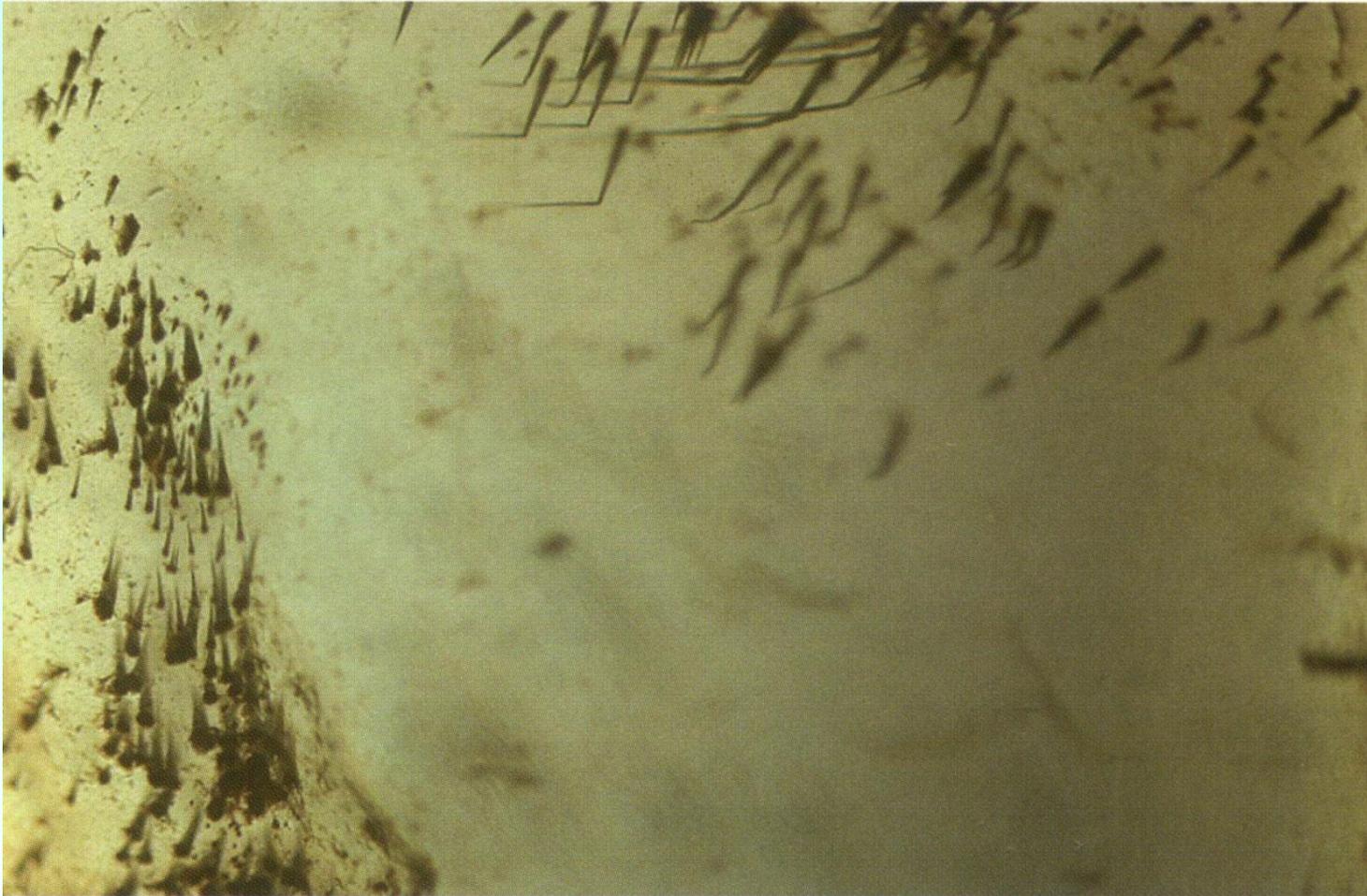
Включение материала тигля



Включения флюса и материала синтеза



Спикуловидные включения материала тигля. (*Gems & Gemmology*, 2007)



Спикуловидные включения материала тигля. (*Gems & Gemmology*, 2007)



Включение нерасплавленного исходного вещества. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Ключевидные газовые включения. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Газовый пузырь в синтетической шпинели, выращенной методом Вернейля.
(*Gübelin, Koivula, 1996*)



Газовые пузыри в синтетической шпинели. (*Gübelin, Koivula, 1996*)

Красный (розовый) берилл и включения в нем

Воробьевит (или морганит) — густо - и светло-розовые, иногда розовато-фиолетовые, вишнево - розовые, красно - бурые короткостолбчатые или таблитчатые кристаллы. Принадлежит к щелочному типу и богат редкими щелочами (литием, цезием), присутствует марганец;

Ростерит (гошенит) — бесцветные, иногда бледно - розовые кристаллы, чаще всего таблитчатого габитуса. Богат натрием и другими щелочами.

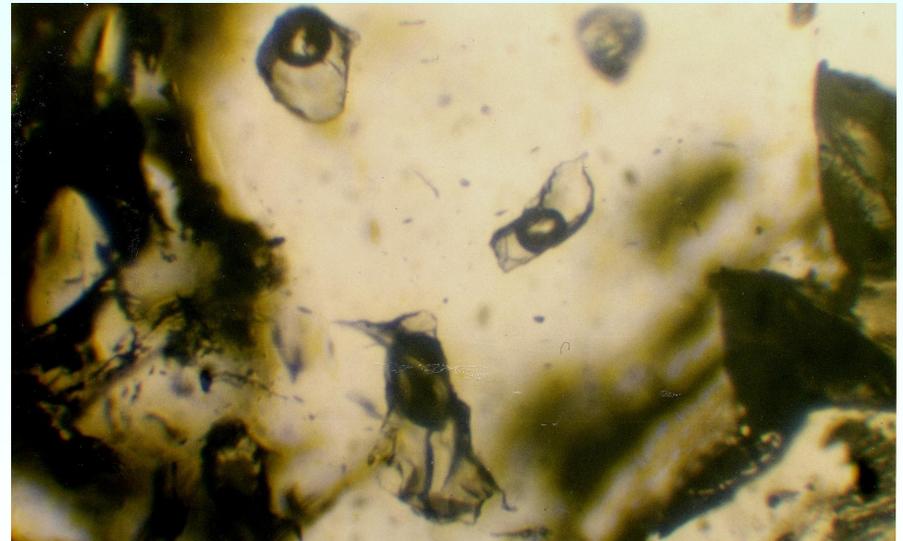
Биксбит - красновато-оранжевая разновидность, по окраске близка к воробьевиту. Однако для неё характерен крыжовниковый оттенок красного цвета, кроме того, она отличается в 4-5 раз меньшим содержанием Cs и Li, а также устойчивостью окраски при прокаливании до 1000° и при облучении. Кристаллы биксбита не превышают 5 см в длину и редко бывают прозрачные.

Розовая и красная окраска воробьевита и морганита, а также рубиновый цвет биксбита обусловлены примесными ионами трехвалентного марганца в октаэдрических позициях. Неустойчивая ярко- или индигово-синяя окраска щелочного максис-берилла обусловлена дырочными центрами $[\text{CO}_3]^{2-}$.



Розовый берилл из миароловых
редкометальных пегматитов Малхан.
Центральное Забайкалье, Россия

Газово-жидкие включения
в воробьевите





Включения кристалла эльбаита и слюды группы лепидолита
в розовым берилле из миароловых редкометальных
пегматитов Малхан. (Центральное Забайкалье, Россия)



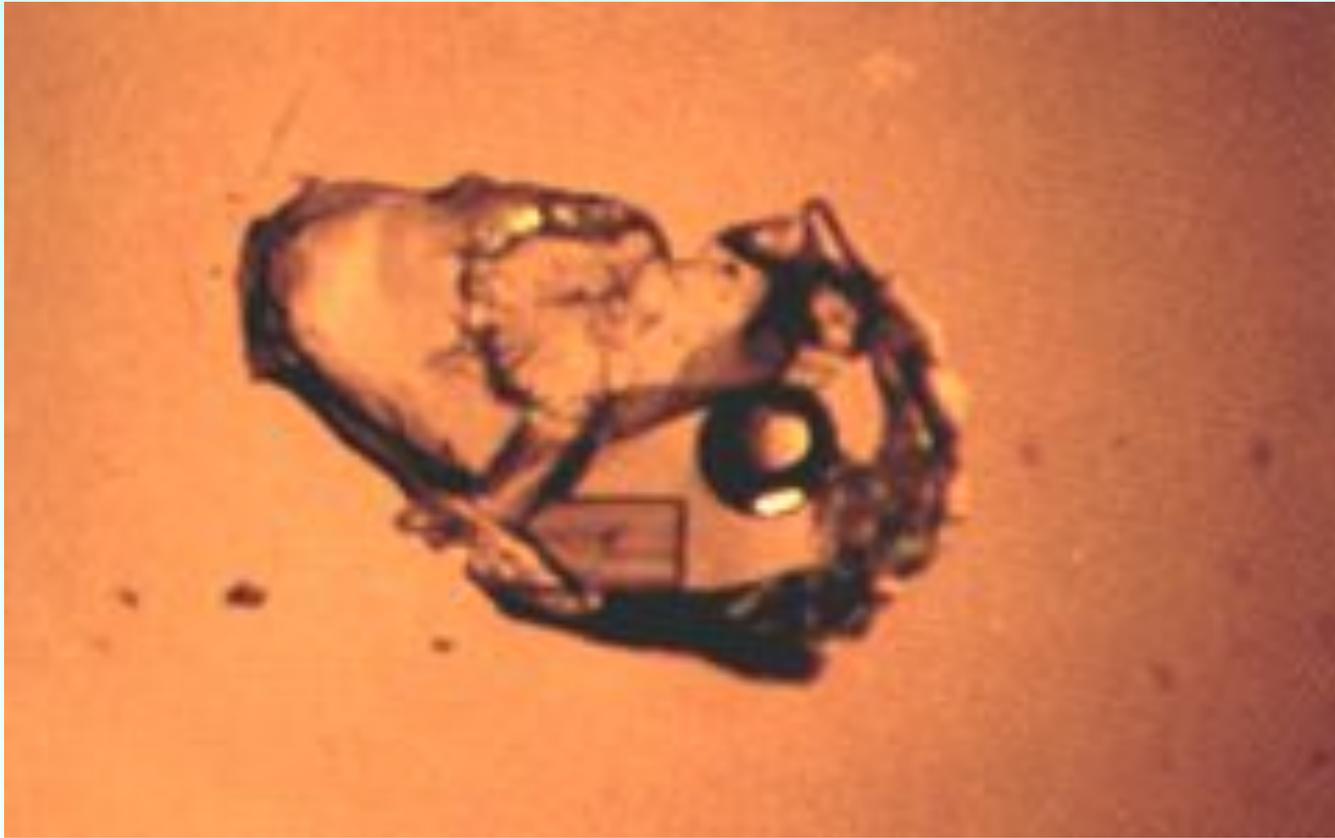
Коричневатый кристалл слюды с трещинками отдельности в морганите (Ramona, California, USA). Увел. 10^{\times} . (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Кристаллы мусковита в морганите Бразилии. Увел. 20х. (*Gübelin, Koivula, 1996*)

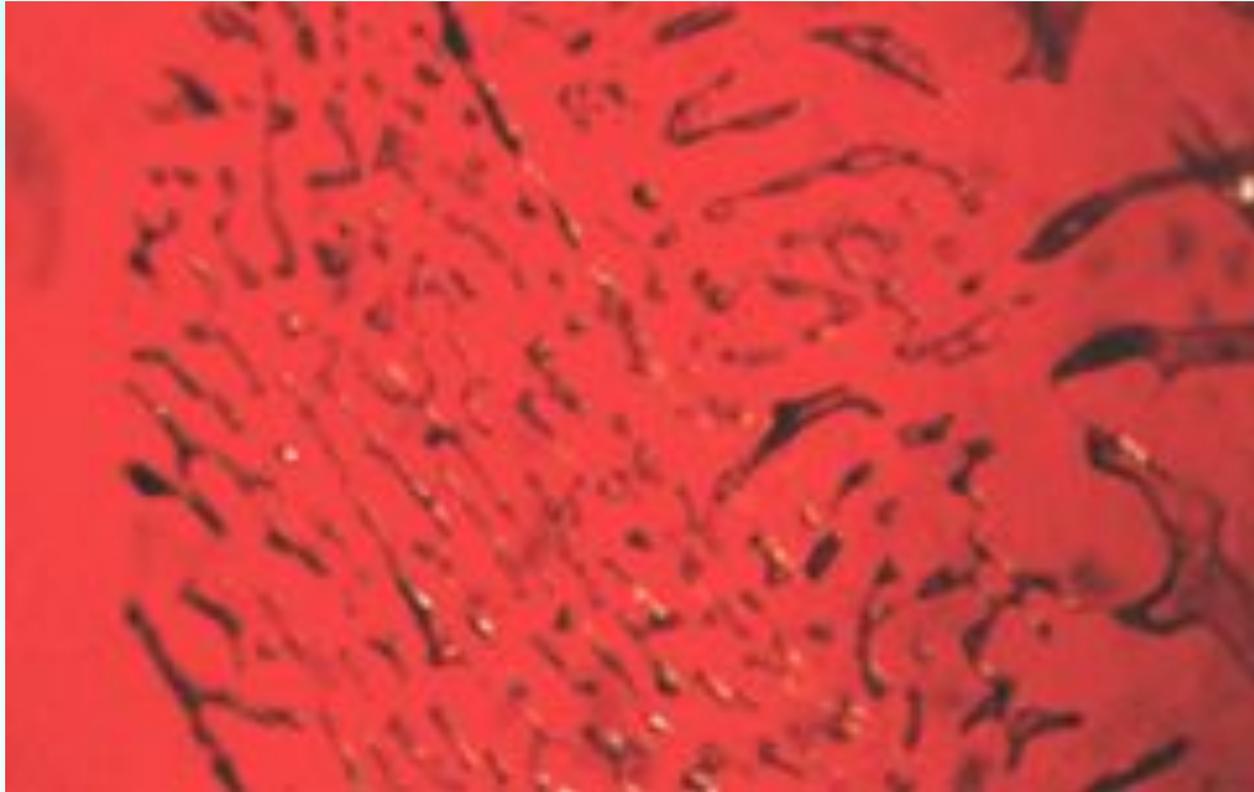


Флюидные включения в виде сети в розовато-коричневом берилле Бразилии. Увел. 50х. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Многофазное флюидное включение в морганите Бразилии. Твердая фаза (левее газового пузырька) представлена турмалином. Увел. 40^x.

(Gübelin, Koivula, 1996)



Красный берилл с мелкими флюидными включениями (Wah Wah Mountains, Utah, USA) Увел. 70^x. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Включение турмалина, похожее на карандаш, в морганите Бразилии.
Увел. 30^x. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Включение турмалина, похожее на карандаш, в морганите Бразилии.
Увел. 50^x. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Включения биксбиита в красном берилле (шт. Юта, США)
Фото Ed. Harris.



Сечения кристаллов красного берилла, перпендикулярные оси-с . Видны многочисленные минеральные включения.
(шт. Юта, США) Фото: *John Koivula*.



Флюидные включения в виде отпечатков пальцев в центральной части красного берилла. (шт. Юта, США) Фото : *Robert Kane*



Двухфазные флюидные включения в красном берилле.
(шт. Юта, США) . Фото : *Robert Kane*