

Включения в драгоценных камнях

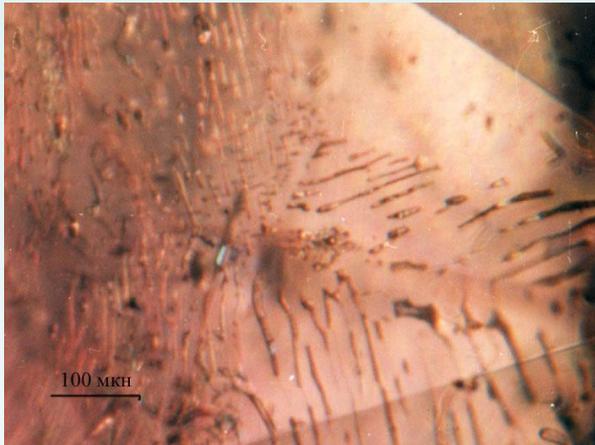
Включения в драгоценных камнях несут важную информацию об их происхождении и позволяют правильно идентифицировать камень, поэтому одним из важнейших методов диагностики ювелирных камней является исследование их под микроскопом.

Микроскопическое изучение включений в драгоценных камнях - основной неразрушающий метод их диагностики.

Цель наших занятий:

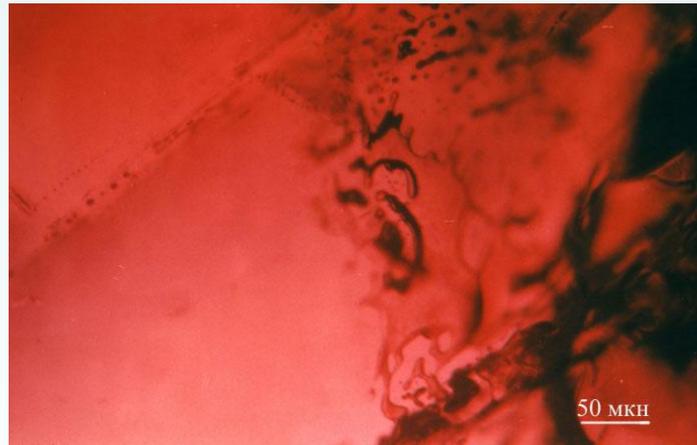
ознакомиться с наиболее распространёнными включениями в природных и синтетических камнях и с основными приёмами их изучения.

Микроскопическое изучение включений было введено в ювелирную практику в начале XX века для отличия синтетических рубинов от природных. С 30-х годов метод микроскопического исследования стал широко применяться в геммологии для диагностики ювелирных камней и отличия природных камней от синтетических аналогов, имитаций - стекол, составных камней (дублетов, триплетов).



Флюидные включения в рубине

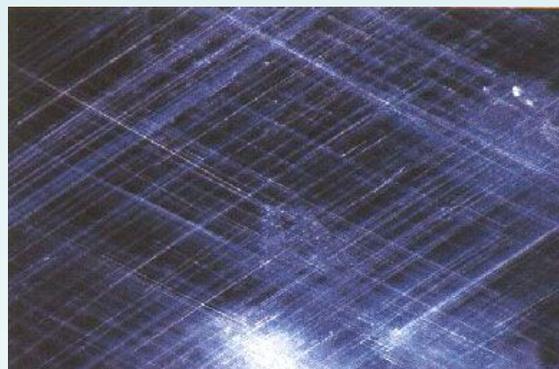
Большой фактический материал, накопленный в отечественной и зарубежной практике позволил выявить характерные для некоторых природных и синтетических камней включения, свидетельствующие об особенностях происхождения этого минерала – типоморфные включения.



Включения флюса и шихты в рубине, синтезированном методом из раствора в расплаве

Именно по включениям можно судить о месте взятии камня.
Корунды из разных районов: Мьянмы (Бирмы), Шри Ланки, Таиланда отличаются по минеральным включениям:

Кристаллы корунда из Мьянмы (Бирмы) содержат тонкие рутиловые нити, что придает шелковистый блеск; корунды Шри Ланки содержат жидкие включения в виде отпечатков пальцев, а среди твердых - циркон;

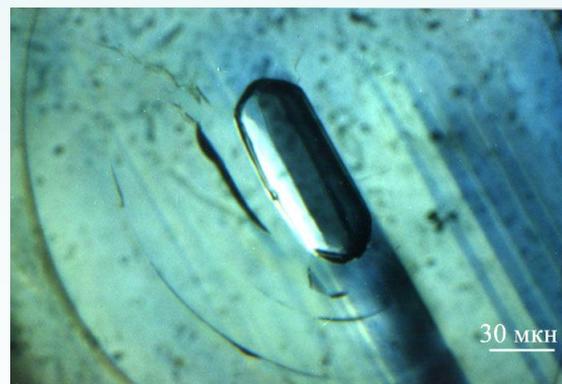


#6. Слайд
6

тонкие рутиловые нити в корунде Мьянмы



жидкие включения в сапфире Шри Ланки

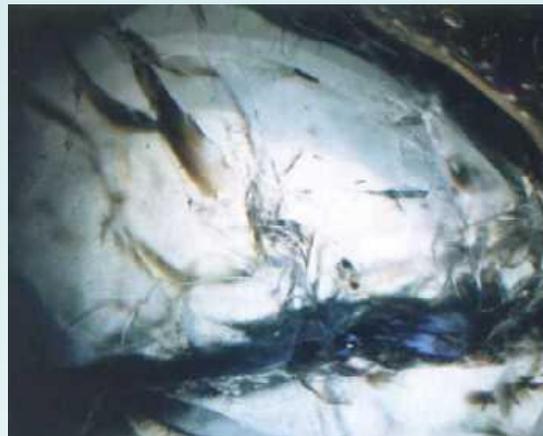


циркон в сапфире Шри Ланки

кристаллы корунда Таиланда содержат оксиды железа в виде «перьев» вокруг непрозрачных кристаллов магнетита.

Некоторые минеральные включения характерны для нескольких минералов из одного месторождения:

метамиктный циркон встречается в корундах, шпинели и гранатах Шри Ланки.



«перья» вокруг кристаллов магнетита в корунде Таиланда

Диагностика минералов-узников сложна, поскольку требуется применение неразрушающих методов и проводится на основании характерных кристаллических форм, облика, цвета, блеска и некоторых оптических свойств (рельеф, интерференционная окраска, угол погасания, знак удлинения).

Типы включений

Включения - это любые вещества, находящиеся внутри минерала и отличающиеся от него по четко выраженной фазовой границе.

аутигенные (минеральные и флюидные)

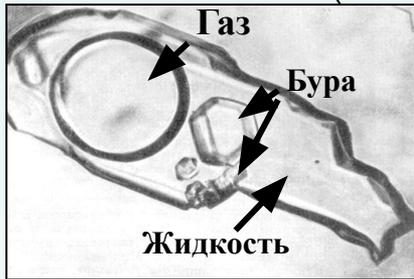
ксеногенные (твёрдые и флюидные)

реликты минералообразующих сред

механически захваченные посторонние частицы

Флюидные (включения растворов-расплавов)

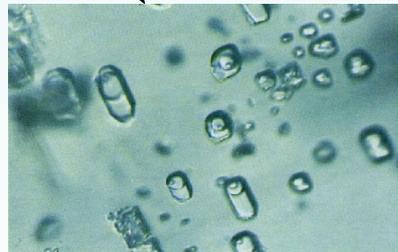
Минеральные (твёрдые)



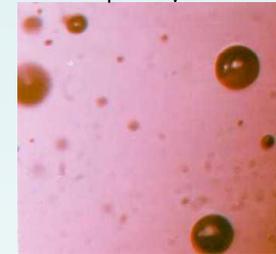
Многофазное включение в топазе



Включения зельбаита в берилле



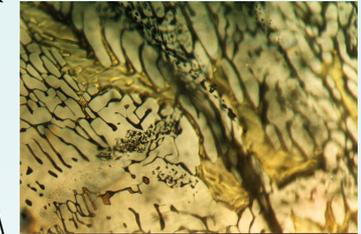
Углекислотно-водные включения в изумруде Индии



Включения водорода в синтетическом рубине



Дублет: на поверхности склейки - «клеевые включения» - сферические включения воздуха

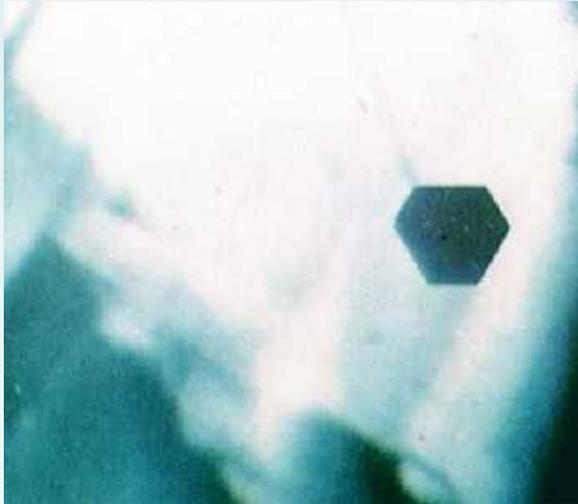


включения флюса в синтетическом изумруде

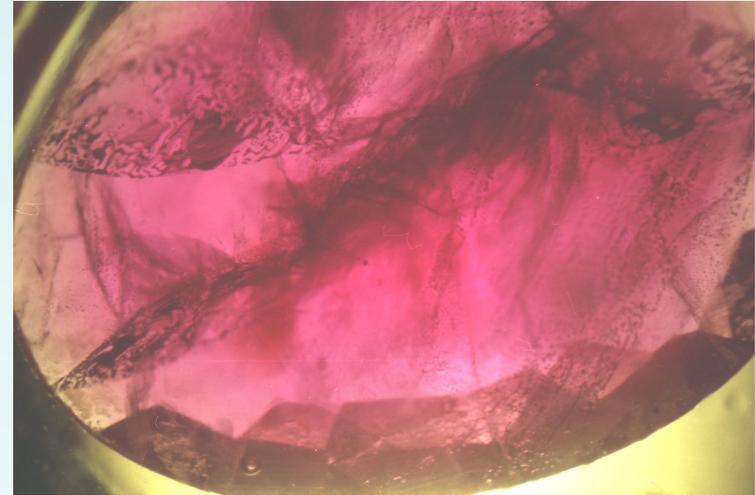


включение насекомого в янтаре

Ксеногенные включения твёрдые. К этой группе включений относятся включения флюса, шихты или материала тигля в синтетических камнях.



Включение платины - материала тигля в сапфире, выращенном из раствора в расплаве. Ширина картинка 0,25 мм (Garzon, 1989).

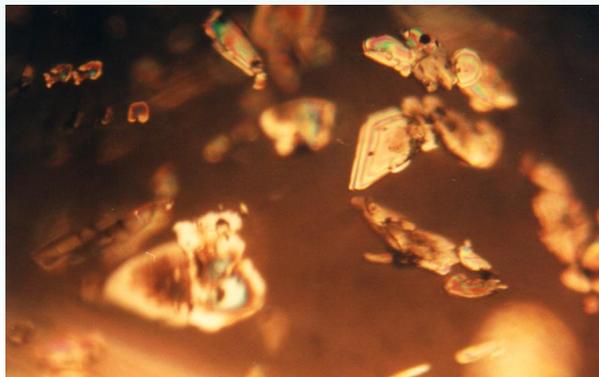


Включения флюса в рубине, выращенном из раствора в расплаве. Ширина картинка 1,5 мм

В синтетических камнях присутствуют искусственные включения - например, иголки рутила в корунде, дающие эффект астеризма.

Аутигенные минеральные включения

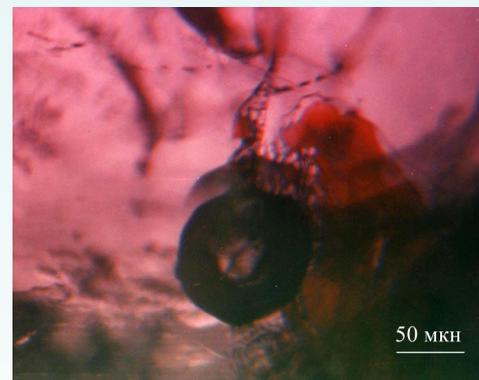
Минеральные включения образуются одновременно с ростом вмещающего кристалла или раньше. Это могут быть, например, пластинки слюды в берилле, кристаллики рутила в рубине или монацита в гранате. Минеральные включения дают представление об особенностях происхождения этого минерала. Так, корунды из Мьянмы, Индии и Вьетнама относятся к месторождениям разных генетических классов и типов и отличаются по минеральным включениям: мьянмские кристаллы содержат тонкие рутиловые нити [#3. Слайд 3](#), что придает им шелковистый блеск; в рубинах Индии наблюдаются короткостолбчатые красно-коричневые кристаллы рутила, а для вьетнамских рубинов характерны кристаллики магнетита и циркона



Кальцит в рубине Памира (Таджикистан). Размер включения 0.08 мм. Николи скрещены.



Короткостолбчатые кристаллы рутила в рубине Индии. Размер включения 0.08 мм.



Кристалл магнетита в рубине Вьетнама

Классификация флюидных включений.

Затвердевшие стеклоподобные включения

расплава присутствуют в хризоберилле, полученном из расплава. Такие включения образуются при отсутствии газовой фазы в расплаве и при большой скорости его кристаллизации.

Газовые включения присутствуют в природных стеклах и в синтетических камнях. Они занимают внутренние полости во вмещающих их минералах. Эти полости иногда ограничены плоскими гранями, образующими «отрицательные кристаллы», но чаще имеют сферическую или неправильную форму.



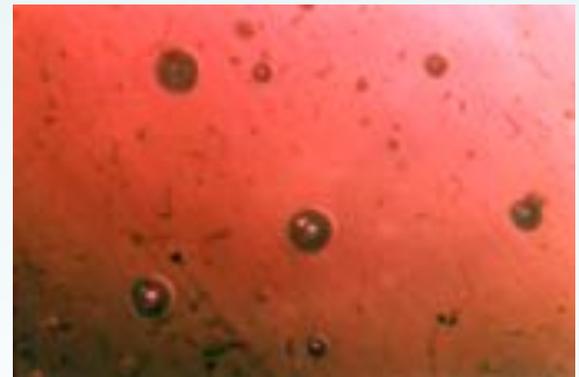
Включение газа в вулканическом стекле.

Размер включения 1 мм.



Каплевидные затвердевшие включения расплава в хризоберилле.

Размер включений 0.05 мм.



Включения газа в рубине, выращенном методом Вернейля

Размер включения 0.05 мм

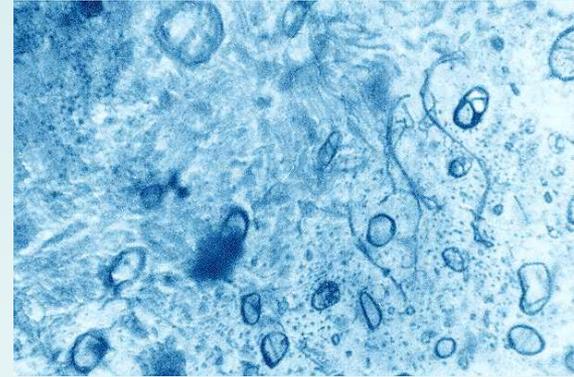
Газово-твёрдые включения

наблюдаются в минералах, выращенных методом зонной плавки или из расплава в растворе. Это двухфазные включения, состоящие из газа и затвердевшего расплава. В скрещенных николях, как правило, видна их расплавная природа. Образование таких включений связано с избыточным содержанием газовой фазы в расплаве при сравнительно большой скорости кристаллизации.

Такие же включения наблюдаются и в природных минералах – хризолите, сапфире, кварце.



Газово-твёрдые включения флюса в рубине, выращенном из раствора в расплаве. Размер включения 0.03 мм.



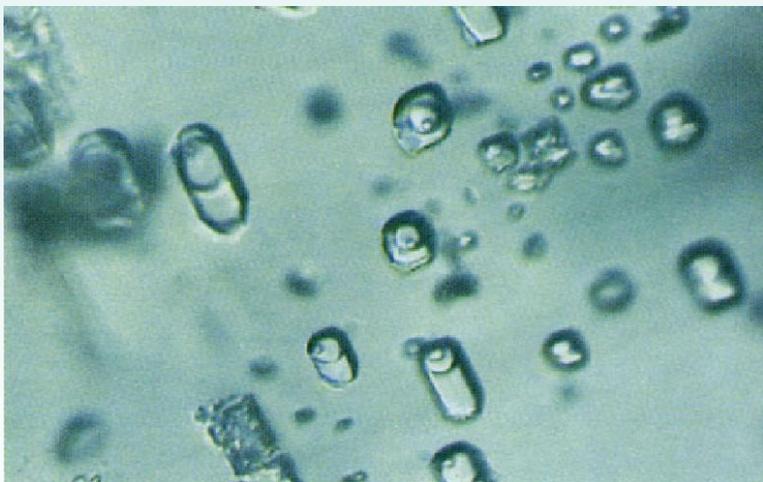
Газово-твёрдые включения в сапфире из базальтов Приморья. Размер включения 0.05 мм.



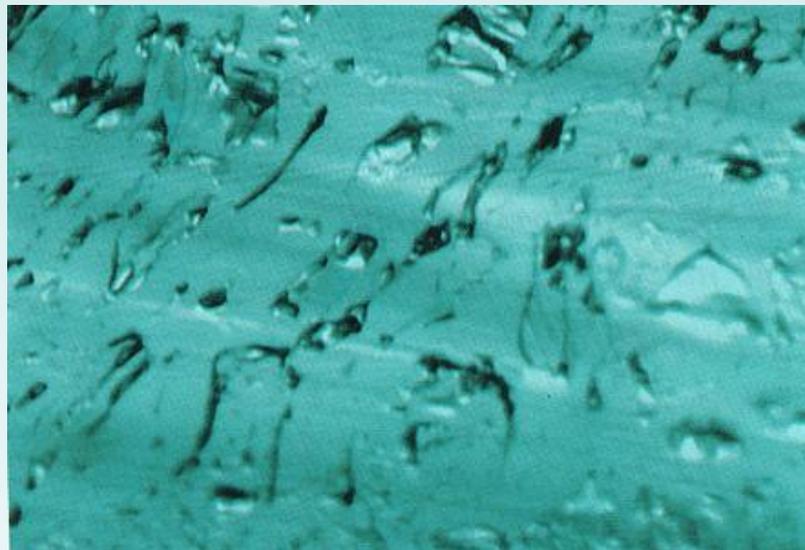
*Газово-твёрдые включения в хризолите
Размер включения 0.05 мм.
(Fuhrbach, 1992)*

Газово-жидкие включения

встречаются в природных камнях и в синтетических материалах. Состав жидкости может быть представлен водой, двуокисью углерода, материнским раствором, из которого образовался кристалл; газовые фазы образуют пузырьки в жидкости.



Углекислотно-водные включения в изумруде Бразилии. Размер включения 0.05 мм. (Gambini, 1998)



*Газово-жидкие включения в изумруде, выращенном гидротермальным методом
Размер включения 0.03 мм. (Чеверева и др., 2003)*

Включения, характерные только для синтетических камней и имитаций:

а) «клеевые» включения - получаются при склеивании дублетов, триплетов;



Дублет: павильон – свинцовое стекло; площадка – пластинка альмандина. Размер огранки 3мм.

б) искусственные включения - например, мошки в янтаре.

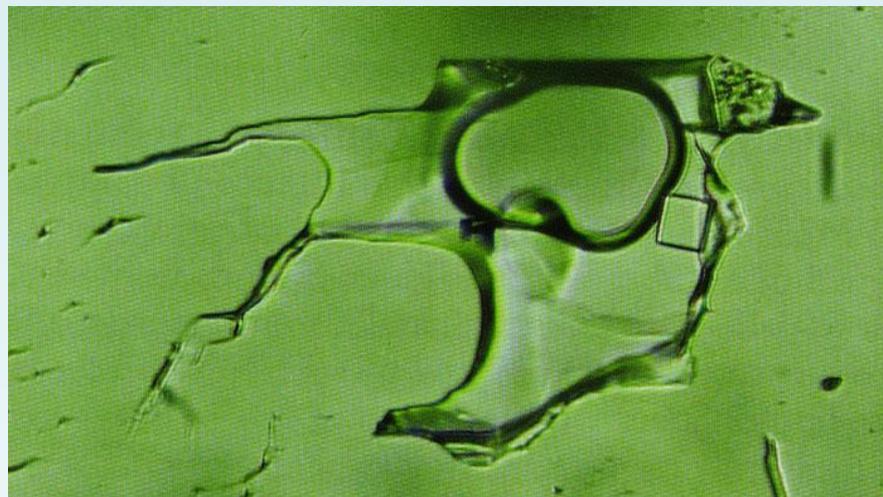


«Клеевые» включения на плоскости склейки дублета. Ширина картинка 1.5 мм.



*Включение насекомого : комар-звонец (Diptera: Nematocera: Chironomidae)
Размер включения 3 мм.*

Многофазные включения состоят из газовой, жидкой и твердой фаз. Жидкая фаза заполняет внутренние полости в кристалле, газовая образует пузырьки в жидкости, твердая фаза выпадает при большом пересыщении в виде кристаллических включений, которые могут выглядеть прямоугольными или ромбическими в зависимости от угла зрения. Такие многофазные включения характерны, например, для бериллов и топазов, и для материалов, полученных при гидротермальном синтезе.



*Многофазное включение в изумруде.
Размер включения 0.08 мм.
(Rondeau and oth., 2008)*

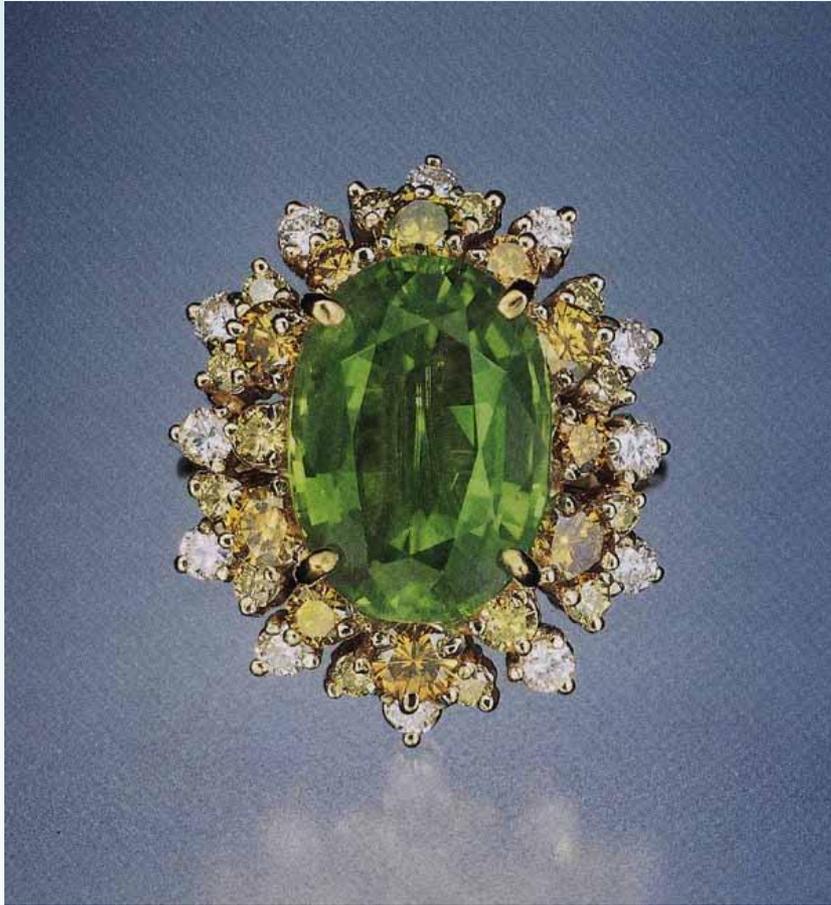
Зелёные камни

К драгоценным зелёным камням относятся:

хризолит (перидот), демантоид (андрадит), гроссуляр, хризоберилл (александрит), берилл, изумруд, аквамарин, В этом порядке и рассмотрим эти минералы и включения в них.



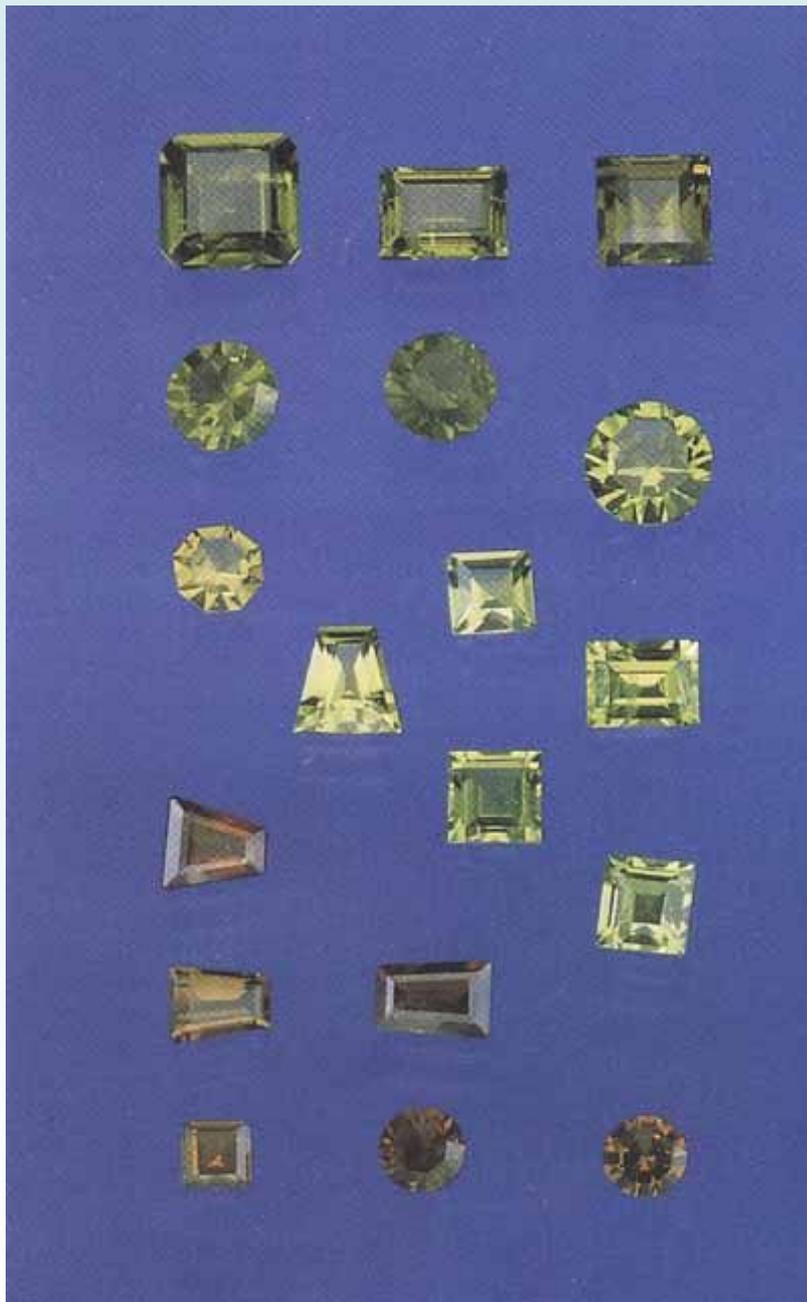
Хризолит



Перидот 9, 58 карат (Kilbourne Hole, New Mexico). (*Fuhrbach*, 1992)

Хризолит - прозрачная золотисто - зеленая или зеленая благородная разновидность оливина. За рубежом драгоценные разновидности оливина обычно именуются перидотом, в России — хризолитом (от греческого «хризос» — золото, «литос» — камень).

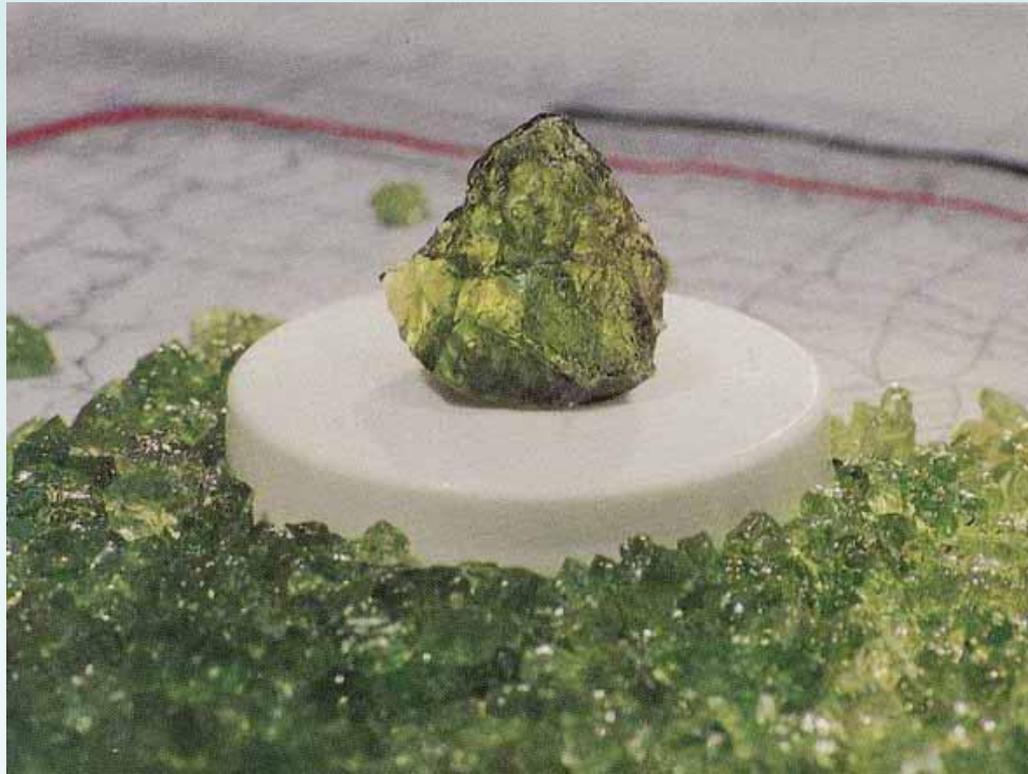
Месторождение благородного оливина на о. Зебергет в Красном море было упомянуто Плинием в «Естественной истории» еще в 70 г. н. э.



Крупные хризолиты всегда пользовались большой популярностью. Ограненные кристаллы, реже кабошоны хризолита оправляют преимущественно в золото. Общепринятая форма огранки — бриллиантовая, в результате которой камень приобретает яркую игру. Наиболее ценятся прозрачные камни, равномерно окрашенные в золотисто-зеленый цвет.

Типичные дефекты хризолитов: замутнения, трещины, включения магнетита, хромита, ильменита, хромовой шпинели или мелких чешуек слюды, а также флюидные включения.

Огранки перидота. (Kilbourne Hole, New Mexico). (Fuhrbach, 1992)



Перидот. (Kilbourne Hole, New Mexico).
(*Fuhrbach, 1992*)

Оливин обычно связан с изверженными ультраосновными существенно оливиновыми породами — дунитами, оливинитами и перидотитами. Кроме того, он входит в состав габбро, базальтов и их туфов. Однако прозрачные ювелирные разновидности оливина встречаются редко и далеко не во всех упомянутых породах. Хризолит в виде порфировидных выделений известен в кимберлитах и некоторых базальтах, а также в метасоматических образованиях среди гипербазитов. Для всех хризолитсодержащих пород характерна повышенная щелочность.

Хризолит, вкрапленный в магматические породы, кристаллизуется непосредственно из богатого магнием расплава на первых стадиях его охлаждения, благоприятных для образования форстерита.



Необходимое условие для сохранения фенокристаллов хризолита — быстрое застывание расплава, так как в противном случае возможна реакция между ними и остаточным расплавом, обогащенным железом.

Крупные выделения хризолита среди кимберлитов относятся к протемагматическим, т. е. образовавшимся еще в магматическом очаге в условиях высоких давлений и температур. Неизменный хризолит присутствует только в плотных порфировых кимберлитах.



Хризолит из базальтов Китая.
Слева – огранки 2.87, 3.86 и 10.51 карат. Справа кусочки до 23.71 карат.
(Koivula, Fryer , 1986)



В базальтах хризолит присутствует тоже как протемагматический минерал или образуется уже на поверхности в результате фракционной кристаллизации базальтовой лавы. Скапливается он в нижних и средних частях мощных дифференцированных лавовых покровов.

Хризолиты в базальтах отличаются большей железистостью, чем в кимберлитах. Иногда хризолит возникает метасоматическим путем. Наиболее крупное месторождение ювелирного хризолита такого происхождения известно в Египте на о. Зебергет, где его образование связывают с перекристаллизацией породообразующего оливина в результате воздействия гидротермальных растворов на перидотитовый массив (Hume, 1935).

Месторождения ювелирного хризолита крайне редки, что объясняется специфичностью условий их образования и нестойкостью этого минерала при метаморфических и экзогенных процессах.

На территории России до открытия алмазоносных кимберлитов в Якутии месторождения ювелирного хризолита не были известны. В настоящее время надежным источником этого ценного ювелирного камня является трубка «Удачная-Восточная». Хризолит хорошего качества имеется и в некоторых других алмазоносных трубках. В 1962 г. в Красноярском крае разведано Кугдинское месторождение, в котором качество сырья несколько лучше, чем в Якутии.

Желтовато-зеленые кристаллы ювелирного хризолита массой 1-3 г найдены в районе мыса Берд на о. Росс в Антарктике

Выделено три генетических класса месторождений хризолита: магматический, пневматолитово-гидротермальный и россыпи [табл хризолит.doc](#)

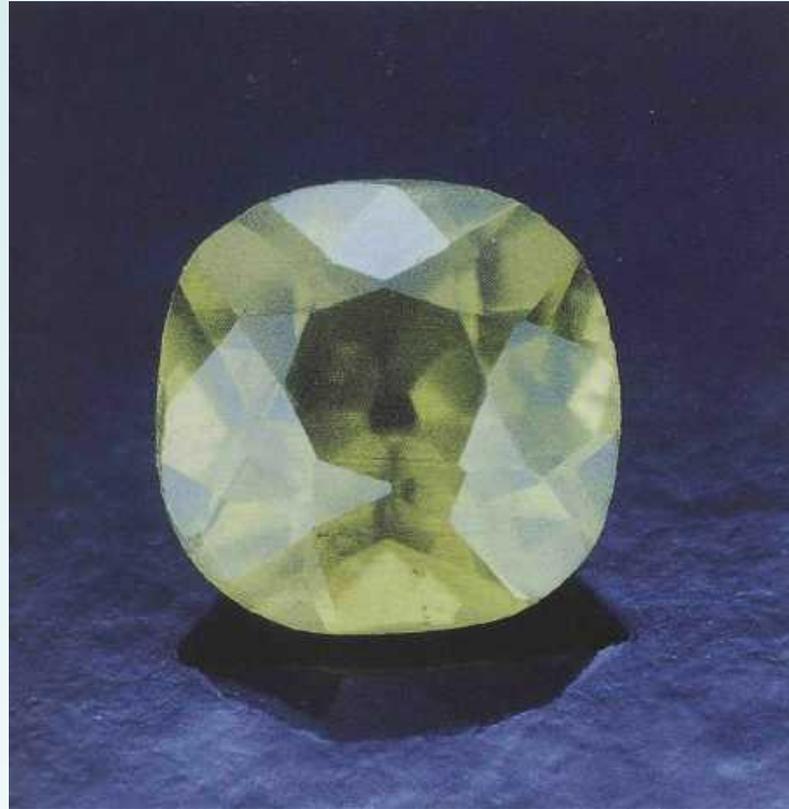
Ещё в XVIII веке описаны железокатенные метеориты – палласиты, содержащие вкрапленники хризолита



Зарисовка палласита из Красноярска, содержащего вкрапленность оливина. Выполнена в 1820г. (Синканкас и др., 1992)



Огранки перидота из палласита (слева). (Esquel, Аргентина).
(Синканкас и др., 1992).



Перидот 0,52 карата – ограненный оливин из палласитов.(Найден в *Eagle Station; Kentucky*).

Collection at the American Museum of Natural History, New York Photo
© *Tino Hammid (Синканкас и др., 1992)* .



Перидот, ограненный А.Беккером. Для огранки был использован оливин из палласитов (Esquel, Аргентина). (*Синканкас и др., 1992*)

The stones on the right range from 0.25 to 1.39 ct and are courtesy of Robert A. Haag; the stones on the left range from 0.39 to 0.51 ct and are courtesy of Dale Dubin. Photos © Tino Hammid. By John Sinkankas, John I. Koivula, and Gerhard Becker.

МАГМАТИЧЕСКИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1. Кимберлиты

Оливин — важнейший породообразующий минерал кимберлитов и глубинных ксенолитов ультраосновных пород, поэтому месторождения, связанные с алмазоносными кимберлитами, являются наиболее надежным источником получения ювелирного хризолита, поскольку его добыча ведется попутно с алмазами.

Кимберлитовые породы фиксируются вдоль зон глубинных разломов, древних платформ, в основном это трубки взрыва, диатремы.

2. Базальты

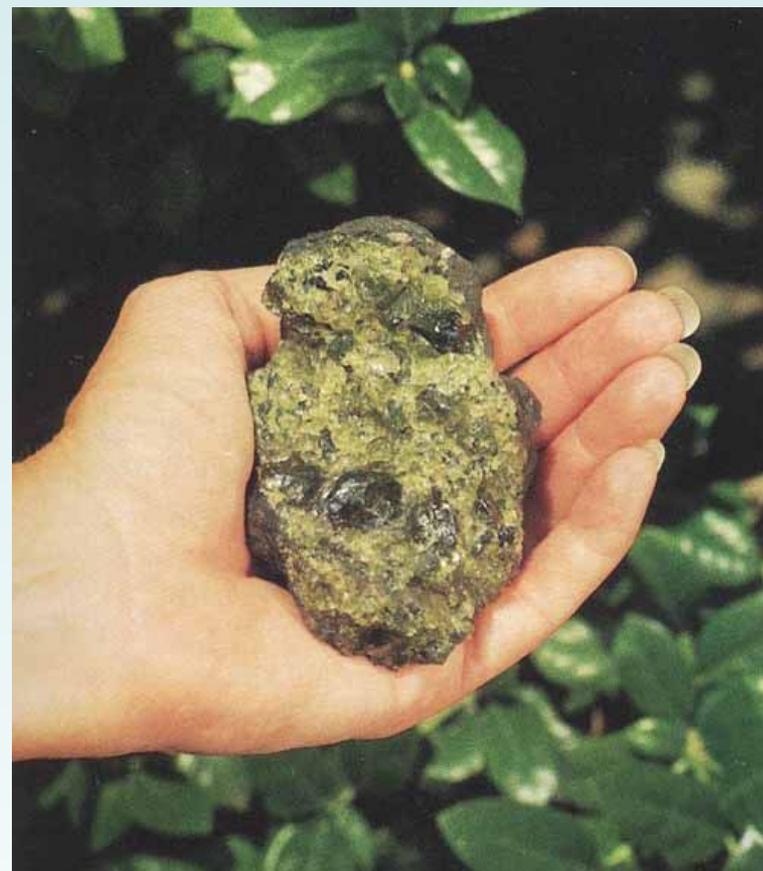
Месторождения ювелирного хризолита в базальтах, а также связанные с ними россыпи разрабатываются только в США.

Месторождение *Сан-Карлос* приурочено к базальтам лавового потока, а два других — *Буэлл-Парк* и *Килбоурн-Хоул* — к вулканическим жерлам. Оливин (хризолит) встречается в виде мелких и крупных бесформенных зерен или зернистых агрегатов. Бездефектные зерна редки, поэтому в ограненном виде масса большинства камней не превышает 2 каратов.

Хризолит большей частью прочно зацементирован в базальтах, извлечь его можно лишь с помощью взрывных работ или кувалды, что приводит к растрескиванию зерен



Месторождение Килбоурн-Хоул (шт Нью-Мексико), приуроченное к жерлу потухшего вулкана. Площадь его составляет 7 км². (*Fuhrbach, 1992*)



«Ксенолитовые бомбы», содержащие ювелирный перидот, из базальтовых покровов месторождения Килбоурн-Хоул. (*Fuhrbach, 1992*)



ПНЕВМАТОЛИТО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1. Альпинотипные гипербазиты

Месторождения этого типа отличаются высоким качеством хризолита. Расположены они среди альпинотипных массивов ультраосновных пород, сложенных в основном серпентинизированными дунитами и гарцбургитами. Хризолит содержится в *рассекающих их антигоритовых и хризолитовых прожилках и линзах*. Самое значительное месторождение хризолита в гипербазитах находится на о. Зебергет (Сент-Джонс) в Красном море, вблизи Африканского побережья Египта. Благородный оливин встречается в виде прекрасных бездефектных кристаллов с однородной темной желтовато – зеленой окраской, благодаря которой изделия из этого камня получили название «вечерних изумрудов».

В России в Восточном Саяне известно несколько аналогичных по генезису проявлений хризолита на Хара-Нурском (Холбын-Хаирханском) и Оспинском гипербазитовых массивах. Хризолитоносные *жилы и прожилки* расположены *среди слабосерпентинизированных крупнозернистых дунитов*. Хризолит встречается непосредственно около прожилков в виде отдельных кристаллов или скоплений в жеодах.

2. Ультраосновные — щелочные интрузивы центрального типа

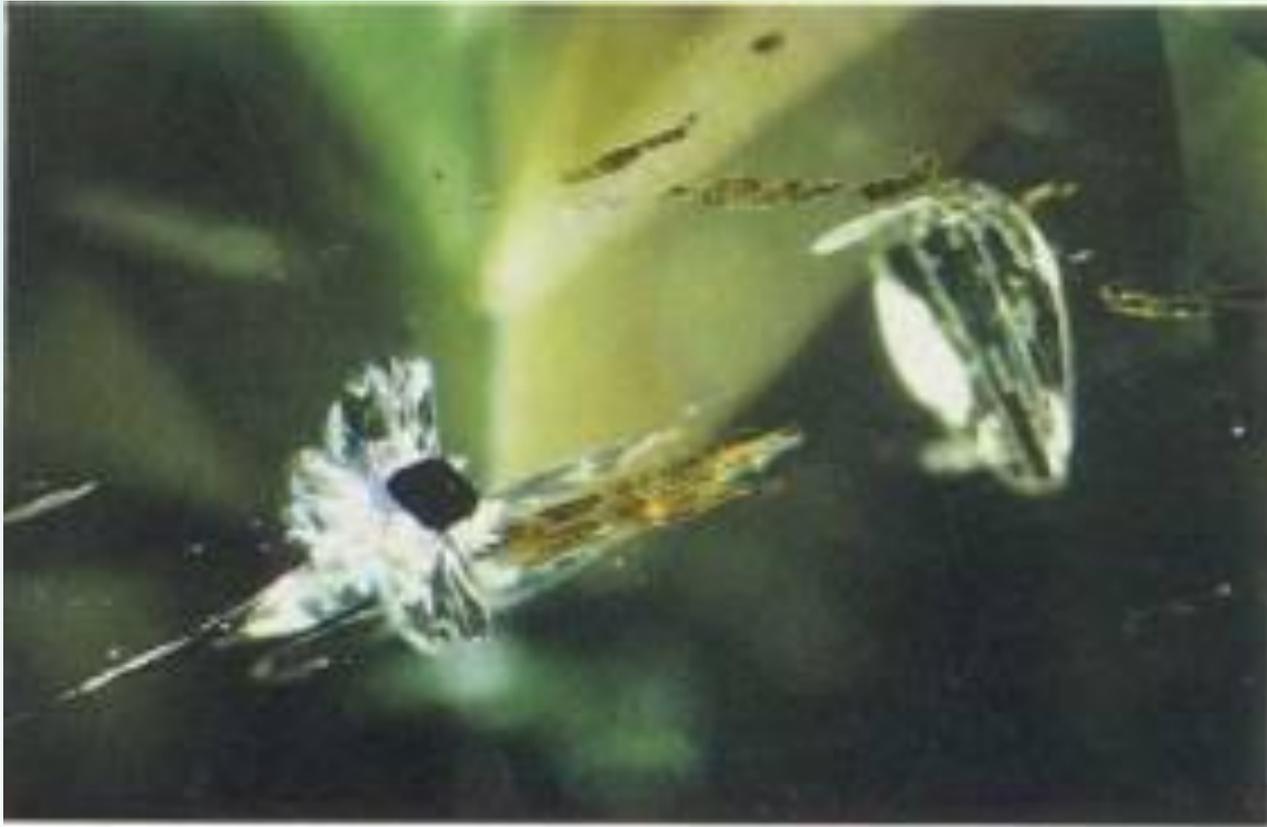
Месторождения в сложных интрузивах ультраосновного - щелочного состава в России известны на Кольском полуострове (Ковдор), на севере Красноярского края, в Енисейском крае, Восточном Саяне, на Алданском и Витимском нагорьях. Одним из самых крупных и изученных является Кугдинское в Красноярском крае в 200 км южнее пос. Хатынга .

Хризолит приурочен к *жилым и линзовидным телам* в основном *клиногумит-серпофит-флогопит-оливинового состава*. Его скопления находятся в центре жил и линз в рыхлой тонкозернистой оливин-слюдистой массе совместно с флогопитом, серпофитом, клиногумитом и кальцитом.

Хризолит из месторождений Китая и Сев Америки (Аризона)

- Диагностическими признаками образцов из месторождений *Китая* и *Сан-Карлос* (шт. *Аризона*, *США*) служат включения хромита, либо хромовой шпинели красно-коричневого цвета, окруженные дисковидной трещиной («лист кувшинки»). Эти включения присущи также хризолитам из альпинотипных гипербазитов.
- Включения вулканического стекла округлой формы ;
- Пустоты заполненные лимонитом необычной формы

Включения в хризолите Китая



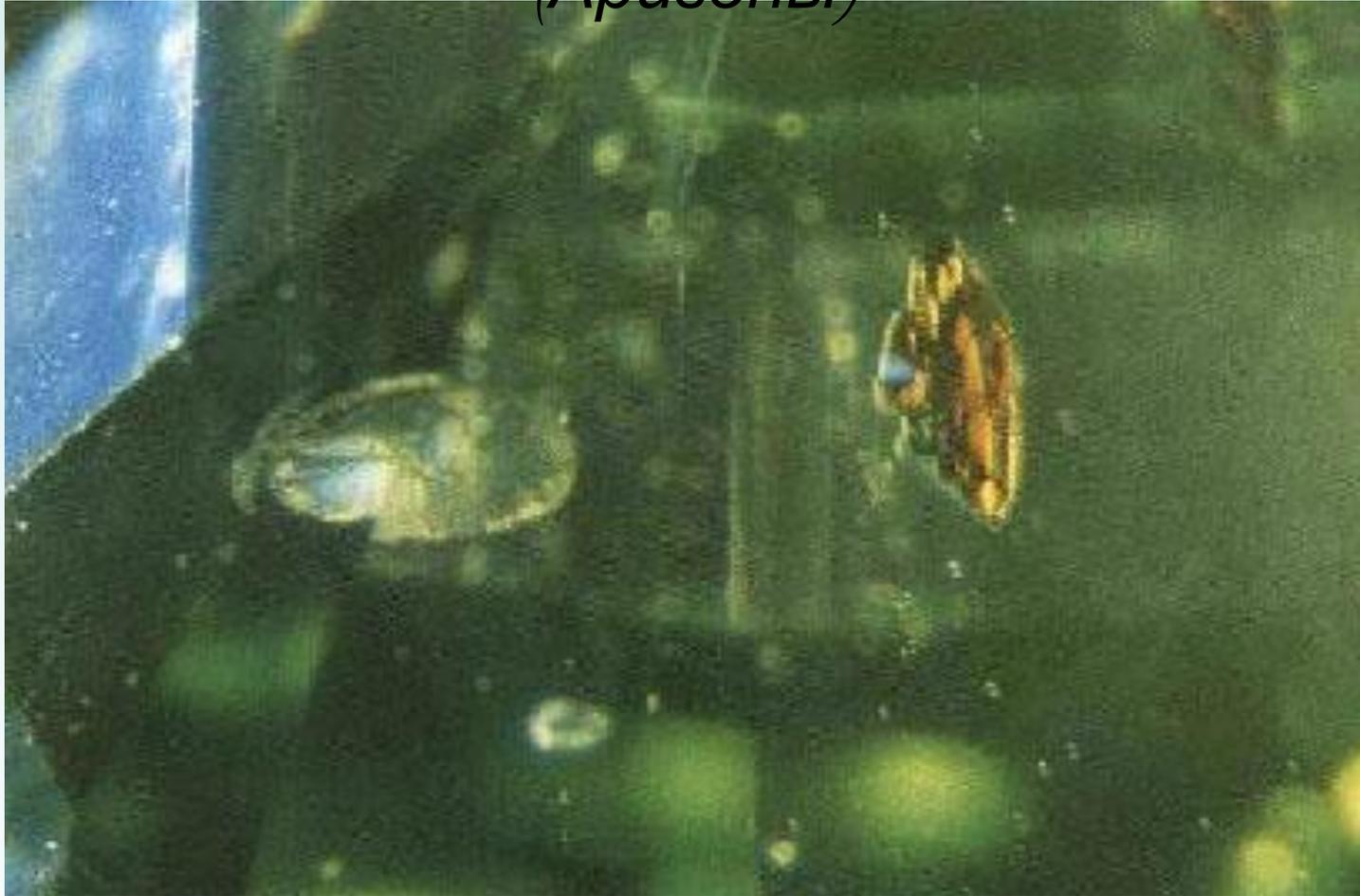
Включения хромита (черное) и биотита (коричневое) в перидоте из базальтов (Китай). Ширина картинка 0,5 мм.

(Koivula, Fryer , 1986)



Включение хромдиопсида в перидоте из базальтов (Китай). Ширина картинки 0,5 мм. (*Koivula, Fryer, 1986*)

Включения в хризолите Сев. Америки (Аризона)



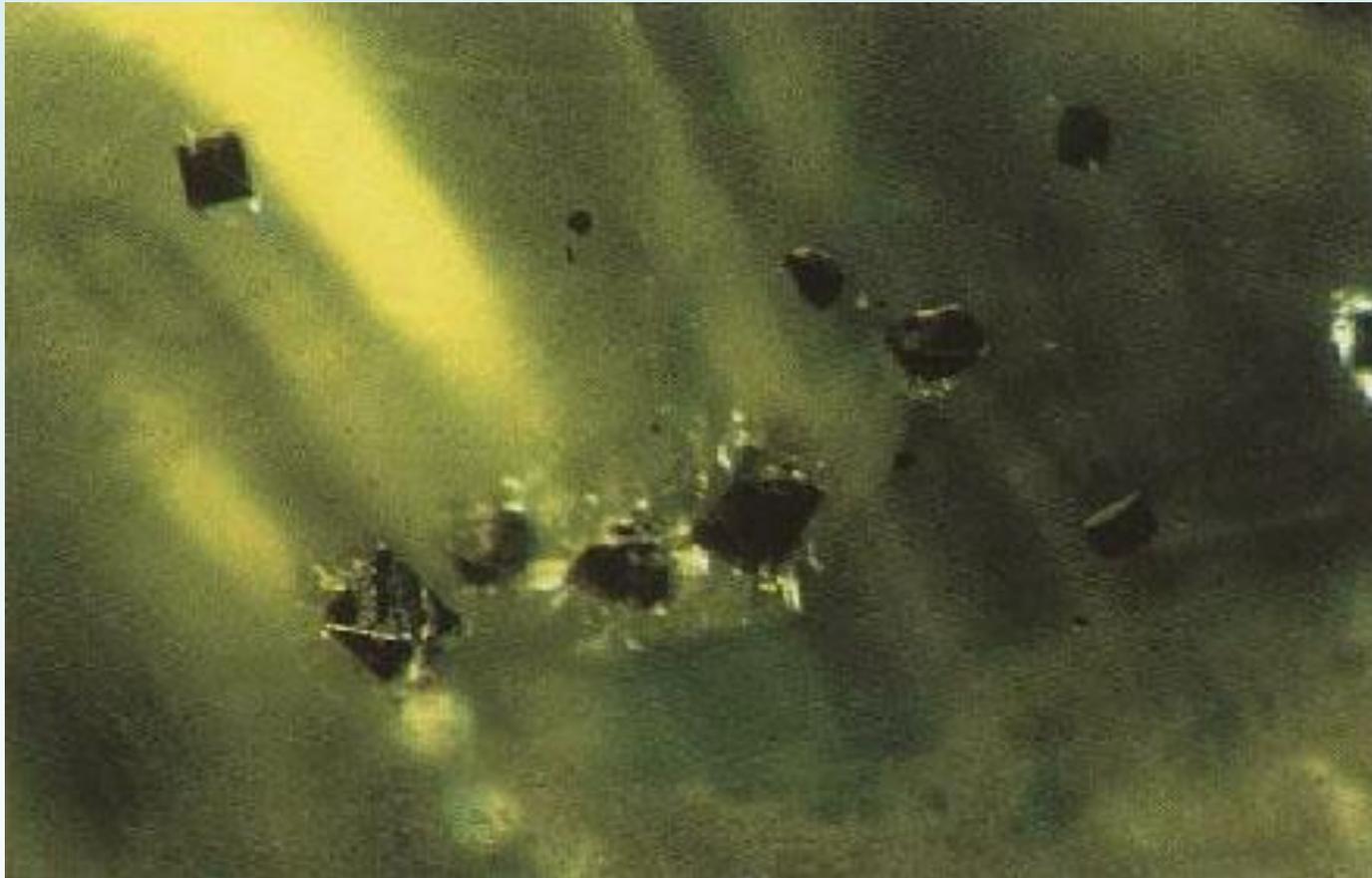
Хромовая шпинель коричневого до красно-коричневого цвета совместно с хромитом в перидоте из м-ния Сан Карлос. Ширина картинки 0,5 мм.
(*Gübelin, Koivula, 1996*)



Включение стекла, похожее на газовый пузырь, в центре «листа кувшинки» в перидоте Аризоны. Ширина картинка 0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Кристаллы хромита в перидоте вулканического происхождения . (Сан Карлос, Аризона, США). Ширина картинки 0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Черные октаэдрические кристаллы хромита в перидоте Сан Карлоса (Аризона, США). Ширина картинки 0,7 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)

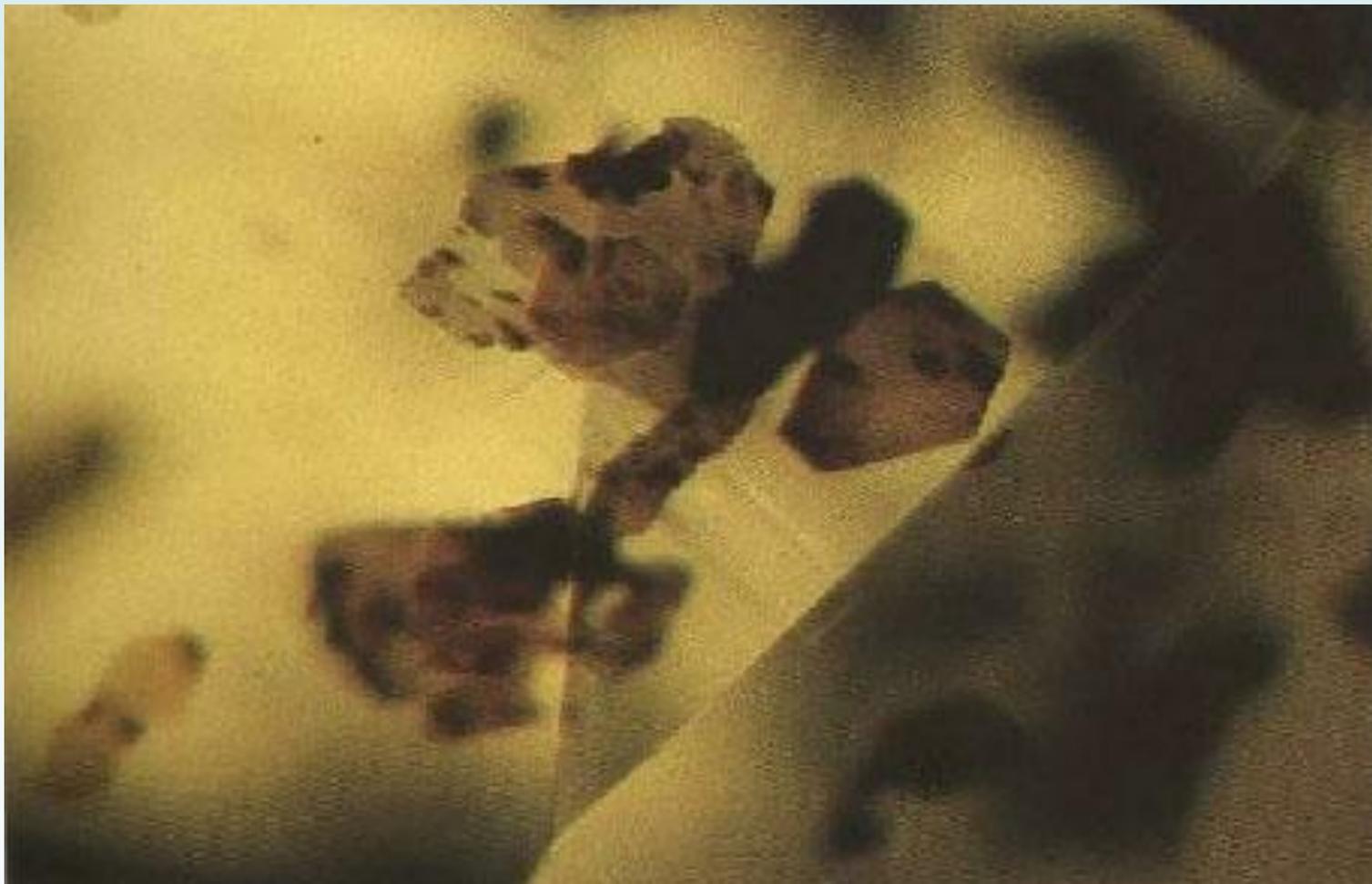


Включение хромита и хромовой шпинели в центре, так называемого , «листа кувшинки», образованного флюидными включениями в перидоте Аризоны. Ширина картинки 0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Типичная дисковидная трещина в перидоте Аризоны. В центре трещины просматривается маленький кристалл. Увел. 40^x. (*Gübelin, Koivula, 1996*)

Включения в хризолите Мьянмы



Включения биотита в перидоте Мьянмы (Бирмы). Увел. 35^x.
(*Gübelin, Koivula, 1996*)

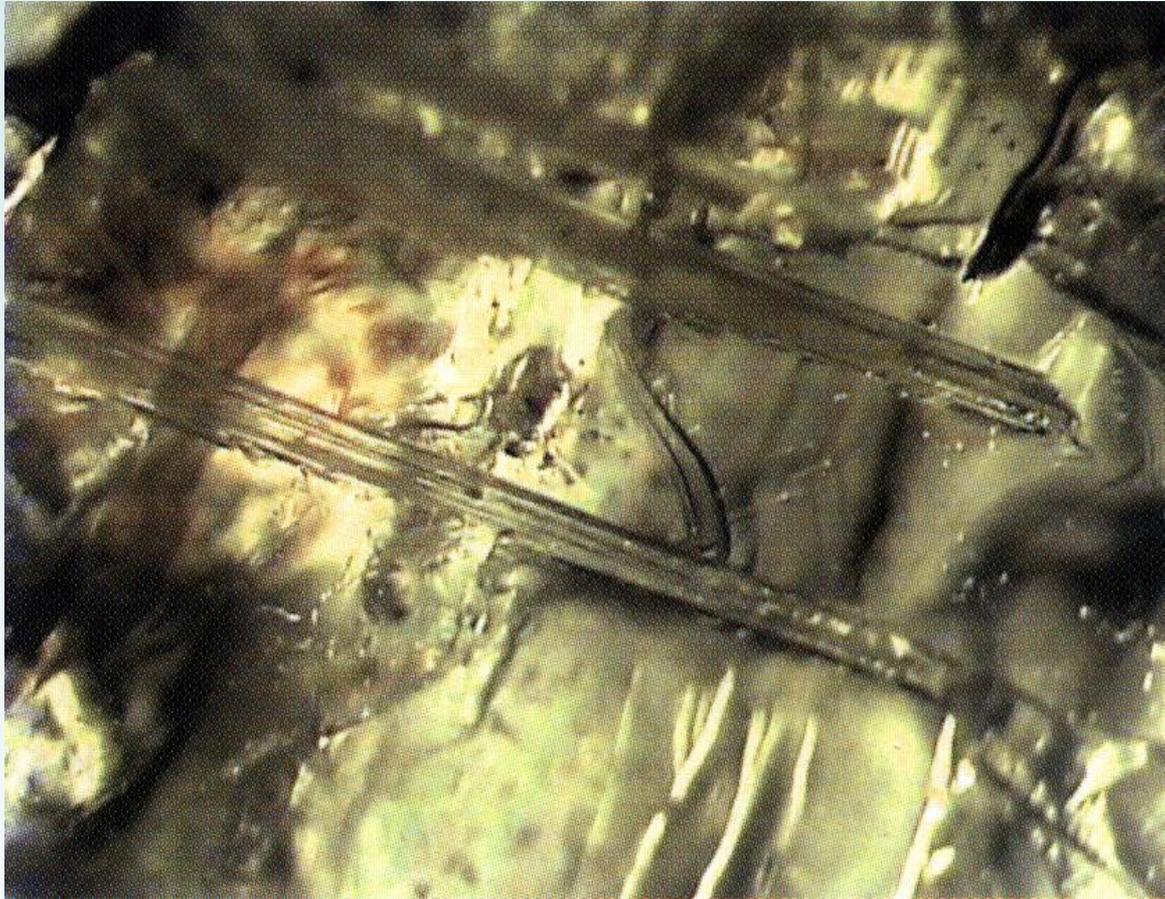


Флюидные включения и тонкие иголки неизвестной природы в перидоте из месторождения в Норвегии. Ширина картинка 0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)

Включения в хризолитах Ковдорского и Кугдинского месторождений

В хризолитах Ковдорского и Кугдинского месторождений были обнаружены включения трех типов :

1. Минеральные включения, представленные кристаллами апатита, рихтерита, амфибола, магнетита и пластинками тетраферрифлогопита, характерного только для Ковдора.
2. Раскристаллизованные включения расплавов: первичные и вторичные. Первичные включения встречаются по одиночке и небольшими группами, обладают округлой или короткостолбчатой формой. Вторичные расплавные включения, приуроченные к прямолинейным и искривленным микротрещинам, наличие которых вызывает помутнение (так называемая «вуаль»). Эти включения имеют уплощенную форму, содержат темную фазу, окруженную белой сахаровидной каймой (Соколов и др. 2002) .
3. Включения - продукты распада твёрдых растворов (дендритовые выделения магнетита). Скелетные выделения магнетита, обогащенного кальцием и хромом, а также включения предположительно шпинели

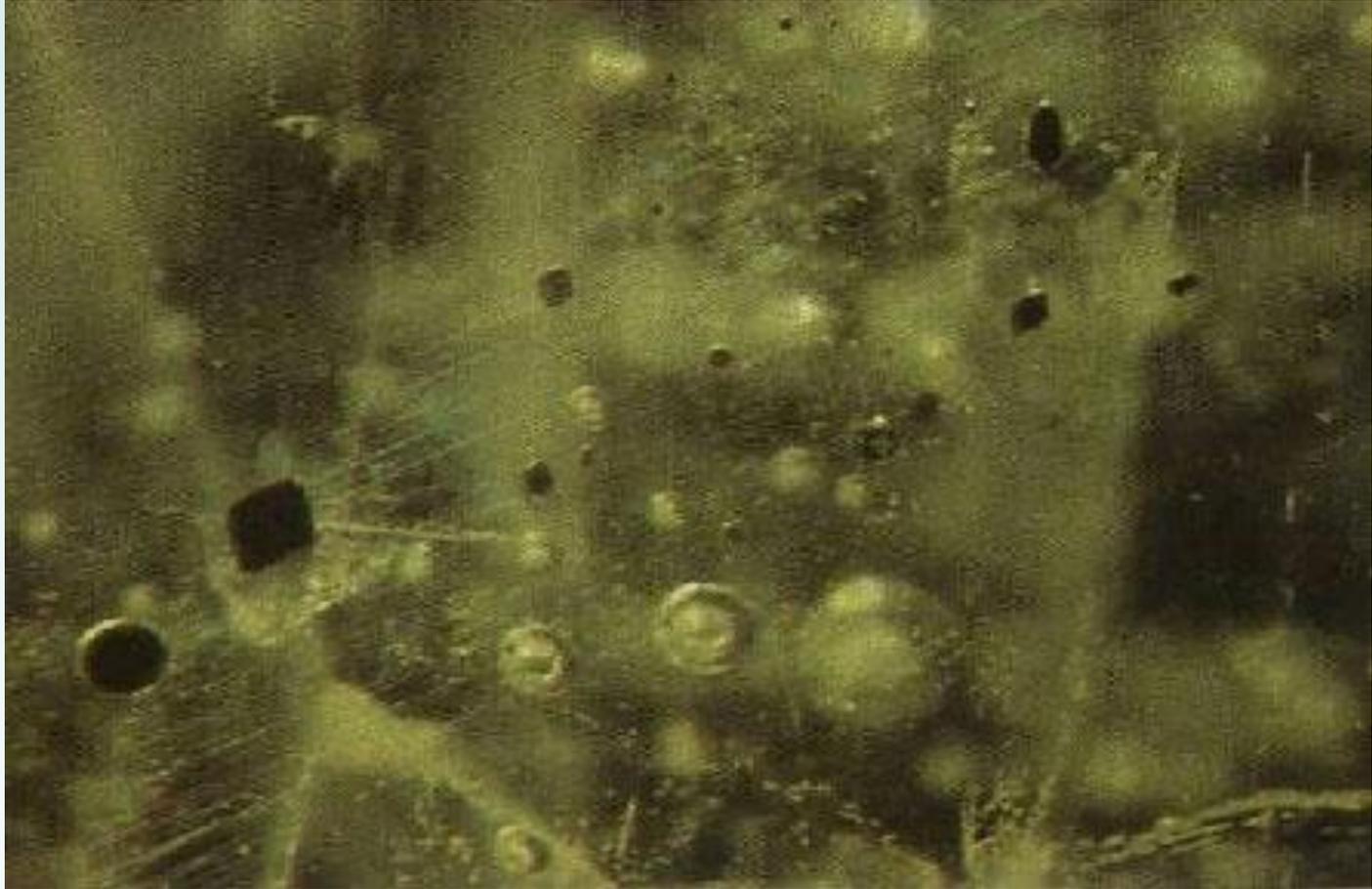


Игольчатые включения амфибола в хризолите Ковдора.

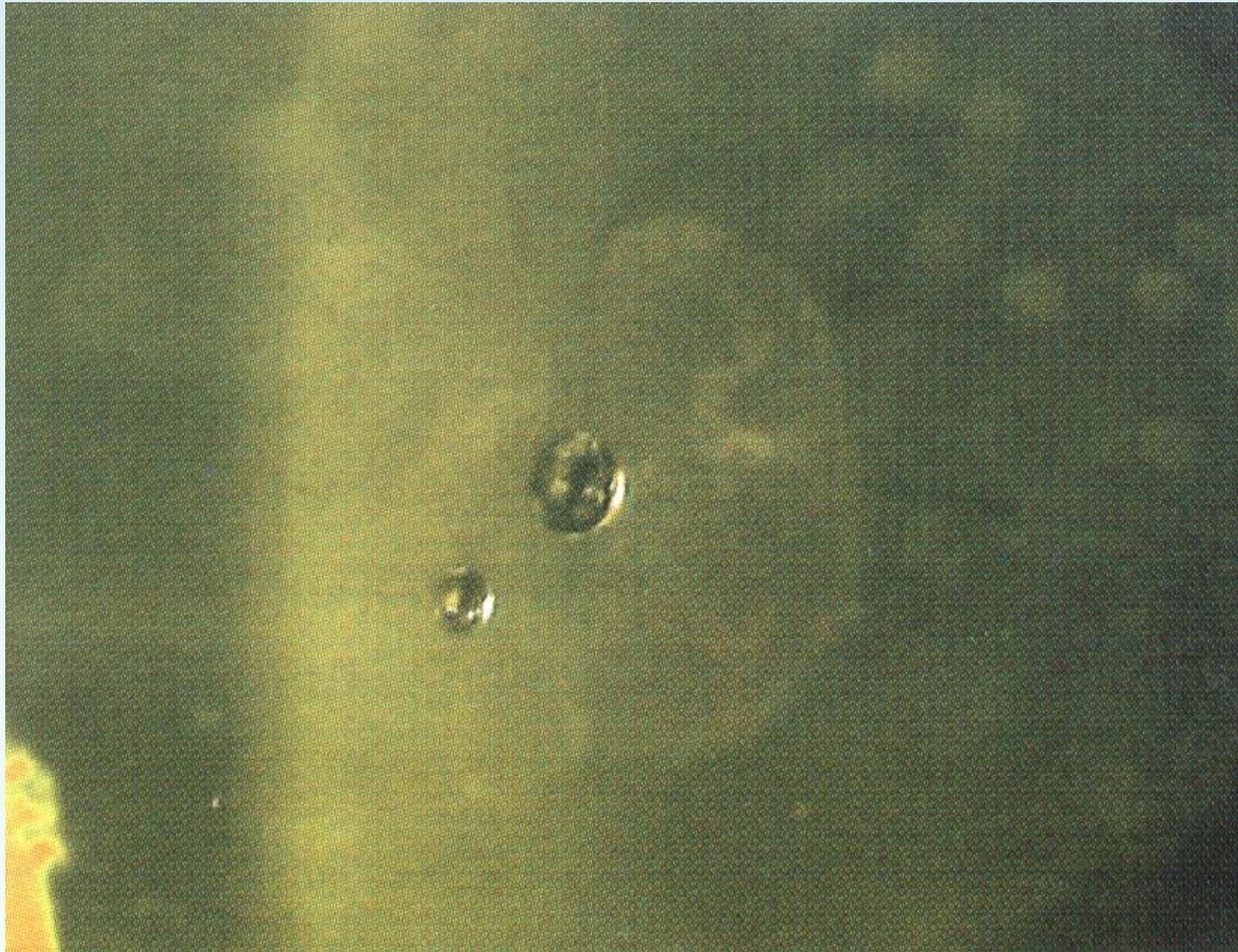
Размер включения 0,1 мм. (Соколов и др., 2002)

Хризолиты Гавайских месторождений

- Диагностическими включениями *Гавайских* хризолитов являются включения стекла округлой формы с «налипшими» на них мелкими кристалликами хромита, иногда включения ориентированны параллельно ромбическим очертаниям первоначальных граней кристалла.



Включения хромита в перидоте из месторождения вулканического происхождения (Гавайи). Ширина картинки 0,5 мм.
(*Gübelin, Koivula, 1996*)



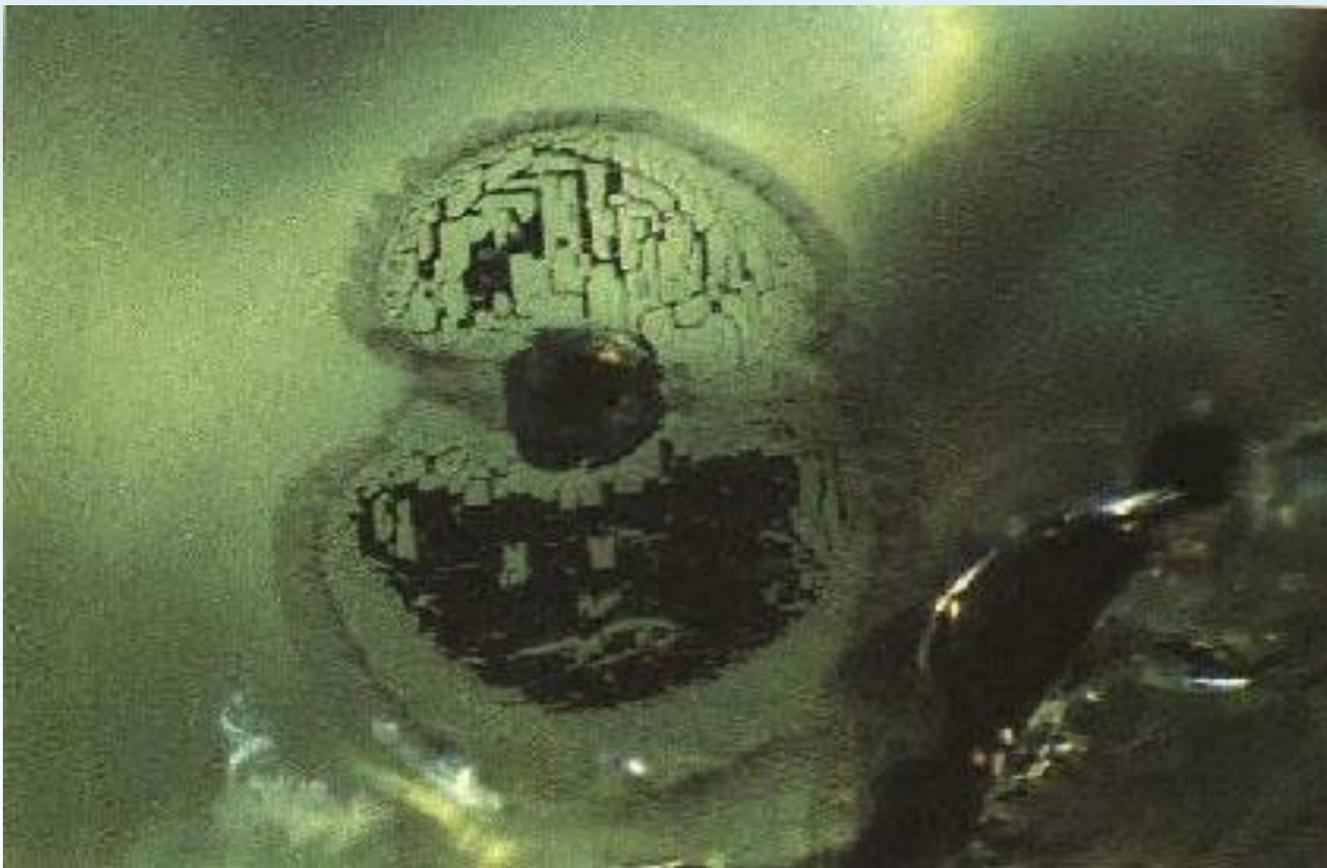
Включение стекла в Гавайских хризолитах.
Размер включения 0,05 мм. (*Соколов и др., 2002*)

Включения в хризолите о. Зебергет

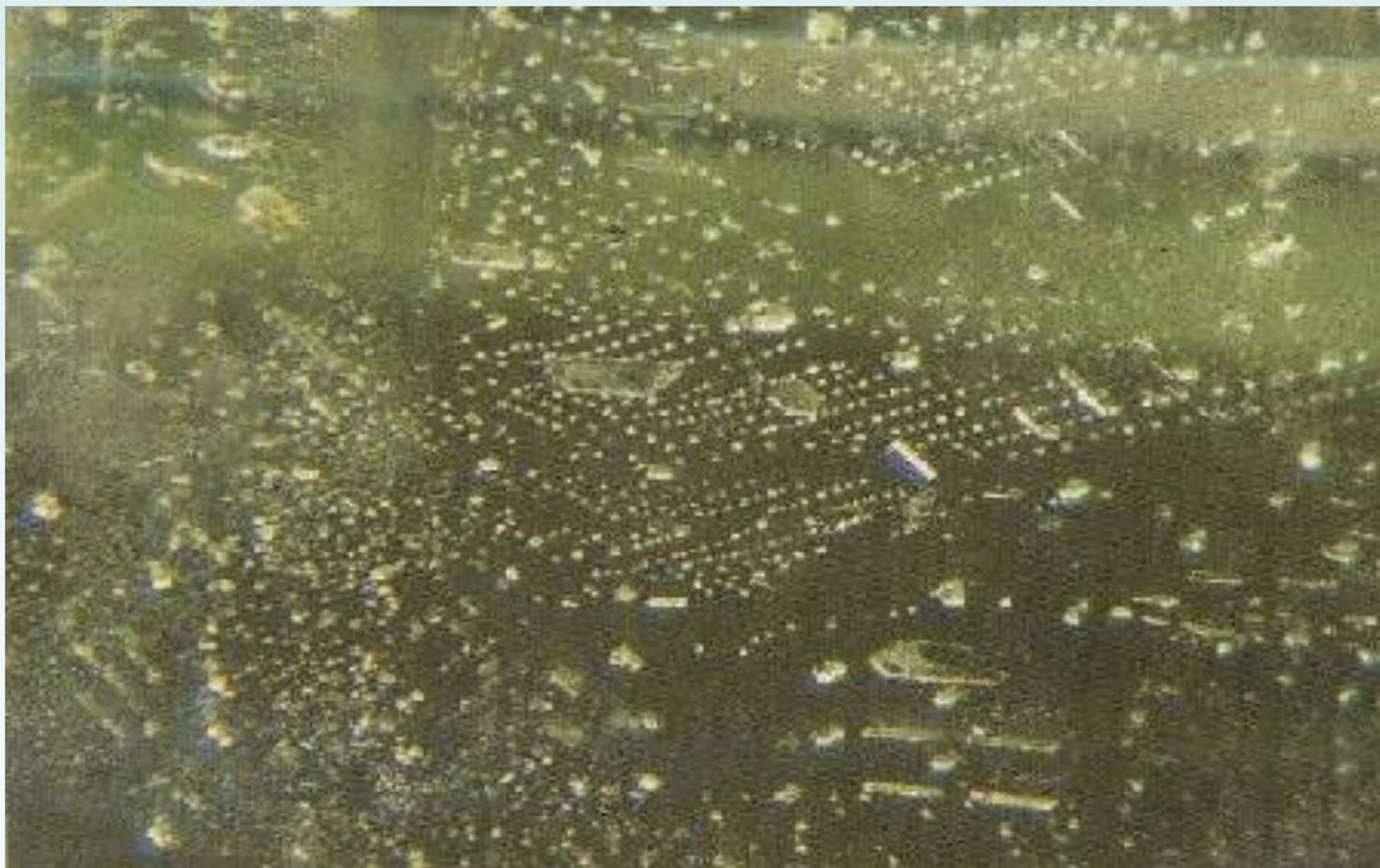


Флюидные и дендритовидные включения вокруг кристаллика хромита в перидоте с о. Зебергет в Красном море. Ширина картинки 0,5 мм.

(Gübelin, Koivula, 1996)

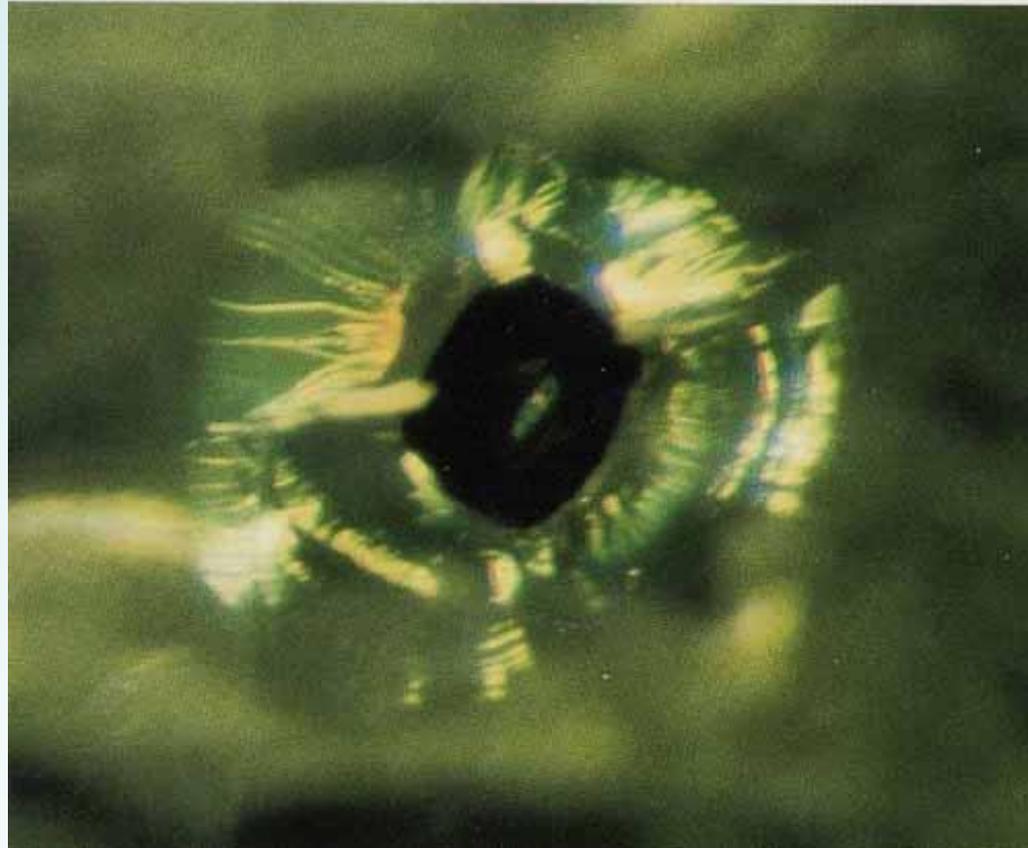


Флюидные и дендритовидные включения вокруг кристаллика хромита в перидоте с о. Зебергет в Красном море. Ширина картинки 0,5 мм.
(*Gübelin, Koivula, 1996*)



Флюидные включения в перидоте. Ширина картинки 0,5 мм.
(*Gübelin, Koivula, 1996*)

*Включения в перидоте из месторождения Килбоурн-
Хоул, шт. Нью-Мексико*



Включение герцинита (FeAl_2O_4) в перидоте. Герцинит не наблюдался в перидоте других месторождений. Размер включения 0,08 мм.

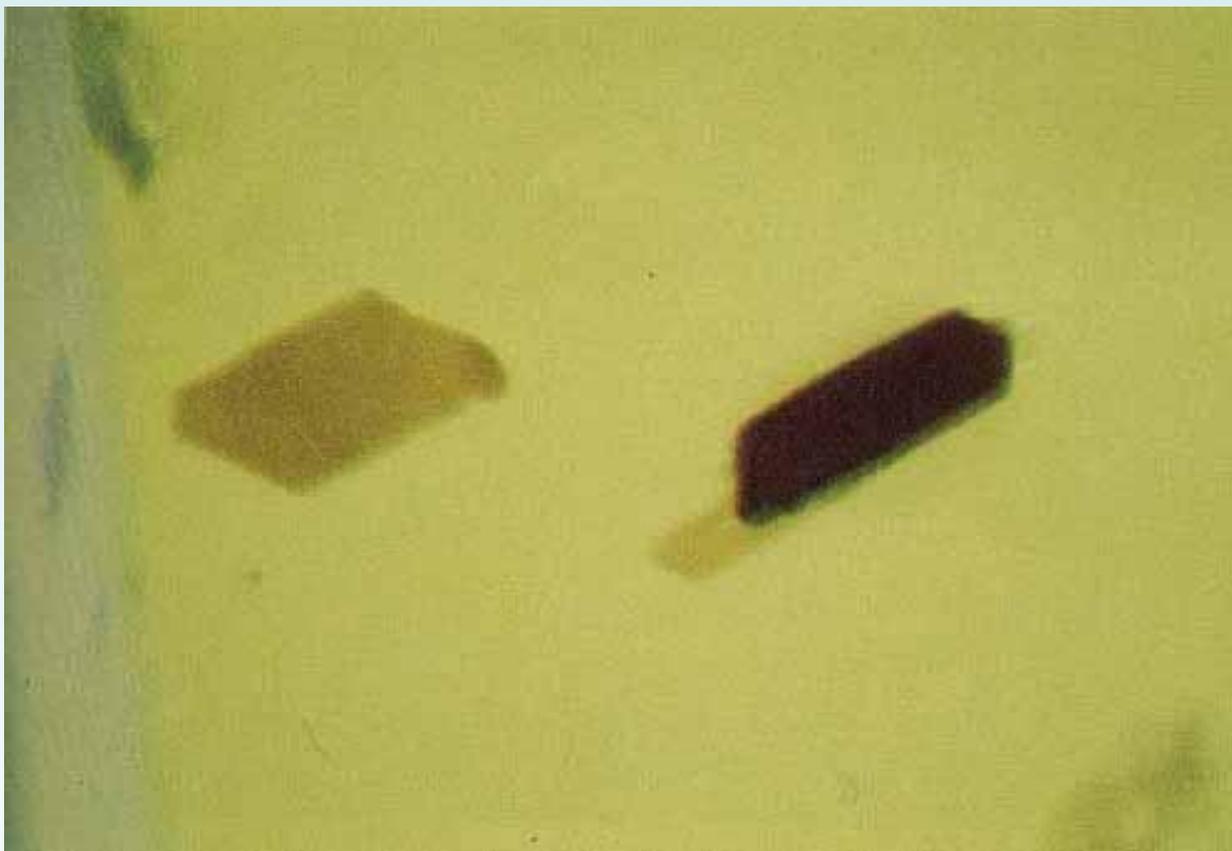
(Gübelin, Koivula, 1996)



Лимонит в перидоте из месторождения в Нью-Мехико. Ширина картинки 0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



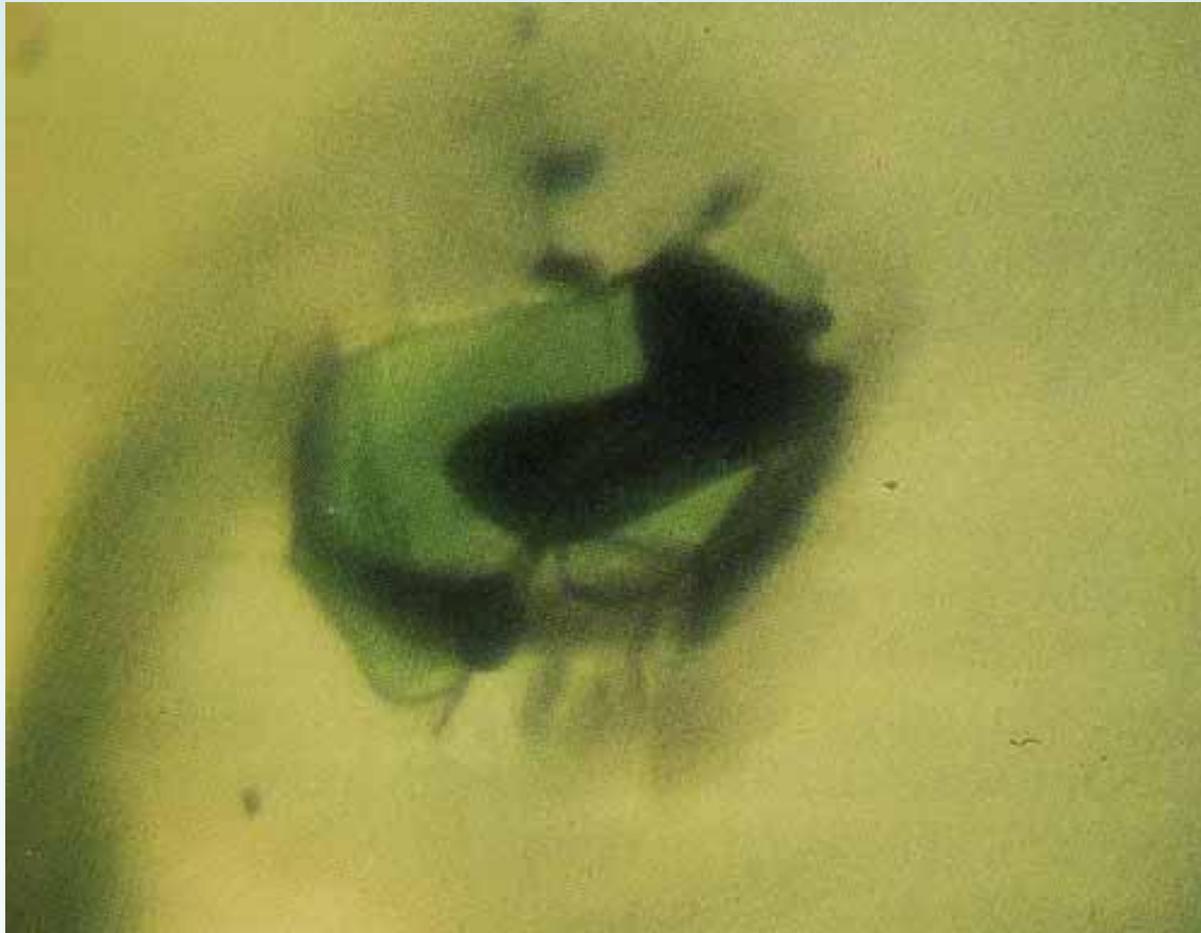
Кристалл форстерита в перидоте. Справа тот же кристалл в скрещенных николях. Увел. 45^x. (*Fuhrbach, 1992*)



Псевдогексагональные коричневые кристаллы биотита месторождения
Килбоурн-Хоул. Увел. $26\times$. (*Fuhrbach, 1992*)



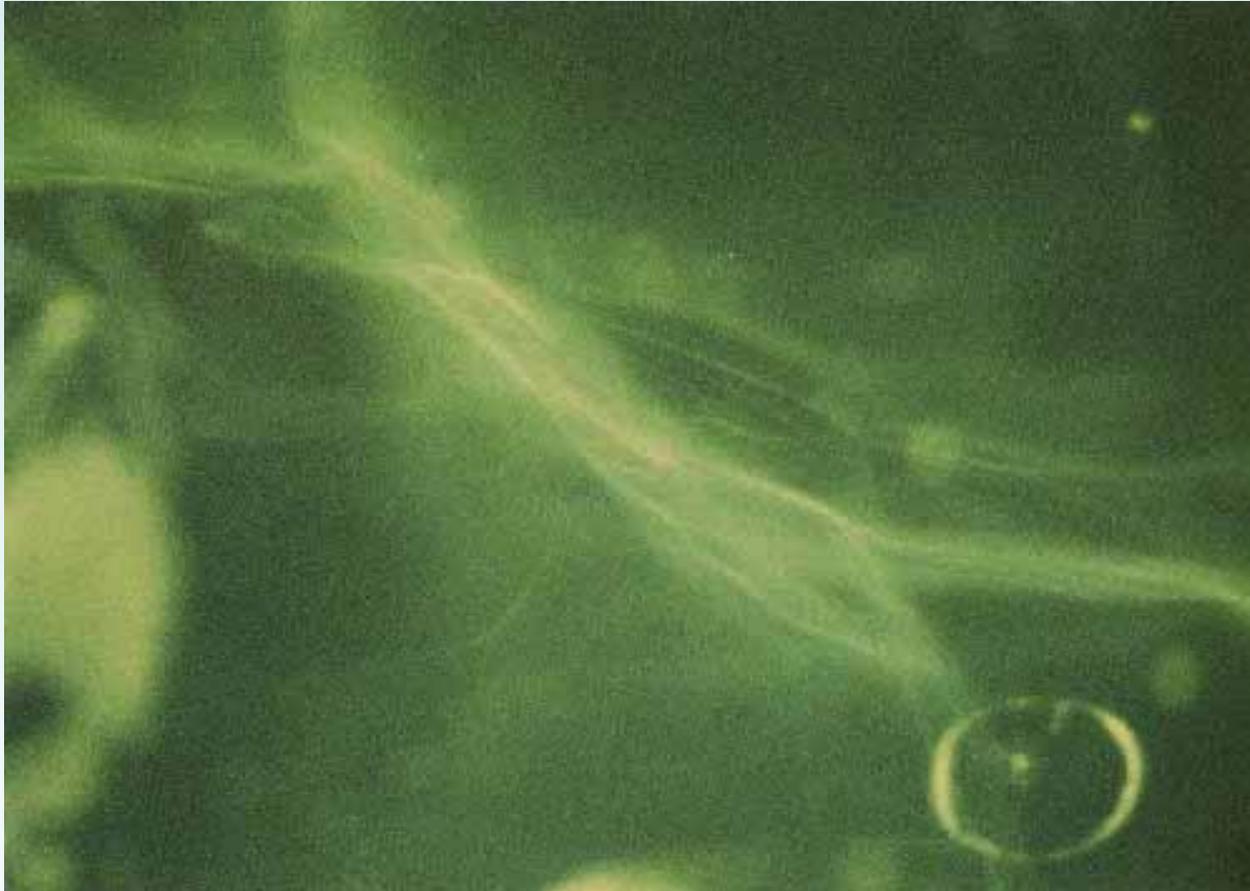
Вторичные флюидные включения в виде «отпечатков пальцев» Ширина картинки 0,5 мм. (*Fuhrbach, 1992*)



Включение хромдиопсида, ассоциирующего с черным герцинитом (FeAl_2O_4).
Увел. 50^x. (*Fuhrbach*, 1992)



Включения стекла , содержащего газы. Увел. 50^x. (*Fuhrbach, 1992*)

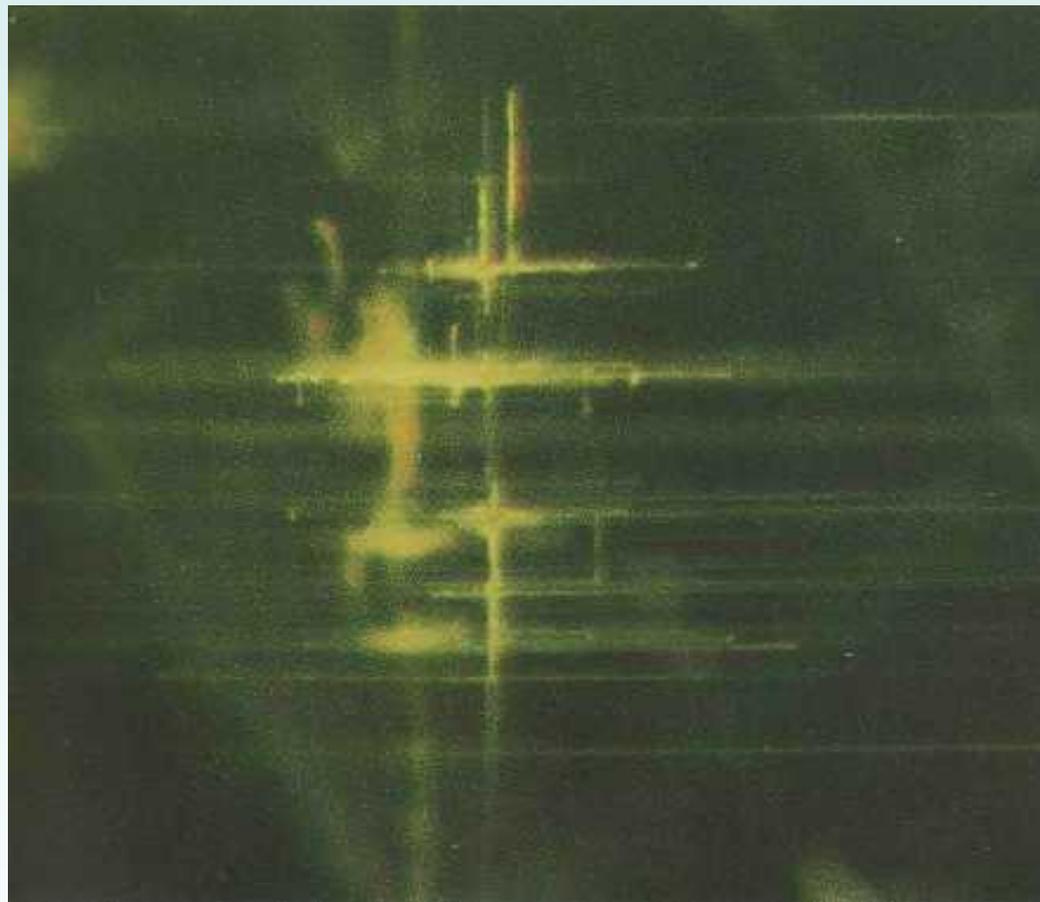


Вуаль, похожая на дым, в перидоте месторождения Килбоурн-Хоул. Увел. 35^x.
(*Fuhrbach*, 1992)

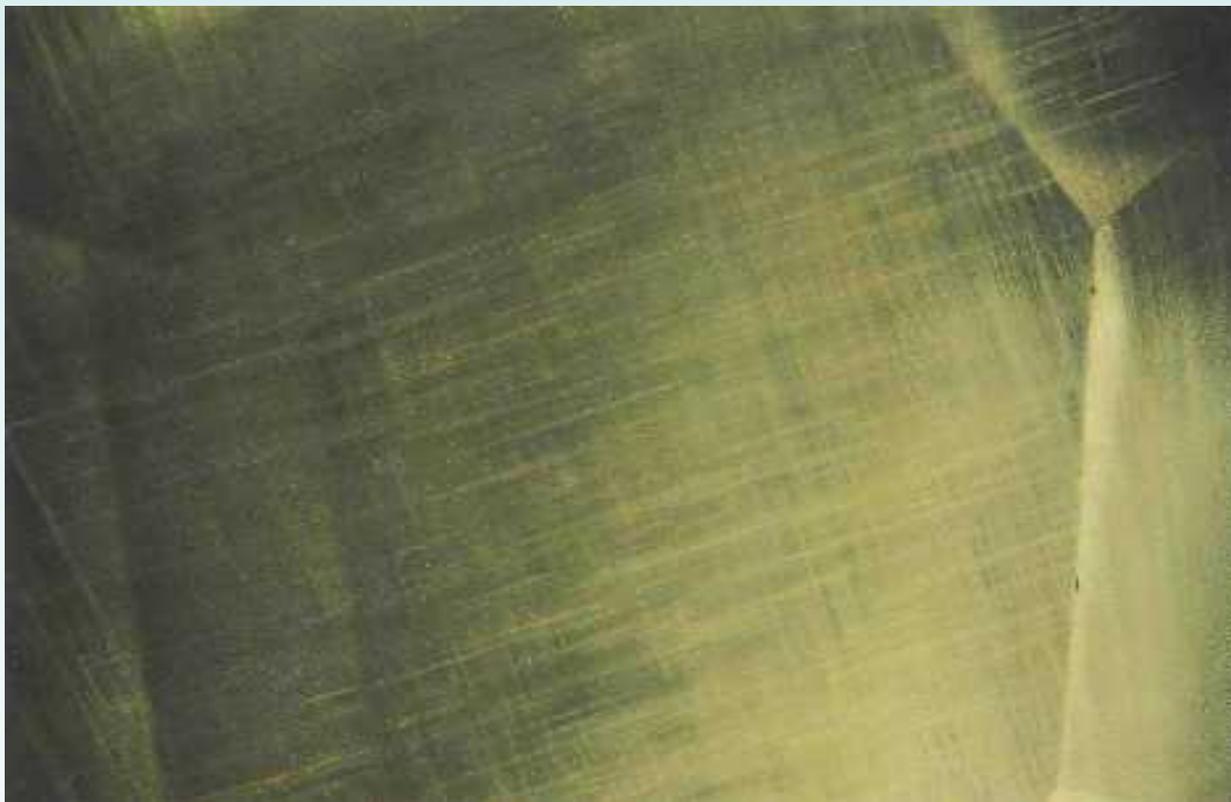


Включение типа «лист кувшинки»
в перидоте месторождения
Килбоурн-Хоул. Увел. 21^x.
(*Fuhrbach*, 1992)

Включения в хризолите из палласитов



Все перидоты палласитов содержат включения неизвестного материала, ориентированного в плоскости под углом в 90° . Увел. $25\times$. (Синканкас и др., 1992)



Включения неизвестного материала, ориентированного в плоскости под углом в 90° . Увел. $25\times$. (Синканкас и др., 1992)



Камень в 1.25 карата содержит красно-коричневые ржавые пятна, ориентированные вдоль трещины. Они могут быть результатом окисления частичек никель - содержащего железа метеоритного происхождения. Увел. $30\times$. (Синканкас и др., 1992)



Те же самые красно-коричневые ржавые пятна, ориентированные вдоль трещины, в скрещенных николях. Увел. $30\times$. (Синканкас и др., 1992)



Перидот в 1.39 карат содержит округлые частички 0.6 мм в диаметре с темным металлическим блеском. Это могут быть соединения никель-содержащего железа. Увел. 30^x. (*Синканкас и др., 1992*)

Гранаты

Благородные минералы группы граната - демантоид, пироп, альмандин, гессонит и др. - весьма привлекательны в ювелирных изделиях. Одни из них - демантоид и родолит - редки и ценятся очень высоко, другие - пироп, альмандин и гроссуляр - распространены значительно шире .

Название «гранат» произошло от латинского «granatus», что означает подобный зернам. Действительно, кристаллы красных гранатов, заключенные в породе, по цвету и форме напоминают зерна плодов граната.



Демантоид

Так называется ювелирная разновидность андрадита травяно-зеленого цвета. Благодаря большому светопреломлению и коэффициенту дисперсии света этот гранат характеризуется красивой цветовой игрой и ярким блеском, что особенно заметно при искусственном освещении. Отсюда происхождение его названия от слова «диамант» - алмаз. В ювелирном деле демантоид из-за своей красоты и редкости ценится гораздо дороже других благородных гранатов. По составу это кальциево-железистый гранат, зеленый цвет которого обусловлен присутствием Fe^{3+} в шестерной координации и повышенным содержанием Cr^{3+} , замещающим Fe^{3+} в октаэдрической позиции.



Демантоид. Урал (Россия)



Хорошо образованные кристаллы для демантоида нетипичны, лишь изредка он встречается в виде ромбододекаэдров. Обычно это зерна овальной формы, которые итальянские рудокопы образно называют «семенами асбеста». Размер зерен колеблется от долей миллиметра до 8-10 мм, более крупные встречаются очень редко. На Урале в XIX веке были добыты два камня массой 29.8 и 50.5 г. Коэффициент дисперсии демантоида 0.057, что в два раза больше коэффициента дисперсии других ювелирных гранатов. Показатель преломления 1.88-1.90, твердость сравнительно низкая - около 6.5 по Моосу, плотность 3.80-3.90 г/см³.

В конце XIX - начале XX вв. демантоид наряду с изумрудом был основным ювелирным камнем русского экспорта. Месторождения высококачественного демантоида, ставшего лучшим эталоном зеленого граната, пока известны только в габбро-перидотитовых массивах Урала. На остальных месторождениях (Италия, Южная Корея и др.) преобладают сравнительно недорогие бледноокрашенные или зеленовато-бурые кристаллы.



Лучший в мире ювелирный демантоид добывался на двух месторождениях Среднего Урала: Бобровском и Полдневском. К 20-м годам прошлого столетия они были почти полностью отработаны. Находки демантоида известны на Чукотке (Россия), в Армении, на асбестовых месторождениях Италии, в Заире, Саксонии (ГДР) и на севере Венгрии.



Месторождения и проявления демантоида относятся к двум генетическим классам – гидротермальному и к россыпям.[классиф_демантоид.doc](#)

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Гидротермальные месторождения связаны с серпентинизированными ультраосновными породами и серпентинитами и представлены зонами мелких минерализованных трещин, развитых вблизи крупных тектонических нарушений в краевых частях гипербазитовых массивов. Длина трещин редко превышает 1 м, ширина не более 2-3 см. Демантоид присутствует в них в виде овальных зерен и хорошо ограненных изометричных кристаллов размером от долей миллиметра до 10 мм. С демантоидом ассоциируют магнетит, минералы группы серпентина, кальцит, арагонит и магнезит.



Поэтому он содержит включения этих минералов: магнетита, серпентина и обычно окаймлен волокнистым серпентином. М.А. Кашкай относит месторождения демантоида в ультраосновных породах к гидротермальным средне-температурным образованиям умеренных глубин и считает источником растворов магму кислого состава.



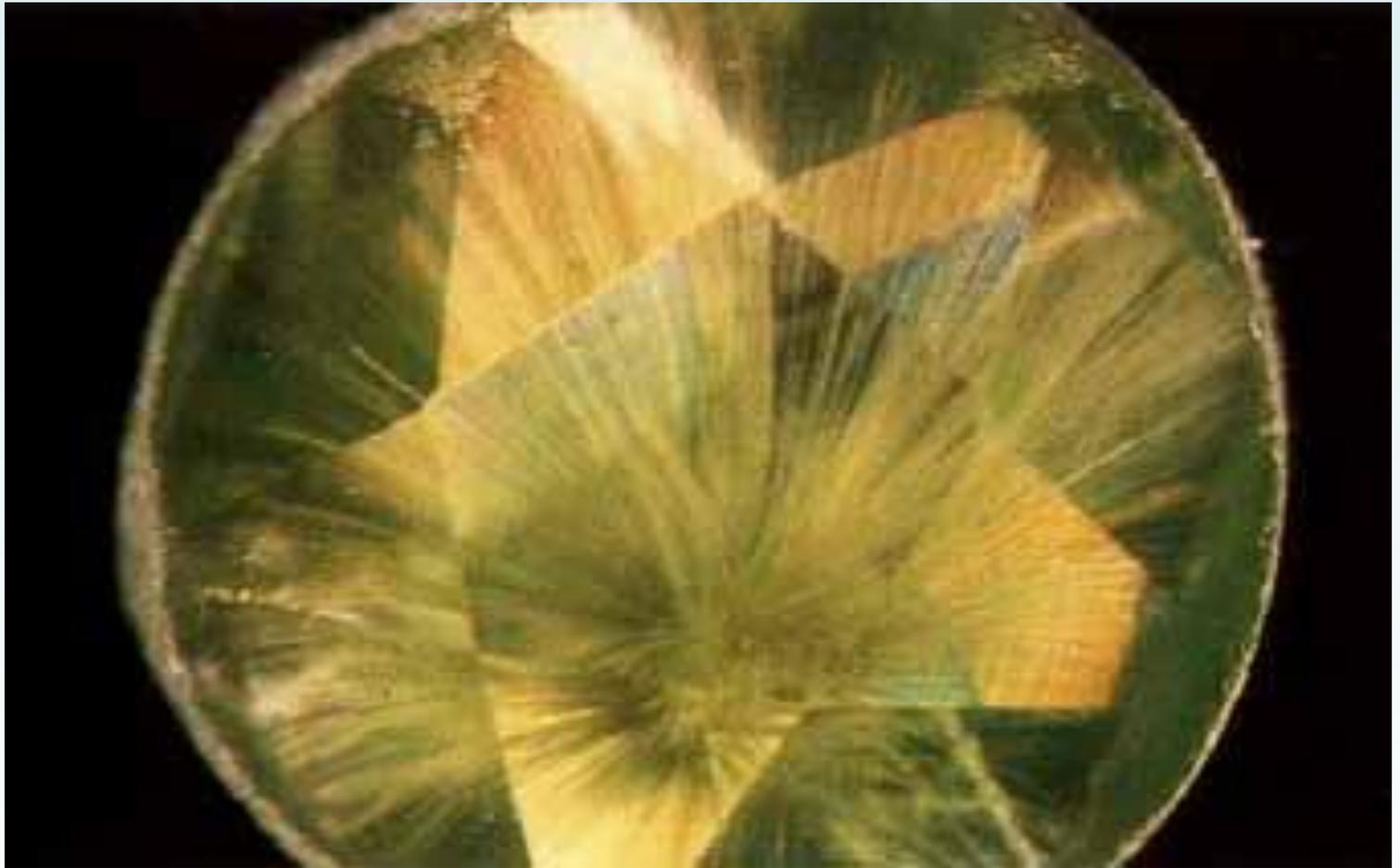
Ювелирные камни добываются попутно на ряде асбестовых месторождений Италии (Валь-Малено в Ломбардии и др.).

Проявления демантоида в ассоциации с хризотил-асбестом известны в Армении.

РОССЫПНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Россыпи *Бобровского месторождения* расположены в непосредственной близости от коренного месторождения. Они известны с 1855 г., в течение 70 лет отрабатывались старателями и к настоящему времени почти полностью исчерпаны. О размерах добычи демантоида сохранились весьма отрывочные сведения. Известно, что в 1912 г. было добыто 86.6 кг, в 1913 г.- 104.0 кг, а за 6 месяцев 1914 г.- 16.7 кг кристаллов хорошего качества.

Включения в демантоиде



Радиально-лучистый хризотил-асбест в демантоиде.
Ширина картинки 3 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Желтый хризотил-асбест в демантоиде. Ширина картинка
0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Включения хромита и асбеста в андрадите Ширина картинки
1,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Включения асбеста в андрадите Намибии. Ширина
картинки 0,3 мм.



Гроссуляр

Гроссуляр –зеленая разновидность граната, найденная К. Лаксманом в 1790 г. в Сибири и названная по ассоциации с цветом крыжовника, ботаническое название которого гроссулярия. Гроссуляр это кальциево-алюминиевый гранат, в котором обычно присутствует андрадитовый компонент. Форма кристаллов гроссуляра - ромбододекаэдры и тетрагонтриоктаэдры, величина их различна. Зеленый цвет камня обусловлен присутствием иона Fe^{3+} в шестерной координации, изоморфно замещающего алюминий. При содержании железа менее 2 % камень почти бесцветен, однако даже небольшая примесь хрома вызывает ярко-зеленую окраску. Гроссуляр из Пакистана, так называемый «пакистанский изумруд», имеет светло-зеленую окраску и по блеску похож на демантоид. Показатель преломления 1.738, плотность 3.6 г/см².

Гроссуляр - типичный минерал известковых скарнов, а также продуктов гидротермального изменения серпентинитов и габбро. Его месторождения известны в России, Индии, Пакистане и других странах. В середине 70-х годов прошлого столетия появились сообщения об ювелирном гроссуляре высокого качества из скарнированных мраморов в Танзании и Кении (месторождения Лалатема, Мерелани, Луаленья и др.,).



Лучшие Восточноафриканские гроссуляры названы цаворитами (тсаворитами) по названию национального парка Цаво в Кении, цвет их от бледного салатого до густого изумрудно-зеленого с голубоватым оттенком, появляющимся при искусственном освещении. По данным К. Бриджеса, железо в этих гранатах отсутствует, а их окраска объясняется примесями ванадия, хрома, марганца и никеля.

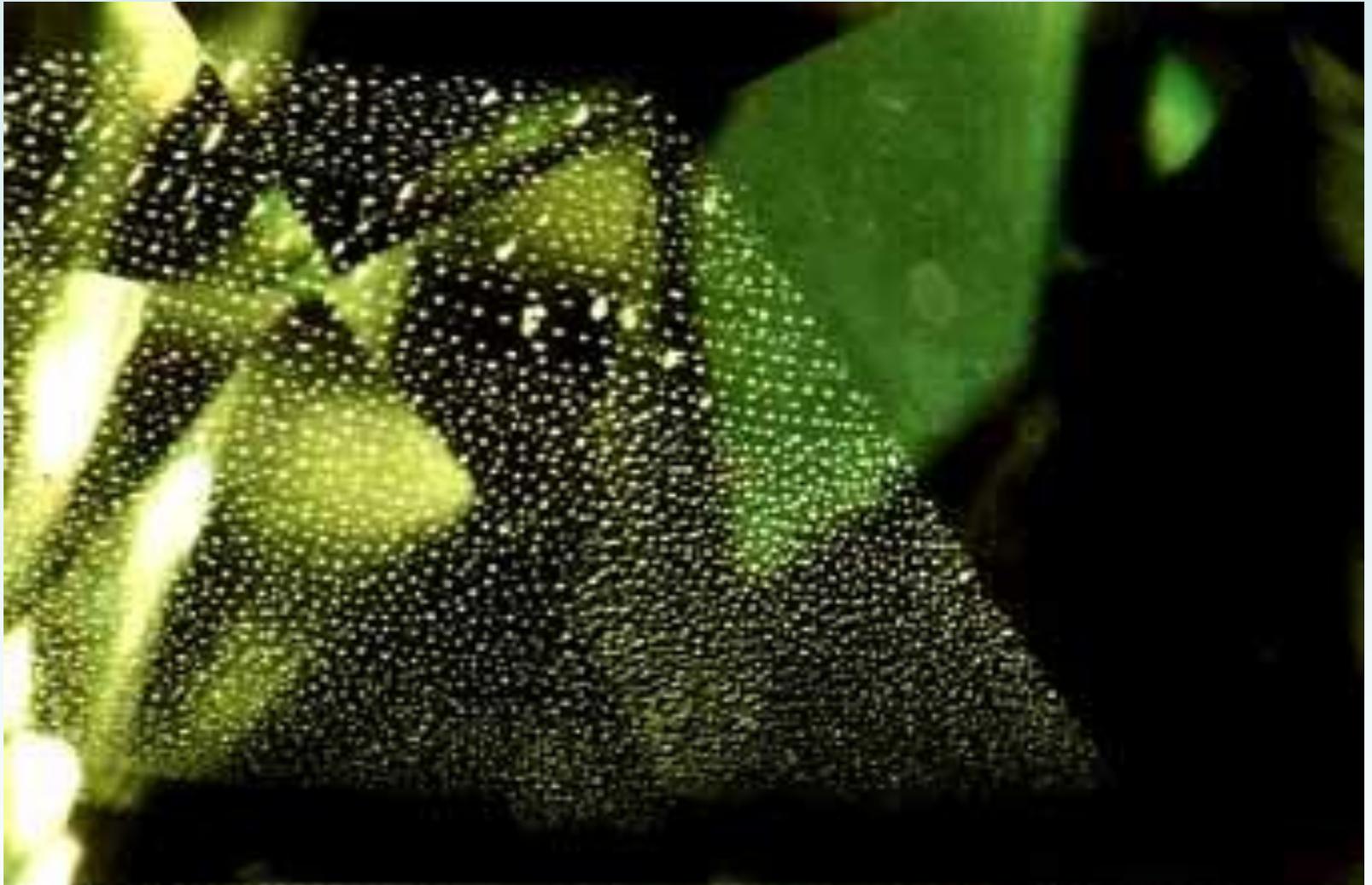
Включения в гроссуляре.



Кристаллы апатита в желтом гроссуляре.
Ширина картинки 0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Скаполит в гроссуляре.
Ширина картинки 0,3 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



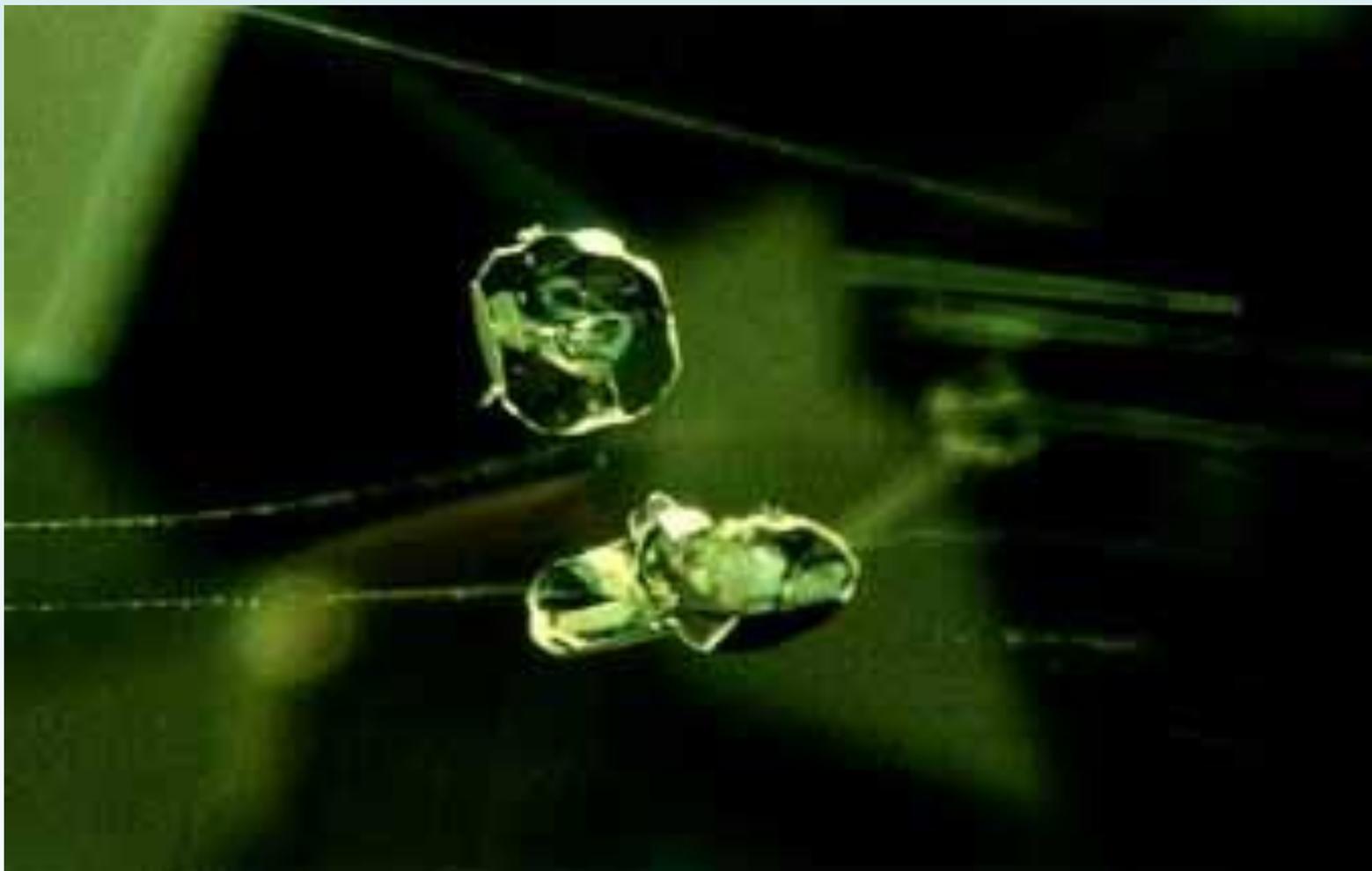
Включения в виде отпечатков пальцев в цаворите.
Ширина картинки 0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



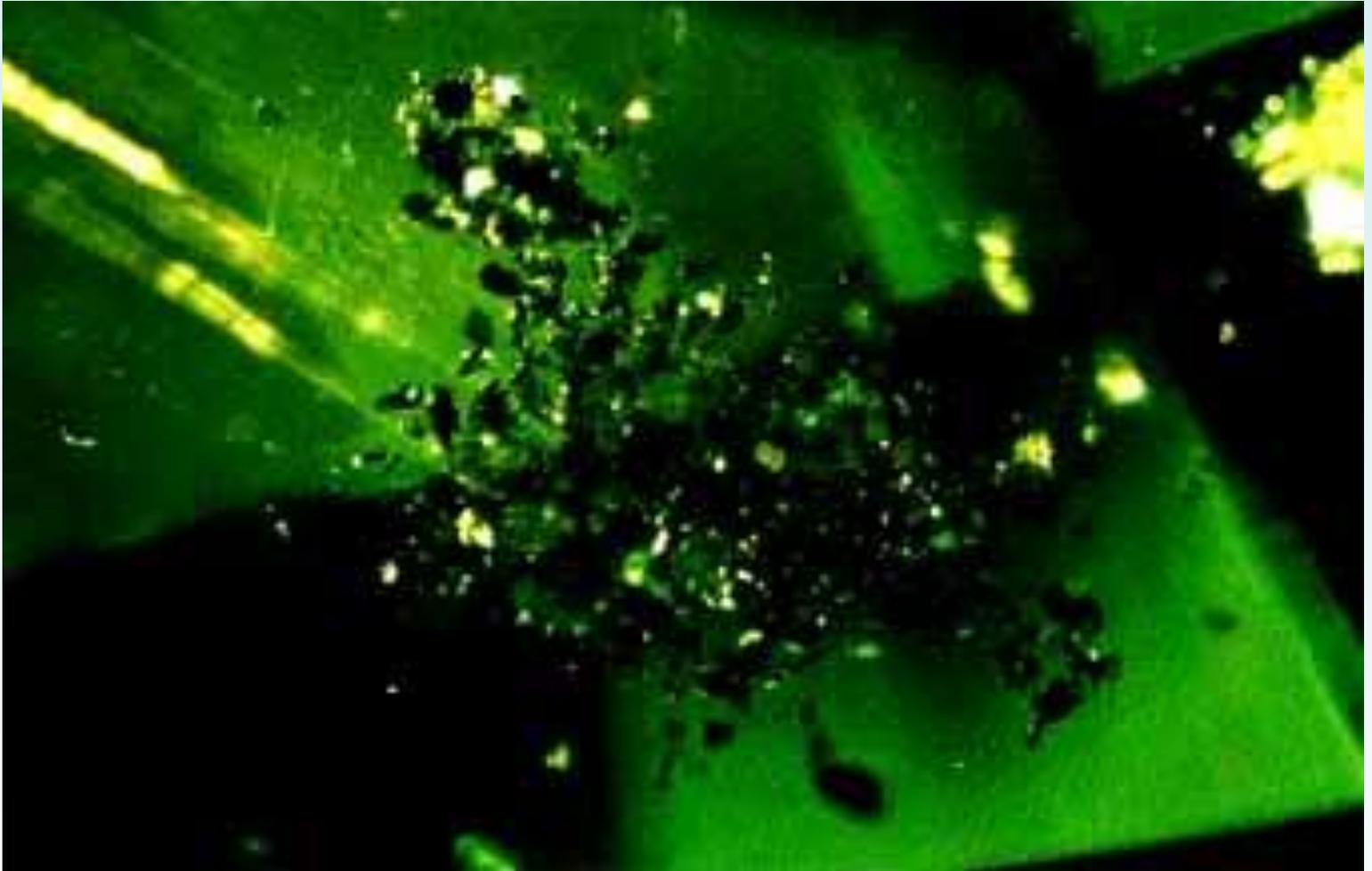
Включения в виде отрицательного кристалла в цаворите.
Ширина картинки 0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Нити асбеста, кристаллы апатита и пластиночки графита в цаворите.
Ширина картинки 0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Кристаллы апатита в цаворите.
Ширина картинки 0,5 мм. (*Gübelin, Koivula, 1996*)



Таблички графита в цаворите. Ширина картинки 0,5 мм.
(*Gübelin, Koivula, 1996*)