Э.М. Спиридонов

Генетическая минералогия.

Онтогения. Индивиды

Рост кристаллов

008. Специфические формы кристаллов – скелетные

Скелетные кристаллы

Кристаллы - скелеты, дендриты, пойкилиты. С к е л е т - остов однородного реального кристалла, который вырос не плоскими гранями, а рёберными и вершинными формами. В одних случаях кристалл с самого начала растёт в виде скелета, в других - скелетный рост начинается после стадии нормального полногранного роста. При зарастании промежутков между рёбрами и вершинами скелетного кристалла образуется обычный плоскогранный кристалл. Типичные скелетные формы характерны для продуктов кристаллизации из газовой фазы при вулканической деятельности, подземных пожарах, кристаллизации расплавов при сильном переохлаждении и/или пересыщении...

В описании скелетных кристаллов в первую очередь указывают направление преимущественного роста вершин или ребер, во вторую очередь - собственную форму в их огранке, в третью очередь - это двумерные или трёхмерные образования.

В е р ш и н н и к и и р ё б е р н и к и. При росте вершинного скелета от первичных ветвей могут отходить ветви второго, затем третьего... порядка; в результате образуется объёмная решётчатая постройка. Рёберные формы скелетных кристаллов - в том числе полые, воронкообразные кристаллы, футлярообразные.

В условиях пульсационного изменения скорости роста образуются

Скелетные кристаллы

скелетные кристаллы с ритмичными колебаниями размеров отдельных элементов индивида. Часто возникают скелеты, состоящие из сросшихся вершинами отдельных субиндивидов, причём расстояние между ними, иначе трансляция, зависит от длительности пульсации скорости роста (вершинники магнетита, снежинки...). Многие вершинники и рёберники на концах имеют утолщения, свидетельствующие о постепенном замедлении скорости роста.

Конкретная форма скелетных кристаллов зависит от пересыщения раствора; при повышенных пересыщениях возникают рёберники, при очень больших - вершинники. При больших пересыщениях рост скелетов идет иррациональными поверхностями, ветви скелетов часто клиновидные, кинжалообразные; в направлении $\perp$ к вектору роста ветвей скелета плоские грани вообще отсутствуют. При снижении пересыщения появляется ступенчатая поверхность, образованная плоскими гранями с рациональными символами.

Как плоскогранные кристаллы превращаются в скелетные? При возникновении градиента пересыщения вдоль поверхности грани практически прекращается работа вициналей в средних частях граней, сильно активизируется работа вициналей вблизи ребер. В вязкой среде скелеты появляются и при малых значениях пересыщения

Скелетные кристаллы

(переохлаждение ~ $0{,}1^0$ С). В условиях направленного движения раствора средняя часть грани может долго на зарастать, в результате формируется кристалл в форме воронки, трубчатый или футлярообразный. Чем больше анизотропия скоростей роста граней, встречающих поток и параллельных питающему потоку, тем более вытянут этот реберный скелет (воронка). При направлении питающего потока под углом к удлинению кристалла образуется воронкообразный индивид с боковой щелью. Футляровидные коробчатые кристаллы возникают и в случае конвекции раствора вокруг кристалла, лежащего на твёрдом основании, при этом сначала образуется пластина, лежащая на дне; затем на её верхней грани возникает углубление и начинается преимущественный рост вверх вдоль направления поднимающихся конвекционных потоков. При снижении пересыщения происходит закрытие воронки и образуется пустотелый кристалл. Футляровидные и полые кристаллы растут и из газовой среды, т.е. скелетный рост происходит не только из вязких сред.

На форму скелетных кристаллов оказывает влияние и химический состав среды, т.е. процесс идут и при смешанном лимите скорости роста с преобладанием диффузионного лимита (**диффузионного голодания**). Скелетные кристаллы серы в осадочных толщах появляются из-за присутствия в растворах поверхностно-активных веществ (нефть и её

Скелетные кристаллы

производные). Аналогичным образом растут скелетные кристаллы кварца с включениями битумоидов, известные в Донбассе, Карпатах и т.д. Появление скелетных кристаллов серы, селена, сфалерита, галенита в возгонах обусловлено очень быстрым их ростом в условиях большого переохлаждения газовой фазы. Антискелетные кристаллы.

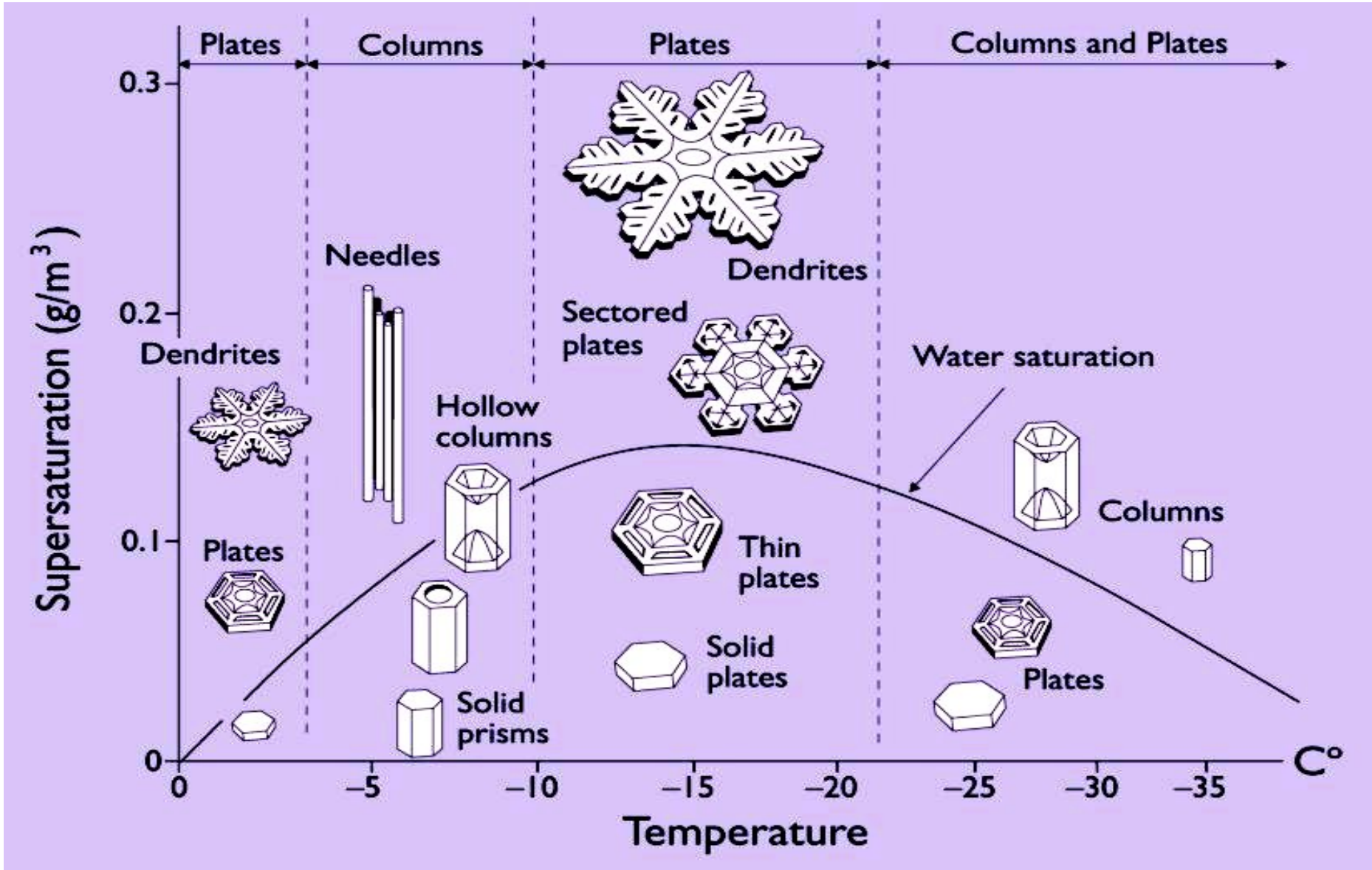
Д е н д р и т ы (древоподобные, водорослеподобные) - ветвящиеся и расходящиеся в стороны кристаллические образования. Дендриты разберём позже, при изучении явлений расщепления кристаллов во время их роста.

П о й к и л и т ы (по-гречески - испещренный камень) - кристаллы с массой включений других минералов, захваченных при их росте. Типичные пойкилиты - порфиробласты в метаморфических породах.

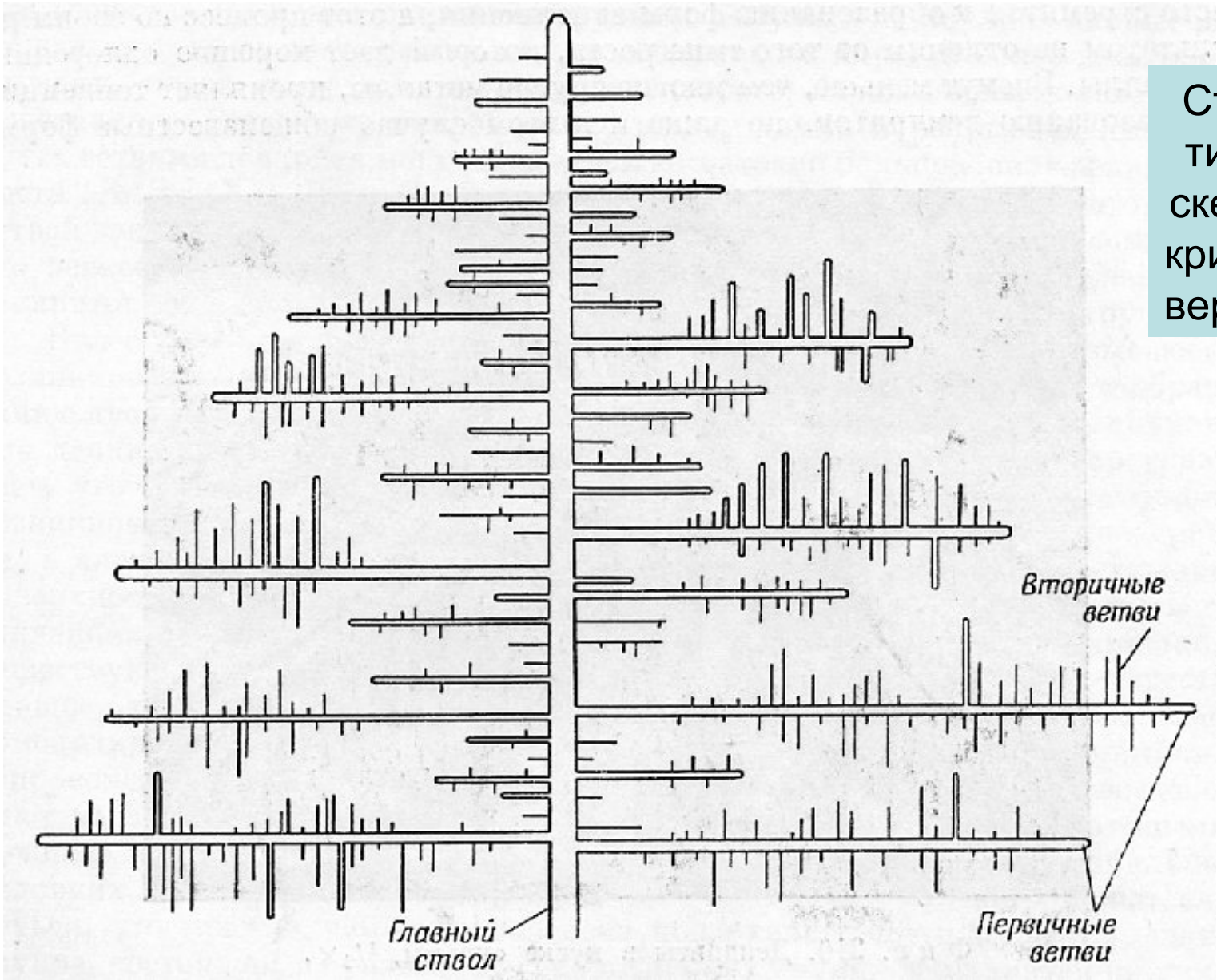
К р и с т а л л ы п р и ч у д л и в о й ф о р м ы. В ряде случаев один кристалл заполняет связанную сеть переплетающихся прожилков и т.п. форм. Распространены уплощенные, вплоть до листоватых, кристаллы пирита, выросшие на плоскостях отдельности кварц-серицитовых сланцев...

Скелетные кристаллы

Как видно, достаточно малого пересыщения – всего 0.1 грамма водяного пара на кубометр воздуха, чтобы начали расти скелетные кристаллы льда

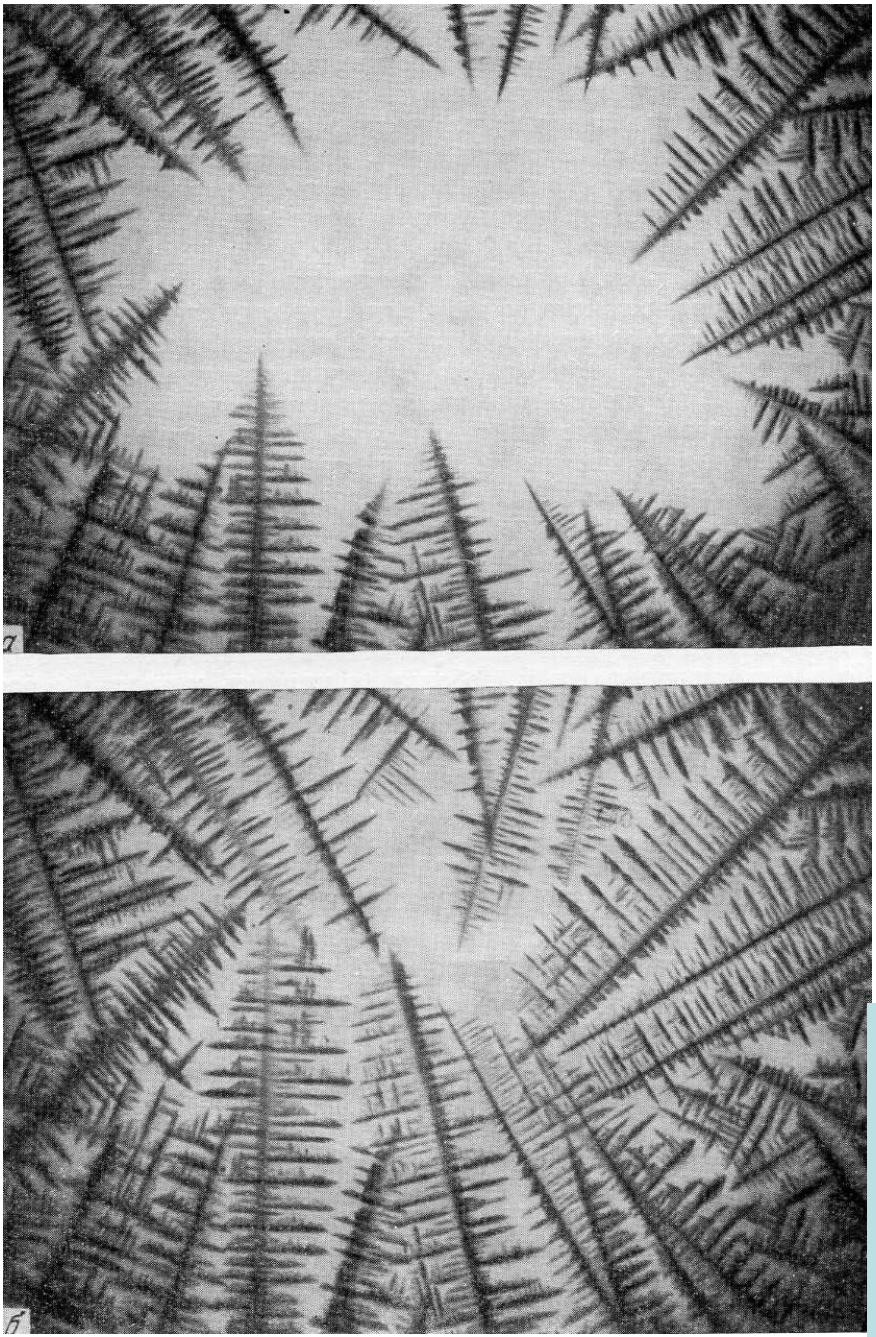


Скелетные кристаллы



Строение типичного скелетного кристалла – вершинника

Скелетные кристаллы



Нашатырь

Вершинник. Возгоны на лаве Везувия

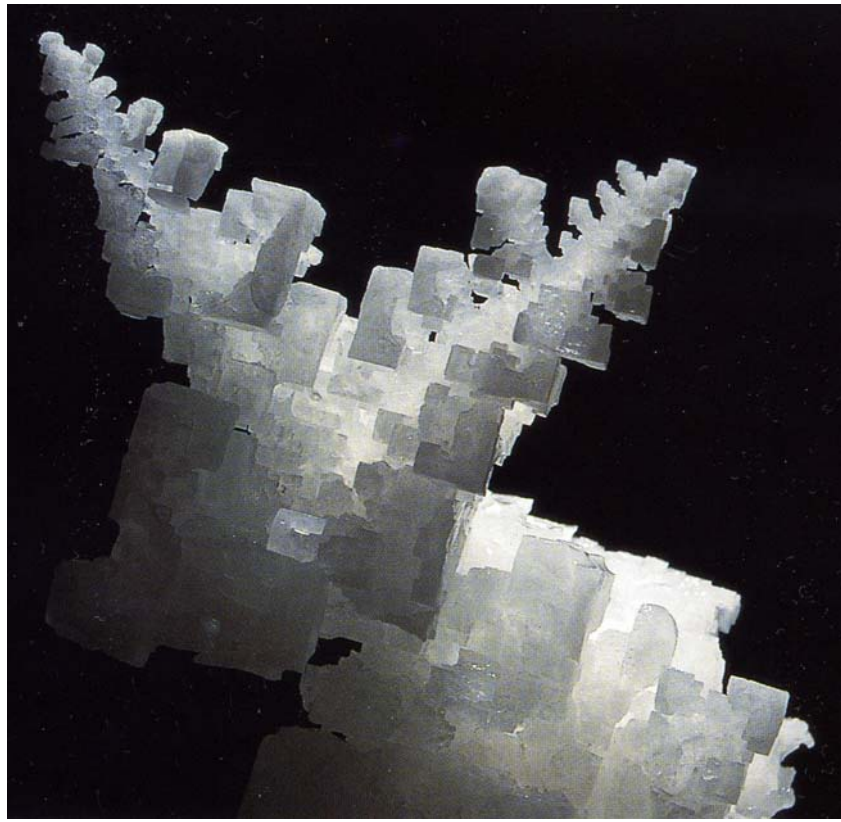
Кристаллы – скелетные вершинники. Вверху начало роста в высыхающей капле раствора, внизу – завершение роста. Фотографии акад. А.В. Шубникова

Скелетные кристаллы

Нашатырь

Вершинник 100х90х25 мм. Возгоны подземного угольного пожара. Рават. Таджикистан

Галит



Вершинник , покрытый рёберниками. 80 мм. Из эвапоритовой толщи. Загрос, южный Иран

Скелетные кристаллы льда

Классические вершинники

Скелетные кристаллы льда

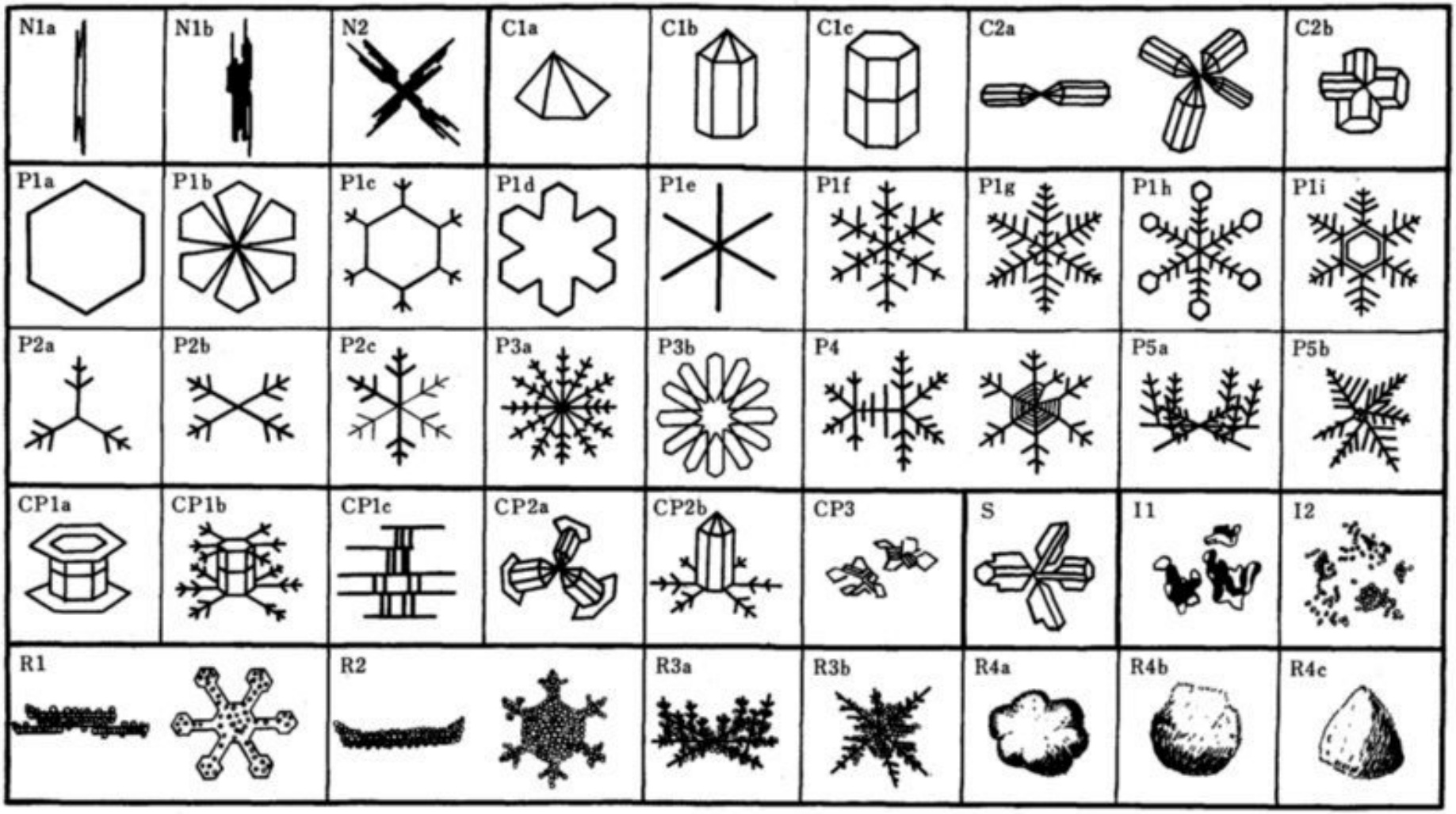
воронкообразные

Классические рёбрники

Скелетные кристаллы льда

Классический рёберник с выклинкой. Причина – диффузное голодание в конце процесса кристаллизации

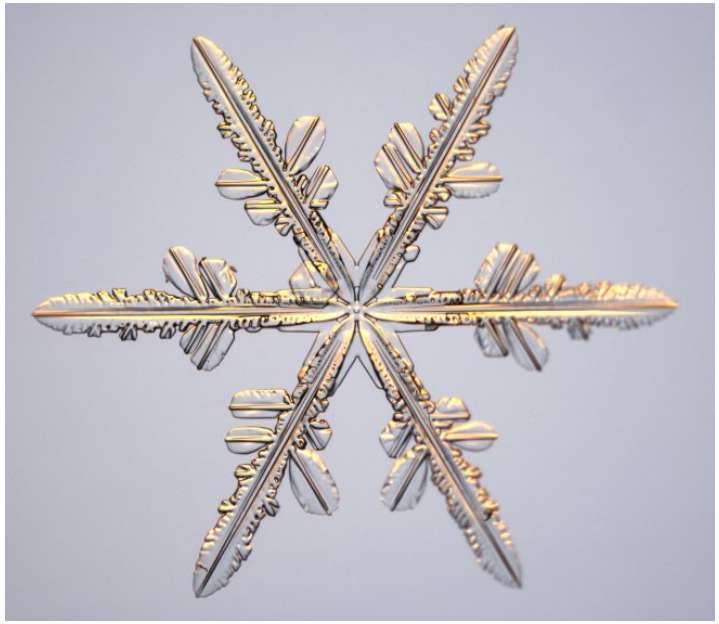
Скелетные кристаллы

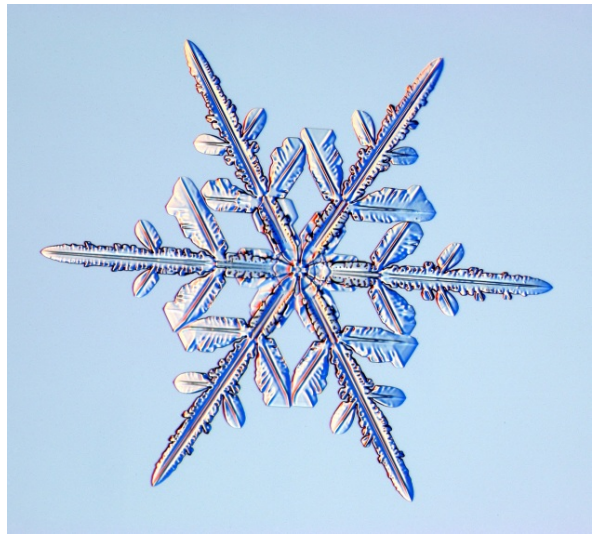


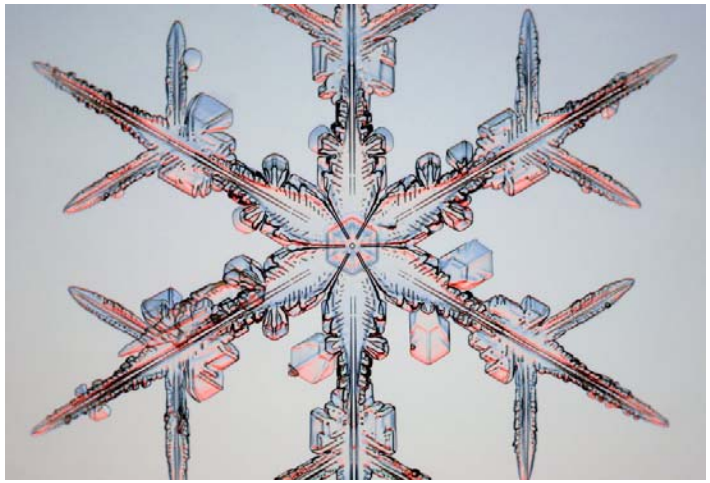
Основные типы скелетных кристаллов льда.
Что такое снежинки ? Это скелетные кристаллы льда,
в основном вершинники

Скелетные кристаллы льда - снежинки

На этих кристаллах прекрасно читается история их роста, в основном обусловленная вариациями степени пересыщения и переохлаждения

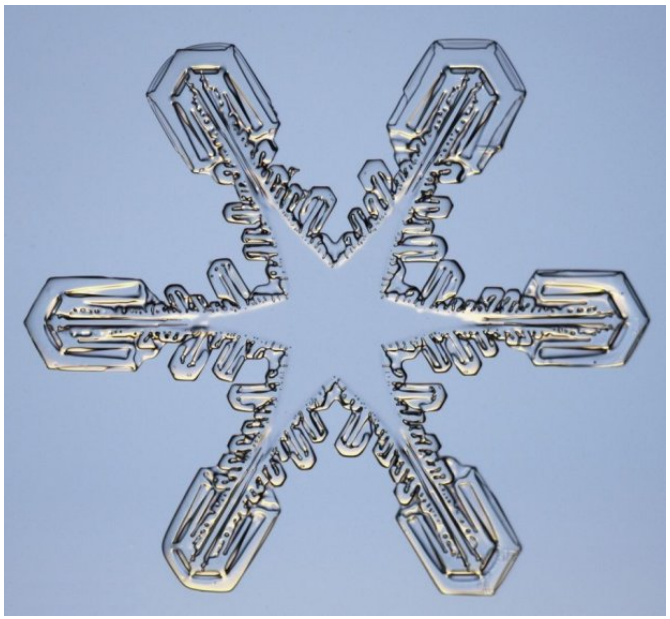






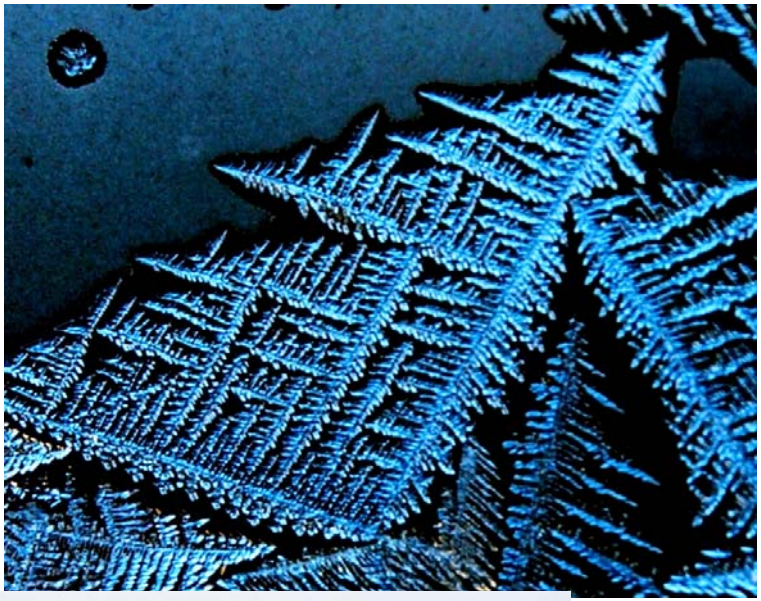
Скелетные кристаллы льда - снежинки

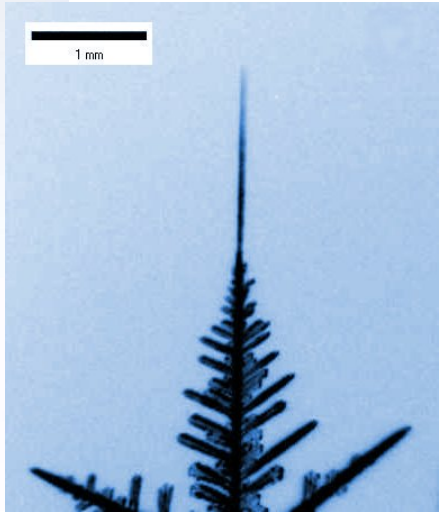
На этих кристаллах прекрасно читается история их роста, в основном обусловленная вариациями степени пересыщения и переохлаждения

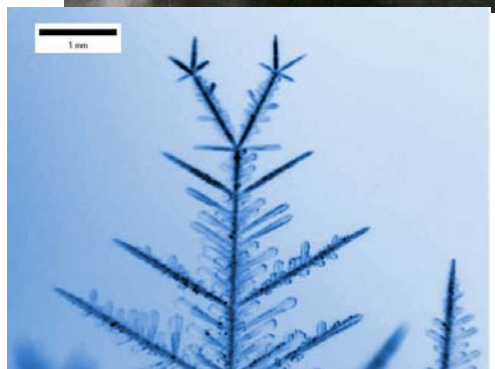


Скелетные кристаллы льда

На этих кристаллах прекрасно читается история их роста, в основном обусловленная вариациями степени пересыщения и переохлаждения

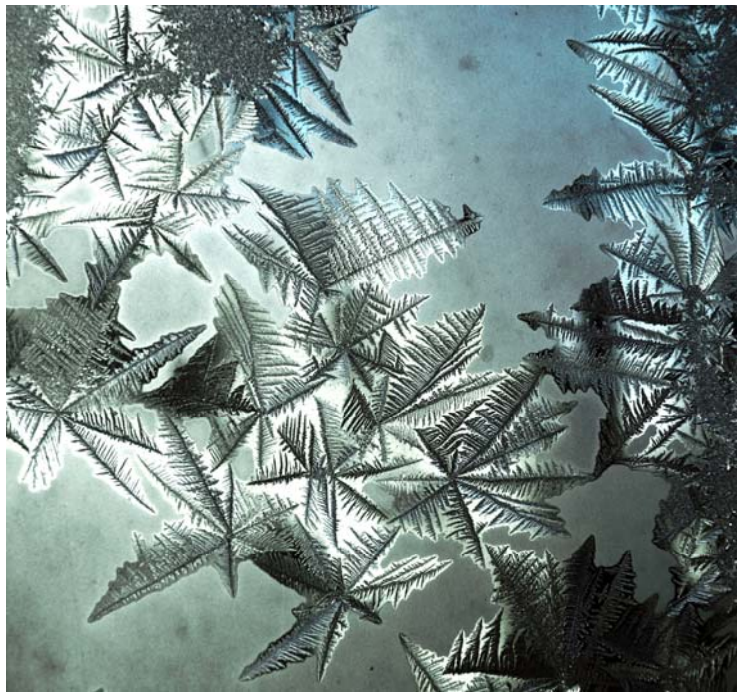




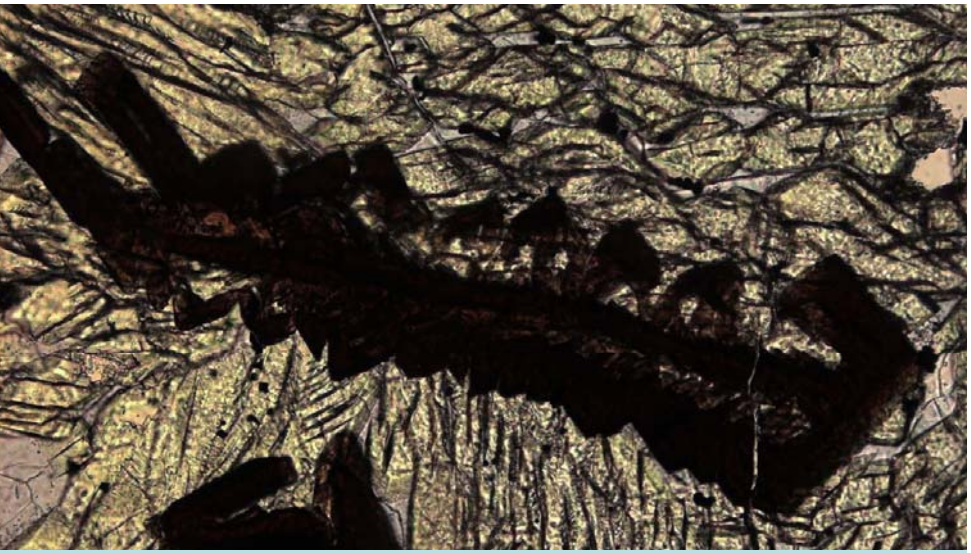


Скелетные кристаллы льда

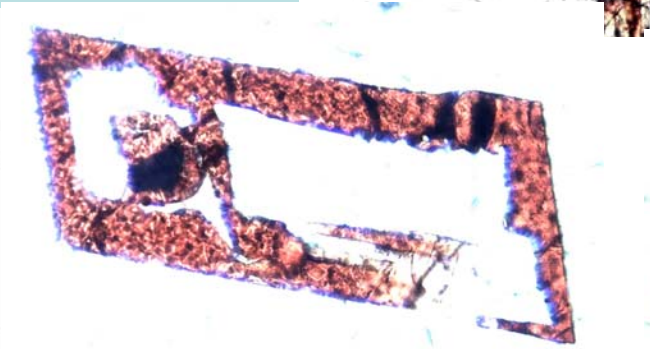
На этих кристаллах прекрасно читается история их роста, в основном обусловленная вариациями степени пересыщения и переохлаждения



Скелетные кристаллы рутила
в эклогитах Максютовского комплекса, Южный Урал



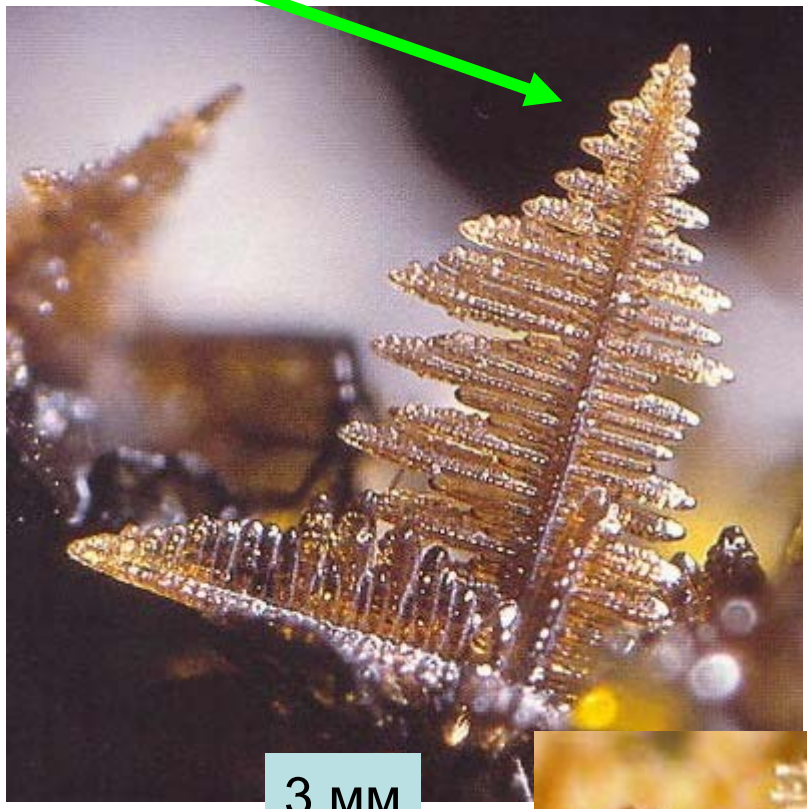
В агрегатах омфацита. При 1 николе.
Освещение обычное



При 1 николе.
Освещение интенсивное

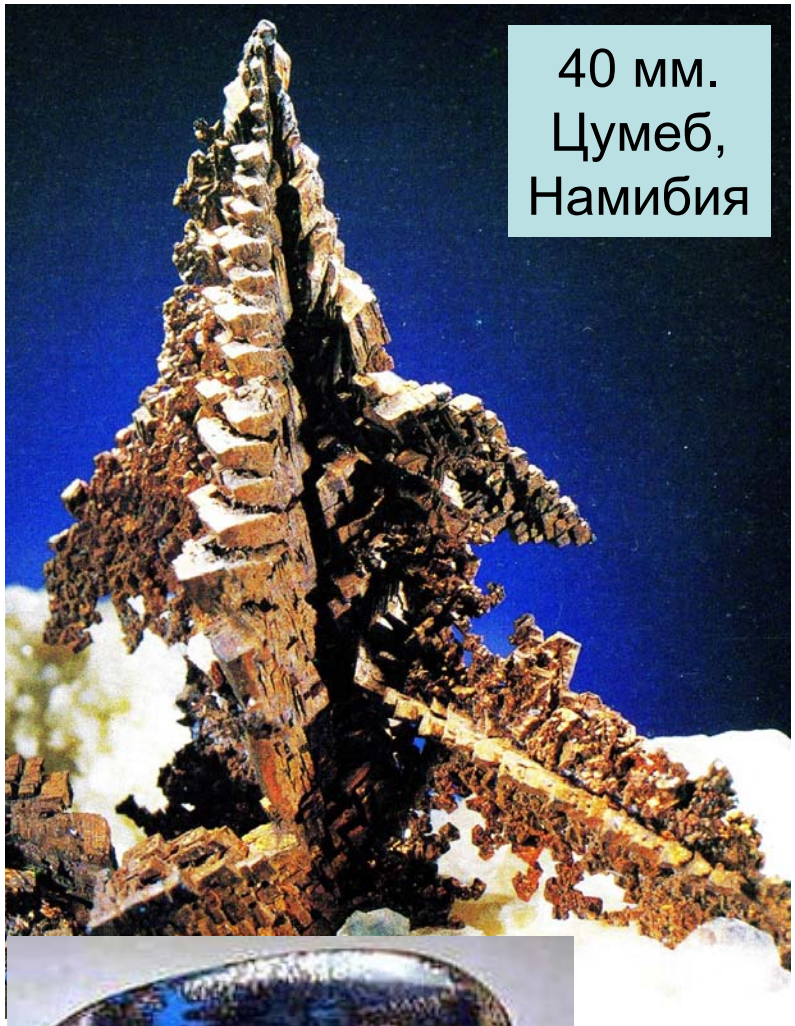
Скелетные кристаллы

Перовскит $CaTiO_3$ - титанит (сфен) $CaTiSiO_5$

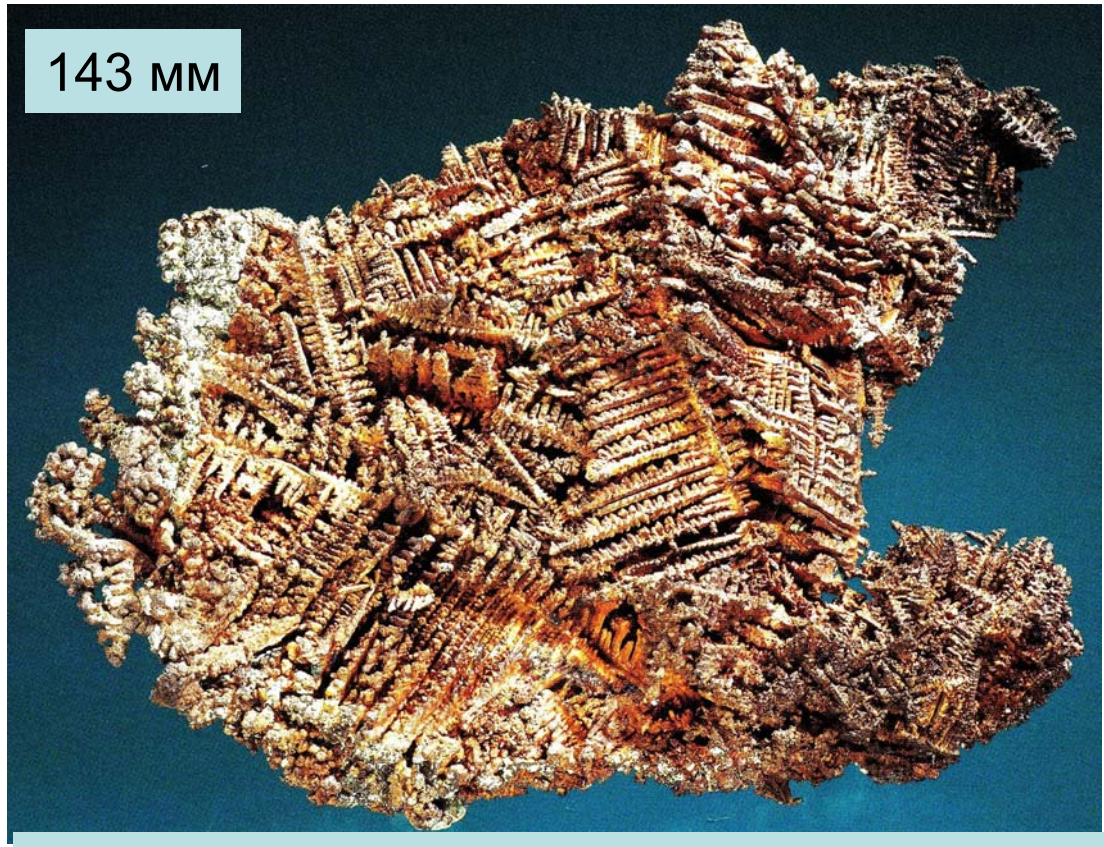


Graulai, Эйфель, Германия

Скелетные кристаллы



Самородная медь



New Cornelia Pit mine, Ajo, Аризона, США

60 мм. С хризоколлой. Аризона
(украшения местных индейцев)

Скелетные кристаллы. Самородное серебро

Fig. 26.

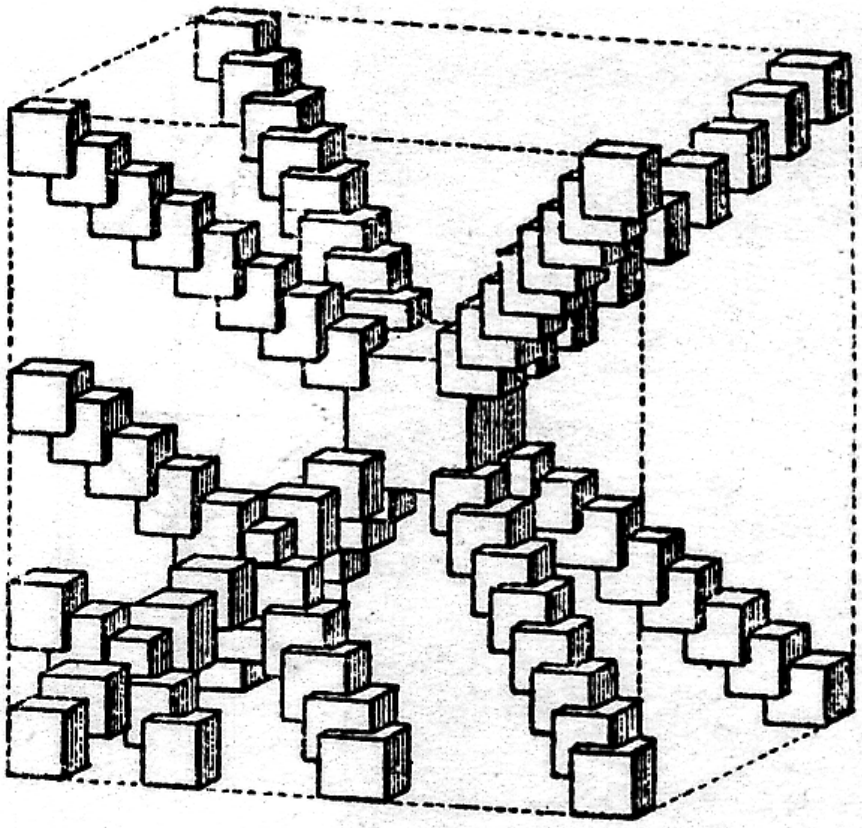
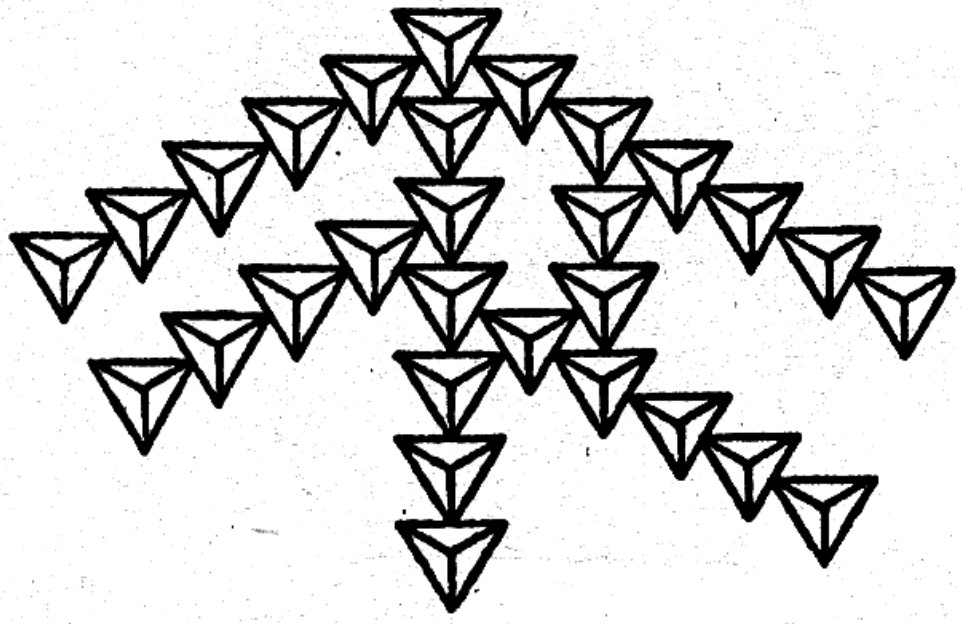


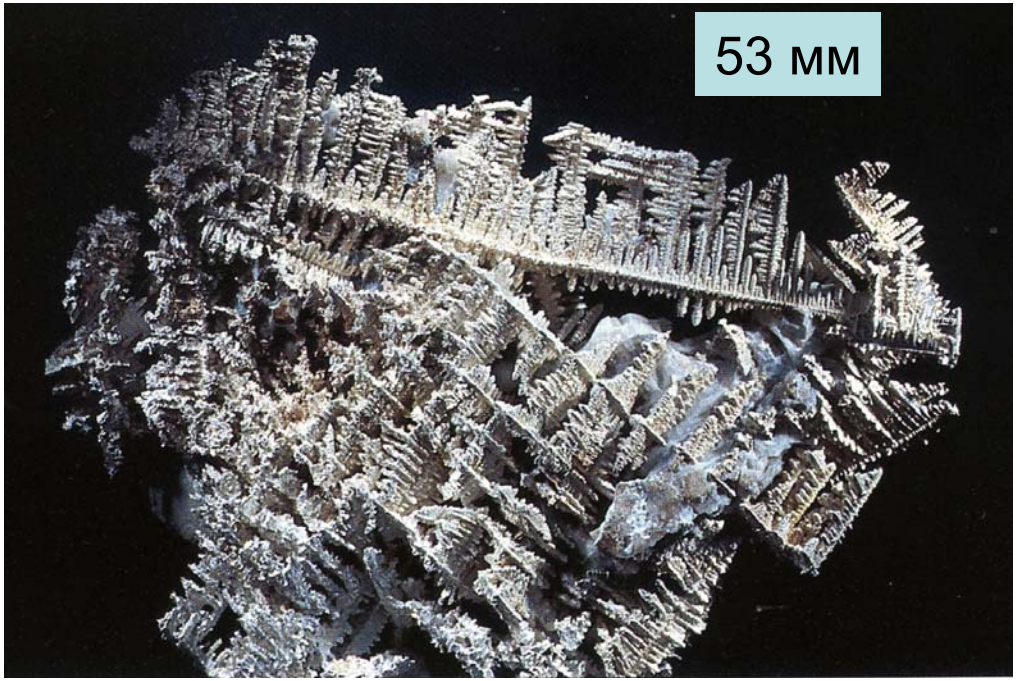
Fig. 45.

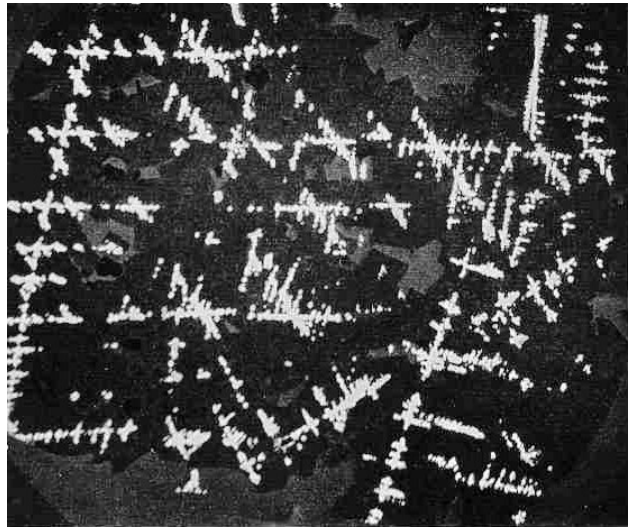


Рисунки в книге V.M. Goldschmidt, 1918 - 1923

Скелетные кристаллы

Самородное серебро. U-Ag-Bi-Ni-Co формация Германии

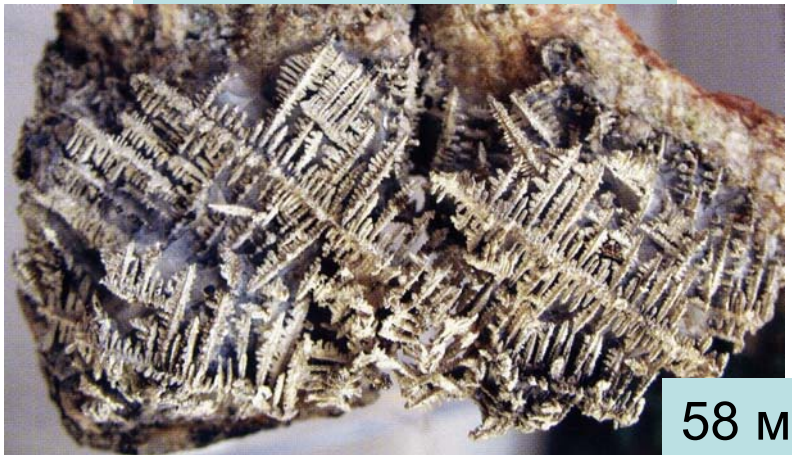


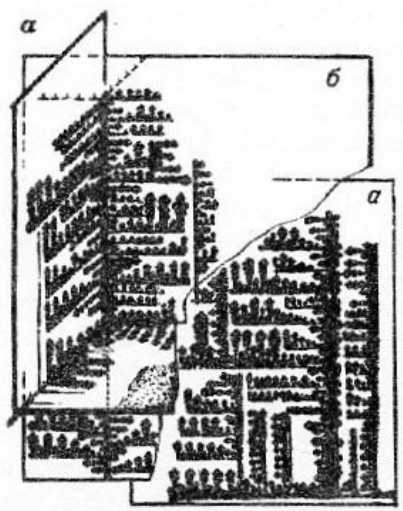


В отраж. свете. Urberg

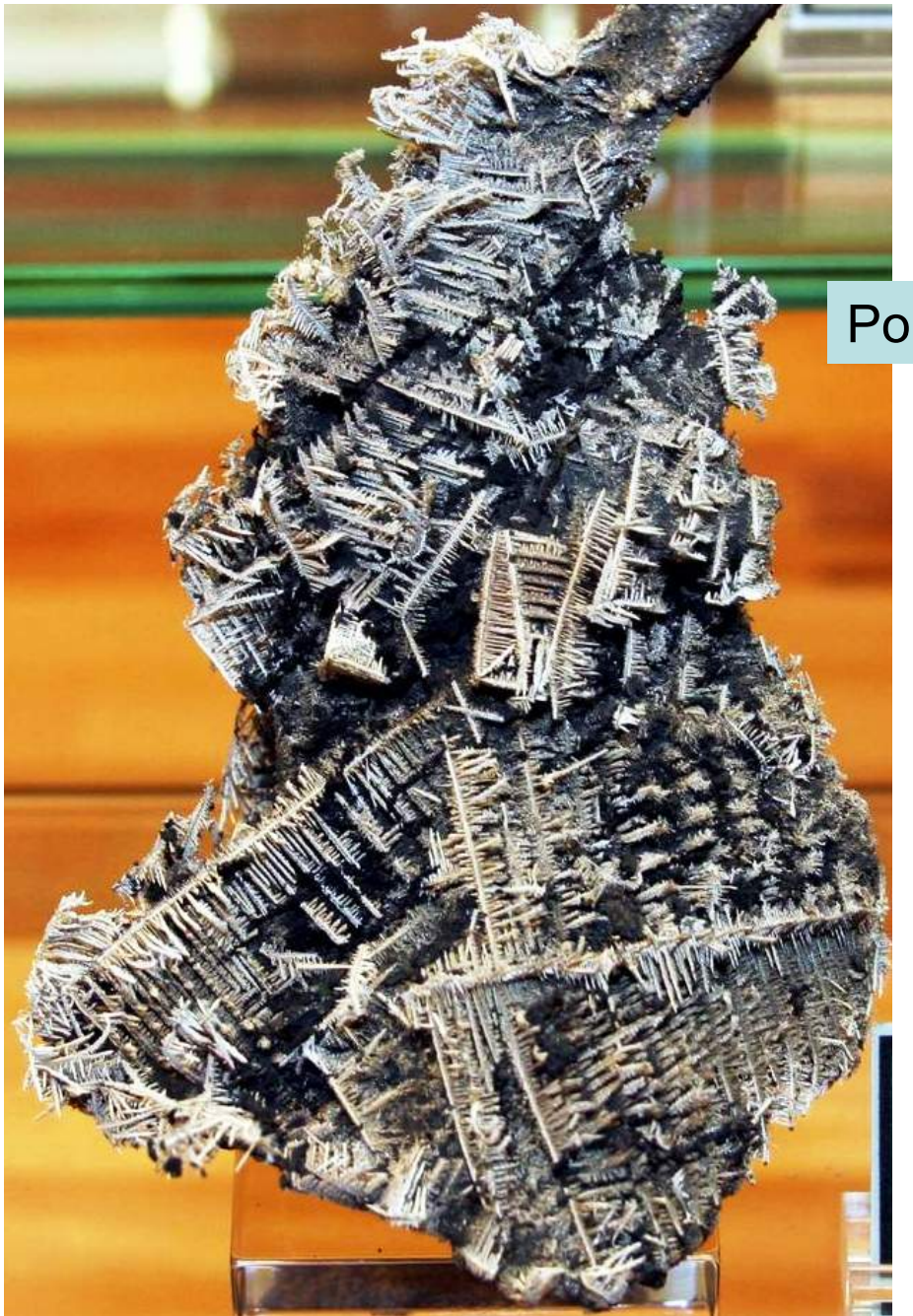
В раммельсбергите. Яхимов, Чехия

На барите. Wittichen





Скелетные кристаллы



Самородное серебро.
U-Ag-Bi-Ni-Co формация
Германии

Pohla, Рудные горы, Саксония

70х50 мм. Потоси, Боливия

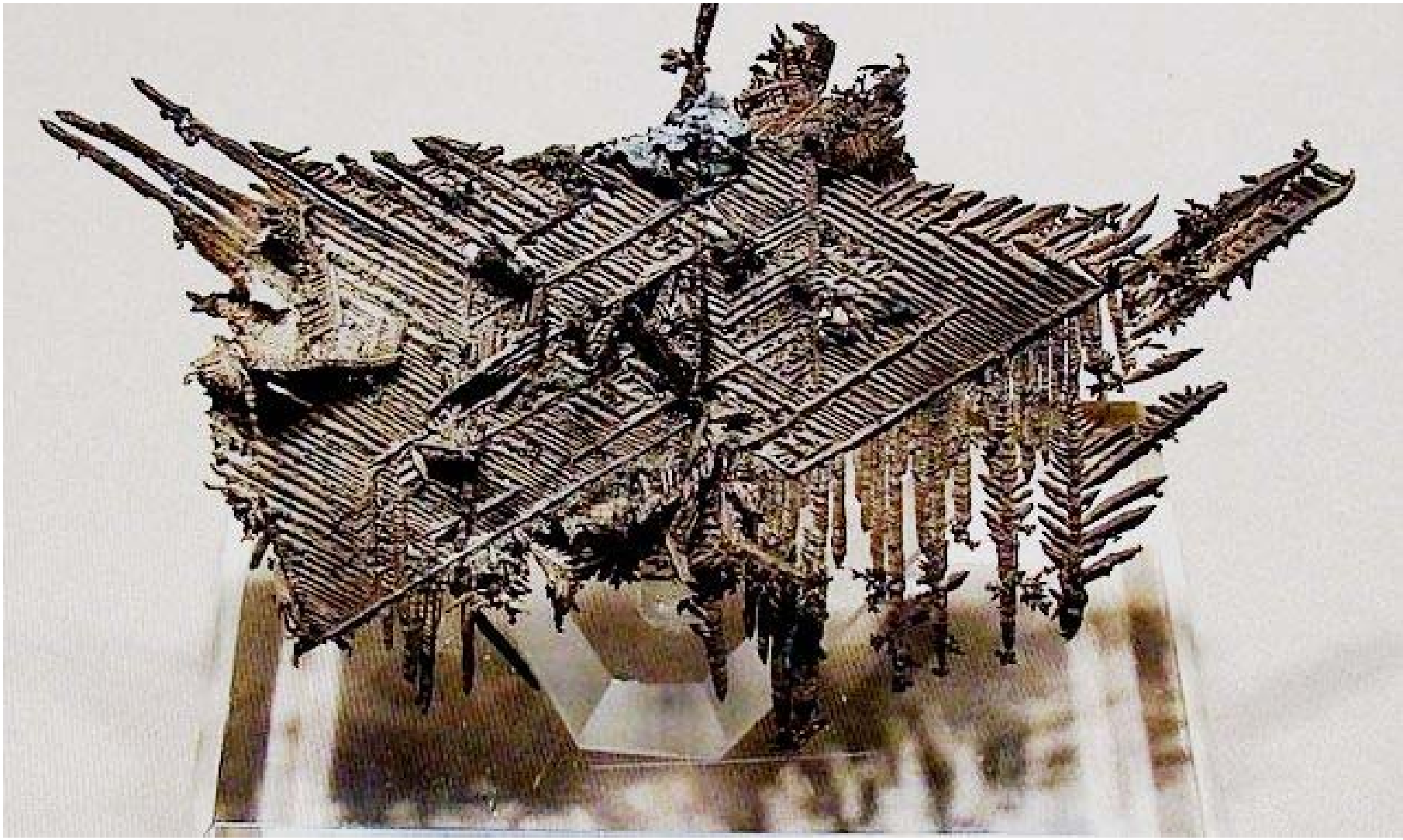
Скелетные кристаллы

Самородное серебро. U-Ag-Bi-Ni-Co формация Германии

Pohla, Рудные горы, Саксония

Скелетные кристаллы

Самородное серебро



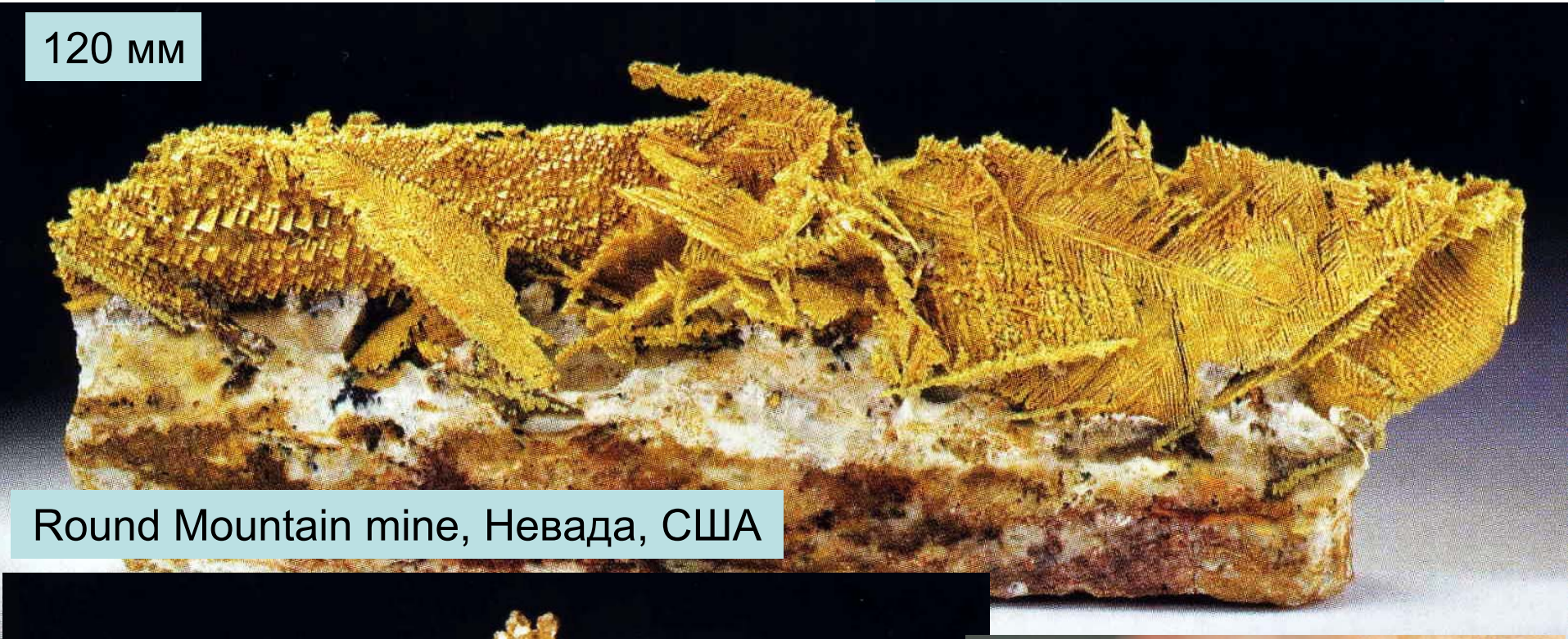
New Nevada mine, Batopilas, Чили

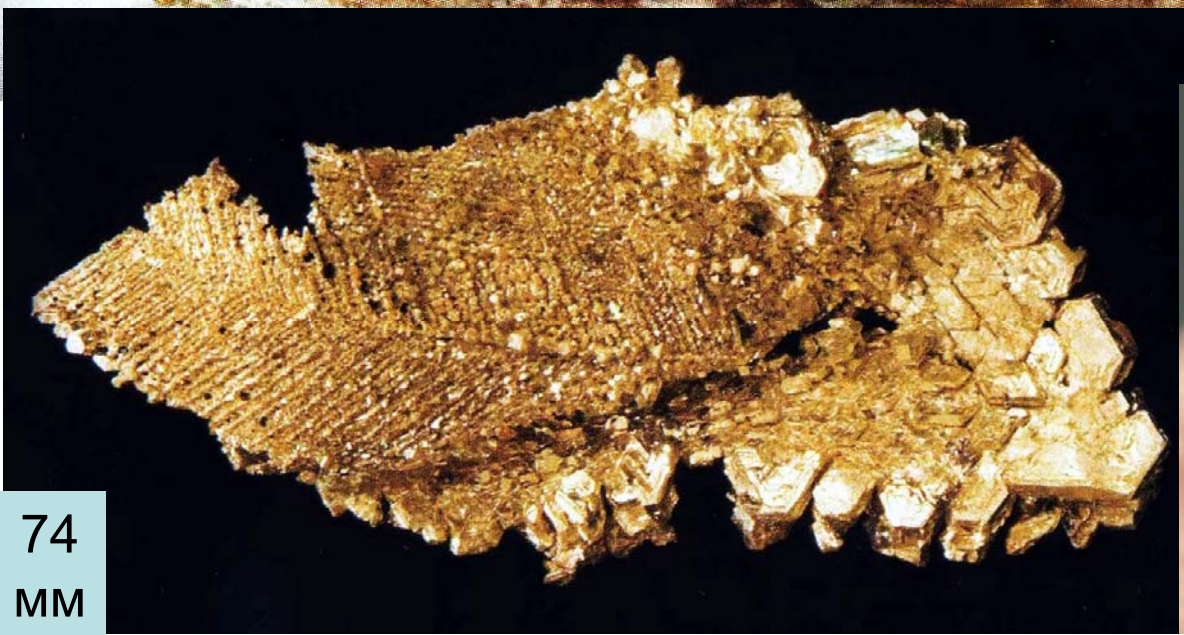
Скелетные кристаллы

Самородное золото

Скелетные кристаллы

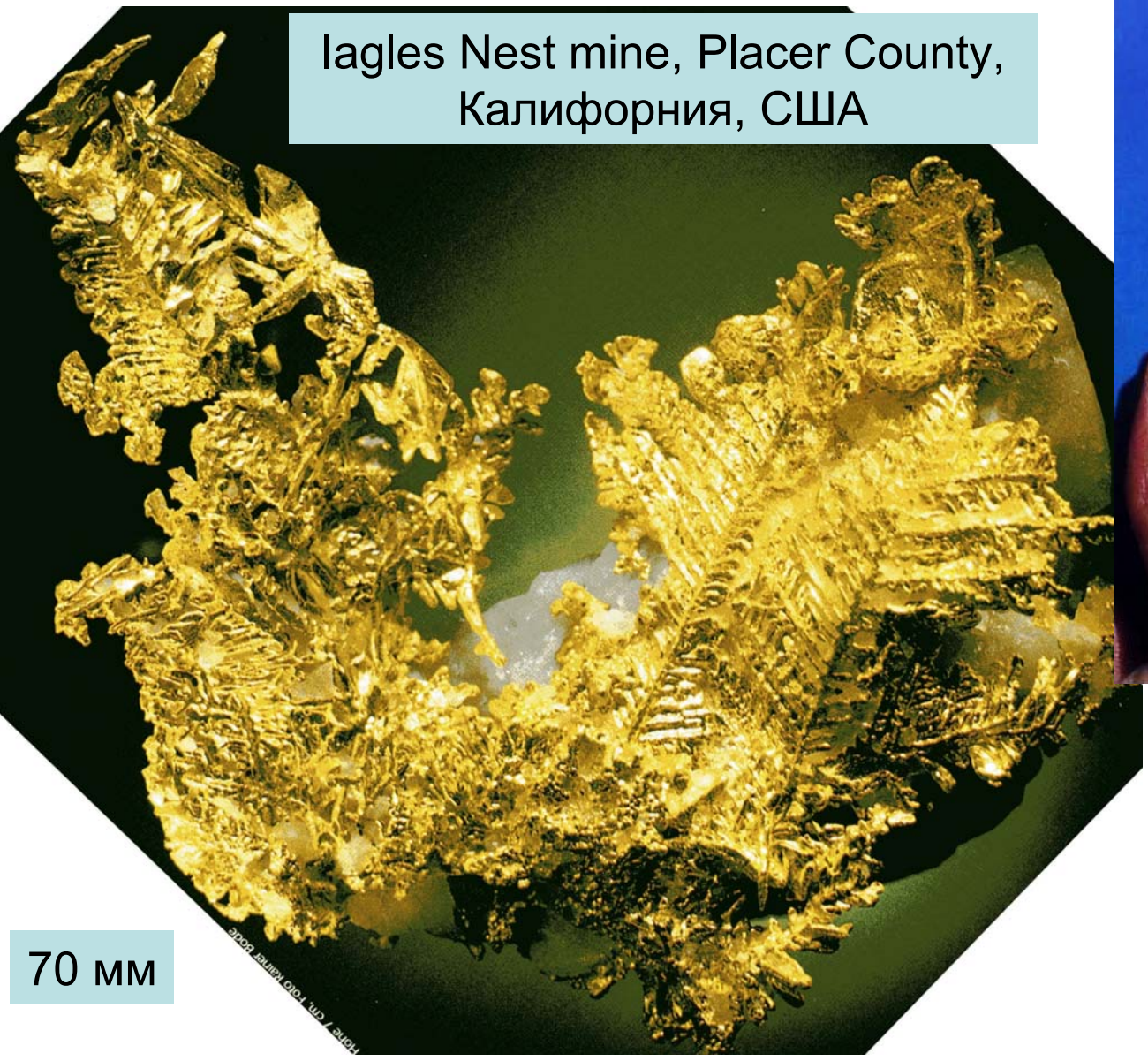
Самородное золото





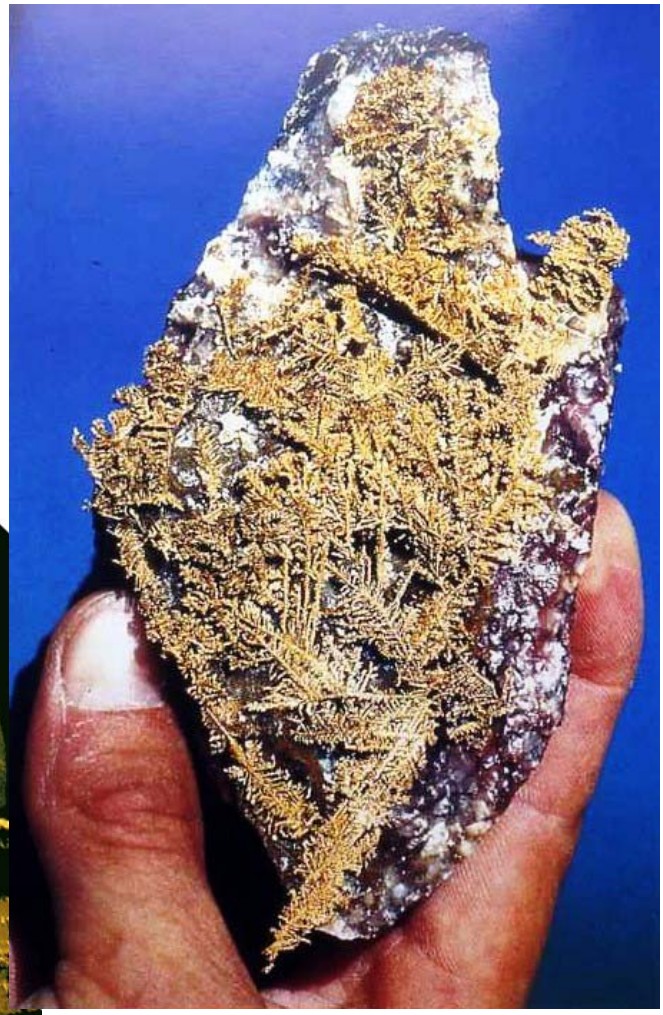
Скелетные кристаллы

Самородное золото



Iagles Nest mine, Placer County,
Калифорния, США

70 мм

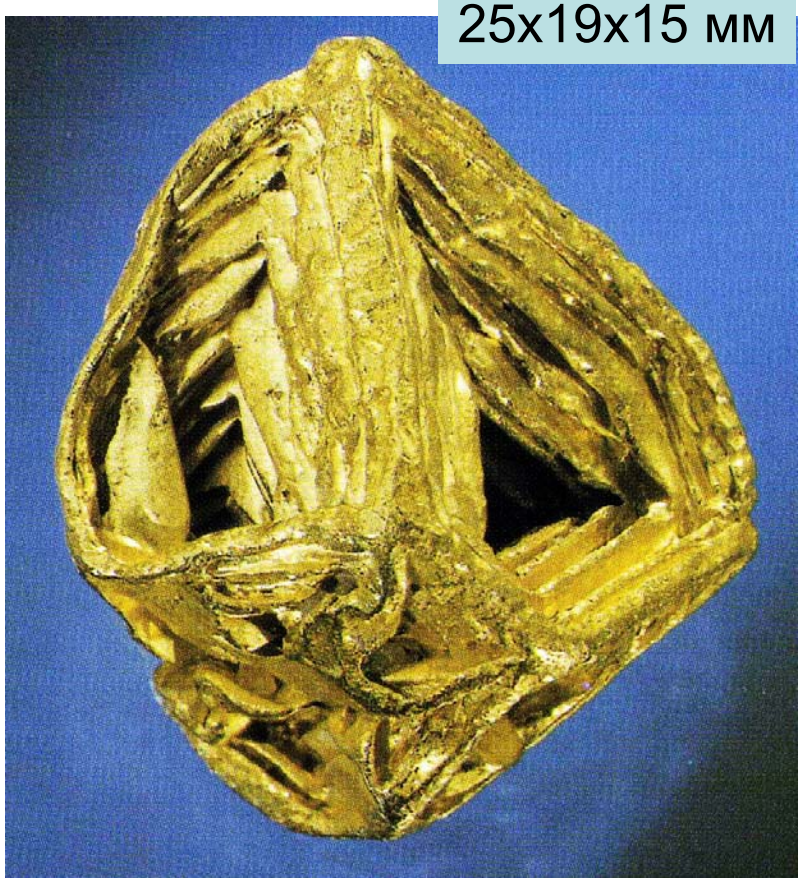


Палладистое золото.
120 мм.
Девоншир,
Корнуолл, Англия

Скелетные кристаллы

Самородное золото

Кристаллы до 25 мм.
Eldorado Creeck,
Юкон, Канада



25x19x15 мм

Zapata field, Santa Elena,
Венесуела

24 мм.
Колорадо, США

Скелетные кристаллы

Самый крупный кристалл золота Бразилии.

Alta Floresta,
Mato Grosso

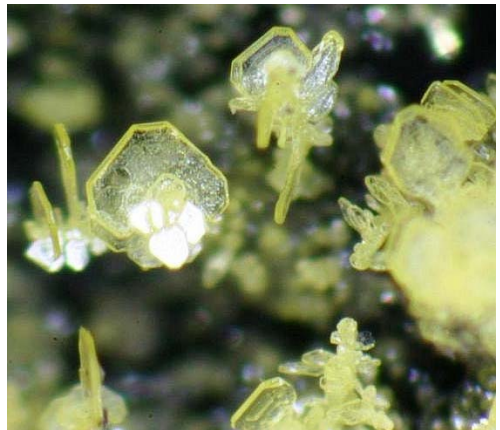
Скелетные кристаллы

Самородная сера – возгоны подземных угольных пожаров

Вершинник

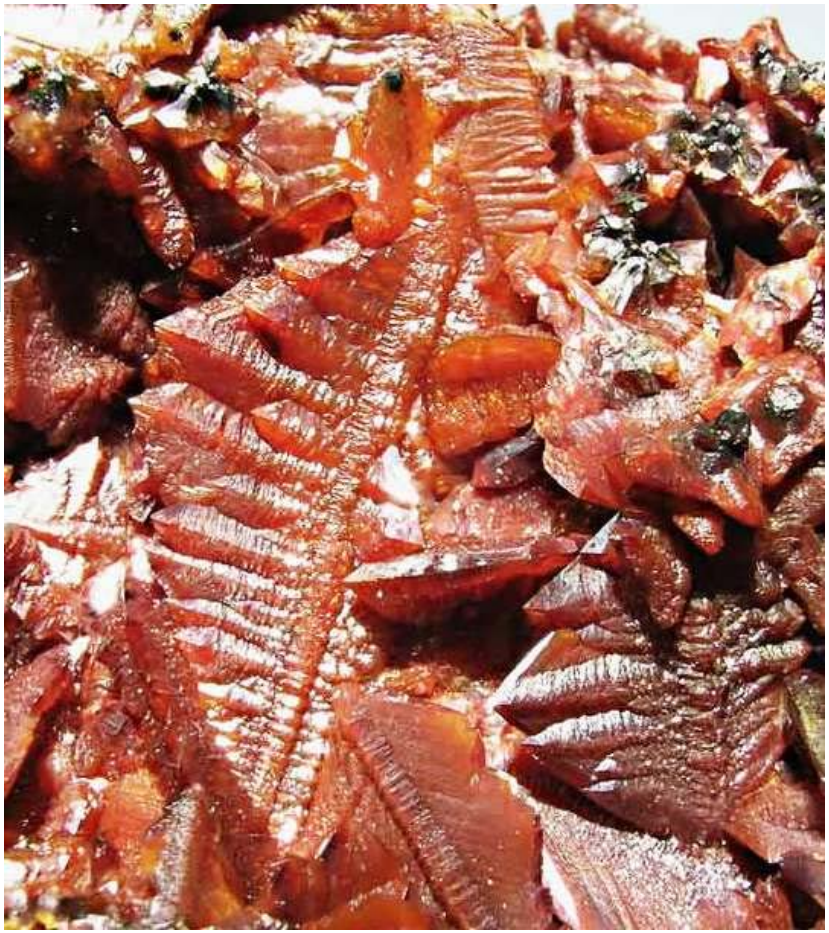
Рёберники наросли на вершинники

Рёберники



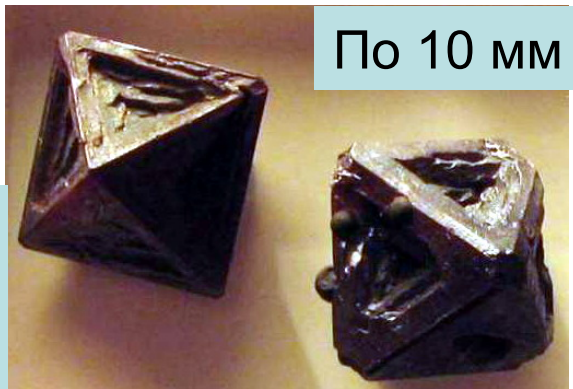
Скелетные кристаллы

Пухерит
$BiVO_4$.
2.5 мм



Деклуазит-ванадат Zn-Pb.
Намибия

Марказит
50 мм.
Белая пустыня,
Египет

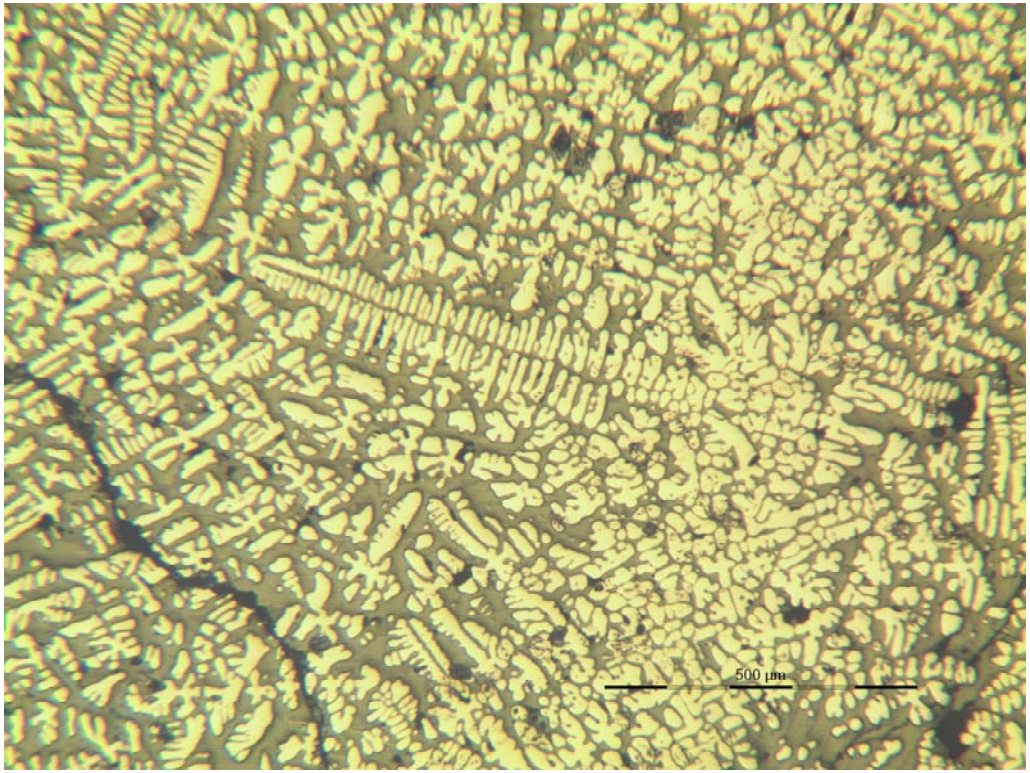


По 10 мм

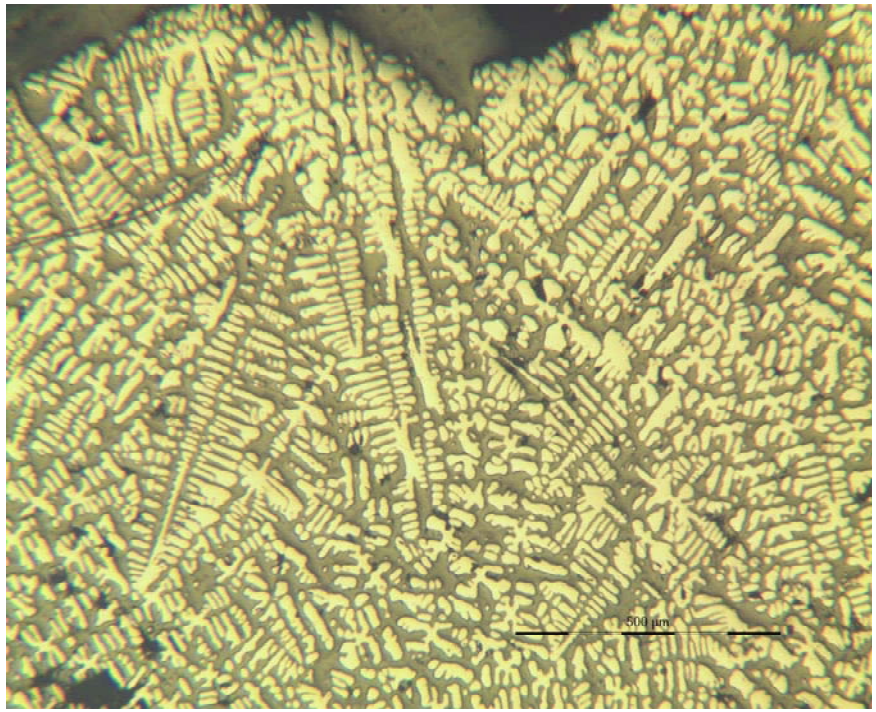
Куприт.
Потеряевский рудник, Алтай

Скелетные кристаллы вюстита FeO

в шлаках древних металлургов (1000 лет до РХ). Болгария



Линейка 0.5 мм



Фотографии в отражённом свете. При 1 николе

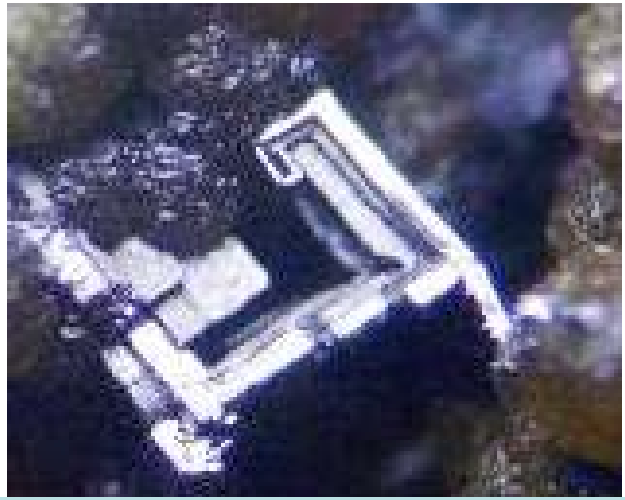
Скелетные кристаллы

0.4 мм

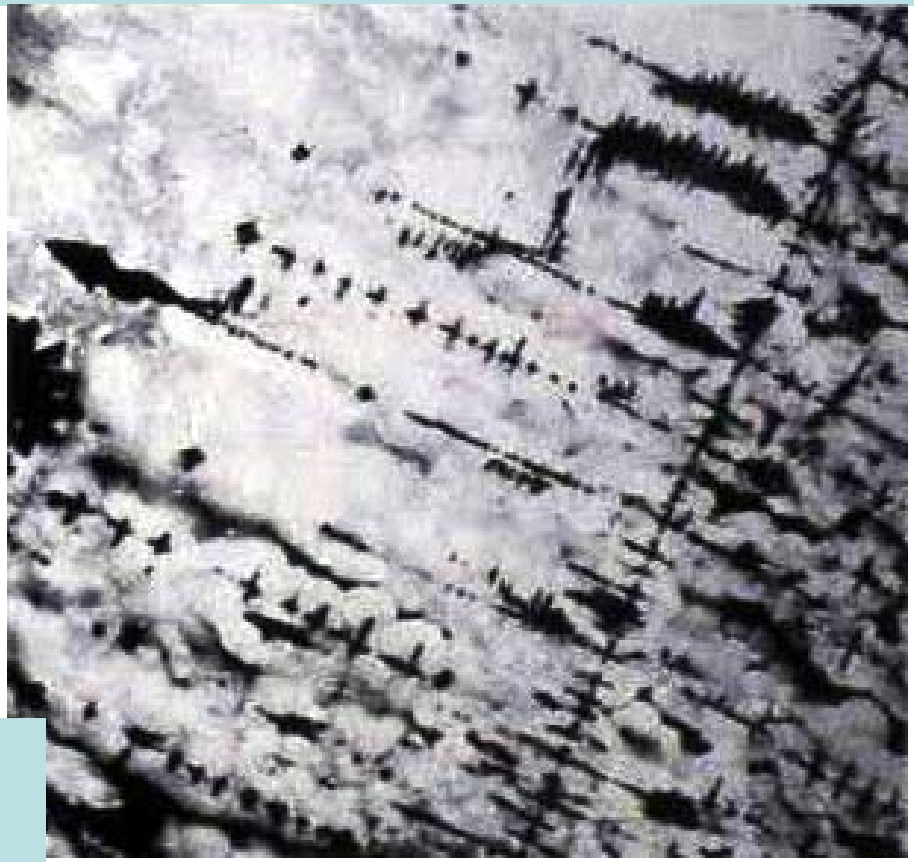
Из возгонов подземного угольного пожара. Рават, Таджикистан

Скелетный вершинник, выросший в трещине в известняках. Германия

Галенит

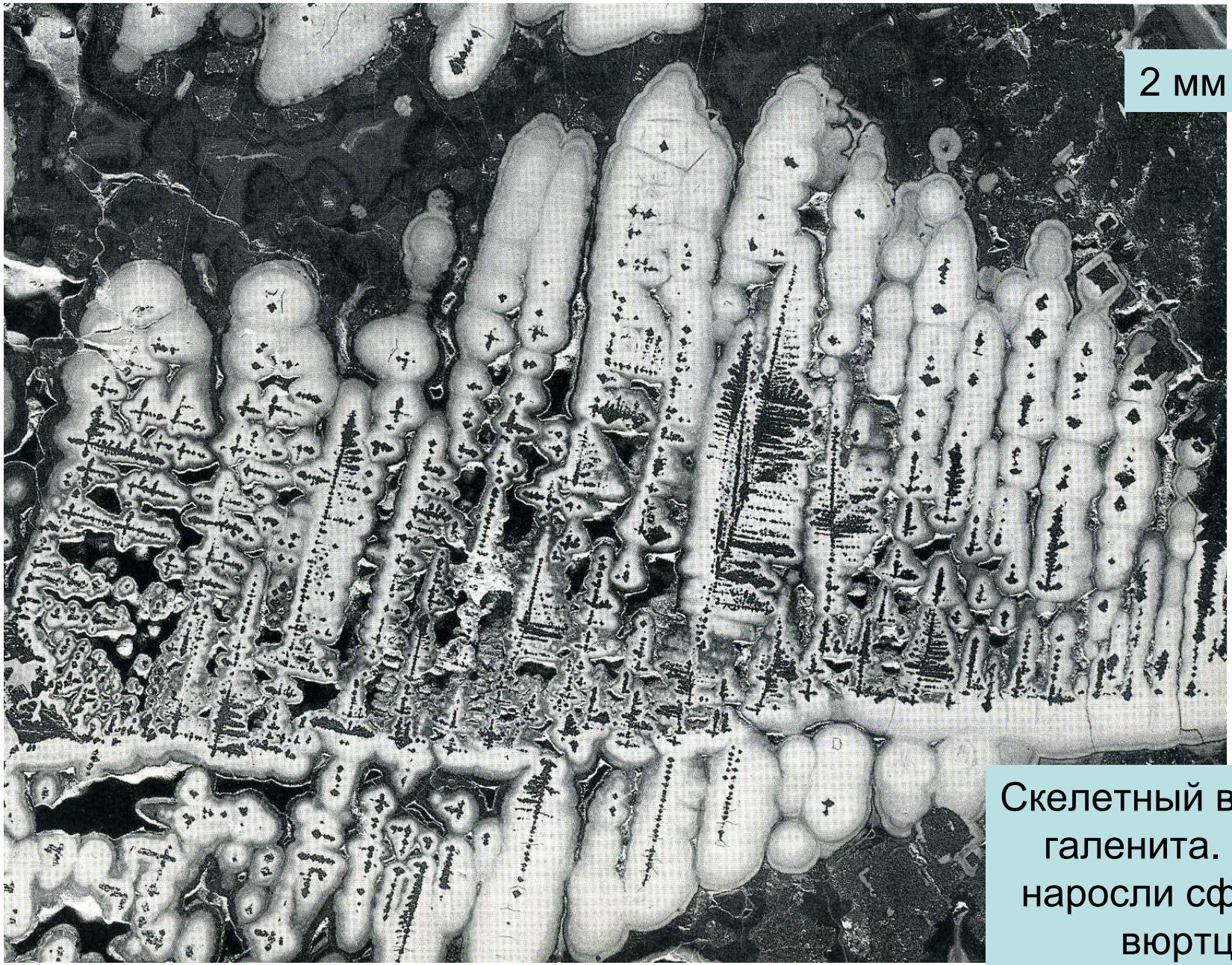


San Giovani mine, Сардиния, Италия



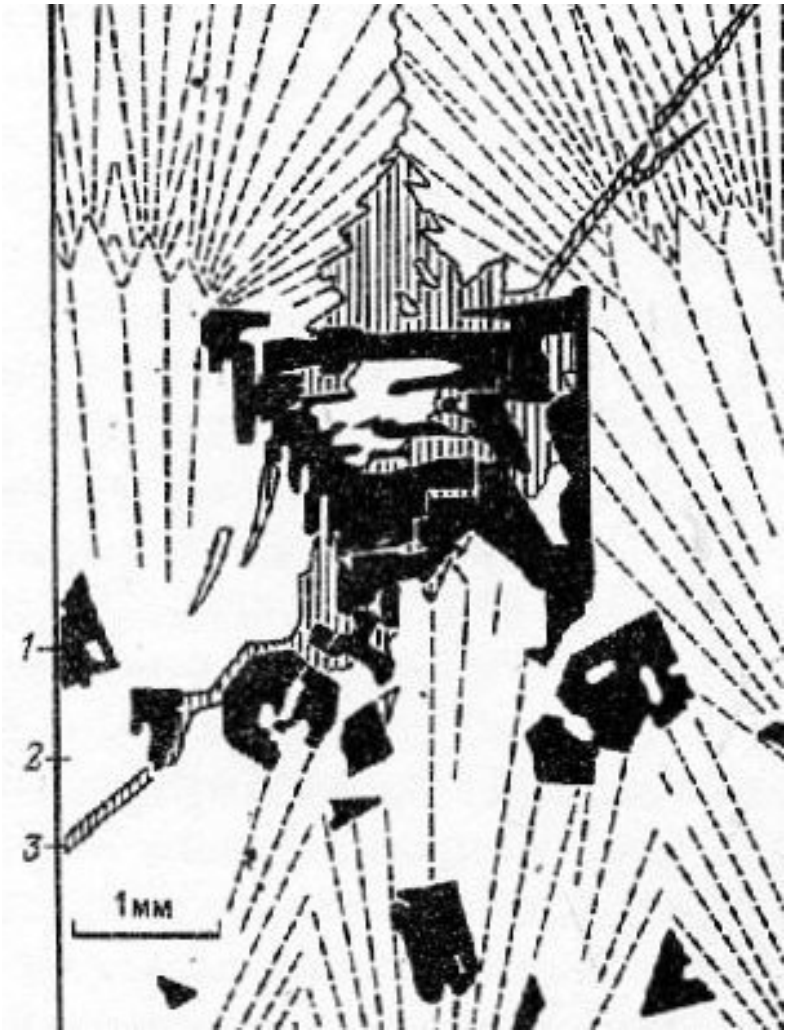
Скелетные кристаллы

Галенит

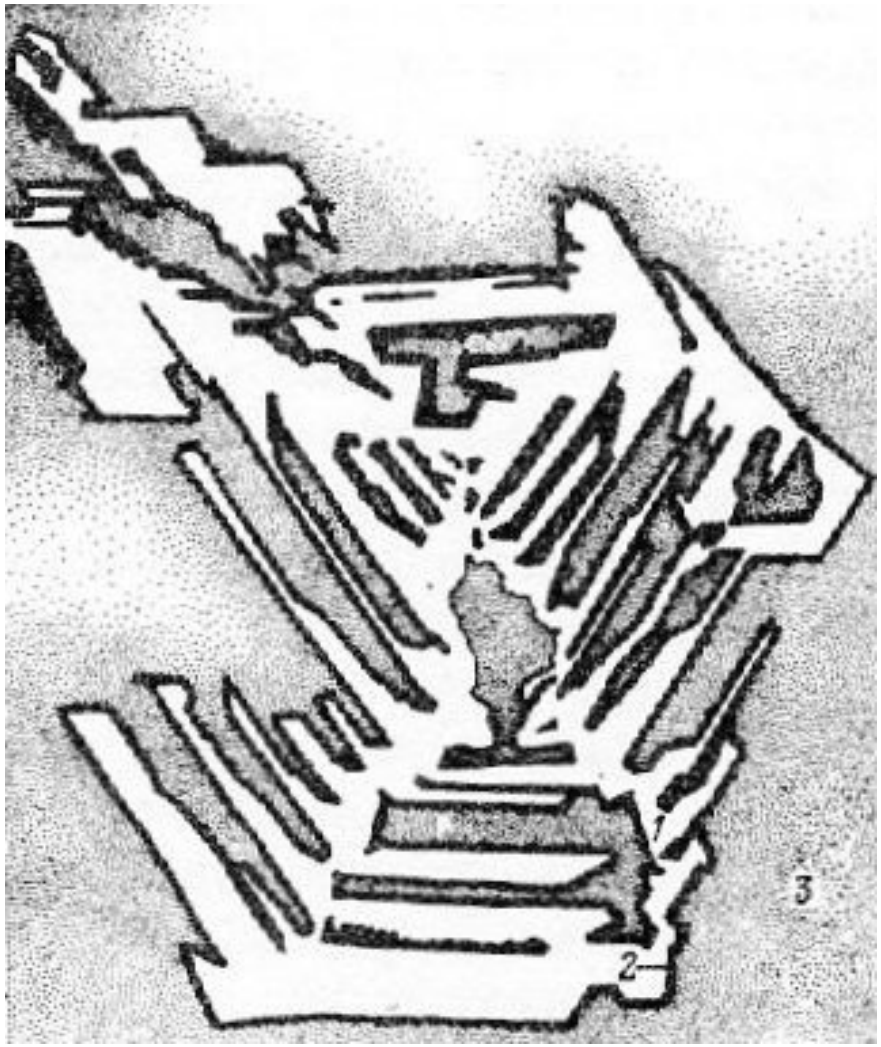


Скелетный вершинник галенита. На него наросли сферолиты вюртцита

Скелетные кристаллы



Рёберники галенита (чёрный)
в кальците (2).
Поздний доломит (3).
Пршибрам, Чехия



Рёберник висмута
с оторочкой саффлорита (2)
в мышьяке (3).
Пршибрам, Чехия

Скелетные кристаллы

Fig. 112.

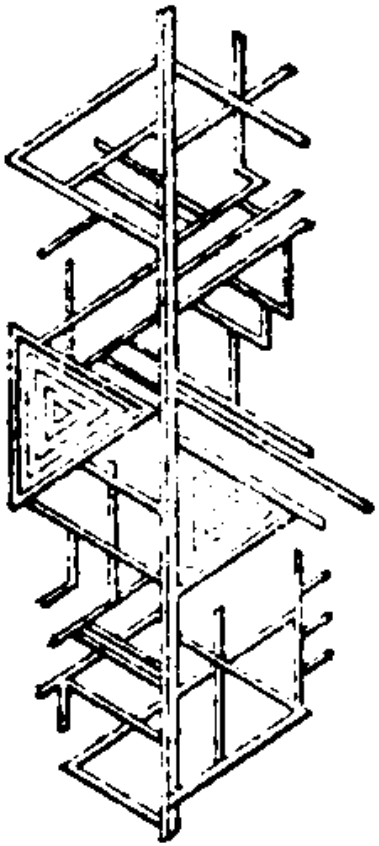


Fig. 113.

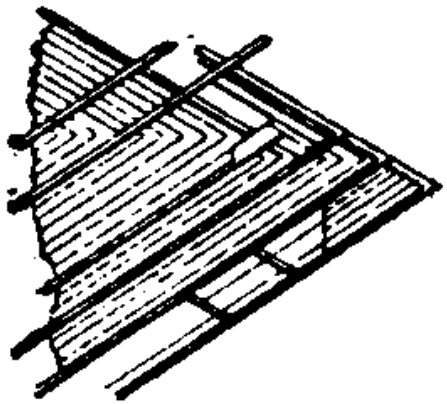
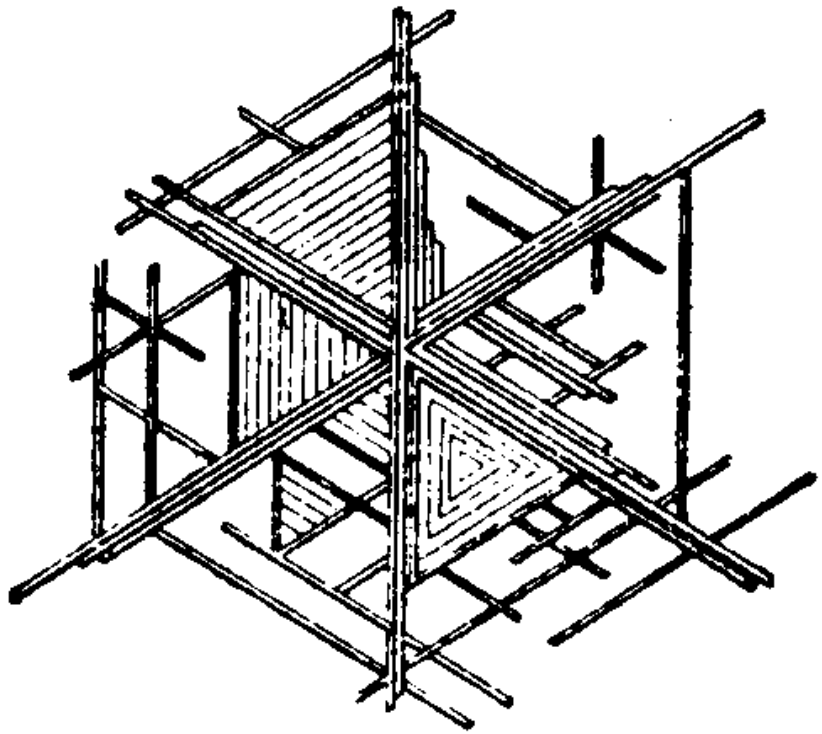
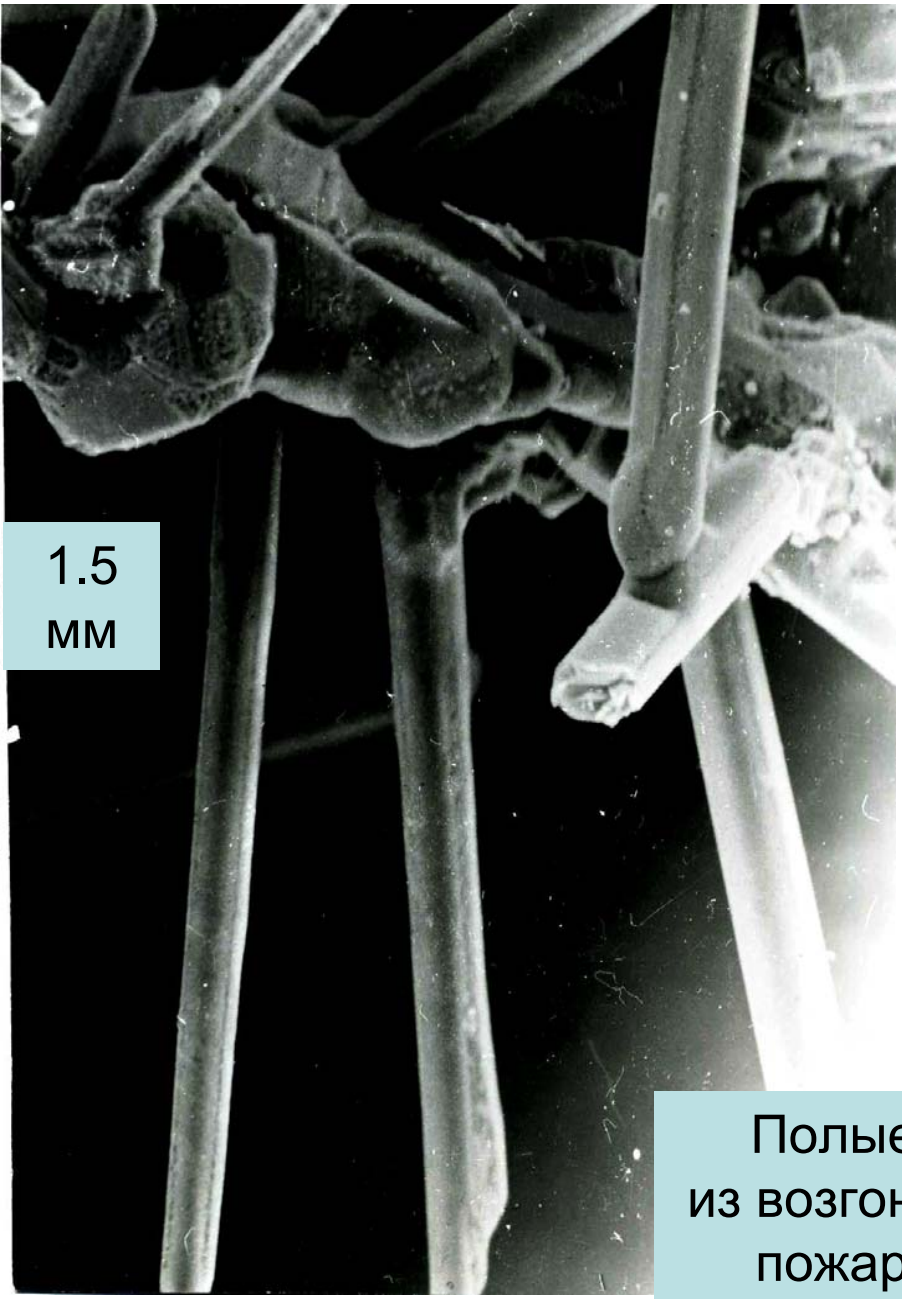


Fig. 114.



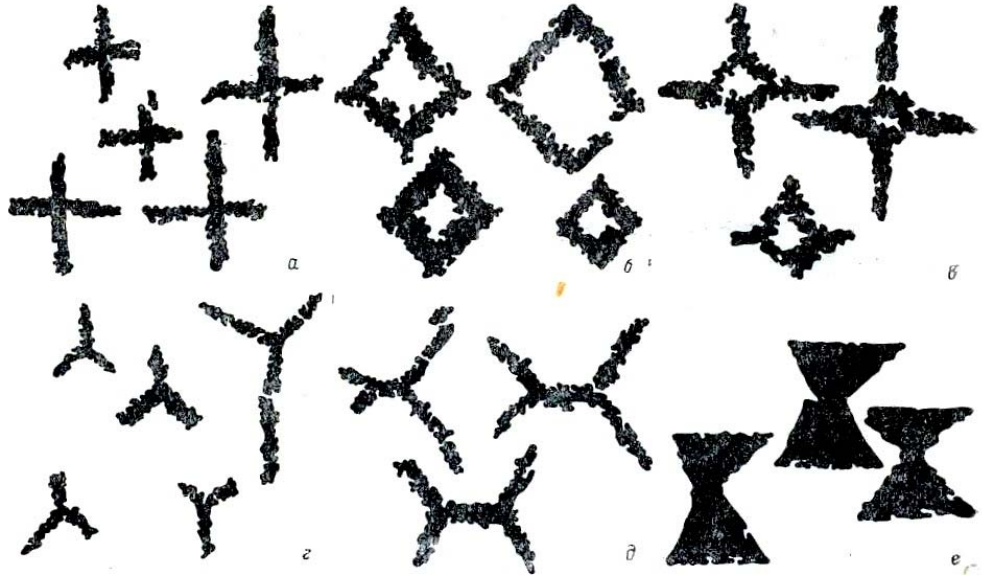
Рёберники халькопирита

Скелетные кристаллы

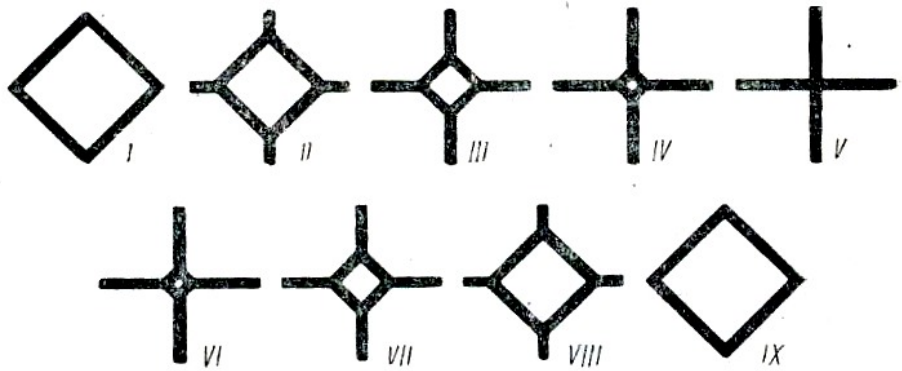


Полые трубчатые кристаллы
из возгонов подземного угольного
пожара. Рават. Таджикистан

Сфалерит

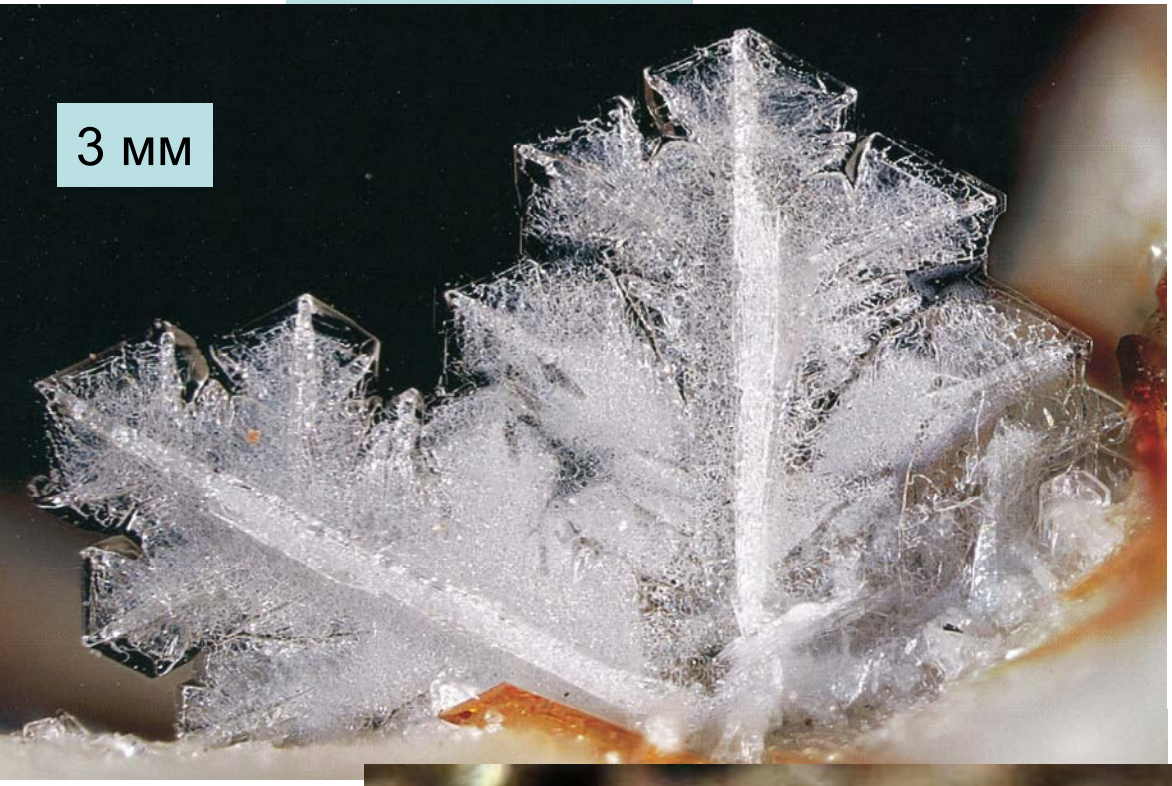


Тельца распада в халькопирите



Скелетные кристаллы

Тридимит



Bellerberg, Эйфель, Германия

Касситерит

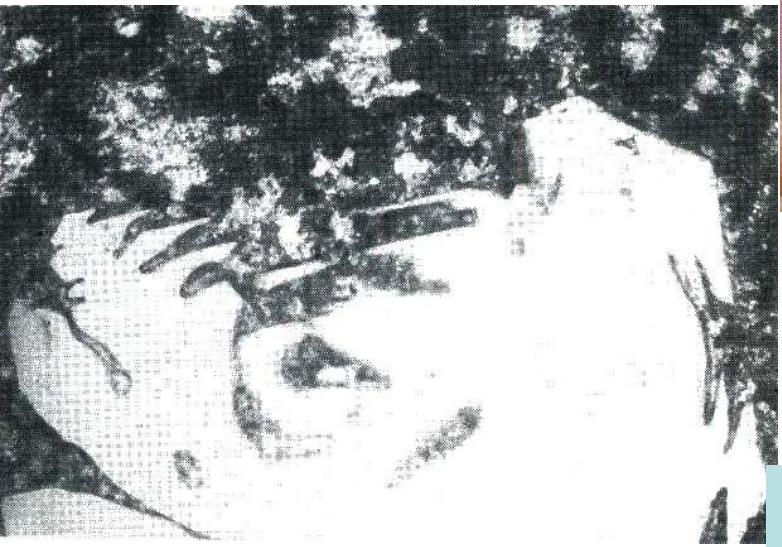
110 мм. Kirengo, Руанда

Скелетные кристаллы

Кварц

Брандберг, Намибия

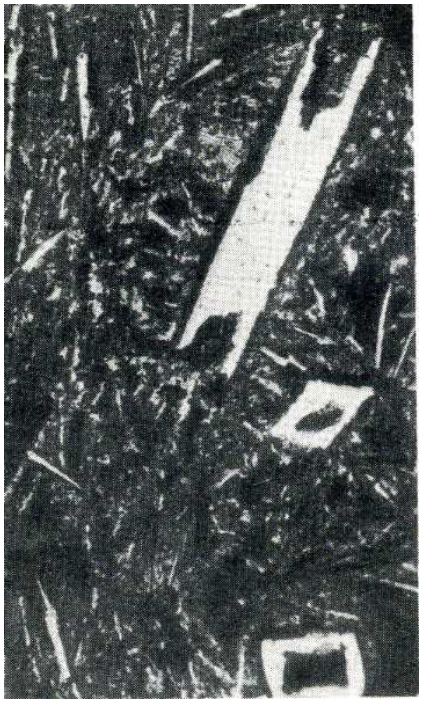
Циллерталь, Швейцария



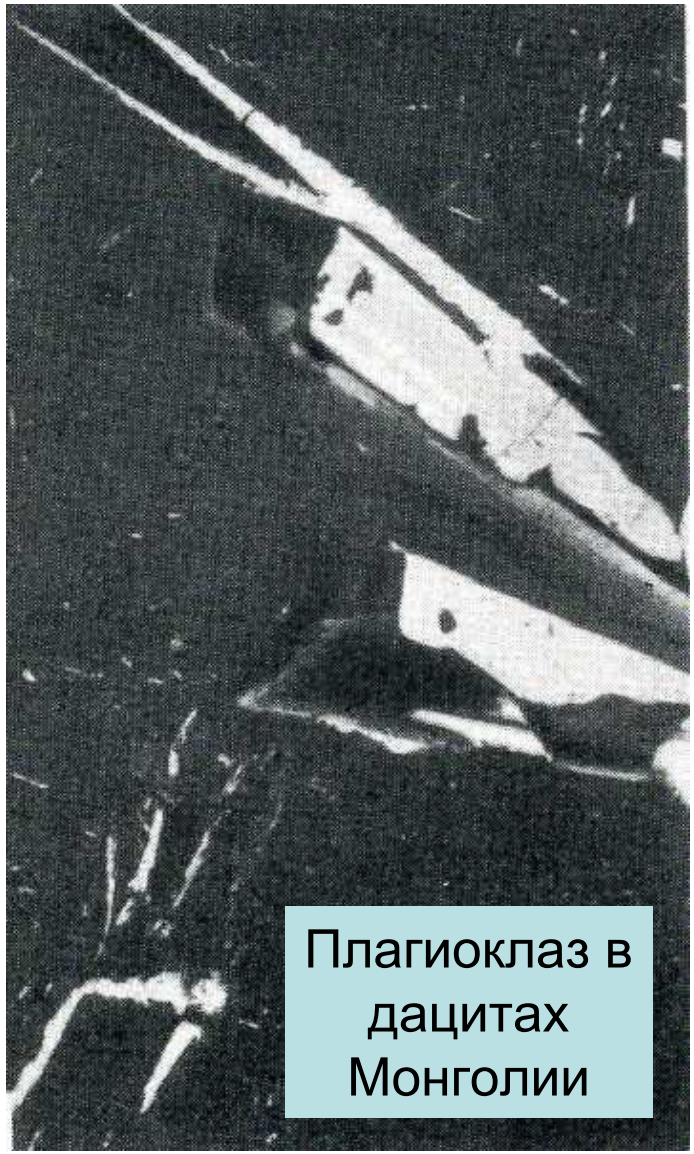
Вкрапленник в риолитах

Скелетные кристаллы

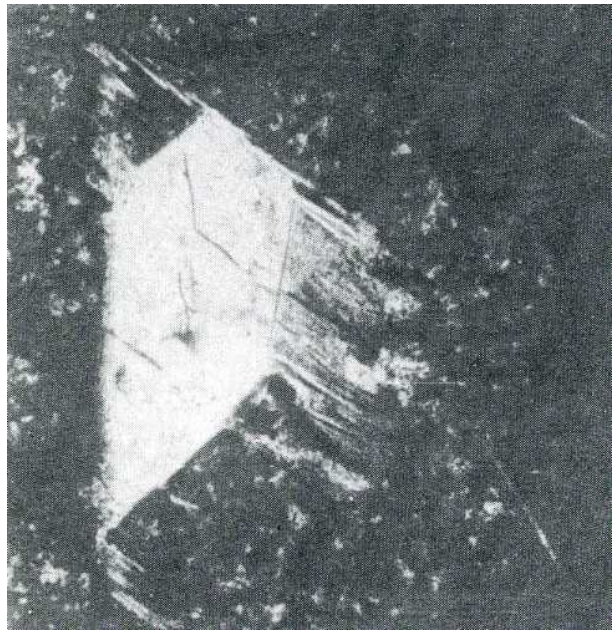
Полевые шпаты



Плагиоклаз в базальтах Монголии



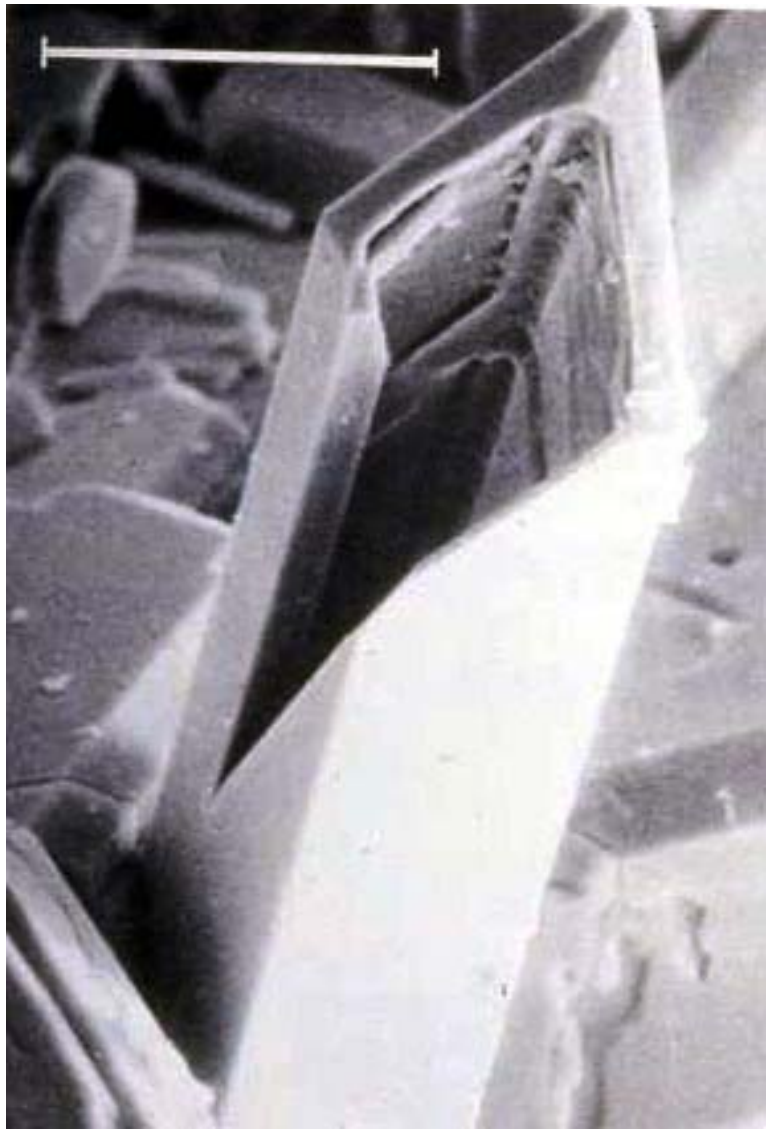
Плагиоклаз в дацитах Монголии

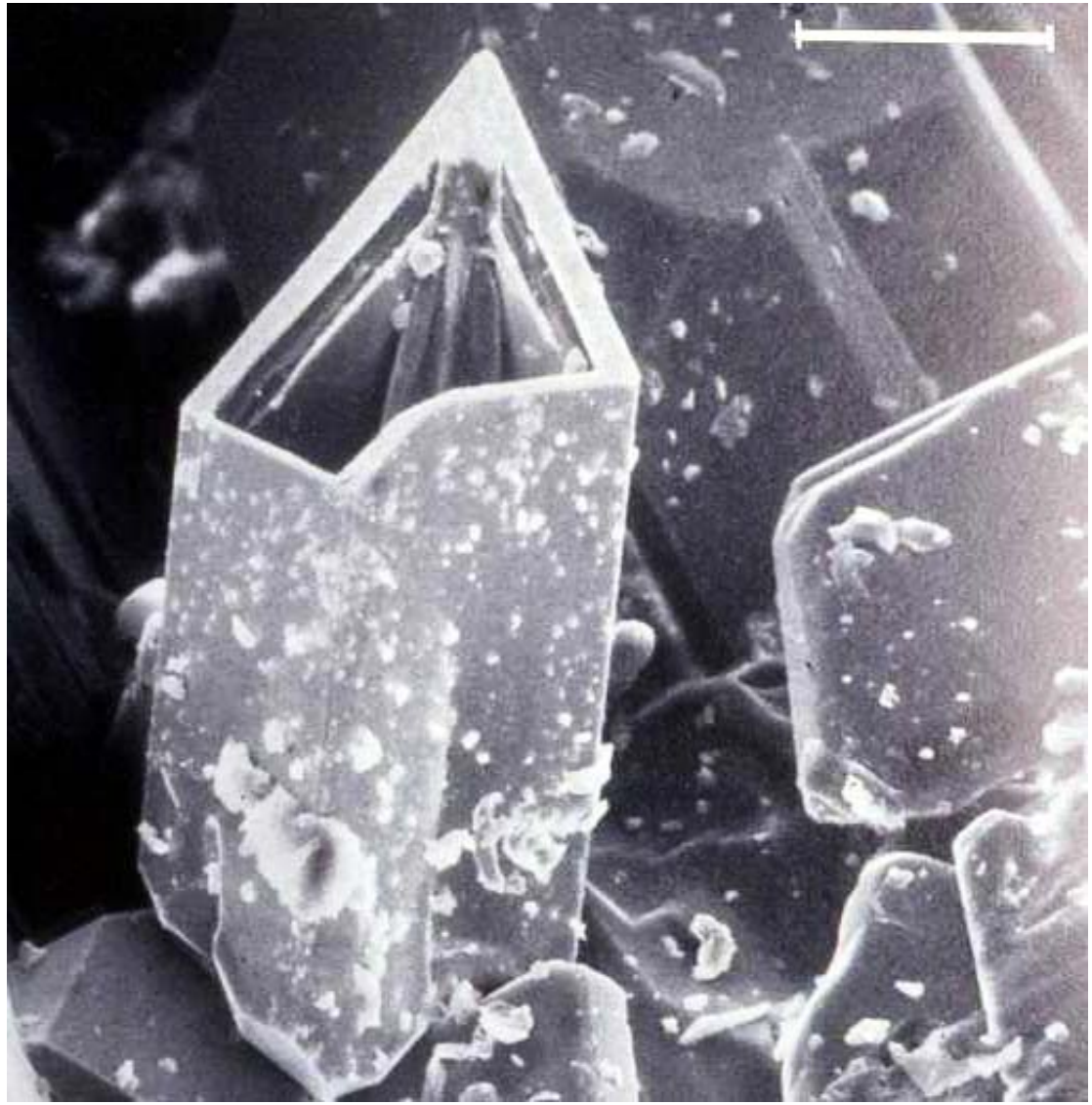


K-Na пол. шпат в риолитах.
Две стадии роста:
1. полногранный кристалл,
2. скелетный кристалл

Скелетные полые кристаллы

Циркон





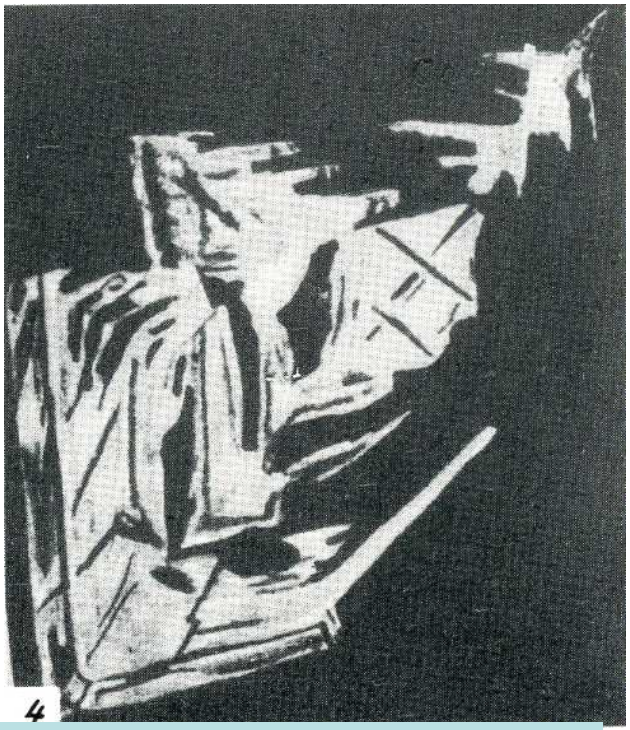
в продушинах четветричных трахитов. Эйфель, Германия.
Линейка 10 микрон

Скелетные полые кристаллы

Псевдобрукит Fe_2TiO_5

в продушинах четвертичных трахитов. Emmelberg, Эйфель, Германия

Скелетные кристаллы



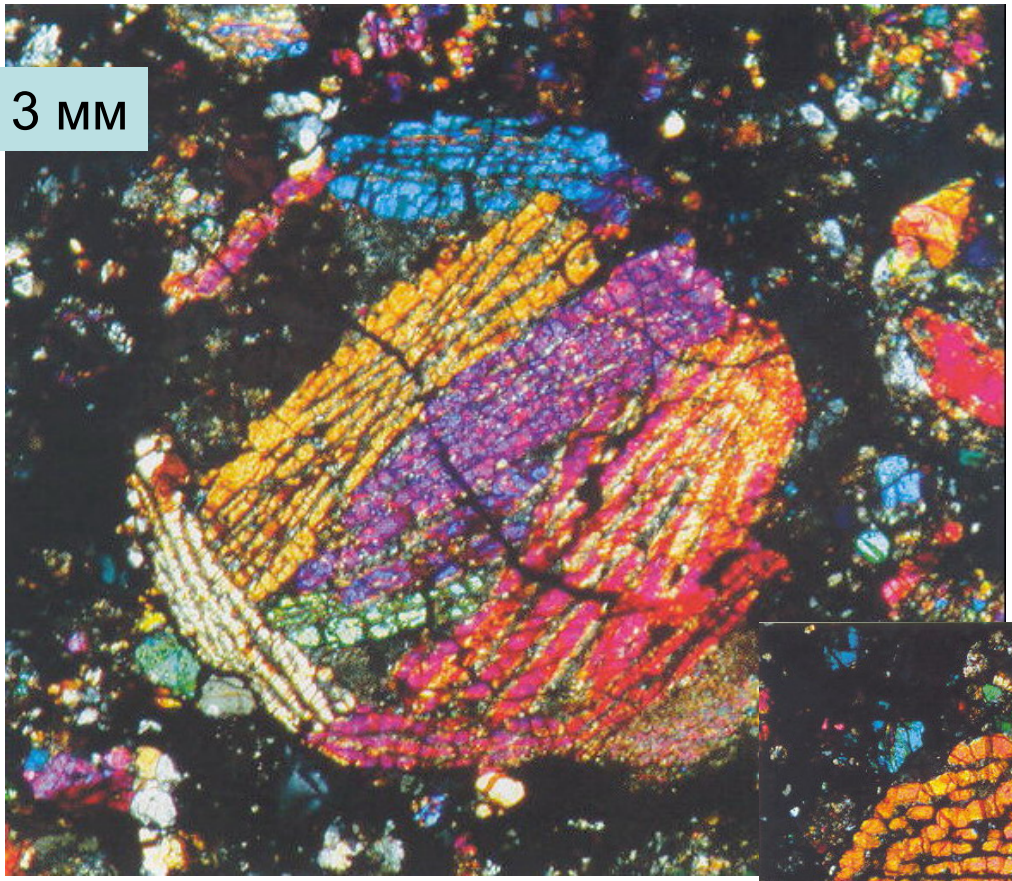
Вкрапленник в стекловатых базальтах. Чукотка

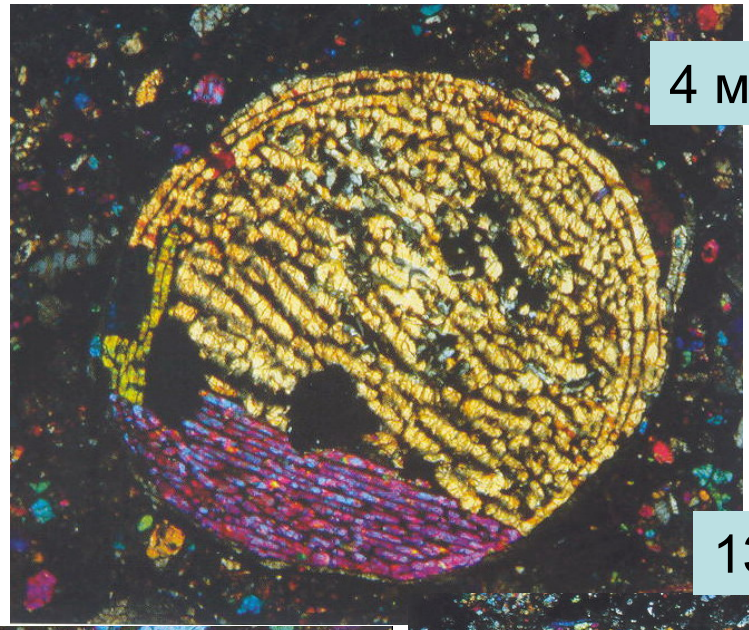
Оливин

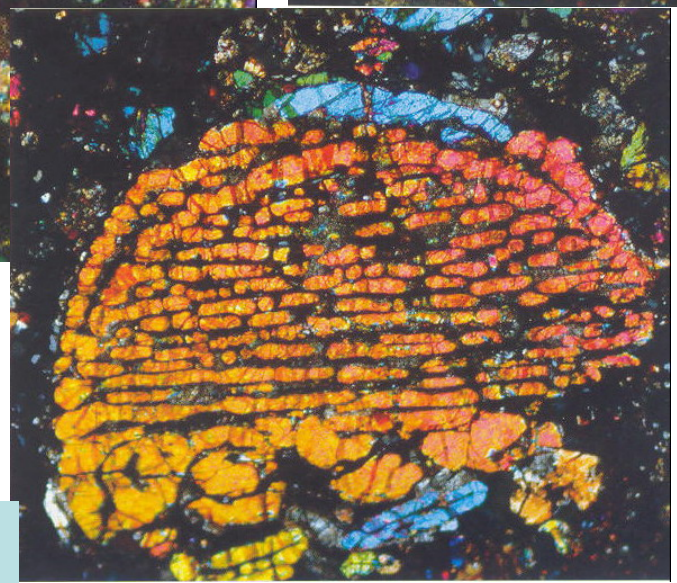
в стекловатых коматиитах

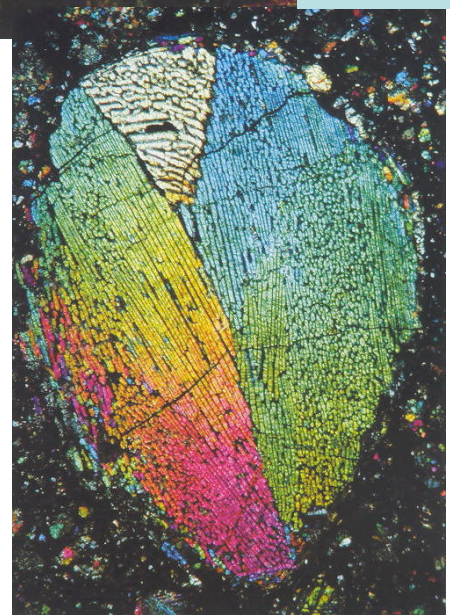
Скелетные кристаллы

Оливиновые хондры. Хондрит NWA 778. Алжир



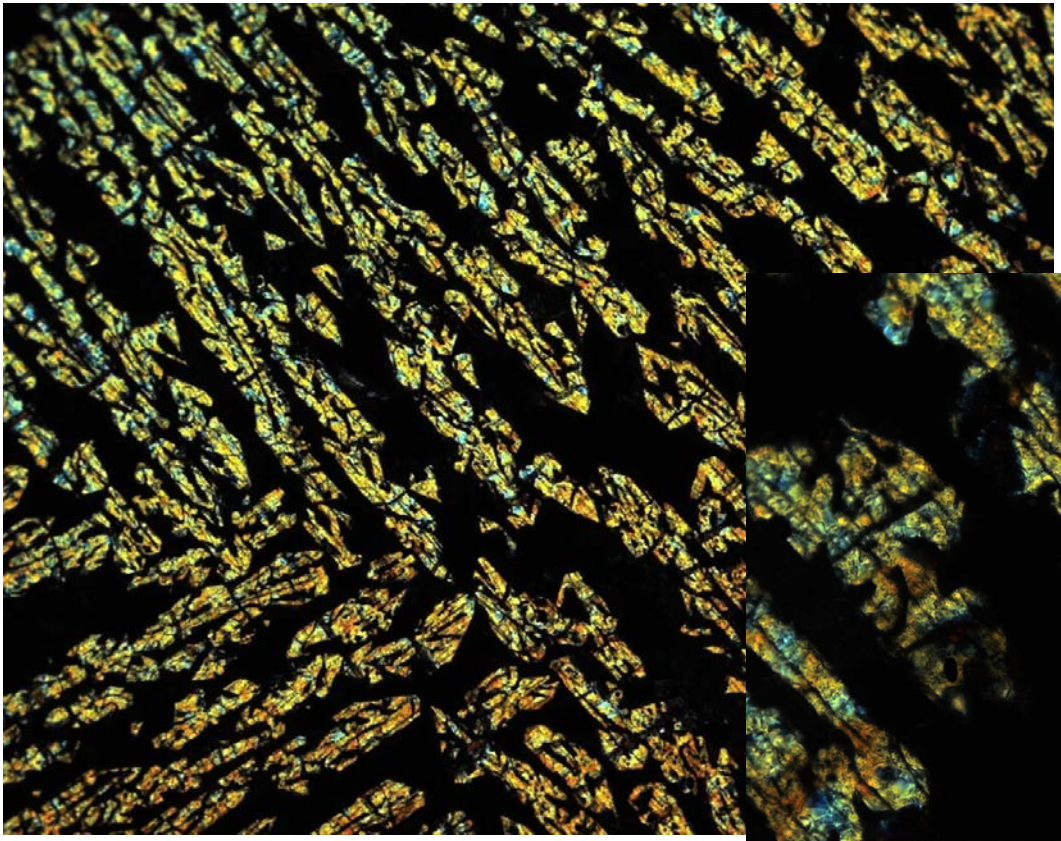


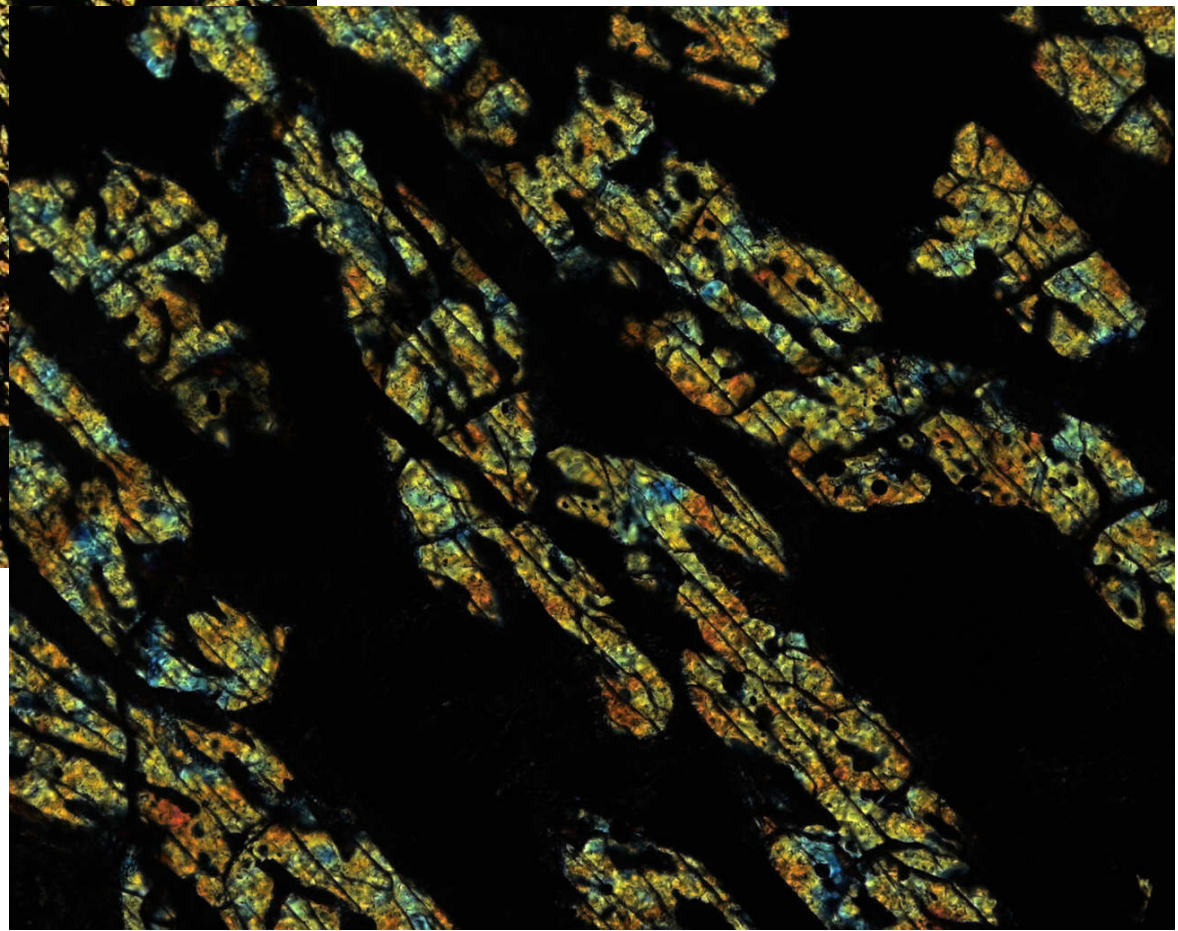




Скелетные кристаллы

Оливин – фаялит. Шлаки Карабашского завода



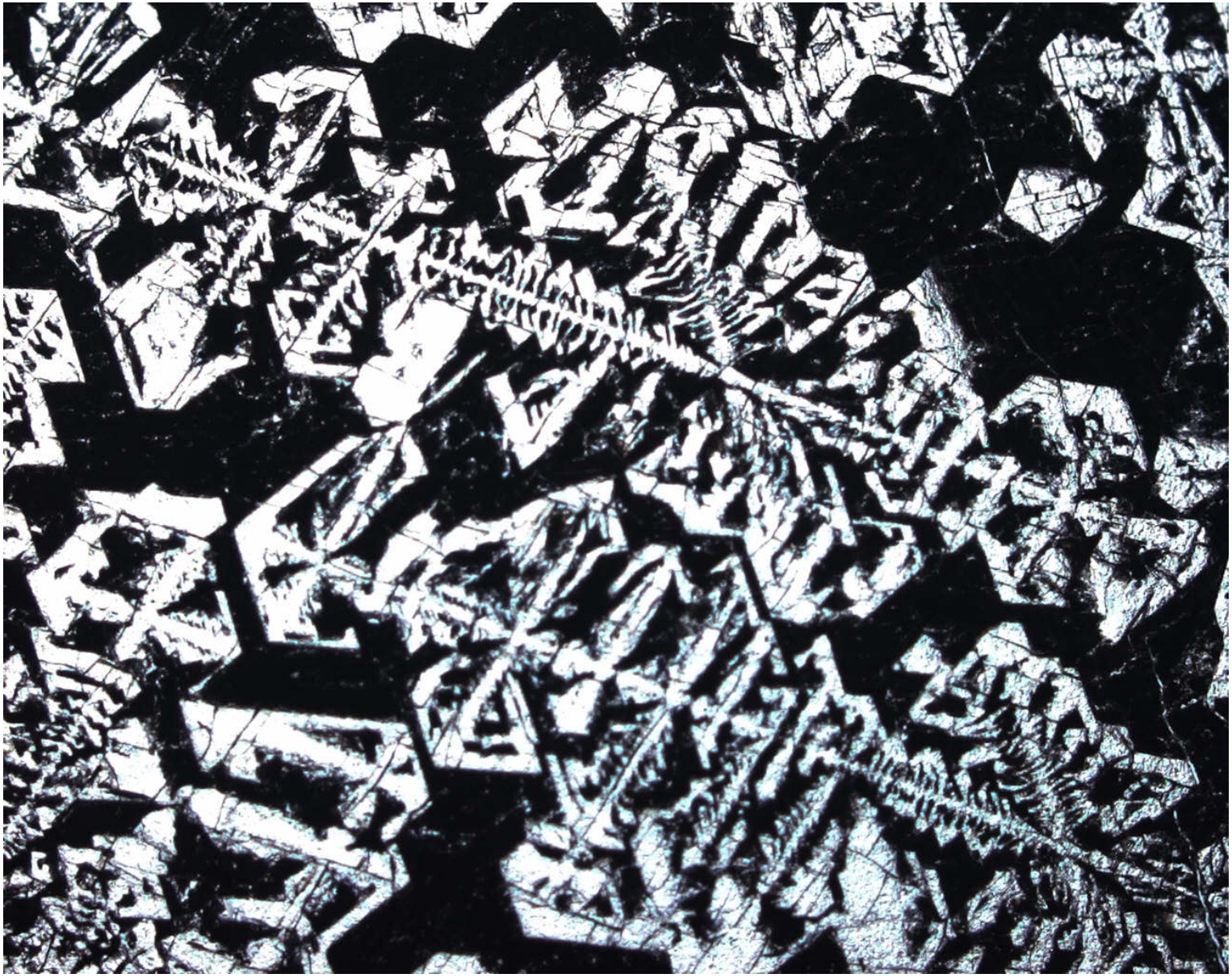


Николи х

Скелетные кристаллы

Шпинель - галаксит

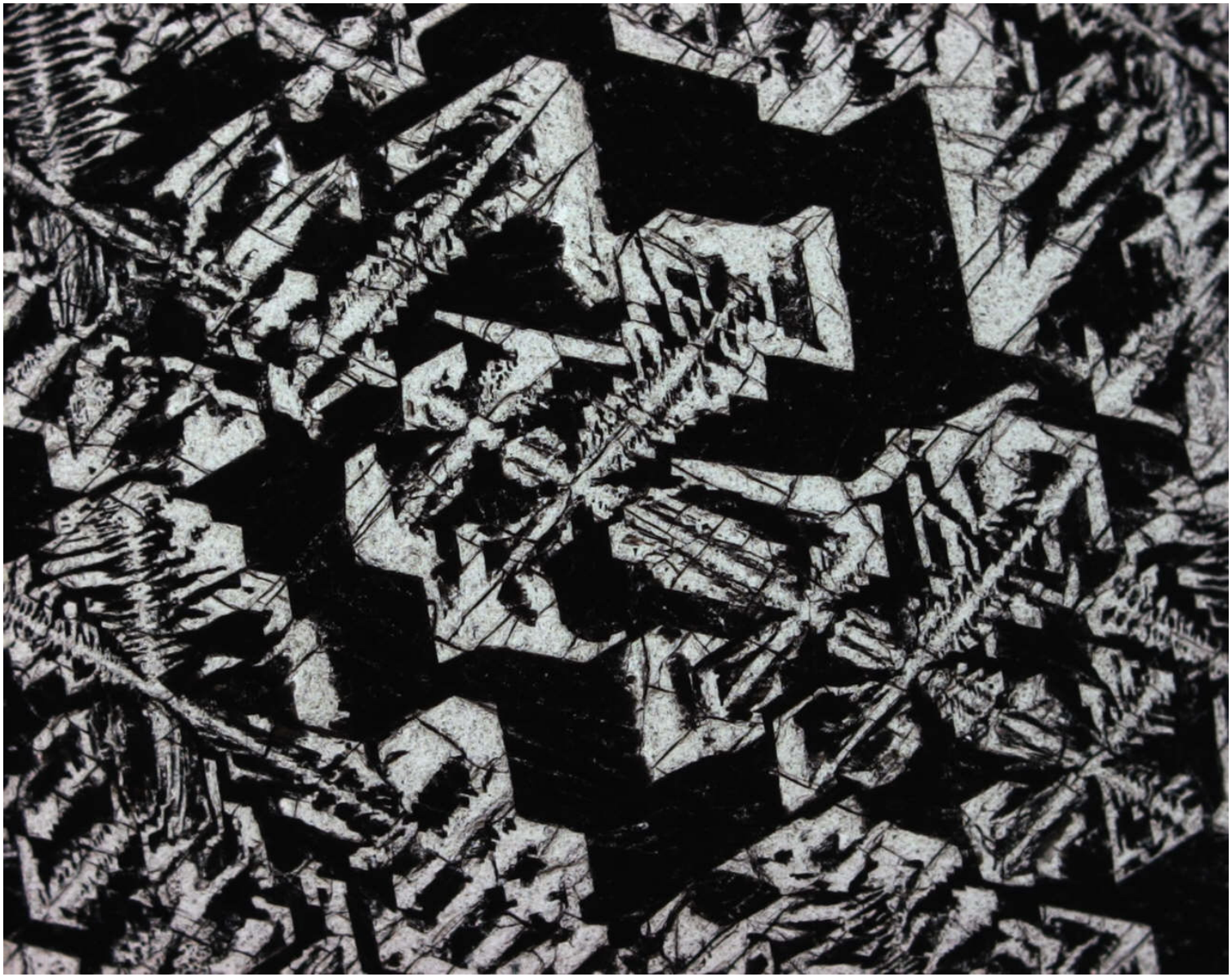
В отражённом свете



Скелетные кристаллы

Шпинель - галаксит

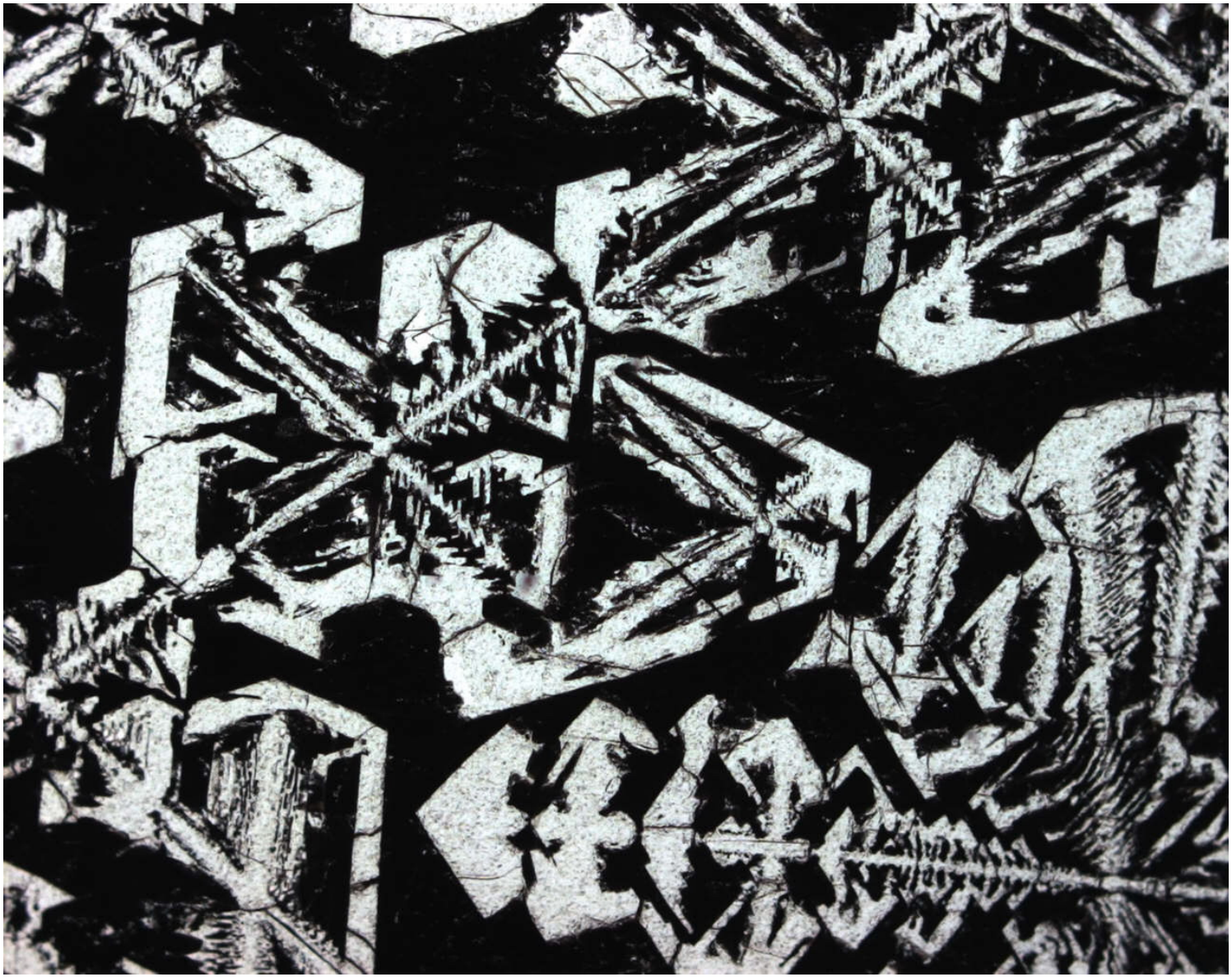
В отражённом свете



Скелетные кристаллы

Шпинель - галаксит

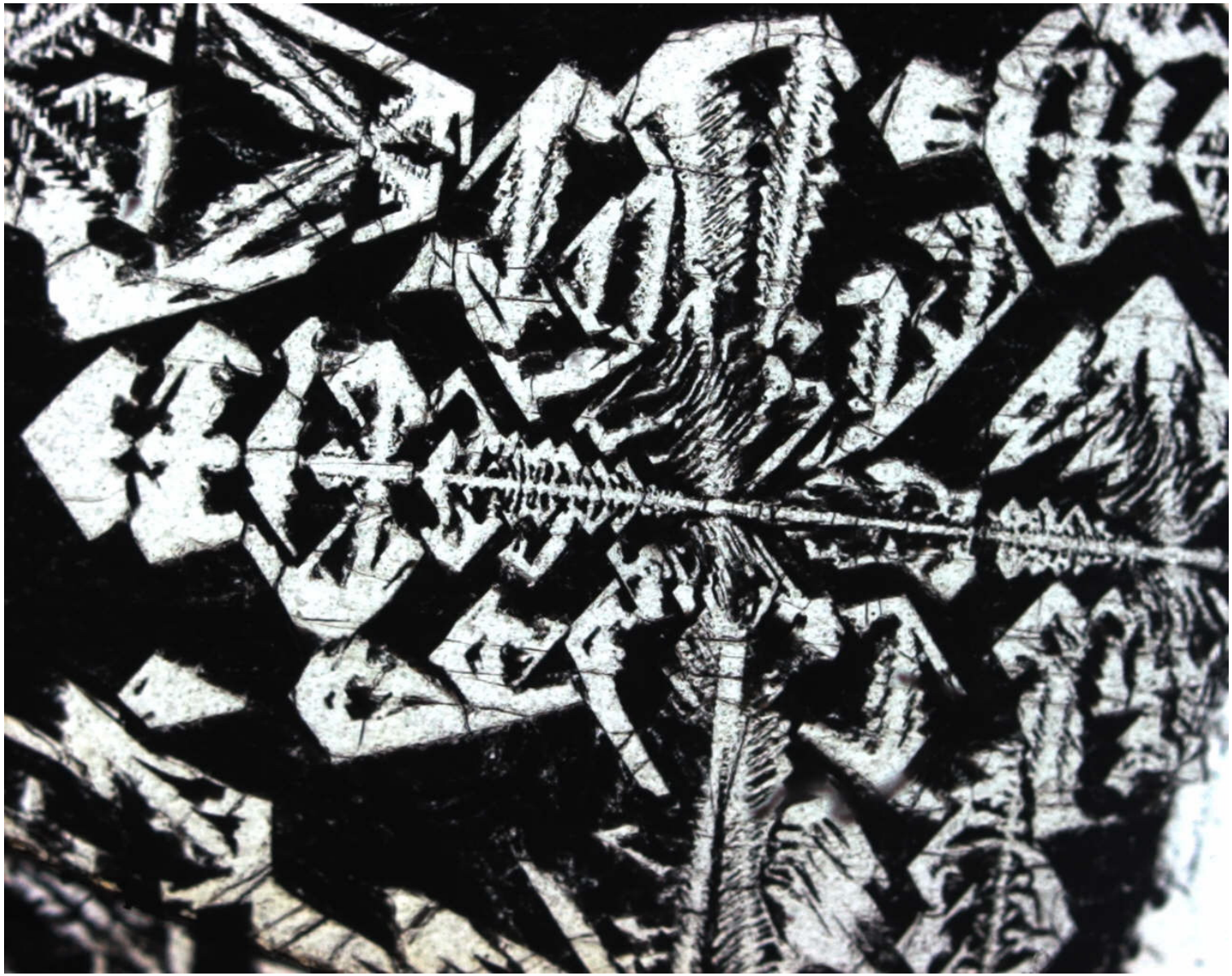
В отражённом свете



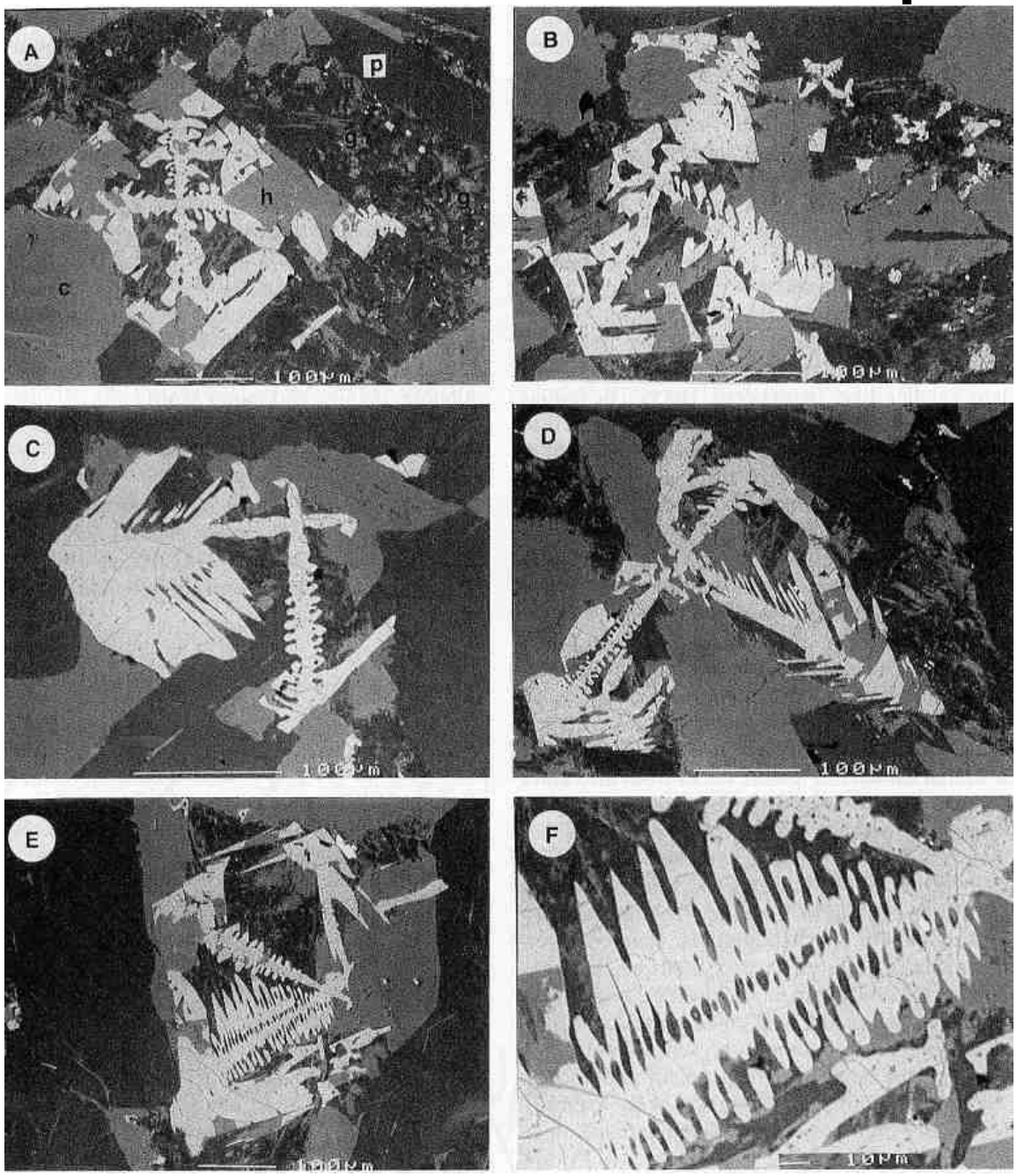
Скелетные кристаллы

Шпинель - галаксит

В отражённом свете



Скелетные кристаллы



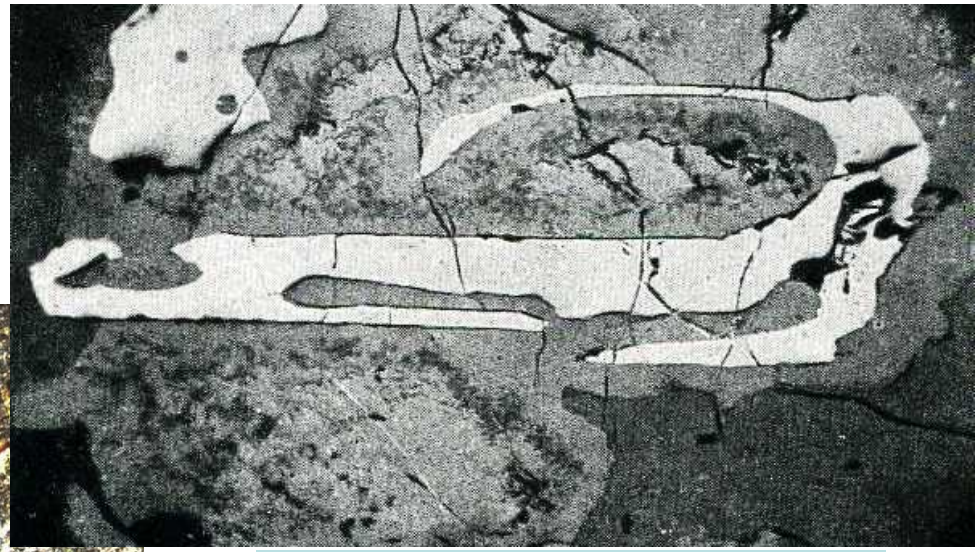
Титаномагнетит в долерито-базальтах.

Квебек, Канада

Кристаллы – скелетные вершинники и реже рёберники

Скелетные кристаллы

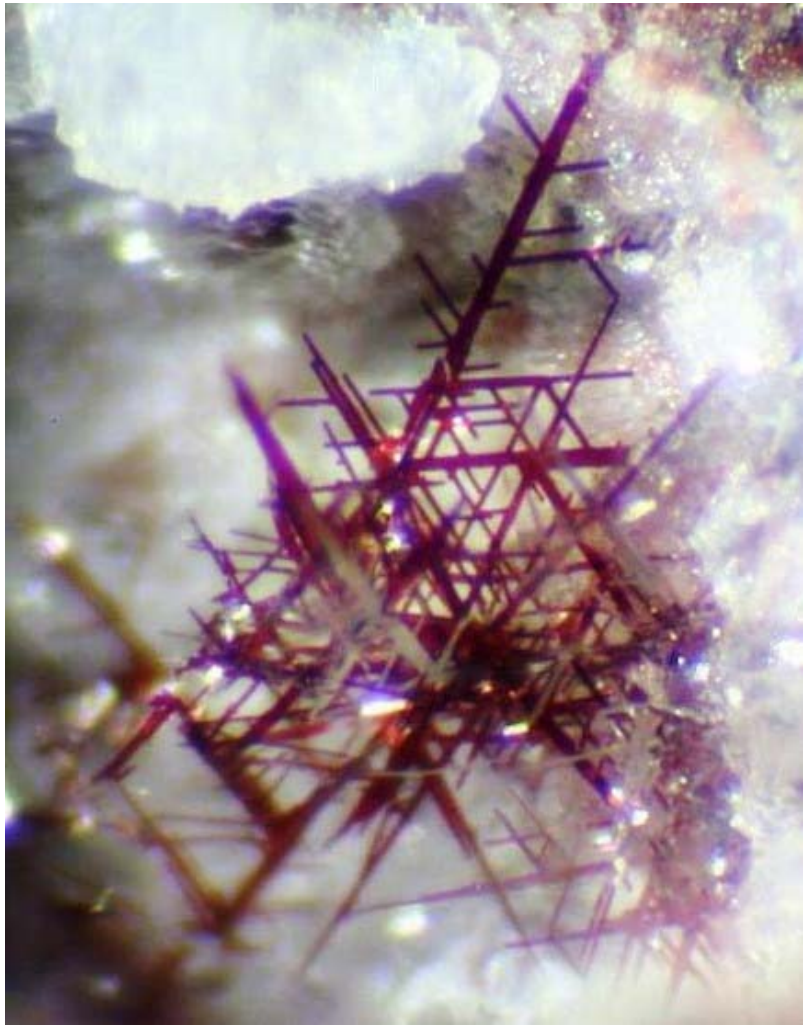
Ильменит



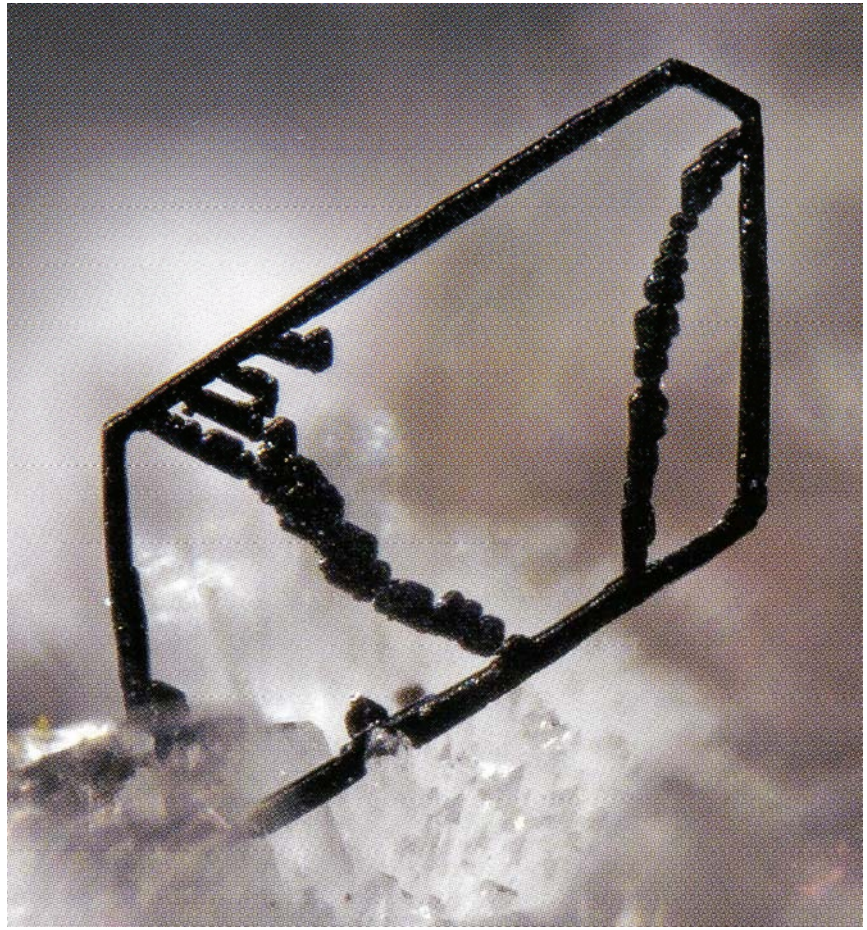
Ильменит (белый)
в габбро-норитах. 4 мм.
Восточная Нубия,
Египет.
Фотография в
отражённом свете

Ильменит (чёрный) в габбро-долеритах.
Талнахский интрузив, Норильский регион.
Шлиф при 1 николе

Скелетные кристаллы



Гематит



2 мм. Emmelberg, Эйфель, Германия

Итак, минералы любого химического состава и с любой кристаллической структурой могут вырасти в виде скелетных кристаллов. Определяющее значение имеют условия кристаллизации, прежде всего, высокие степени пересыщения, переохлаждения, диффузного голодания

Сон-трава. Анемоны. Южный Урал