



Средиземное море. Кипр. Фото ЕВП

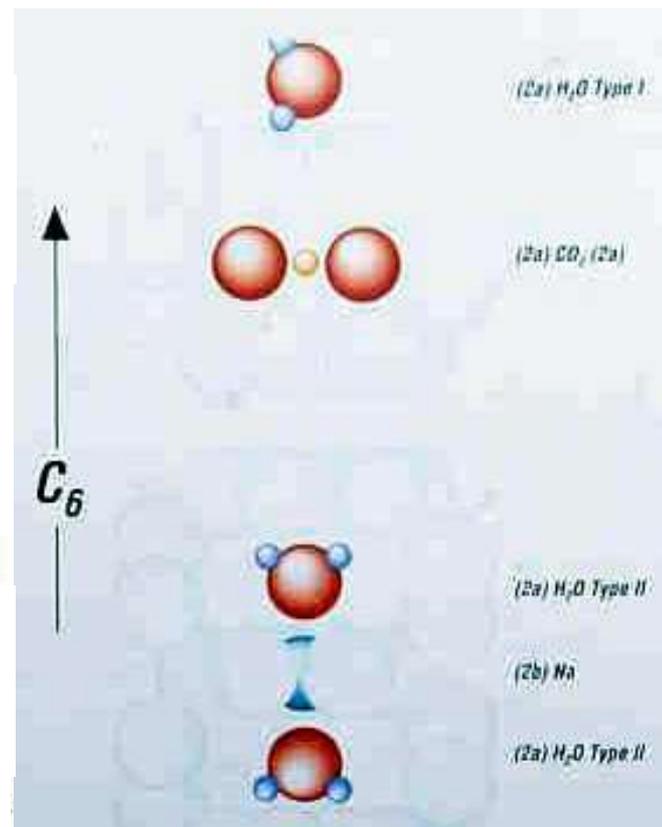
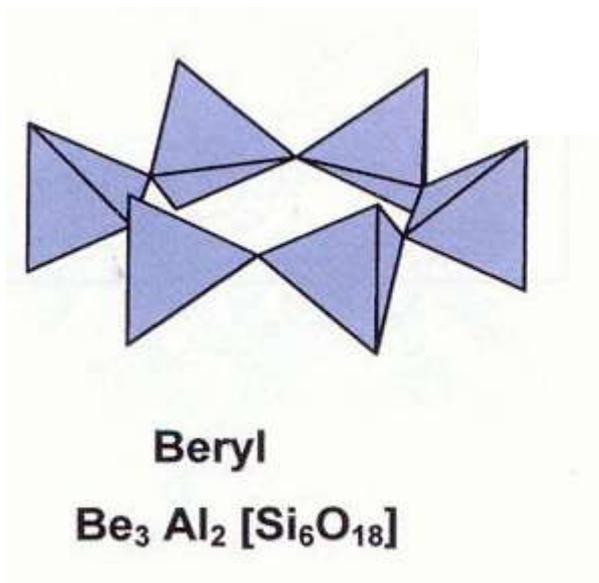


26 плювиоза VI года революционного календаря, т.е. 14 Февраля 1798 года член Французской Академии Наук Луи Вокелен на торжественном заседании Академии сделал доклад «Об аквамарине или берилле и открытии новой земли в этом минерале». Луи Вокелен сообщил об открытии нового химического элемента глициния = бериллия, который ранее химики принимали за глинозём, алюминий, в берилле и изумруде. Таким образом, было подтверждена принадлежность берилла и изумруда к одному минеральному виду, о чём догадывался ещё Плиний старший. На родине знаменитого химика во Франции бериллий до сих пор именуют глицинием.

Гай Плиний Секунд Старший (23 – 79 г.г. новой эры) в своей знаменитой «Натуральной Истории» написал, что берилл - это единственный драгоценный камень, который предпочитает обходиться без золота.

МИНЕРАЛЫ

ГРУППЫ БЕРИЛЛА





Пегматитоносное
Восточное Забайкалье

БЕРИЛЛ $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}] -$

РОСТЕРИТ $\text{LiNaBe}_2\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}] -$

ВОРОБЬЕВИТ – МОРГАНИТ

$\text{Li}(\text{Na,Cs})\text{Be}_2\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}] -$

ПЕЗОТТАИТ $\text{LiCsBe}_2\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$

ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ

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



Имя

Александра Евгеньевича

Ферсмана

навсегда связано с проблемами

гранитных пегматитов

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

Гранитные пегматиты – природные автоклавы

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

Классификация гранитных пегматитов

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

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

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

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ



114x70 мм.

Урал.

89x59 мм



РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Берилл

Берилл весьма разнообразен.

В ранних зонах редкометальных пегматитов это обычный зеленоватый берилл низко щелочной (с 0.5-1.5 масс. % Na₂O и 30-500 г/т Cs) и берилл, обогащённый Na (+ Fe, Mg).

В поздних центральных зонах пегматитов развит белый коротко столбчатый существенно Na-Li берилл – ростерит (обычно с 0.2 масс. % Cs) и розовый коротко призматический до уплощённого Li-Cs берилл – воробьевит (морганит). В этих бериллах происходит изоморфное замещение Be²⁺ на Li¹⁺ с добавлением щелочного катиона:

ростерит – Be₂ Li Na Al₃ [Si₆O₁₈]

воробьевит - Be₂ Li Cs Al₃ [Si₆O₁₈].

Размеры монокристаллов берилла в некоторых редкометальных гранитных пегматитах поражают – до 18 x 3.5 x 3.5 м, объёмом 143 м³, массой 380 т; м-ние Malakialina, Малагасийская Республика (Rickwood P.C., 1981. Amer. Mineral. Vol. 66. P. 885-907).

Ресурсы Be в альбит-сподуменовых пегматитах иногда превышают 10.000 т.

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Берилл

2300 мм



Горный Алтай



Кристаллы до 1400 мм.
Норвегия



Кристалл 900 мм
в кварце. Бразилия



30 мм

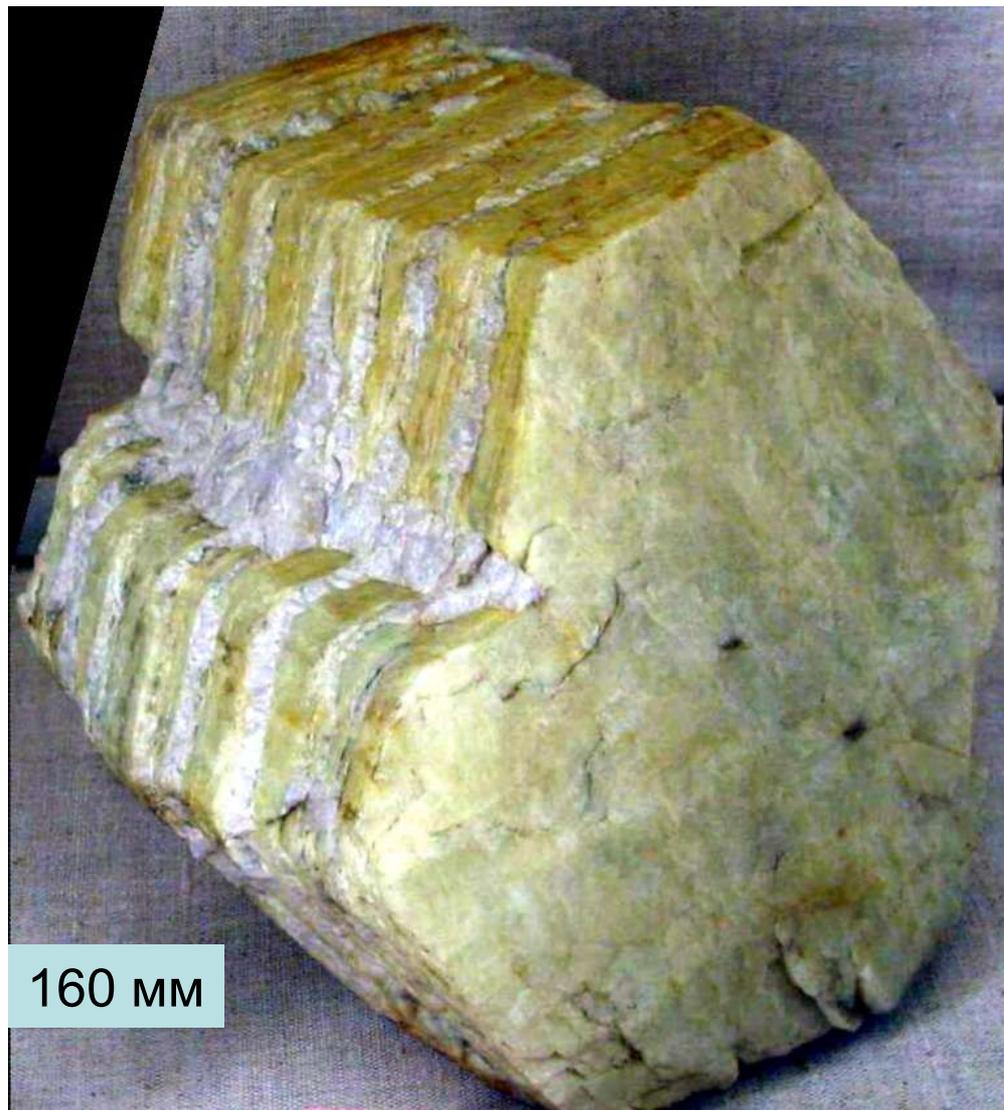
Абчада,
Восточный
Саян

20 мм



РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Берилл



160 мм

Кондаковское м-ние



100 мм

Удраз, Чехия



56x54 мм. Восточный Саян

РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Ростерит



Ростерит до 5 мм
на лепидолите.
Сред. Урал



Бразилия

46 мм.
Aracuaí,
Минас Жераис



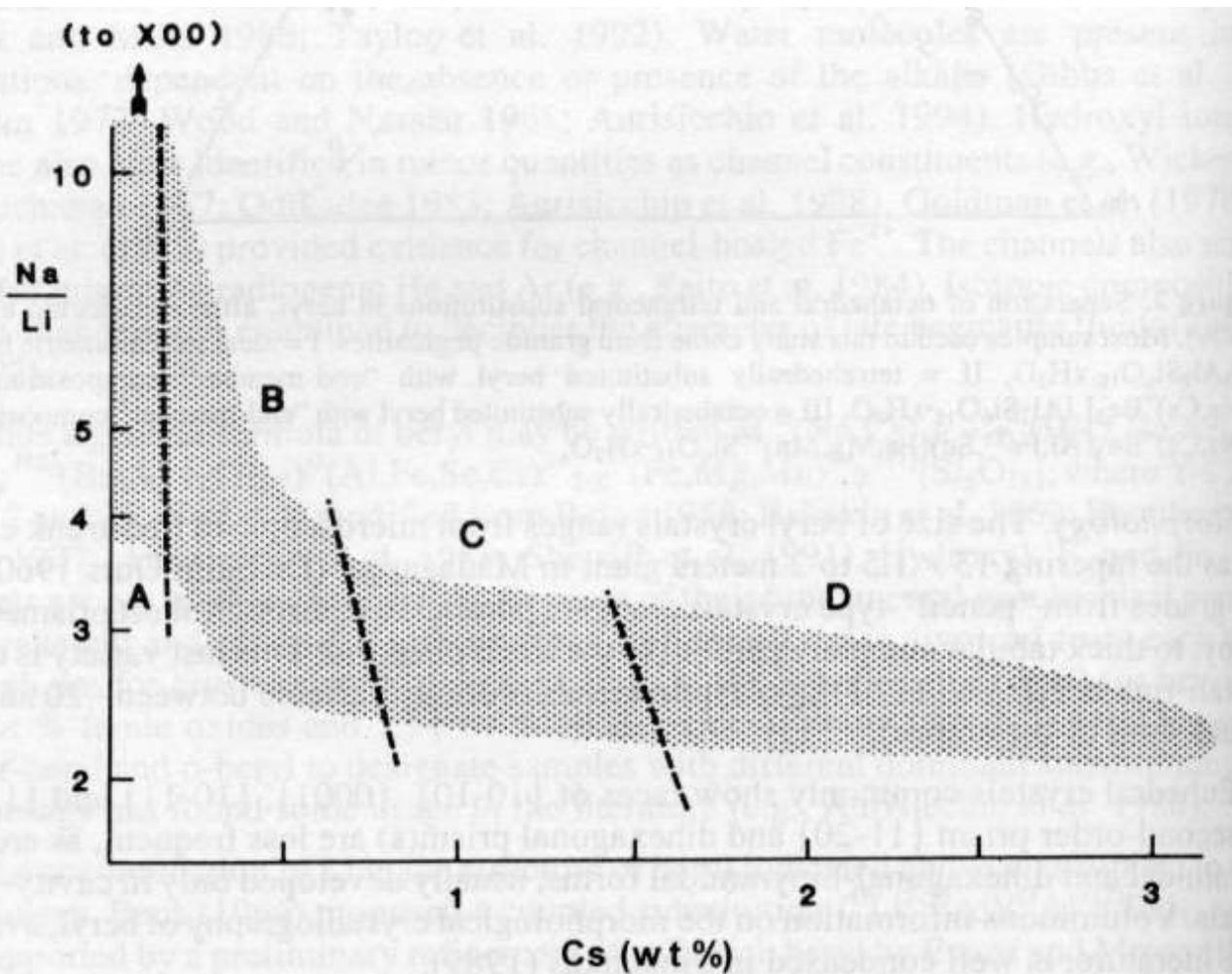
РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ. Берилл – воробьевит (морганит)



Воробьевит (3-5 % Cs) 15x10 мм с альбитом. Нуристан, Пакистан



РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.



Цезий
в
бериллах

Figure 3. The Na/Li versus Cs diagram for late primary beryl from granitic pegmatites (Trueman and Černý 1982). The decrease in Na/Li parallels an increase in absolute contents of both elements. A = barren and geochemically primitive beryl-type pegmatites (including most pegmatites of the rare-earth type), B = geochemically evolved beryl-columbite and beryl₂ columbite-phosphate pegmatites, C = albite-spodumene and complex pegmatites, D = highly fractionated Li,Cs,Ta-rich complex pegmatites. The trend characteristic of the progressive evolution of individual pegmatite categories is also typical for sequences of beryl generations from early (outer) to late (mainly inner) zones within individual pegmatite bodies.

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

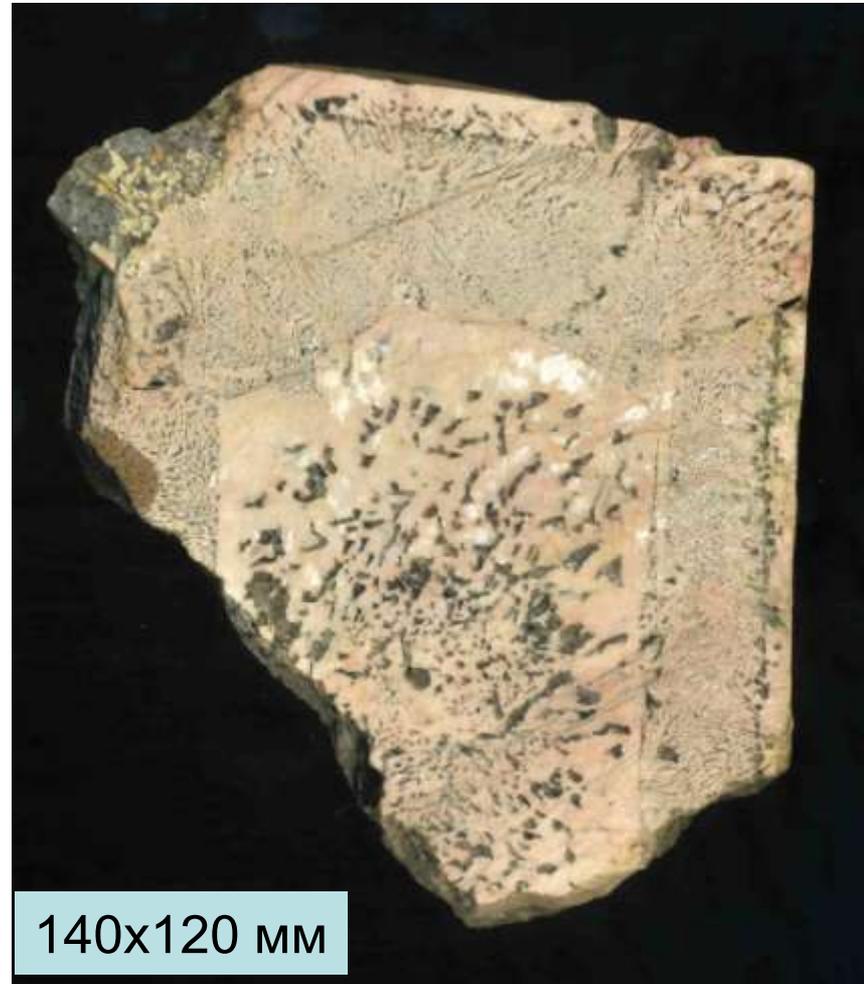
В ходе кристаллизации гранит-пегматитового расплава увеличивалась кислотность флюида и возникали мусковит, гранаты, колумбит-танталит, касситерит, воджинит, микролит, берилл, топаз, андалузит, шерл, тсилаизит, эльбаит, фойтит, россманиит, лепидолит, масутомилит, воробьевит, пезоттаит, родицит, лондонит,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

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ



70x50 мм. Золотая Гора, Забайкалье

Относительно богатые кварцем
графические срастания



140x120 мм

Смена условий при
росте одного кристалла
К-Na полевого шпата

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

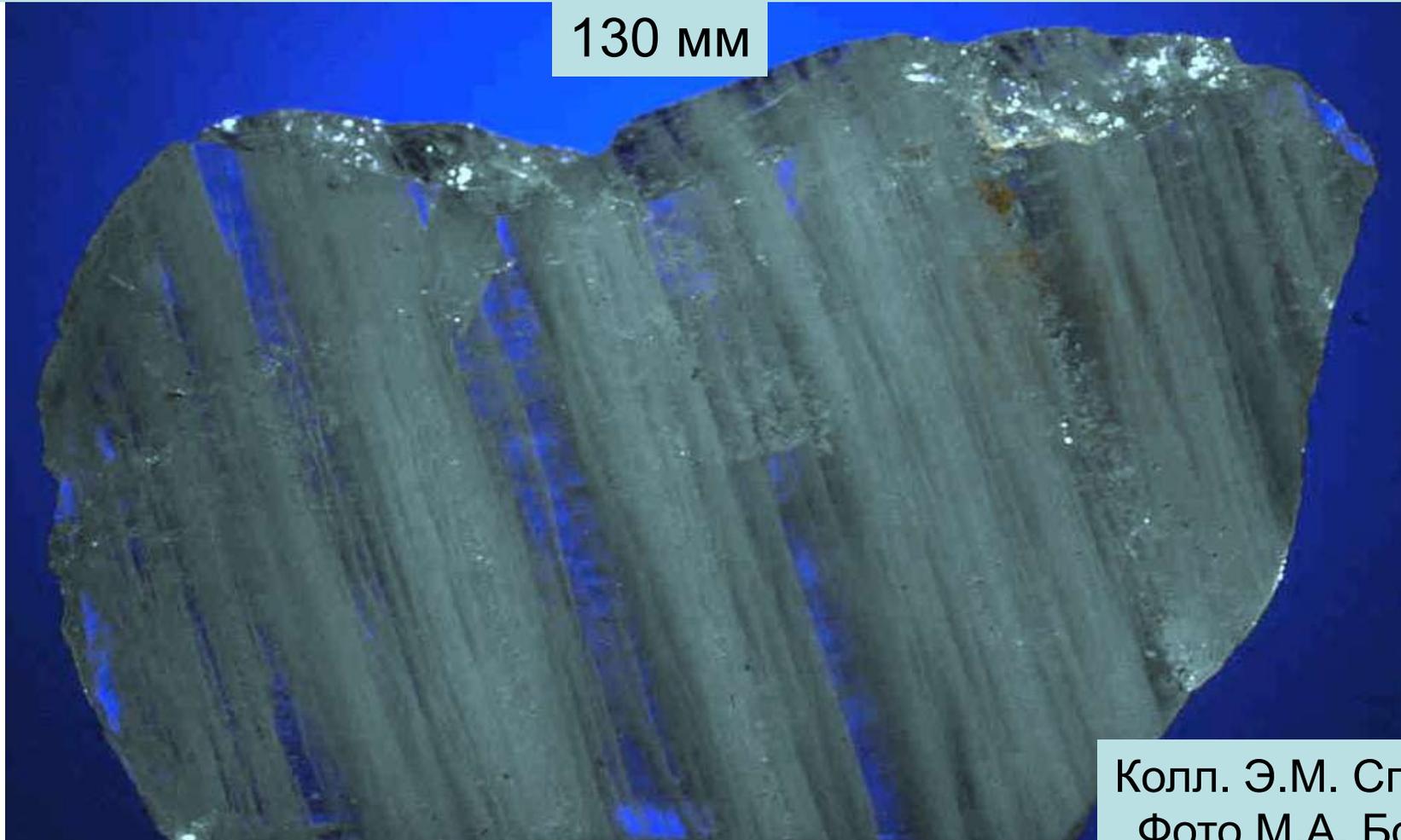


Средний Урал. Колл. О.К. Иванова. Фото Н.Н. Жукова

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

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

130 мм



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

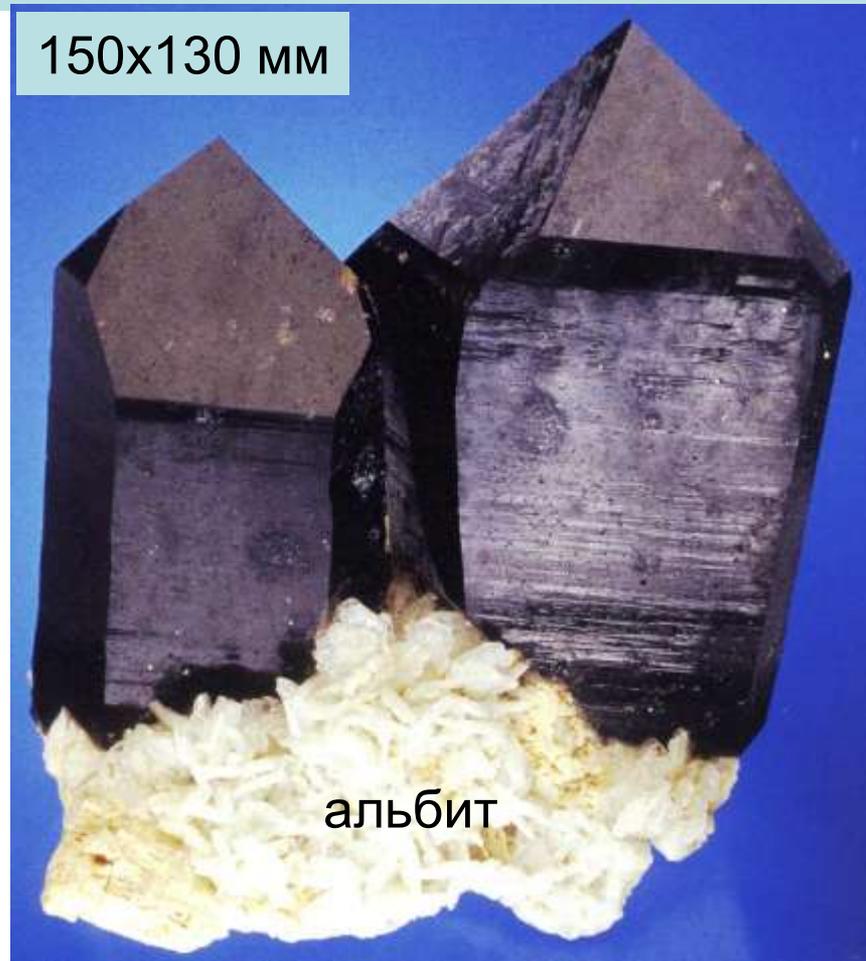
КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

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



103 кг

150x130 мм



альбит

Lavra Sao Pedro,
Malacacheta

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ



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

Conselheiro Pena,
Минас-Жераис,
Бразилия

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

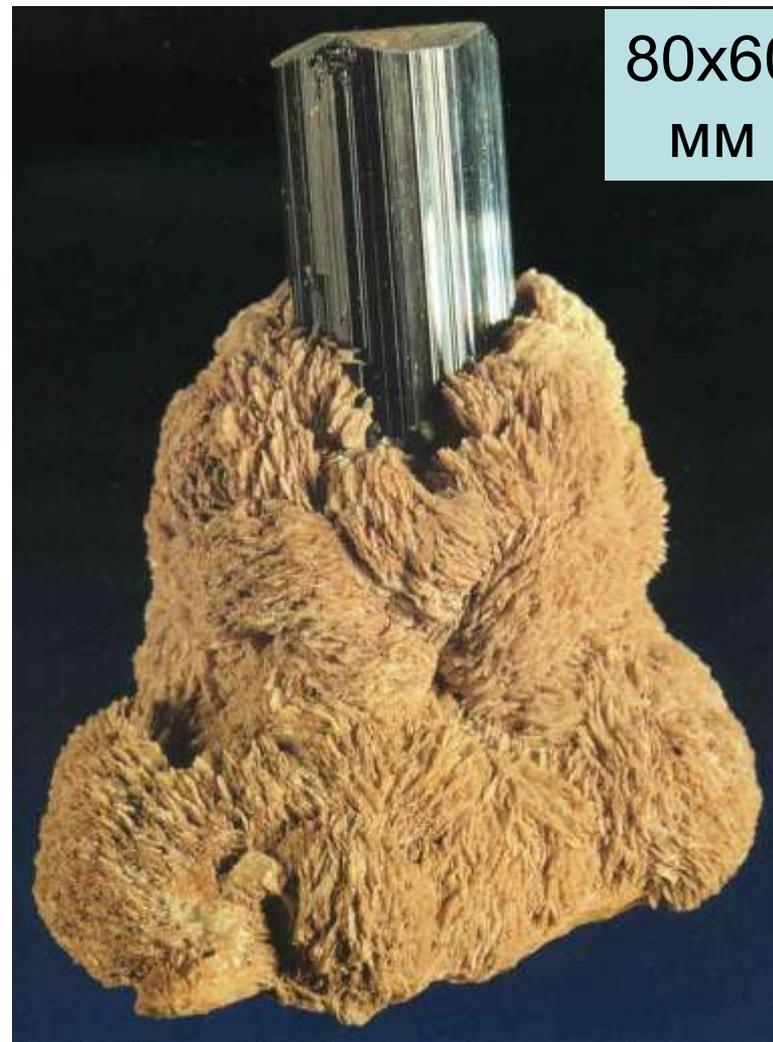
Альбит

110
ММ



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

80x60
ММ



Шерл в шубе
альбита - клевеландита.
Алабашка, Средний Урал

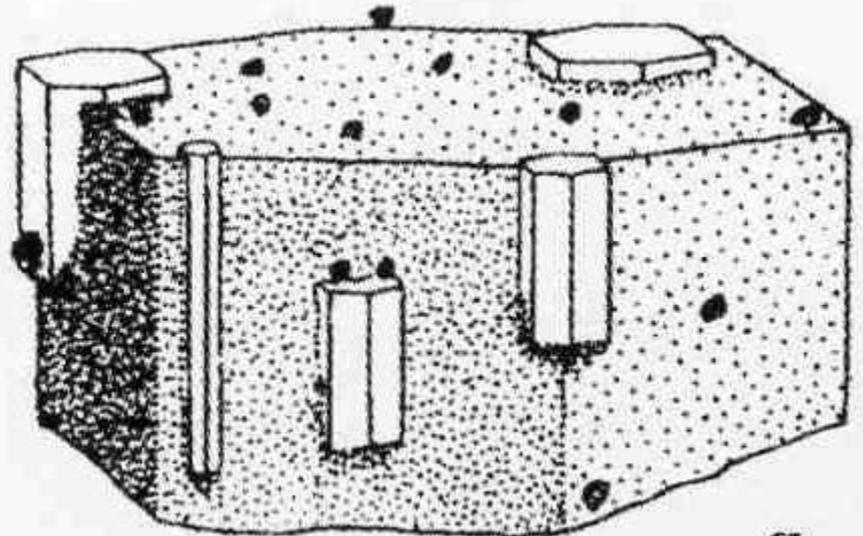
КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Феррокордиерит = секанинаит $(\text{Fe},\text{Mg})_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$

При высоких температурах
проявлен широкий
изоморфизм
берилл - индиалит



-



Эпитаксия берилла на
ферроиндиалите (точки),
превращённом в
феррокордиерит.
Средний Урал

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Берилл $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$

Берилл - аквамарин, воробьевит (морганит). Ранний берилл обычно зеленоватый до белого. В поздних высоко кислотных производных пегматитов Урала, Алтая, Памира, Забайкалья, Волыни развит аквамарин с Fe^{2+} . Колоссального размера кристаллы густо голубого аквамарина найдены в пегматитах Medina, Бразилии. Более поздний воробьевит (Вернадский, 1908), иначе морганит - пезоттаит $\text{LiCsBe}_2\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ известен в пегматитах США (Pala), Центральной Африки, Бразилии (Saracaia Mine, Минас Жераис), Забайкалья (р. Ургучан) и Среднего Урала (Шайтанка). В пегматитах Petschtal Kunor (Афганистан) и штата Минас Жераис (Бразилия) нередки чудесного тёплого розового цвета уплощённые кристаллы морганита свободного роста размером 15x15x4-6 см, выросшие на агрегаты расщеплённых кристаллов белого клевеландита; морганит ассоциирует с почти бесцветным горным хрусталем и очень светлой воды топазом.

РЕДКОМЕТАЛЬНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Аквамарин и микролит



Микролит 11 мм
на эльбаите.
Darra-i-Pech,
Nangarhar,
Афганистан



32x30 мм.
Масоа,
Alto Ligonha,
Мозамбик

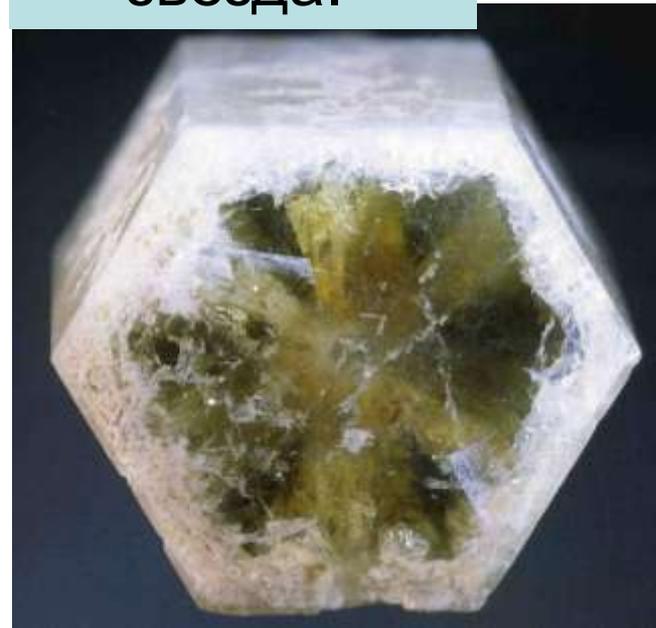


Микролит 11 мм
на аквамарине.
Кунар, Нуристан.
Афганистан

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Берилл –
шестилучевая
звезда.

Берилл. Erongo, Намибия



90
X
60
мм

Стандартный
парагенез –
аквамарин+
шерл+
микроклин



80
мм



40 мм



90x75 мм

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Берилл - аквамарин с раух-кварцем



С альбитом. 112 мм.



С микроклином. 100 мм.

Mount Antero, Колорадо, США

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Берилл - аквамарин с шерлом. Skardu, Пакистан



С кварцем и альбитом. 105 мм.
Haramosh Mountain

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

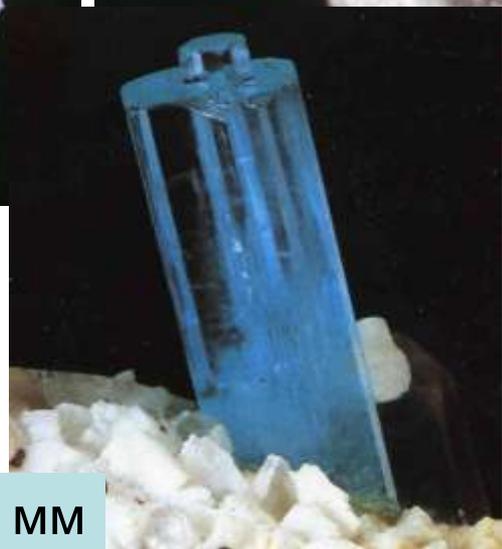
Берилл - аквамарин с альбитом. Shigar, Пакистан



С лепидолитом.
180 мм



290 мм



150 мм



С мусковитом



КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

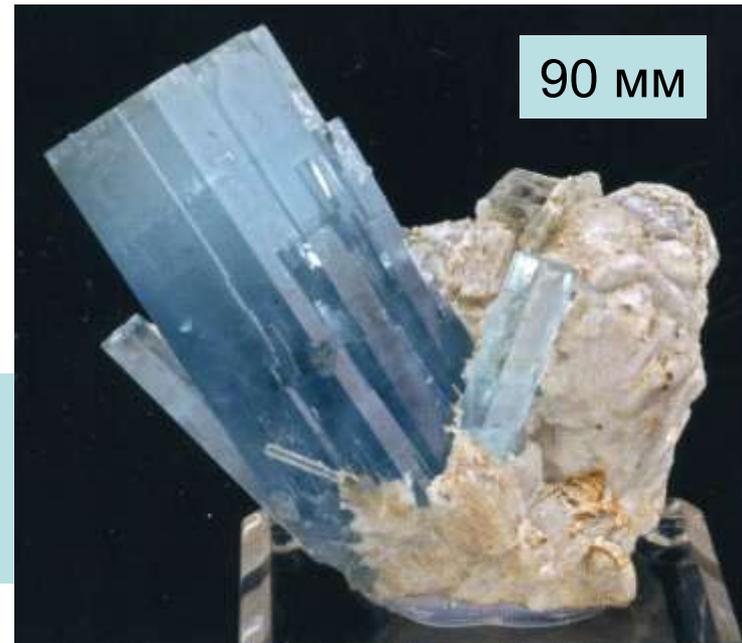
Берилл - аквамарин с альбитом

50 мм



Тарлеjung,
Восточный
Непал

90 мм



Со
спессартином.
Скарду,
Пакистан

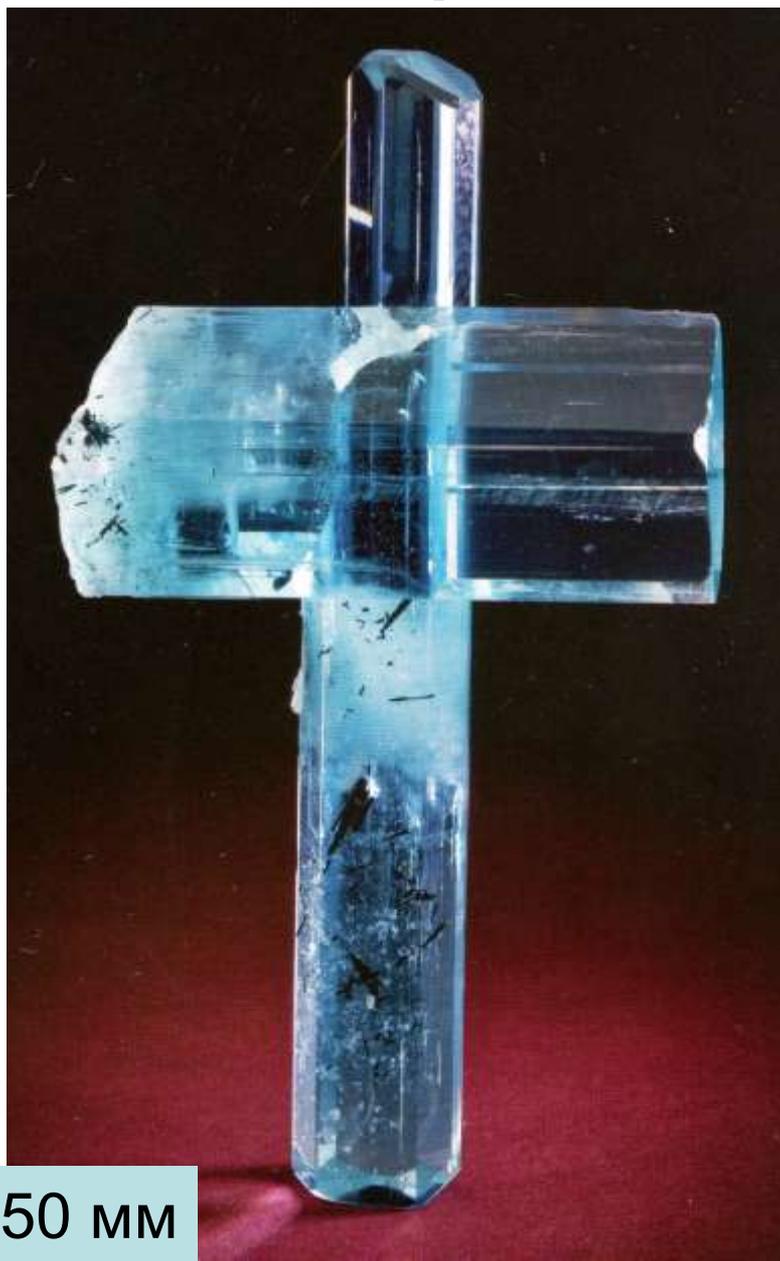


Гилгит,
Пакистан



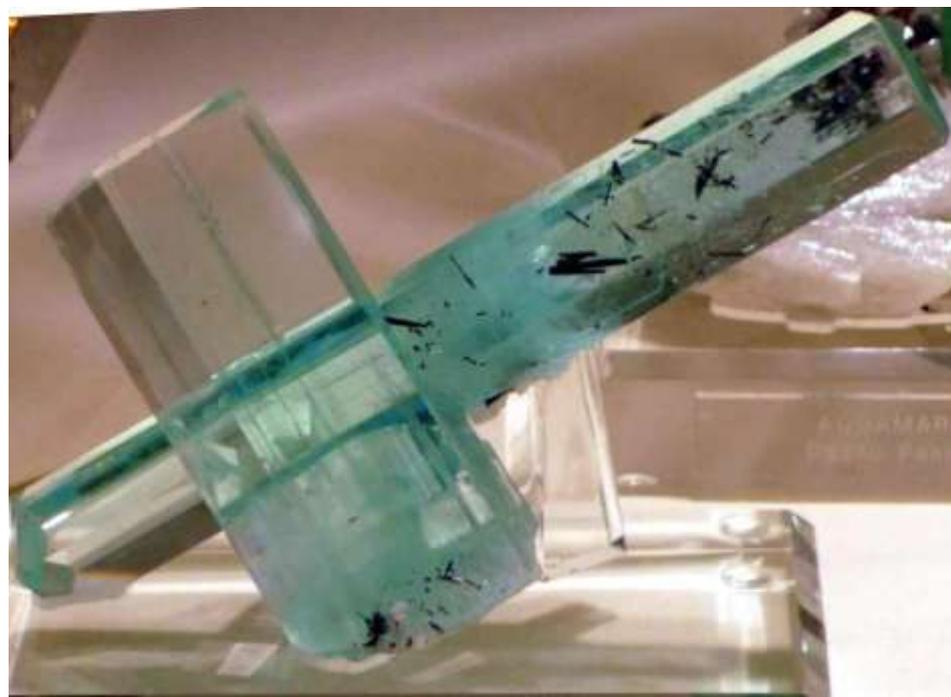
КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Берилл - аквамарин. Пакистан



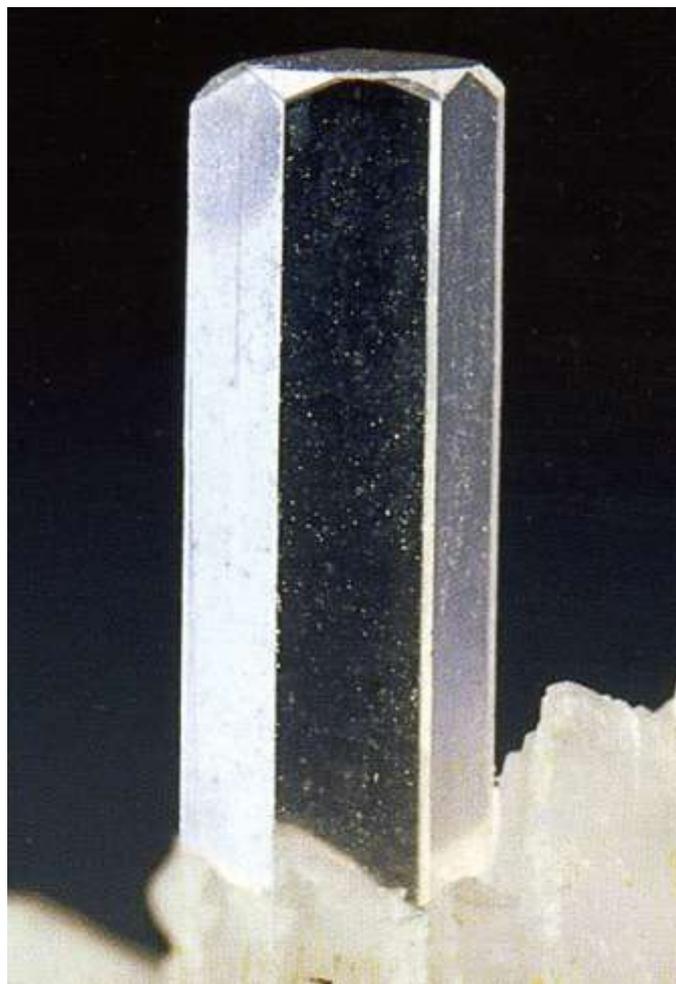
150 mm

Аквамарин, шерл,
альбит 105 мм.
Braldu Valley, Skardu



КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Берилл бесцветный - гошенит



12 мм. Monte Саранне,
остров Эльба, Италия

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Берилл – ростерит $\text{Be}_2 \text{Li Na Al}_2 [\text{Si}_6\text{O}_{18}]$



116 мм. Maharitra, Мадагаскар

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Берилл – воробьевит – морганит



На альбите – клевеландите.
Афганистан

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ.

Берилл – воробьевит – морганит



60 мм. На альбите и кварце.
Нуристан, Афганистан



40x50 мм. White Queen mine,
Калифорния

КРИСТАЛЛОНОСНЫЕ ГРАНИТНЫЕ ПЕГМАТИТЫ

Берилл – пезоттаит $\text{Be}_2 \text{Li Cs Al}_2 [\text{Si}_6\text{O}_{18}]$



7 мм

С лепидолитом и альбитом.
Мадагаскар

Процессы формирования гранитных пегматитов расшифрованы далеко не полностью.

Некоторые из проблем:

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

В ходе кристаллизации гранит-пегматитового расплава увеличивалось флюидное давление, которое в ряде случаев возрастало до величин, превышающих литостатическое давление и прочность вмещающих пород. При этом пегматитовый “автоклав” мог приоткрыться и флюиды мигрировали в около пегматитовое пространство. Существенно – это пространство родственные граниты или геохимически чужая среда. Обычно переход к пневмато-гидротермальному этапу фиксирован α - β инверсией кварца (Ферсман, 1940) с большим объёмным эффектом.

Для глубинных пегматитов это характерно на стадии развития метасоматического “кварц-мусковитового комплекса”; около мусковитовых пегматитов возникали ореолы привноса Ba.

Для средне- и малоглубинных пегматитов это характерно на стадии развития “клевеландитового комплекса” и/или “альбит-лепидолитового комплекса”; около редкометальных пегматитов возникали ореолы привноса F, Li, Rb, Cs, развивались холмквистит, Cs-биотит-флогопит...

Особо интересны инверсионные образования миароловых мало глубинных и средне глубинных пегматитов.

Остаточные флюиды, выброшенные из пегматита во вмещающую среду, активно с ней реагировали.

При этом флюиды разбавлялись, их кислотность снижалась, появлялась возможность роста минералов с Fe^{3+} (чайного цвета топазы...) и с Mn^{3+} (интенсивно окрашенные турмалин - рубеллит, гранат – спессартин, сподумен - кунцит...).

Часть вещества, заимствованного из пород рамы, мигрировало в пегматитовые полости. В результате в пегматитах в одних регионах появились богатые Cu и Au (!) турмалины; в других регионах - Cr-содержащие зелёный сподумен (гидденит), розовый топаз и берилл - изумруд;

в третьих - полихромные эльбаиты – лиддикоатиты - фойтиты с оторочками шерла – увита – бюргерита – дравита с Ti и Fe^{3+} и Mn^{3+} ;

в четвёртых регионах появились полихромные бериллы, где на розовый Li-Cs берилл – пезоттаит = воробьевит (морганит) вырос голубой Fe-Mg-Na берилл...

ИНВЕРСИОННЫЙ БЕРИЛЛ

Берилл - гелиодор. Замечательные кристаллы гелиодора густого спаржевого, зелёно-желтого и винно-жёлтого цвета длиной до 27 см содержали миароловые гранитные пегматиты Среднего Урала - месторождения Мурзинское, Алабашское, Адуйское (Ферсман, 1925; Киевленко и др., 1974). Каждый десятый камерный пегматит Волынского месторождения (Украина) содержит гелиодор ювелирного качества (кристаллы до 5,3 кг). Окраска гелиодора обусловлена в основном малой примесью Fe^{3+} .

В пегматитах Бразилии нередки крупные кристаллы полихромных бериллов, где на розовый Li-Cs берилл - воробьевит (морганит) выросли широкие каймы низкощелочного голубого Na-Fe-Mg-берилла.

Берилл - воробьевит – морганит с примесями Fe^{3+} и Mn^{3+} тёплого и довольно густого коричневатого-розового с оранжевым оттенком.. цвета ассоциирует с инверсионными турмалинами.

ИНВЕРСИОННЫЙ БЕРИЛЛ

Берилл - гелиодор Волынского месторождения (Украина)



25 мм

80x30 мм



78 мм



ИНВЕРСИОННЫЙ БЕРИЛЛ

Берилл – гелиодор

Берилл – гелиодор (чайный)



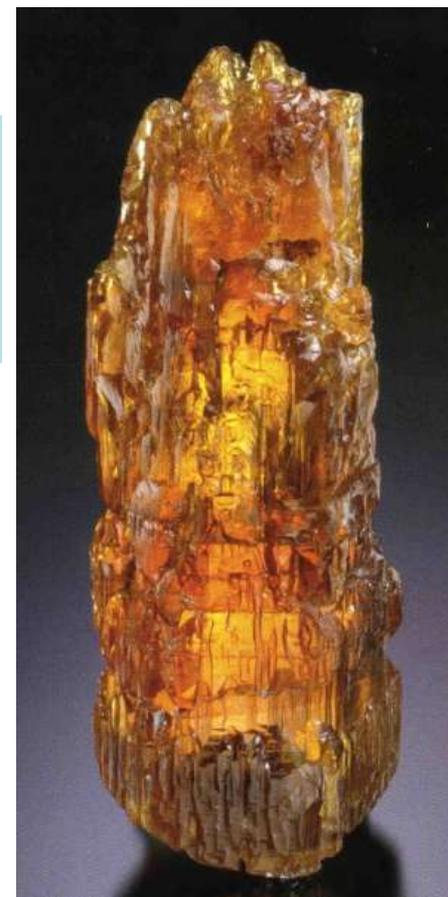
87x27 мм

55 мм

Мурзинка,
Средний Урал



Beryl mine,
Luumiaki,
Финляндия



87 мм. Green
Walking
Stick mine,
Зимбабве

Доинверсионный и инверсионный берилл

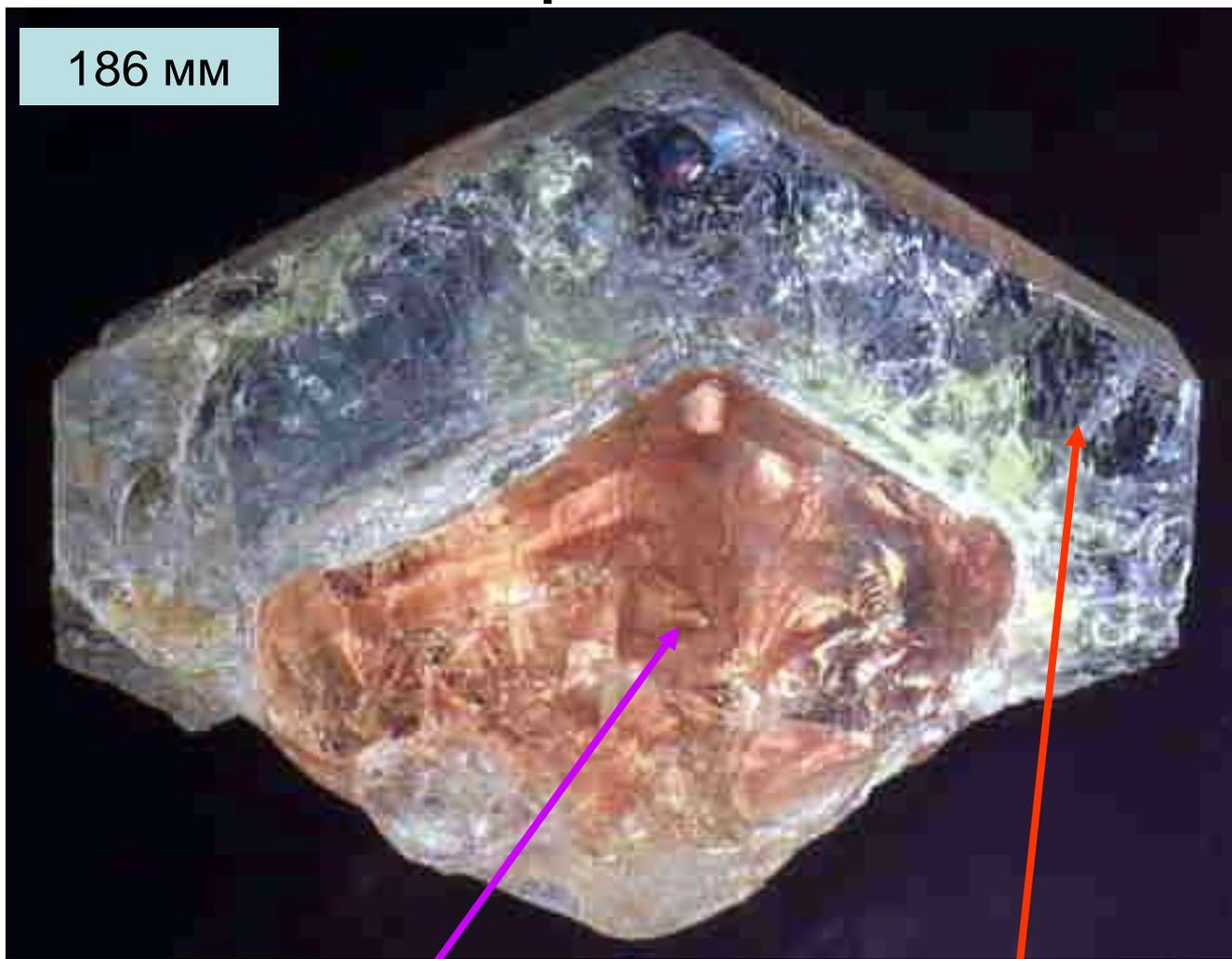


Воробьевит
→ синий Fe- Mg берилл.
85 кг. Минас Жераис

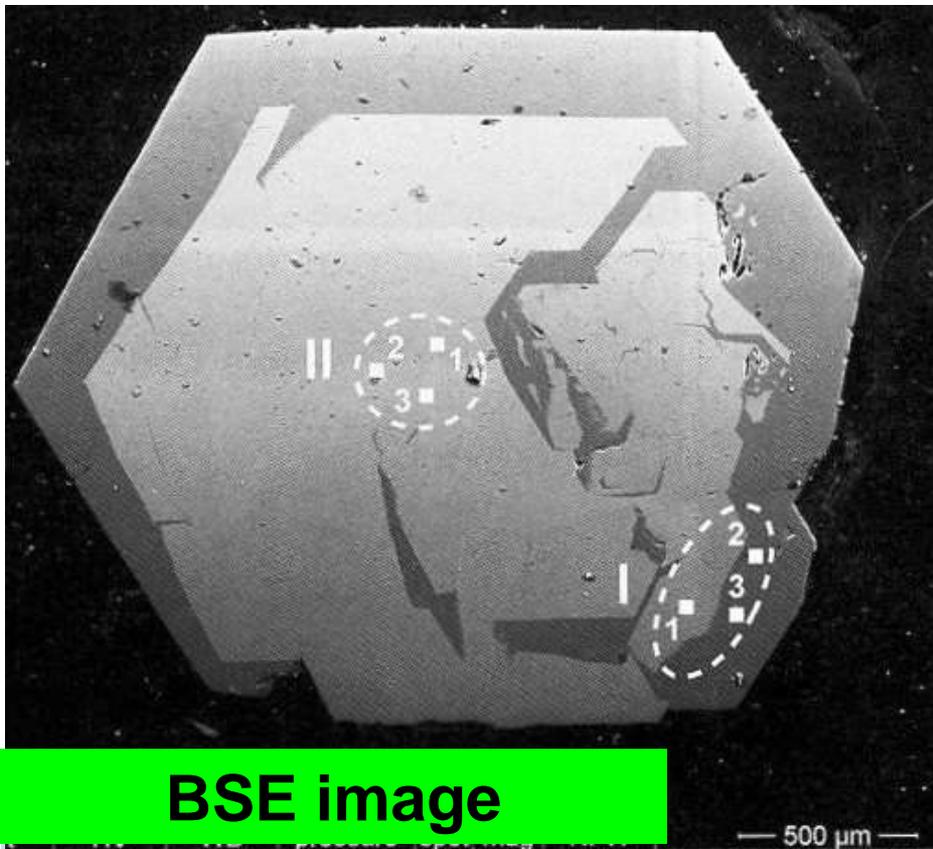


Воробьевит → Fe-Mg берилл. Минас Жераис

Доинверсионные и инверсионные бериллы



Морганит → Na-Fe-Mg-берилл.
Bananal mine, Минас Жераис



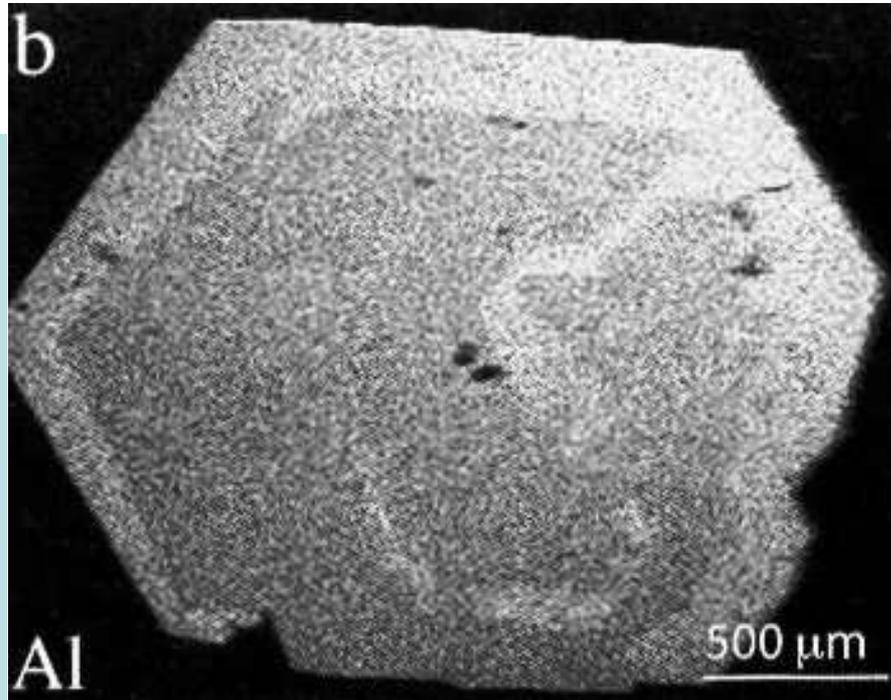
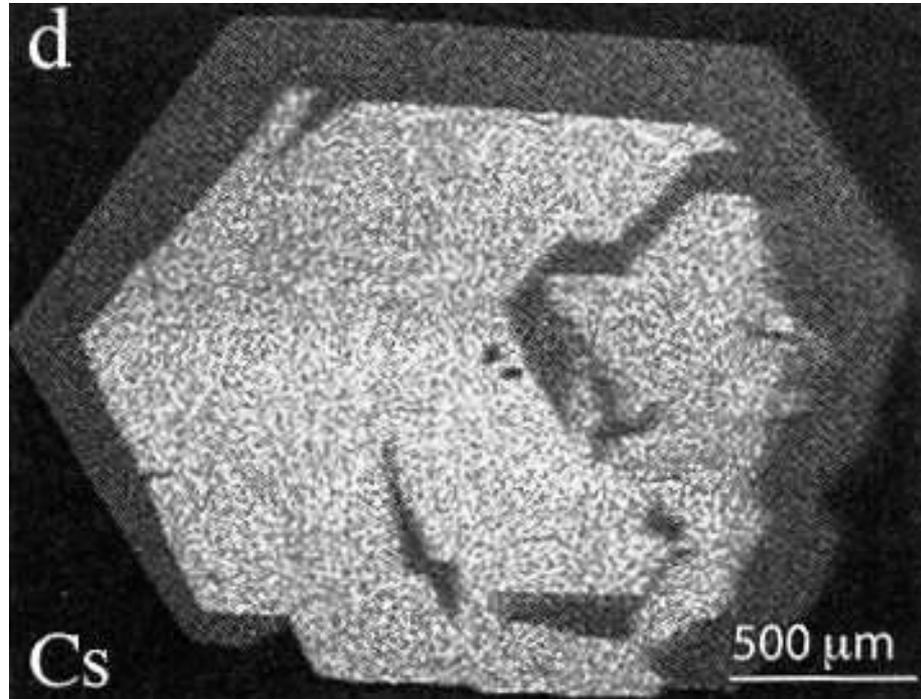
BSE image

Ядро -
воробьевит = морганит.
Кайма замещения
Инверсионный
Na-Fe-Mg берилл.

Миароловый гранитный пегматит,
остров Эльба, Италия

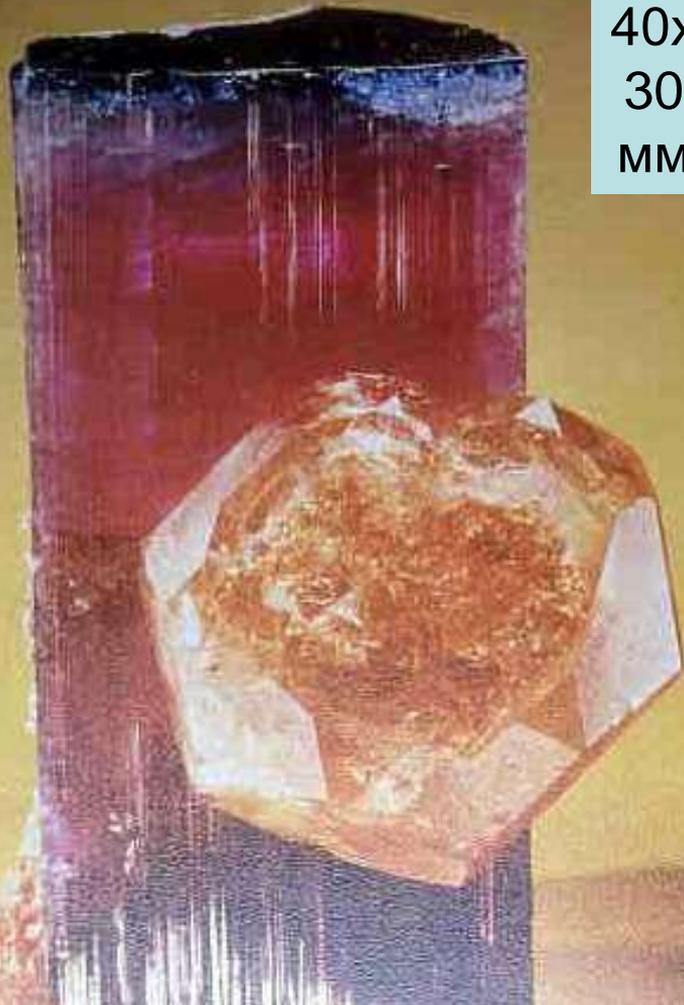
(Auricchio C. et al., 2012.

Canad. Mineral. Vol. 50. P. 1467-1488)



Инверсионные бериллы

40x
30
мм



Воробьевит - морганит
на полихромном
эльбаите. White
Queen, Pala, Калифорния



120x110x50 мм

Морганит.
Governador
Valadares.

Минас
Жераис,
Бразилия

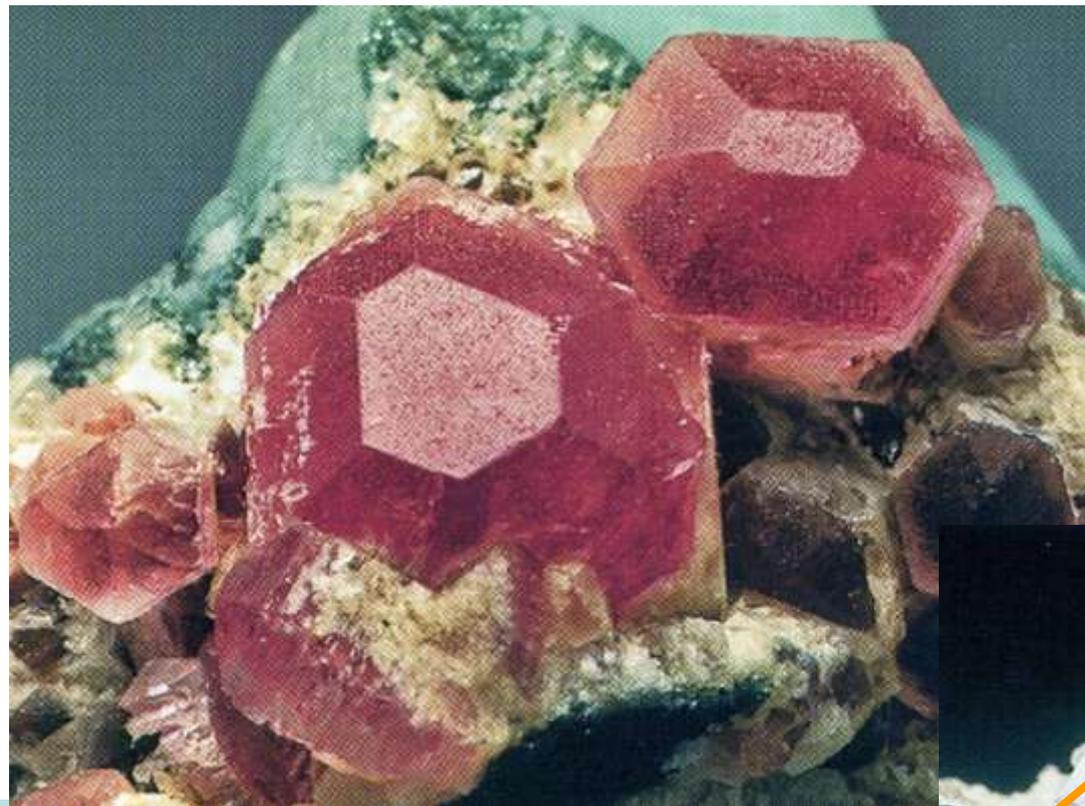
66 мм



Воробьевит
—
морганит.
Conselheiro
Pena,
Минас
Жераис

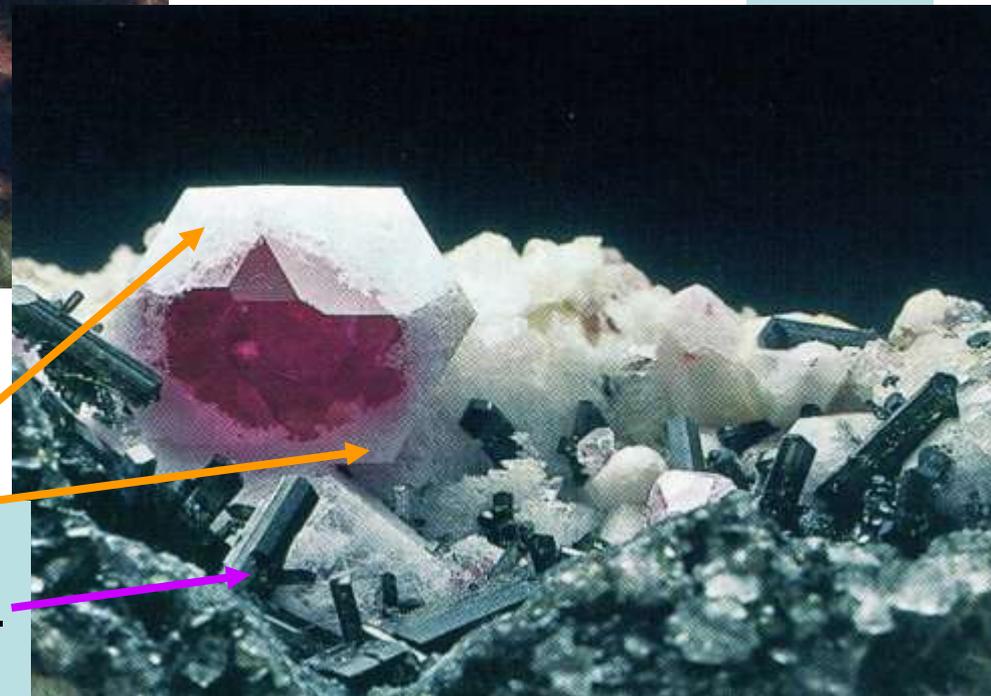
Инверсионные бериллы

Берилл – пезоттаит



17 мм

С лепидолитом и альбитом.
Мадагаскар



Пезоттаит → низко щелочной берилл. Синеватый лиддикоатит.
Anjanabonoina, Мадагаскар

Растворение кристаллов

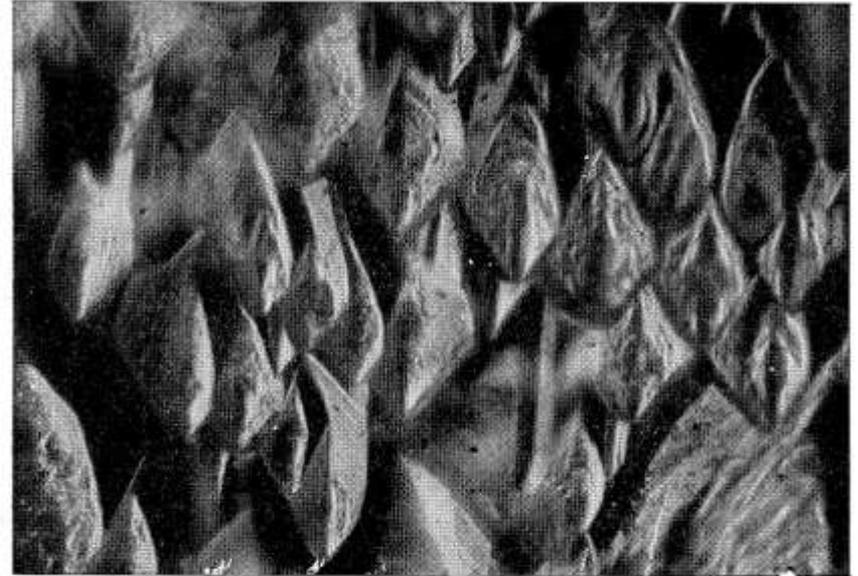
Форма ямок - скульптур травления – растворения различная на разных гранях кристаллов берилла



0,5 мм.

Скульптура растворения грани призмы зеленовато-желтого берилла

На грани
призмы



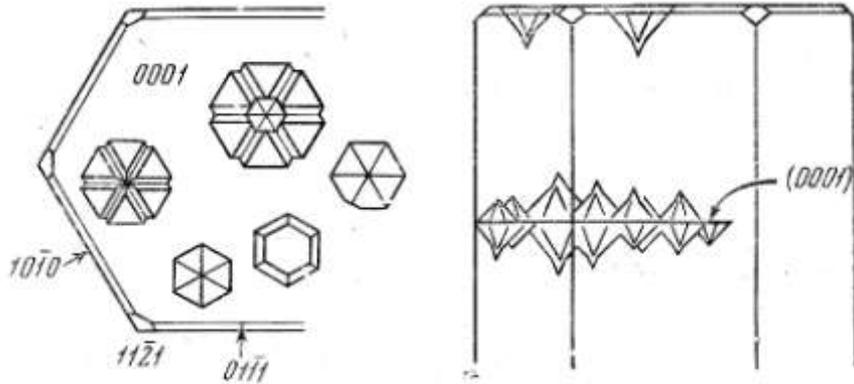
Фиг. 8. Фигуры травления на вскрытой поверхности грани дипирамиды $\{1121\}$ бледно-розового короткопризматического берилла. Увел. 200

На грани гексагональной
дипирамиды

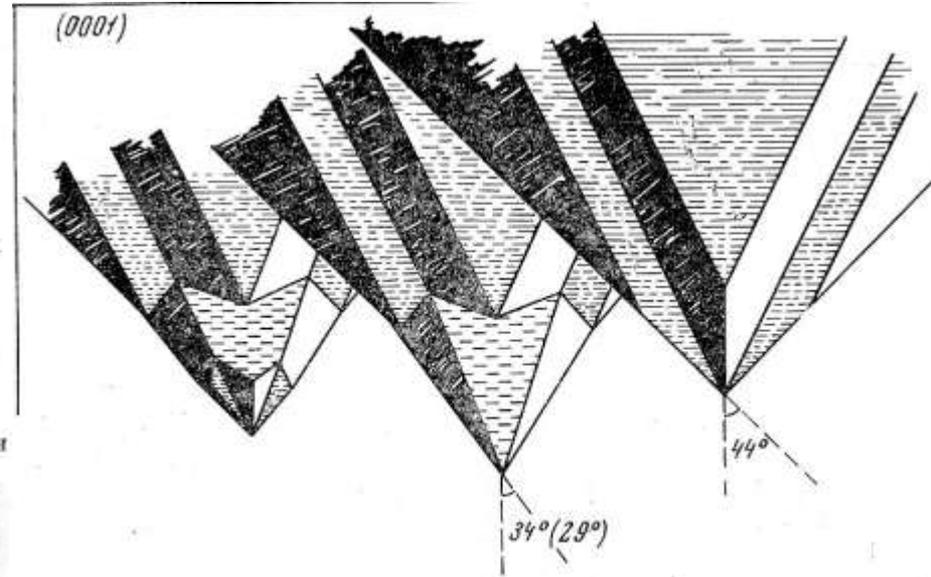
Ю.М. Дымков, Г.А. Дымкова, 1970. Признаки многократного растворения кристаллов берилла. В кн.: Онтогенические методы изучения минералов. М.: Наука. С. 109-123.

Растворение кристаллов

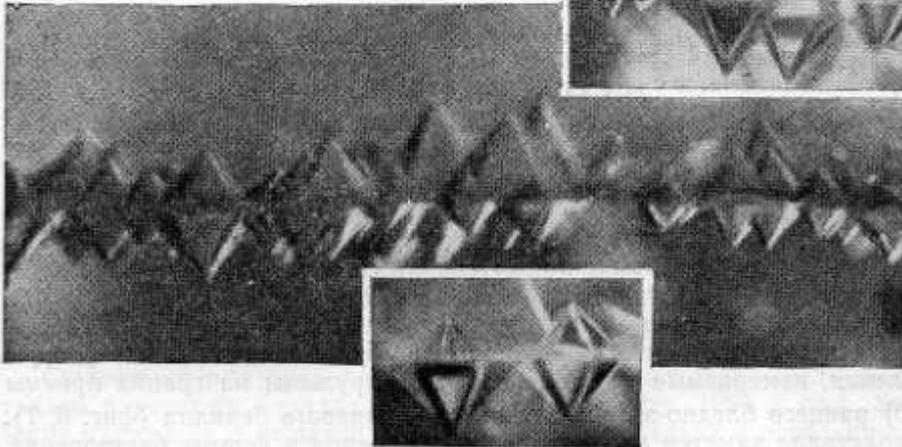
Форма ямок - скульптур травления – растворения различная на разных гранях кристаллов берилла. Ю.М. Дымков, Г.А. Дымкова, 1970



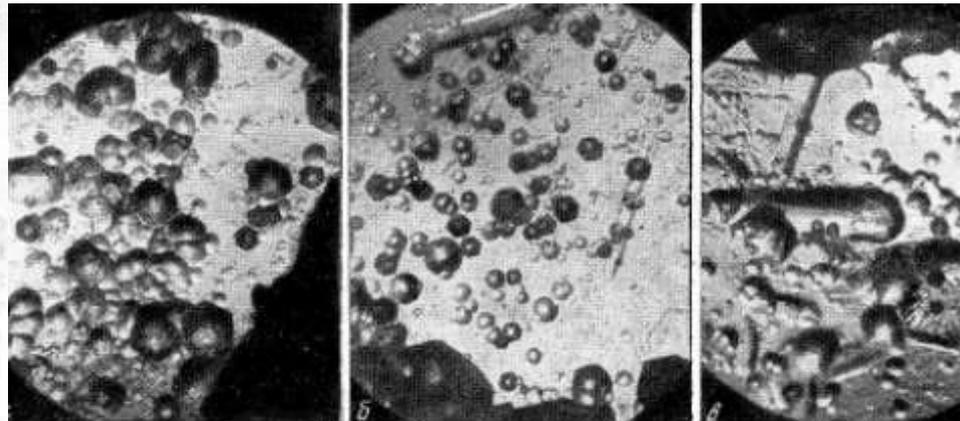
Фиг. 3. Схема ориентировки фигур травления (отрицательных пирамид) на грани (0001) и внутри бесцветного кристалла берилла



Разновидности отрицательных пирамид растворения



Фиг. 4. Фигуры травления — отрицательные пирамиды и дипирамиды, образовавшиеся внутри кристалла берилла вдоль трещины, параллельной пинакoidу. Деталь внутреннего строения кристалла, изображенного на фиг. 3. Увел. 70



Фиг. 11. Генерации и зарождения округлых и плоскогранных фигур травления на грани (0001) . Увел. 80

Растворение кристаллов



Форма ямок –
скульптур травления
– растворения
на грани призмы
кристаллов берилла.

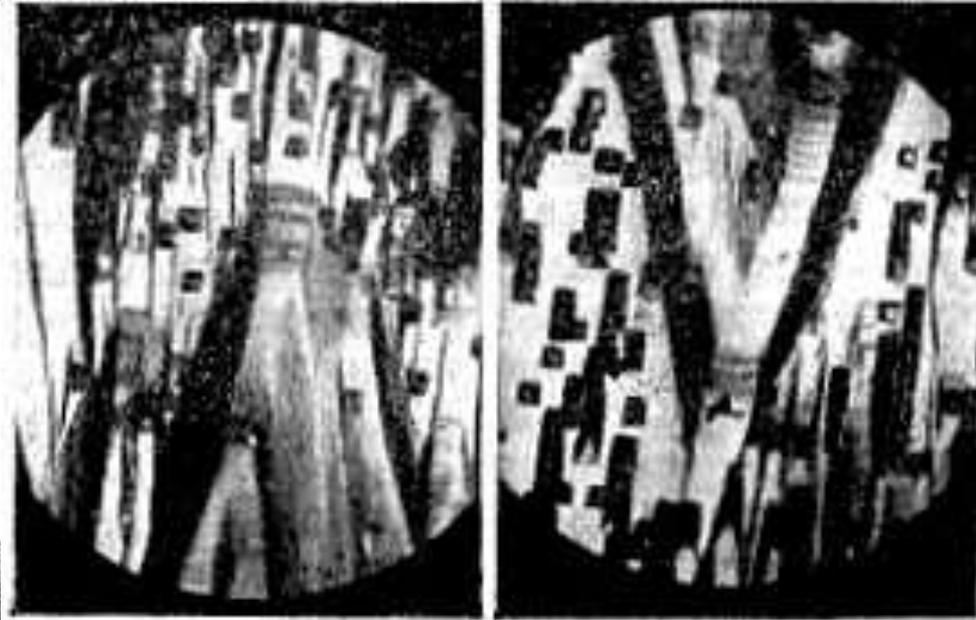
Ю.М. Дымков,
Г.А. Дымкова, 1970.
Признаки многократного
растворения
кристаллов берилла.

В кн.:
Онтогенические методы
изучения минералов.
М.: Наука. С. 109-123.

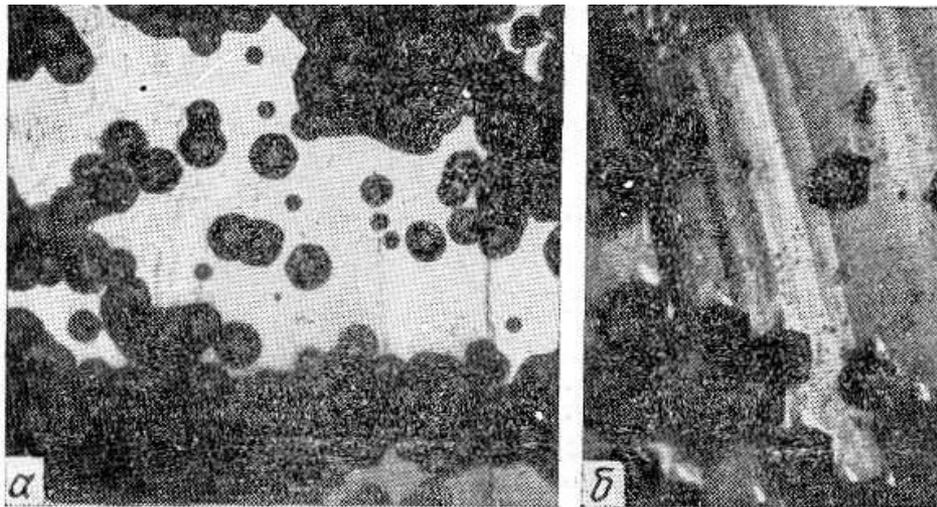
Растворение кристаллов

Форма ямок - скульптур травления – растворения на кристаллах берилла

Ю.М. Дымков, Г.А. Дымкова, 1970.
Признаки многократного растворения кристаллов берилла. В кн.:
Онтогенические методы изучения минералов.
М.: Наука. С. 109-123.



Две генерации
ямок травления



травления на грани призма берилла. Увел. 80

Фиг. 9. Два зарождения фигур травления на грани пинакоида (а) и на поверхности излома (б). Увел. 80

Скульптуры растворения кристаллов

Берилл. Гранитные пегматиты, Калба, ЮЗ Алтай



Один
кристалл
с
разных
сторон



Фото
Э.М.
Спиридонова

Скульптуры растворения кристаллов

Берилл - аквамарин. Гранит. пегматиты, Минас Жераис, Бразилия



Medina



Ponto Valantes



Pedra Azul



Скульптуры растворения кристаллов

Берилл - аквамарин. Гранитные пегматиты



80-100 мм. Yuanyang, пров. Юнань, Китай



90x70 мм. Копь Семениха, Средний Урал

Скульптуры растворения кристаллов

Берилл - аквамарин. Гранитные пегматиты



140x100 мм. Долина Shigar, Пакистан



Адун-Чилон, Забайкалье

Скульптуры растворения кристаллов

Берилл - гелиодор. Гранит. пегматиты, Волынь, Украина

80x30x30 мм



Скульптуры растворения кристаллов

Берилл - гелиодор. Гранит. пегматиты, Волынь, Украина

65 мм



Скульптуры растворения кристаллов

Берилл - гелиодор Волынского месторождения (Украина)

Фото М.А. Богомолова

67 мм



Колл. Э.М. Спиридонова

Скульптуры растворения кристаллов

Берилл - гелиодор. Гранит. пегматиты, Волынь, Украина



Скульптуры растворения кристаллов

Берилл. Гранитные пегматиты



17333(?)
и л л (воробьевит) Beryl
 $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$
растворенный
Липовая, Ср.Урал, Россия
Крыжановский В.И., 1908

Гелиодор 87 мм.
Green Walking
Stick mine,
Зимбабве

БЕРИЛЛ

ПНЕВМАТОЛИТОВО -

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

В АПОГРАНИТАХ

КВАРЦ - ЩЁЛОЧНОПОЛЕВОШПАТОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ = АПОГРАНИТЫ

Берилл $\text{Be}_3 \text{Al}_2 [\text{Si}_6 \text{O}_{18}]$



Гнездо
берилла
и кварца
в
апогранитах.

Спокойнинское,
Забайкалье

Фото
М.С. Алфёровой

КВАРЦ - ЩЁЛОЧНОПОЛЕВОШПАТОВЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ = АПОГРАНИТЫ

Берилл



Гнёзда
жёлто-зелёного
берилла.

Снежное,
Восточный
Саян

Колл. Т.Н. Шуриги,
фото Э.М. Спиридонова

БЕРИЛЛ

ПНЕВМАТОЛИТОВО–ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Цвиттеры - это наиболее высокотемпературные и наиболее высокофтористые метасоматиты группы грейзеновых формаций. От грейзенов цвиттеры отличаются повышенными содержаниями Li, Rb, Cs, Ta, Nb. Стандартные цвиттеры, заместившие граниты, имеют циннвальдит-кварц - топазовый состав (так называемые темнослюдистые “грейзены”).

Температуры формирования цвиттеров на 50-150° C выше грейзенов. Поэтому цвиттеры, а не грейзены, содержат обильную камнесамоцветную минерализацию. Цвиттеры иногда сопровождаются жилами кварца с великолепными кристаллами аквамарина, топаза, мориона; щетками криофиллита - циннвальдита с кристаллами шеелита, топаза, апатита, иногда и морганита.

БЕРИЛЛ ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ



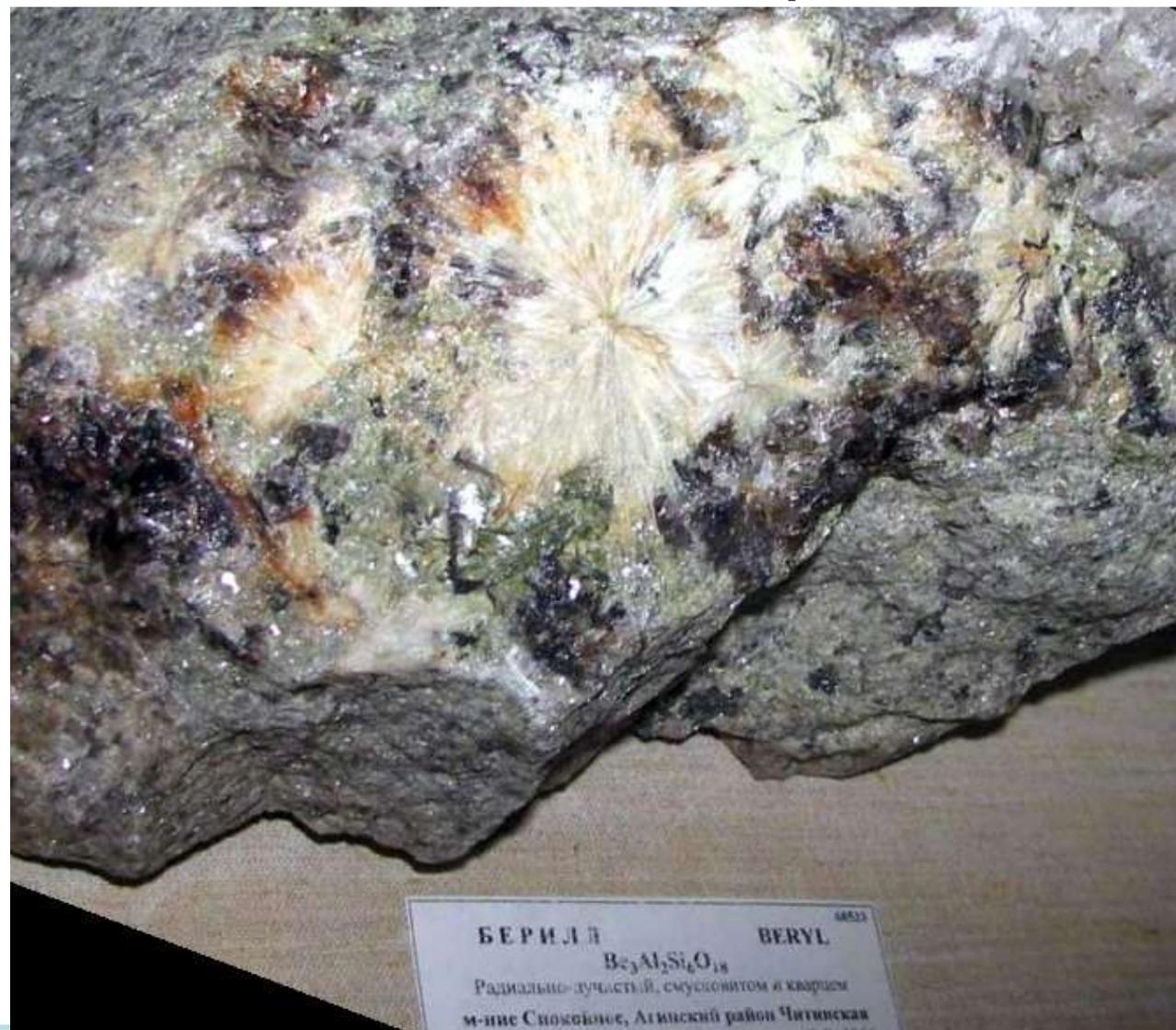
Голубой берилл и белый фенакит в ассоциации с флюоритом и циннвальдитом. Снежное, Саяны. Колл. Т.Н. Шуриги, фото ЭМС

БЕРИЛЛ ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ



Голубой берилл и белый фенакит в ассоциации с флюоритом и циннвальдитом. Снежное, Саяны. Колл. Т.Н. Шуриги, фото ЭМС

БЕРИЛЛ ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ



БЕРИЛЛ BERYL
 $B_2Al_2Si_4O_{18}$
Радиально-лучистый, смусковитом и кварцем
м-ние Спокойное, Агинский район Читинская



Кристалл 4 мм.
Красно, Чехия

Плоский сферолит берилла в ассоциации с флюоритом и циннвальдитом.
Спокойнинское, Восточное Забайкалье

БЕРИЛЛ ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

33 мм



Берилл, топаз и красный шеелит на щётке циннвальдита. Китай

Розовый берилл и жёлтый шеелит на щётке слюды. Китай

БЕРИЛЛ - АКВАМАРИН

ПНЕВМАТОЛИТОВО–ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Название аквамарин вошло в употребление благодаря удачному описанию этой разновидности берилла, сделанному Плинием «Больше всего ценятся те бериллы, которые своим цветом напоминают чистый цвет морских вод». Хотя сам Плиний название аквамарин не употреблял.

Аквамарин $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ свое название получил по замечательным глубокого голубого цвета длинно призматическим кристаллам до 30 см из цвиттеров месторождения Шерловая Гора в Забайкалье. Причина окраски аквамарина - ион Fe^{2+} , который устойчив в кислотной среде. Прекрасные аквамарины происходят из месторождения Адун-чилон в Забайкалье (Ферсман, 1925), фантастические из месторождения Marambaia, Минас Жераис, Бразилия (Sauer, 1982 и др.). С аквамарином часто ассоциируют короткопризматические кристаллы голубого топаза и густоокрашенного раухкварца.

БЕРИЛЛ - АКВАМАРИН

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Аквамарин
в слюдитах – цвиттерах.
40 мм. Хабахталь,
Австрийские Альпы



Аквамарин и раух-кварц.
Шерлова Гора, Забайкалье



БЕРИЛЛ - АКВАМАРИН

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ



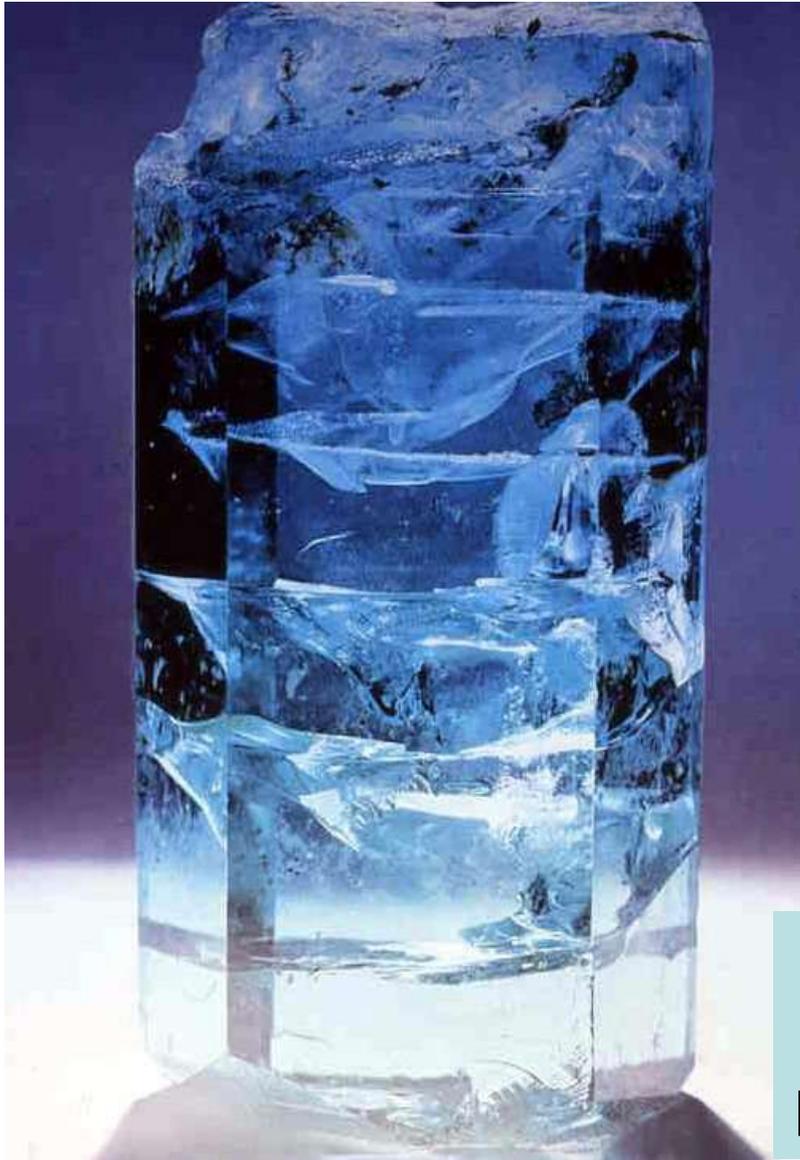
Минас Жераис, Бразилия

Shown actual size



БЕРИЛЛ - АКВАМАРИН

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ



65x15 мм.
Вьетнам



Аквамарин 5.7 кг.
Marambaiá,
Минас Жераис, Бразилия

Плиний Старший

«Среди драгоценных камней алмаз был первым, а жемчуг вторым. На третьем месте по многим причинам стоит изумруд. Действительно, нет другого камня, цвет которого был бы более приятен для глаза. Ни яркий солнечный, ни рассеянный дневной, ни искусственный свет не влияют на его внешний вид. И наконец, из всех других драгоценных камней только изумруд питает взор без пресыщения. Даже когда глаза утомлены пристальным рассмотрением других предметов, они отдыхают, будучи обращены на этот камень».

С древних времён изумруд считался могущественным талисманом и камнем - оберегом. Однако, носить украшения с изумрудами рекомендуют людям с чистой душой и высокой духовностью.

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД



ПНЕВМАТОЛИТОВО -

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

В ЦВИТТЕРАХ

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Изумруд $\text{Be}_3(\text{Al}, \text{Cr}, \text{Fe}, \text{Mg}, \text{Na})_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$. Нередко процессы фторо-водородного метасоматоза происходили за пределами материнских лейкогранитных плутонов. Когда они захватывали метагипербазиты с феррихромитом и хроммагнетитом (серпентиниты...), возникали цвиттеры-слюдиты = агрегаты Li-Cs фторфлогопита \pm флюорит, фторапатит, плагиоклаз, изумруд, хризоберилл, фенакит, Be маргарит, турмалин - фтордравит и магнезиофойтит, фуксит, а также фторактинолит-фторфлогопитовые метасоматиты с Be минерализацией, иногда с изумрудом. Во внешней зоне апогипербазитовых метасоматитов обилен F-содержащий тальк, в котором изредка находятся изумруды. Бериллиевая минерализация обычно тяготеет к контактам тел габброидов или диоритоидов с более пластичными змееви ками, тальк-карбонатными породами, разнообразными сланцами (Золотухин, 1996), - именно вдоль этих контактов происходила усиленная миграция выброшенных из лейкогранитов фтористых флюидов. Цвиттеры-слюдиты сопровождаются жилами и линзами андезина, олигоклаза или альбита, а также кварца, маргарита (\pm дравит, циннвальдит...) с бериллом, аквамарином, Cr-содержащим бериллом и изумрудом. Cr-содержащий берилл ("зелень") и изумруд окрашены неравномерно, часто зонально, содержит реликты алюмохромита и

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

хроммагнетита. Наиболее густо окрашенные прозрачные изумруды являются поздними метасоматическими образованиями цвиттеровой формации, продуктами переотложения вещества ранних обычно неравномерно окрашенных изумрудов или “изумрудной зелени” (Cr-содержащий берилл). Поздние высококачественные изумруды в плагиоклазитовых жилах и гнездах нередко окружены оторочкой альбит-олигоклаза или альбита, тогда как ранние изумруды ассоциируют с андезином и олигоклазом. Изумруд содержит включения актинолита, куммингтонита, магнезита, доломита, кальцита, F-содержащего талька, дравита, фторапатита, олигоклаза, альбита, кварца, маргарита, мусковита, рутила, хризоберилла, Cr ильменорутила, жидкой CO_2 ...

Таковы крупнейшие залежи изумрудов - знаменитые Изумрудные Копи, протягивающиеся полосой длиной 25 км на Среднем Урале; месторождения Мариинское, Сретенское... (Ферсман, 1925; Киевленко и др., 1974; Юшкин и др., 1986; Жернаков, 1993 и др.). Возможно упоминаемые Плинием Старшим скифские изумруды имеют уральское происхождение. Уральские изумруды отличаются великолепным густым и чистым зеленым цветом, поскольку основной хромофор Cr^{3+} . Размеры кристаллов изумруда достигают больших величин: 1977 г. - 12600 карат, 1979 г. - 7000 карат, 1982 г. - 12900 карат, 1990 г. - 10450 карат (Золотухин, 1996). Изумрудные копи дали более 2,5 млн. карат огранённых камней. Запасы изумруда в недрах около 10 млн. карат.

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

В этих же зонах высокотемпературного HF метасоматоза в породах кремнекислого и среднего состава возникли стандартные аквама-рин, топаз..., синхронные изумрудам в апогипербазитовых метасоматитах.

Многие месторождения изумрудов сходны с Изумрудными копиями - Chabachtal (Австрия), Sandawana, Karai (Зимбабве), Miku, Kitwe (Замбия), Manyara (Танзания), Carnaiba, Socoto, St. Teresina, Tana, Ceara, Salininha (Бразилия), Swat, Khaltaro, Makhad, Nanga Parbat (Пакистан), Wodgino, Poona (Австралия)...(Ферсман, 1954; Киевленко и др., 1974; Graziani et al., 1984; Gübelin & Koivula, 1986; Souza et al., 1992; Nwe & Morteani, 1993; Zwaan & Burke, 1998; L'Emeraude, 1998 и др.). Возраст изумрудов от 1960 млн. лет (Carnaiba) до 9 млн. лет (Khaltaro, Пакистан). Параметры образования - 650-400⁰ С, 5-2 кб, богатые F высокосолёные флюиды. Величина $\delta^{18}\text{O}$ в изумруде = +8 ÷ +12 свидетельствует о ничтожной роли метеорных вод в составе флюидов. Хромофоры - Cr (до 1,5 мас.% Cr_2O_3 , обычно < 0.5%) и Fe^{3+} (до 2% Fe_2O_3 , обычно < 0.4%), отчасти Fe^{2+} (до 2,5% FeO , обычно < 0.9%) и V (до 0,3%, обычно < 0.06%), изредка Cu (!) (до 0,1-0,4 % CuO , Bicha Mohmand, Пакистан) и Co (до 0.01%). Главный тип изоморфных замещений $\text{Al}^{3+} \leftarrow \text{Mg}, \text{Fe}^{2+}$ (в структуре минерала) + Na^{1+} (в каналах структуры). Известны низко-, умеренно- и высокощелочные (до 2,5 мас. % Na_2O) изумруды. Они содержит до 0.1% Sc_2O_3 .

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ



Изумрудное ожерелье 1 века до РХ.

Копи Клеопатры, Египет.

В заметной степени благосостояние египетских фараонов базировалось на огромных ресурсах изумрудов в пустынных частях этой страны.

Кинжал
XV века.

Дворец
Топ Копи,
Констан-
тинополь



350 мм

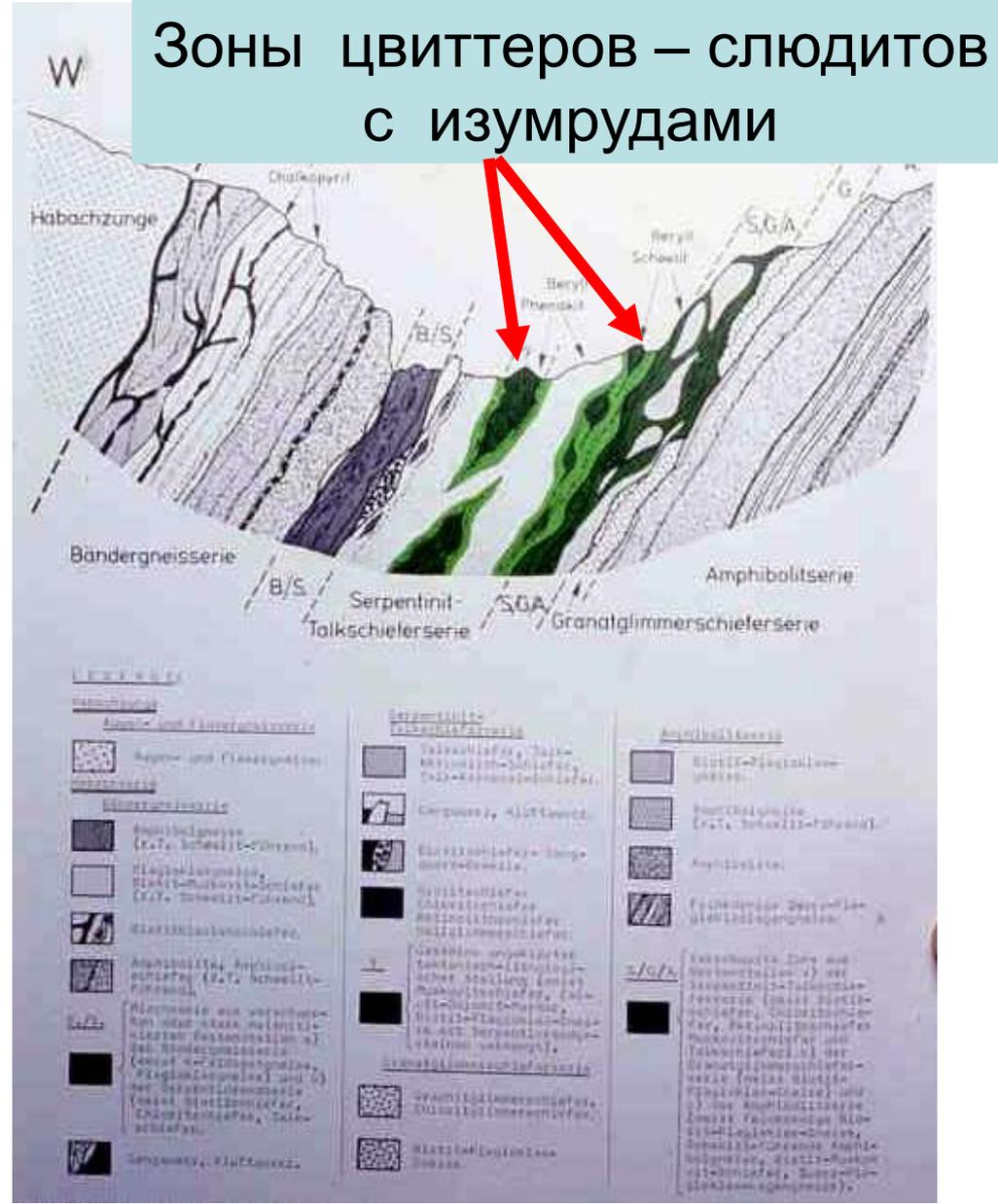
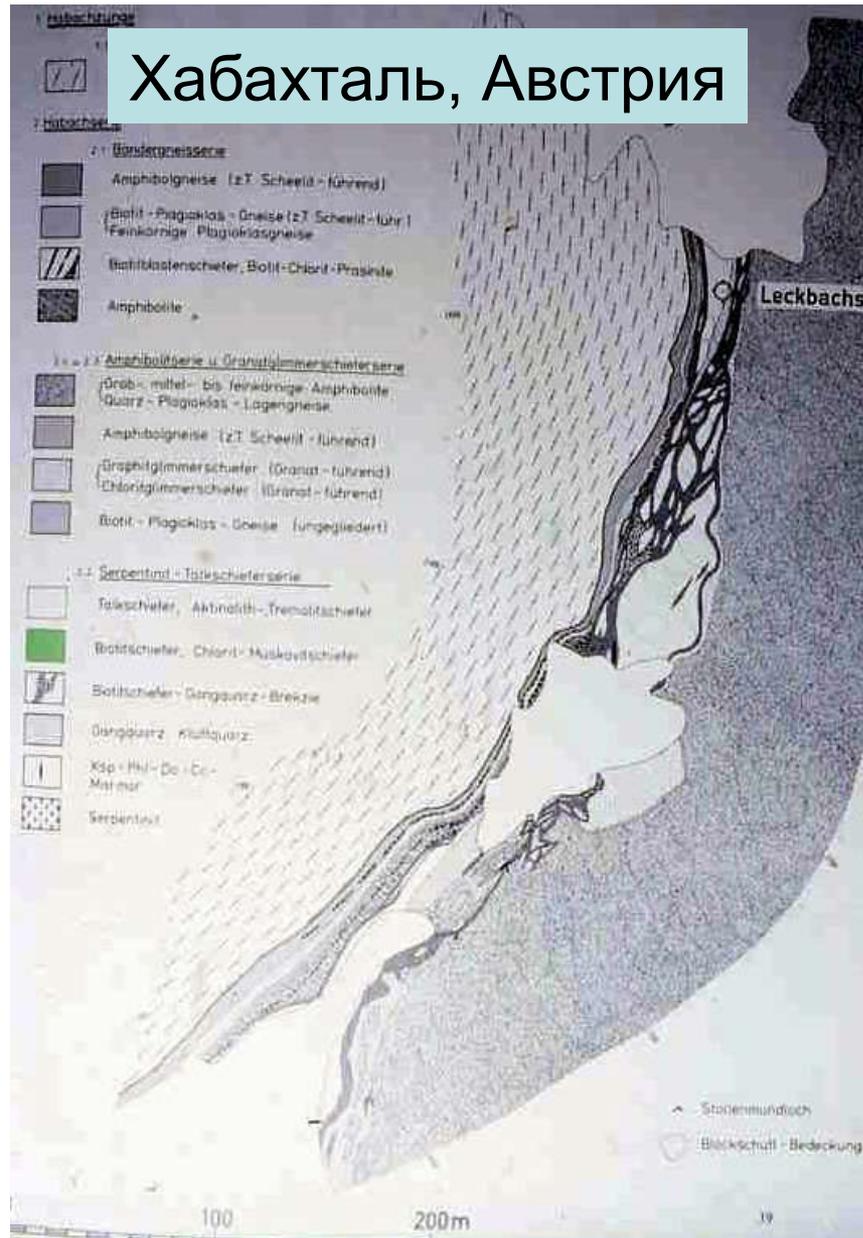


БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Хабахталь, Австрия

Зоны цвиттеров – слюдитов с изумрудами



БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

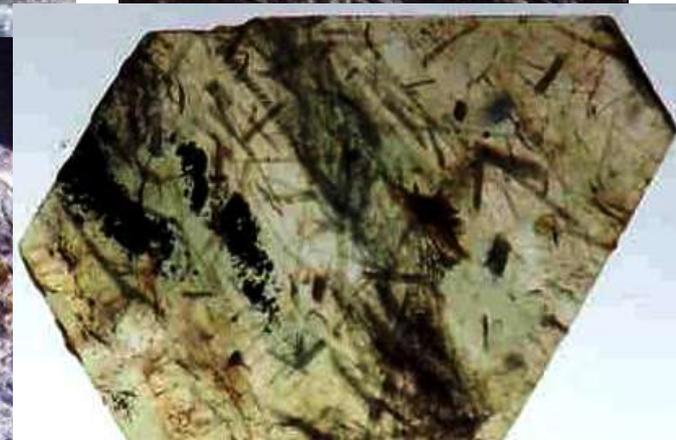
Хабахталь, Австрия. Цвиттеры – слюдиты с изумрудами



6 мм



60x50
мм



Реликты флогопита,
хромшпинелида,
куммингтонита. 1 мм

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Хабахталь, Австрия. Цвиттеры – слюдиты с изумрудами



35
MM



20 MM

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Изумрудные копи, Средний Урал



Колл. и
фото
ЭМС

103x102 мм

«Зелень» - бледно-зелёный хромсодержащий берилл в гнёздах олигоклаза-андезина во фторфлогопитовых слюдитах - цвиттерах

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Изумрудные копи, Средний Урал

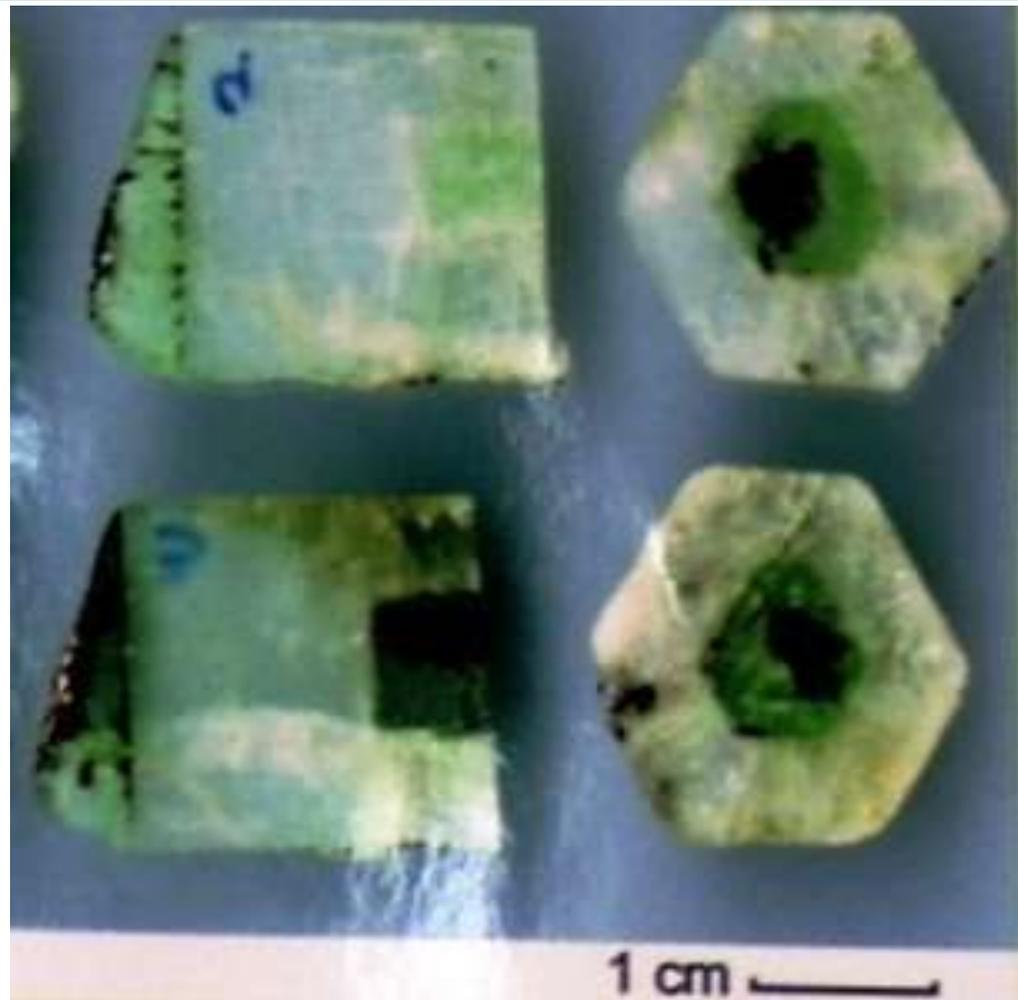


«Зелень» - бледно-зелёный хромсодержащий берилл из гнёзд олигоклаза-андезина во фторфлогопитовых слюдитах - цвиттерах

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Изумрудные копи, Средний Урал



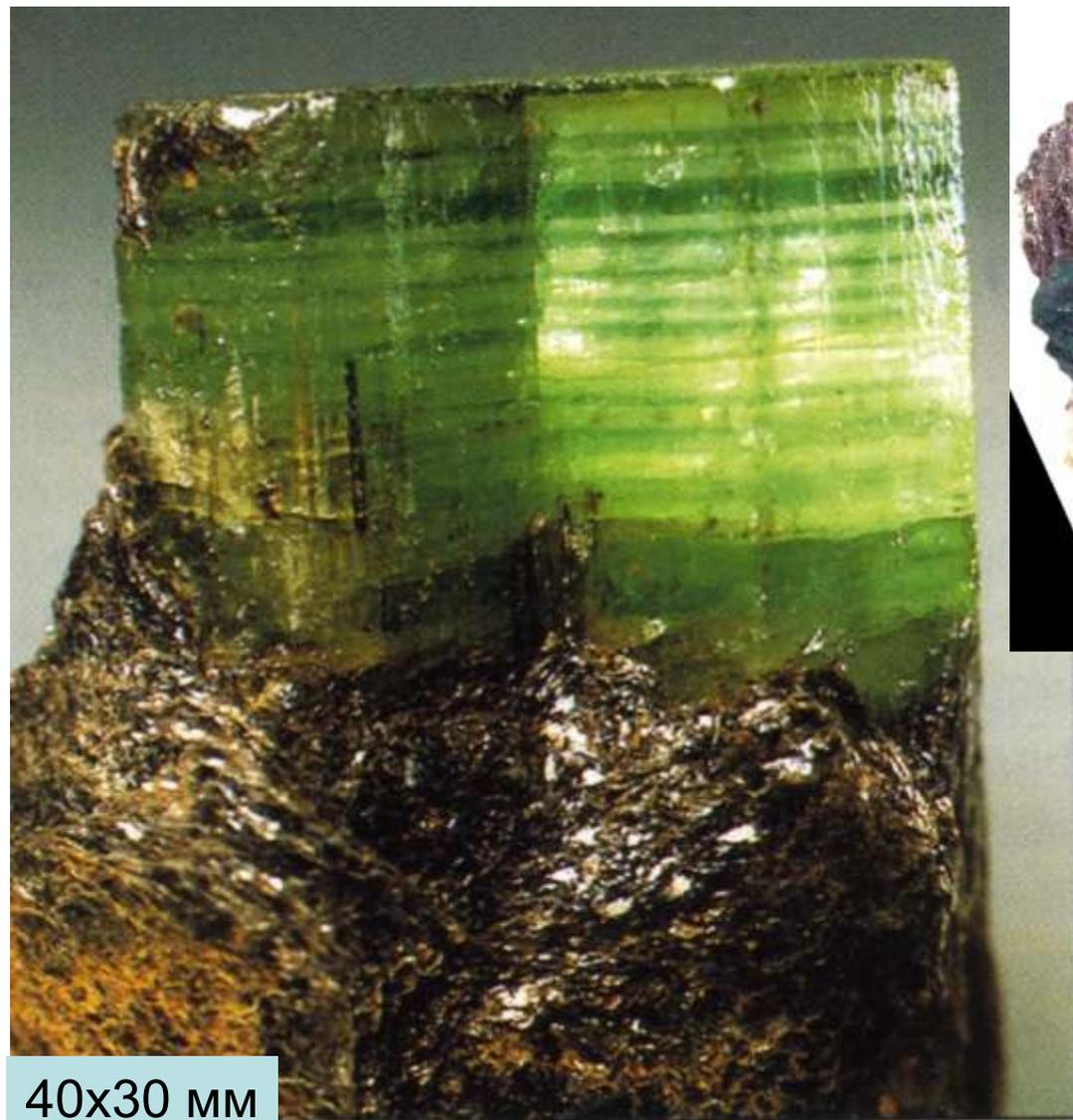
Шлиф при 1 николе

Зонально-окрашенный берилл с реликтами хромшпинелидов из фторфлогопитовых слюдитов - цвиттеров

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Изумрудные копи, Средний Урал



40x30 мм



100x60 мм



БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Изумрудные копи, Средний Урал



140x100
мм



165x55 мм

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Изумрудные копи, Средний Урал

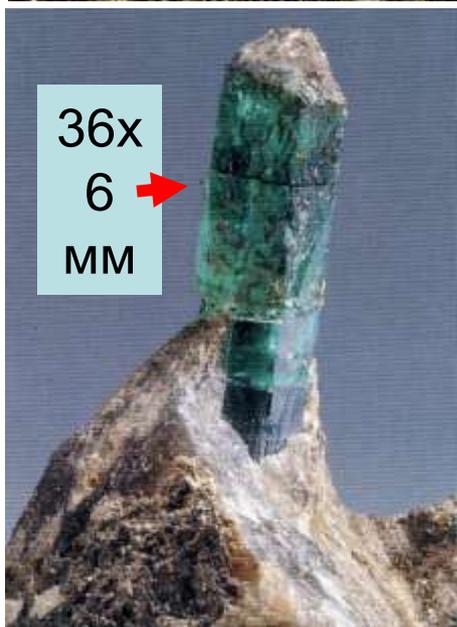
25x15
мм



10.000
карат



36x
6
мм



130 мм.
Подарок
Николая I
—
А. Гумбольдту



БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Изумрудные копи, Средний Урал



В кварцевых жилах среди фторфлогопитовых слюдитов - цвиттеров

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Изумрудные копи, Средний Урал



Изумруд «Николай I».
Уральский геологический музей.
Екатеринбург

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Изумрудные копи, Средний Урал

100x85 мм



222 г



35.000 карат.
Уральский геологический
музей. Екатеринбург

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Изумрудные копи, Средний Урал

Фират М.
Нурмухаметов,
Екатеринбург



БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Изумрудные копи, Средний Урал



115
мм

2800
карат

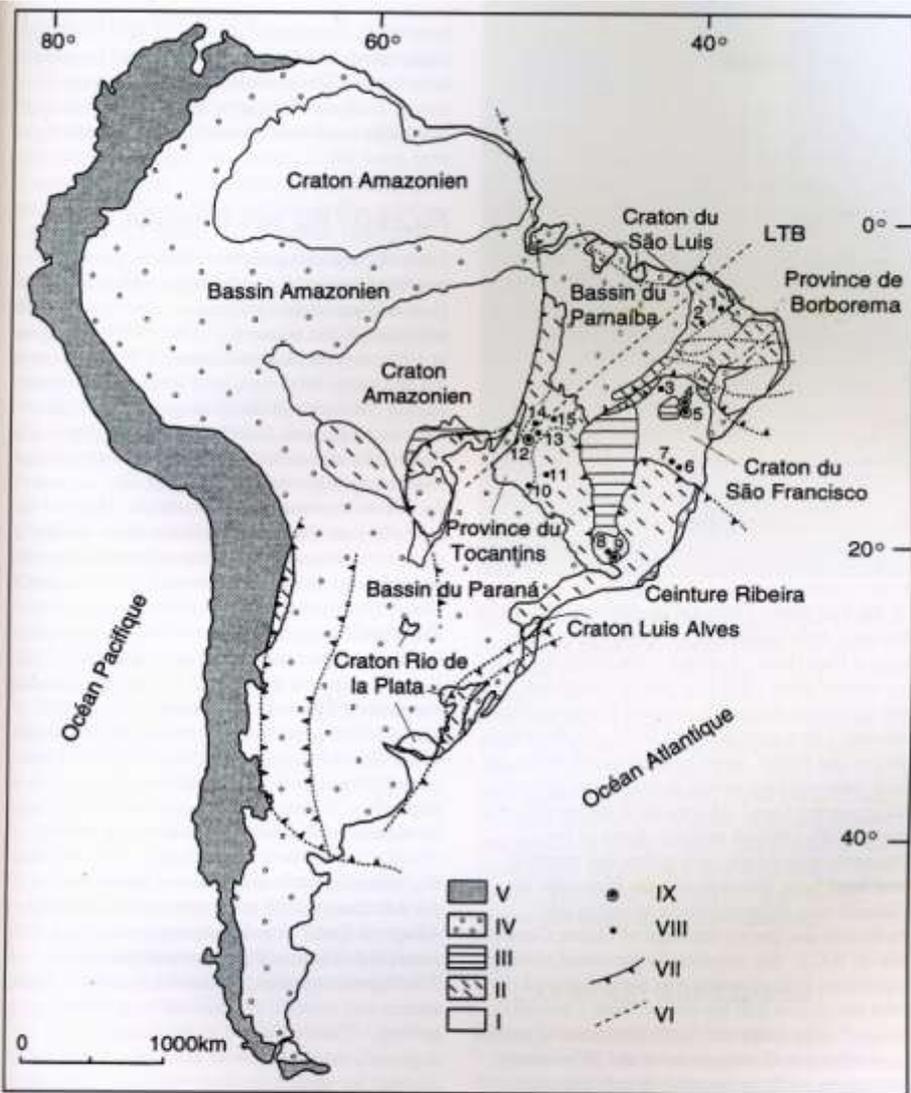


Агрегат изумрудов
«Президент».
5855 карат.
130x80x60 мм

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Месторождения Бразилии

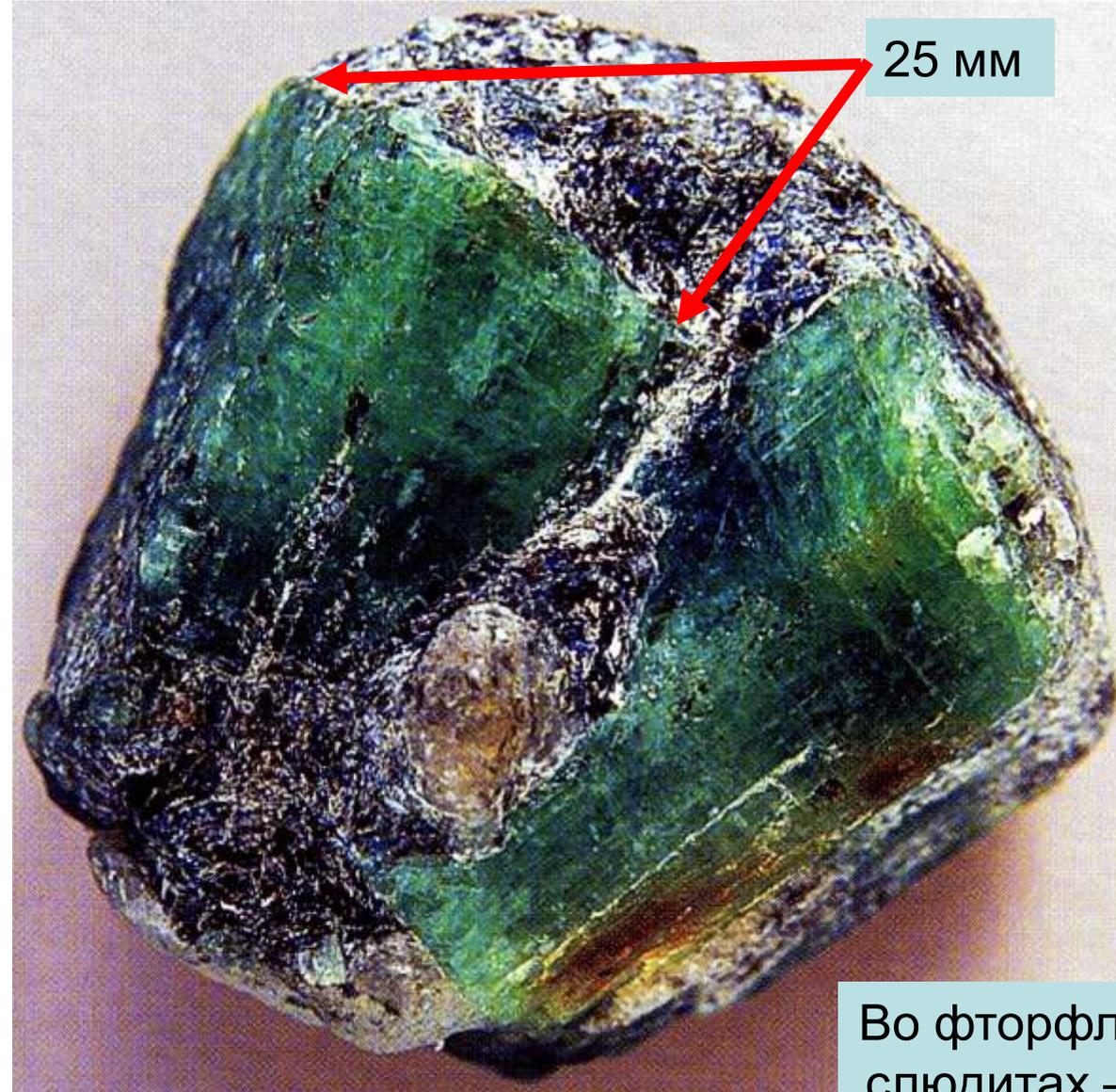


16.000
карат

I. Archean cratons; II. Proterozoic mobile belts; III. Sediments of the Upper Proterozoic;
IV. Post Proterozoic sedimentary basins; V. Andes Mountains; VI. Trans-Brazilian lineament (LTB);
VII. Collision zone; VIII. Indications of Emerald; IX. Emerald deposits.
1: Coqui; 2: Taud; 3: Salininha; 4: Socotó; 5: Carnaúba; 6: Anagé; 7: Brumado; 8: Capoeirana-Belmont; 9: Santa
tana dos Ferros; 10: Itaberai; 11: Pirenópolis; 12: Santa Terezinha; 13: Mara Rosa; 14: Porangatu; 15: Minaçu.

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ



25 мм

Гравелот, Южная Африка



Isahara, Мадагаскар 60 мм

Franqueira,
Galicia,
Испания



Во фторфлогопитовых
слюдитах – цвиттерах

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Кварцевые жилы в слюдитах. Kagem mine, Kafubu, Замбия



135x125 мм



БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Кварцевые жилы в слюдитах. Kagem mine, Kafubu, Замбия

80x65 мм



Включения в изумруде

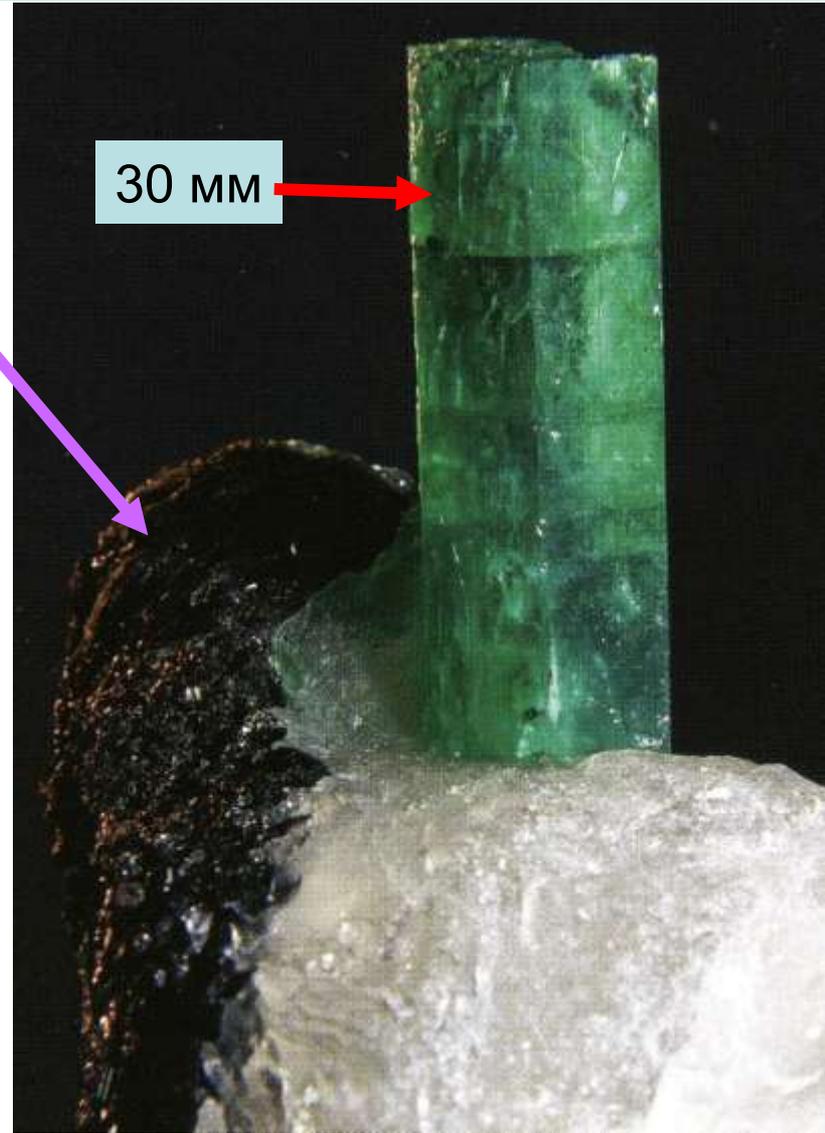
—

рутил, апатит,
маргарит, кварц,
хризоберилл

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Кварцевые жилы в слюдитах. Kagem mine, Kafubu, Замбия



БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Хром-ванадиевый изумруд $\text{Be}_3(\text{Al}, \text{V}, \text{Cr}, \text{Fe}, \text{Mg}, \text{Na})_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$.

Нередко процессы фторо-водородного метасоматоза происходили за пределами материнских лейкогранитных плутонов. Когда они захватывали метабазиты с ванадиеносным титаномагнетитом и отчасти метагипербазиты с феррихромитом и хроммагнетитом, возникали цвиттеры - слюдиты с хром-ванадиевым изумрудом... Такой изумруд обычно содержит 0.2-0.3 масс. % Cr и 0.9-1.3 масс. % V.

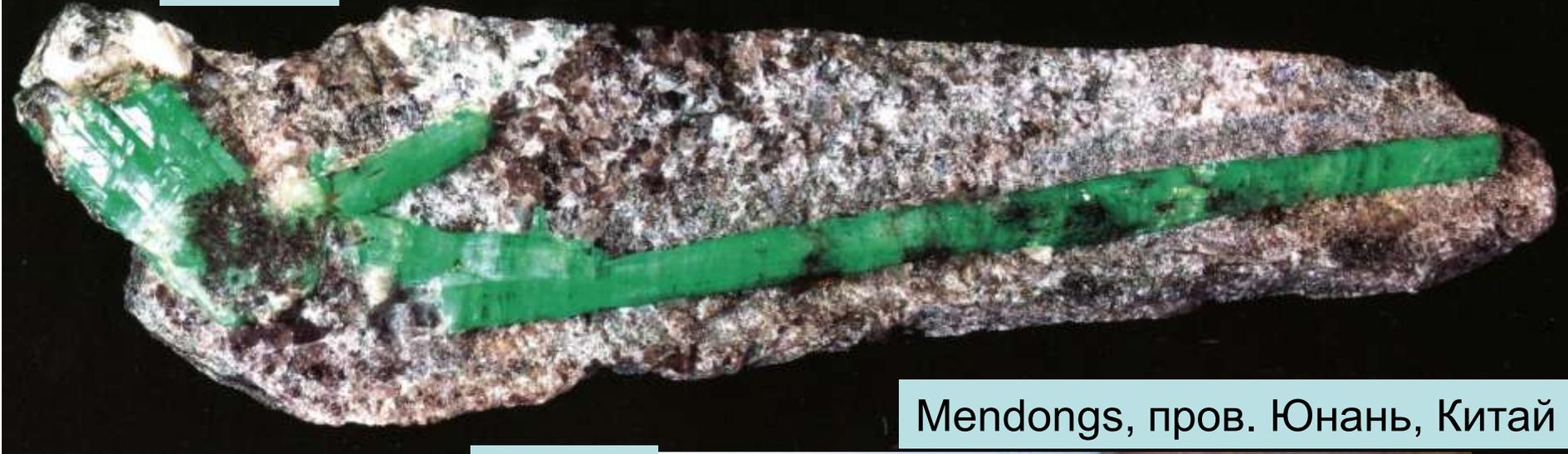
Изумрудоподобный V-берилл голубовато-зеленого цвета развит в цвиттерах - фторфлогопитовых слюдитах на контакте ванадиеносных графитсодержащих известково-силикатных метаморфитов (Кения); содержит включения талька, флогопита, кварца, кальцита и апатита.

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Хром-ванадиевый изумруд

150 мм



Mendongs, пров. Юнать, Китай

шеелит

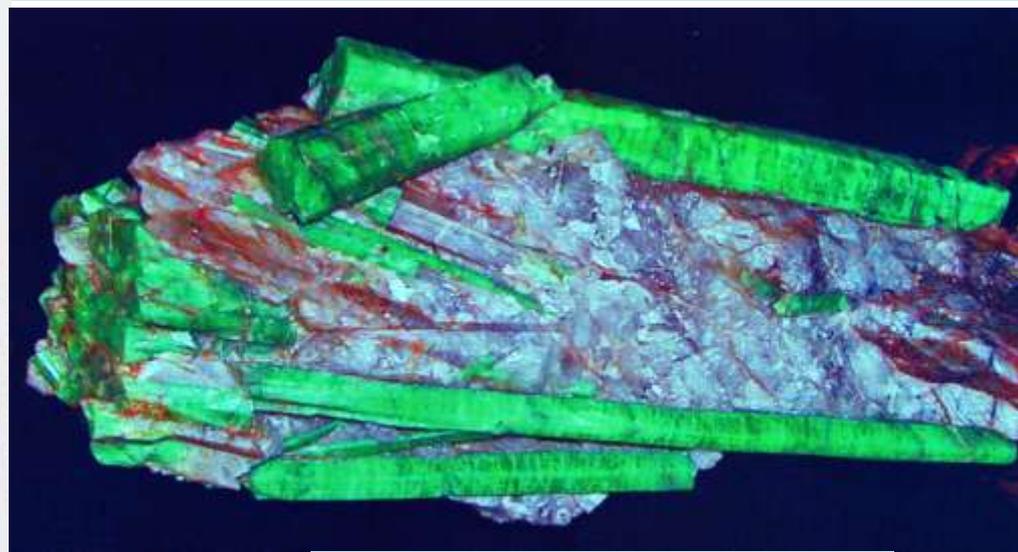


Драконовы Горы,
Китай

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ПНЕВМАТОЛИТОВО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ЦВИТТЕРАХ

Хром-ванадиевый изумруд



Кристаллы длиной до
300 мм

Драконовы Горы,
Китай

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД



ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

В «ОТХОДАХ»

ЦВИТТЕР – ГРЕЙЗЕНОВОГО

«ПРОИЗВОДСТВА»

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В «ОТХОДАХ» ЦВИТТЕР-ГРЕЗЕНОВОГО «ПРОИЗВОДСТВА»

Хром-ванадиевый изумруд $\text{Be}_3(\text{Al}, \text{V}, \text{Cr}, \text{Fe}, \text{Mg}, \text{Na})_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$.

Большая часть мировой добычи изумрудов со времени инков и до сего дня (около 80% ювелирных изумрудов) производится из пирит-содержащих карбонатных, кварц-карбонатных и альбит-карбонатных жил в слабо метаморфизованных дислоцированных пиритоносных битуминозных известняках, терригенно-карбонатных и сульфатно-терригенно-карбонатных породах мезозоя Колумбии. Изумрудоносные жилы содержат кальцит, доломит и анкерит, альбит, пирит, Cr-V-серицит-мусковит, парагонит, реже каолинит, марказит, барит, флюорит, самоцветный красный паризит $\text{Ca}(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd})_2[\text{CO}_3]_3\text{F}_2$, голубой gem-эвклаз, розовый gem-апатит. Все эти минералы установлены и во включениях в колумбийских изумрудах.

Главнейшие месторождения Muzo и Chivor; последнее ранее именовалось Somondoco - "Бог зеленых камней". Изумруд представлен двумя генерациями: первая - мутные непрозрачные и полупрозрачные кристаллы, нередко ко большого размера ("изумрудная зелень"); вторая - прозрачные кристаллы, зачастую образуется за счет первой; в наиболее продуктивных жилах "изумрудная зелень" обычно не сохраняется. Чистые и прозрачные кристаллы изумруда длиной до 130 мм как правило находятся в агрегатах

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД

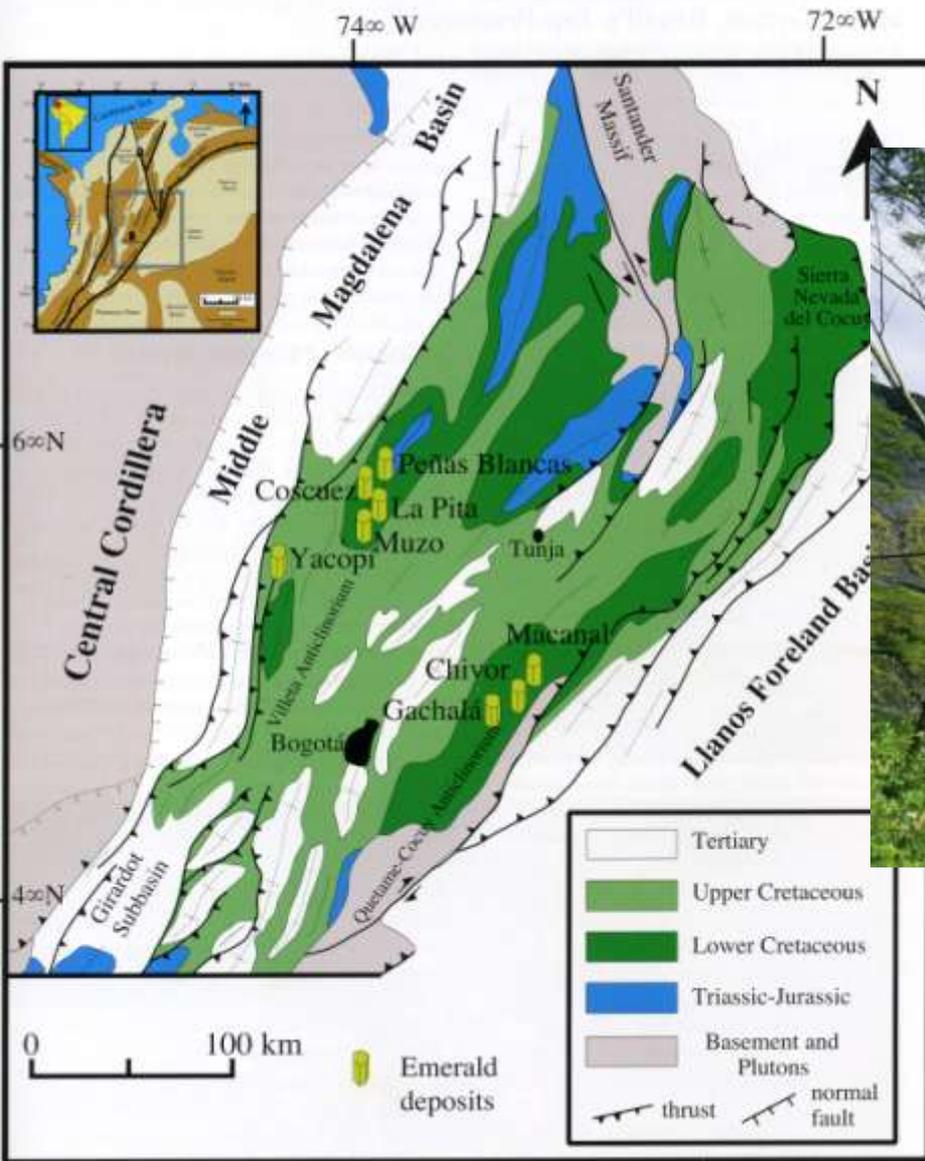
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В «ОТХОДАХ» ЦВИТТЕР-ГРЕЗЕНОВОГО «ПРОИЗВОДСТВА»

кристаллов анкерита или кальцита, реже - альбита. Окраска варьирует от чисто изумрудной (от светлой до интенсивной) до зеленовато-голубой. Голубой оттенок в целом характерен для изумрудов Колумбии, поскольку главный хромофор в них V (или комбинация V и Cr). Эти очень низкощелочные изумруды содержат в среднем 0,29% V_2O_3 ; 0,27% Cr_2O_3 ; 0,07% FeO; 0,02% MnO. Величина $\delta^{18}O$ в изумрудах = +15 ÷ +20, что свидетельствует о большой роли метеорных вод в составе флюидов. Район месторождений - термальный купол: Rb/Sr возраст оруденения 61 млн. лет, K/Ar возраст 38-31 млн. лет. Температуры минералообразования варьируют от 470 до < 300⁰ C (Pouge, 1916; Schafer, 1984; Kozlowski et al., 1988; Cheiletz et al., 1994; L'Emeraude, 1998). Источник V и Cr - вмещающие битуминозные осадочные породы. Вероятным источником флюидов с F и Be возможно являются интрузивы лейкогранитов на глубине, под влиянием которых по-видимому сформировались локальные термальные купола в районах месторождений изумрудов Колумбии.

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа

Colombian Emerald Deposits



Месторождение Coscuez,
Колумбия

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа



Месторождение Музо – серия кварцевых и карбонатных жил с изумрудами в чёрных сланцах

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа

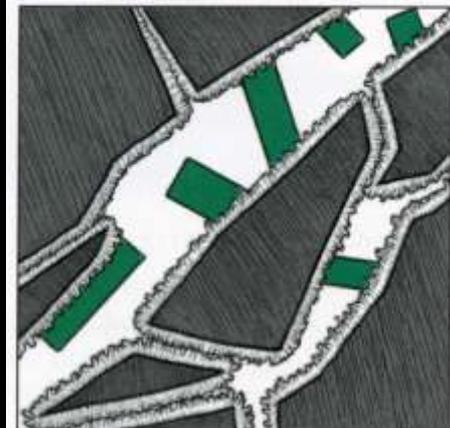
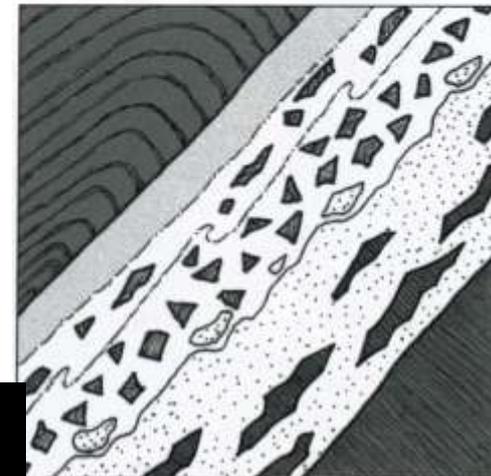


М-ние Музо –
серия кварцевых
и карбонатных жил
с изумрудами
в чёрных сланцах

90x70 мм



**Black Shales With Veins
and Breccias:**
Emerald in Vugs with Car-
bonates, Pyrite and Albite



БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа



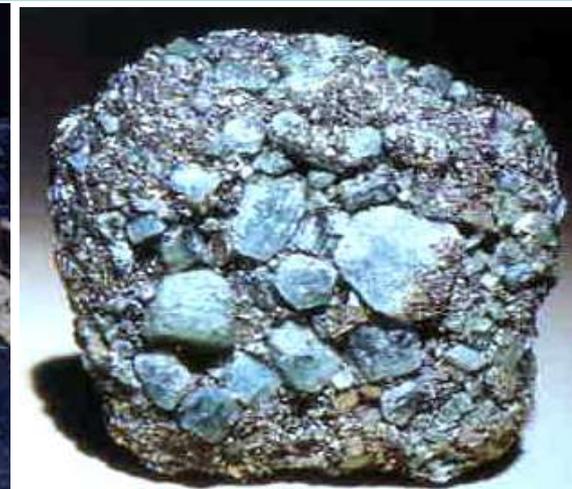
Голубоватый изумруд на углеродистых сланцах.
Месторождение Чивор = Самандоко = Бог зелёных камней

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа



Голубоватые изумруды на брекчии углеродистых сланцев, сцементированной анкеритом и альбитом



Изумруды в агрегатах пирита



Изумруд с пиритом и карбонатом

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа

Возраст
гастропод
135 Ма



Псевдоморфозы
изумруда
по гастроподам
раннего мела (валанжин).



Возраст
изумруда
61 Ма



Изумруды
в брекчии
углерод.
сланцев

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа



Зональный кристалл,
в центре - бесцветный



С пиритом.
Чивор



Изумруд
хромистый



Изумруд + пирит
21x15 мм.
Vasquez-Yacopi
mine



Изумруды
ванадистые

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа



Брекчия сцементирована кальцитом, кварцем, альбитом с изумрудом и паризитом. Музо

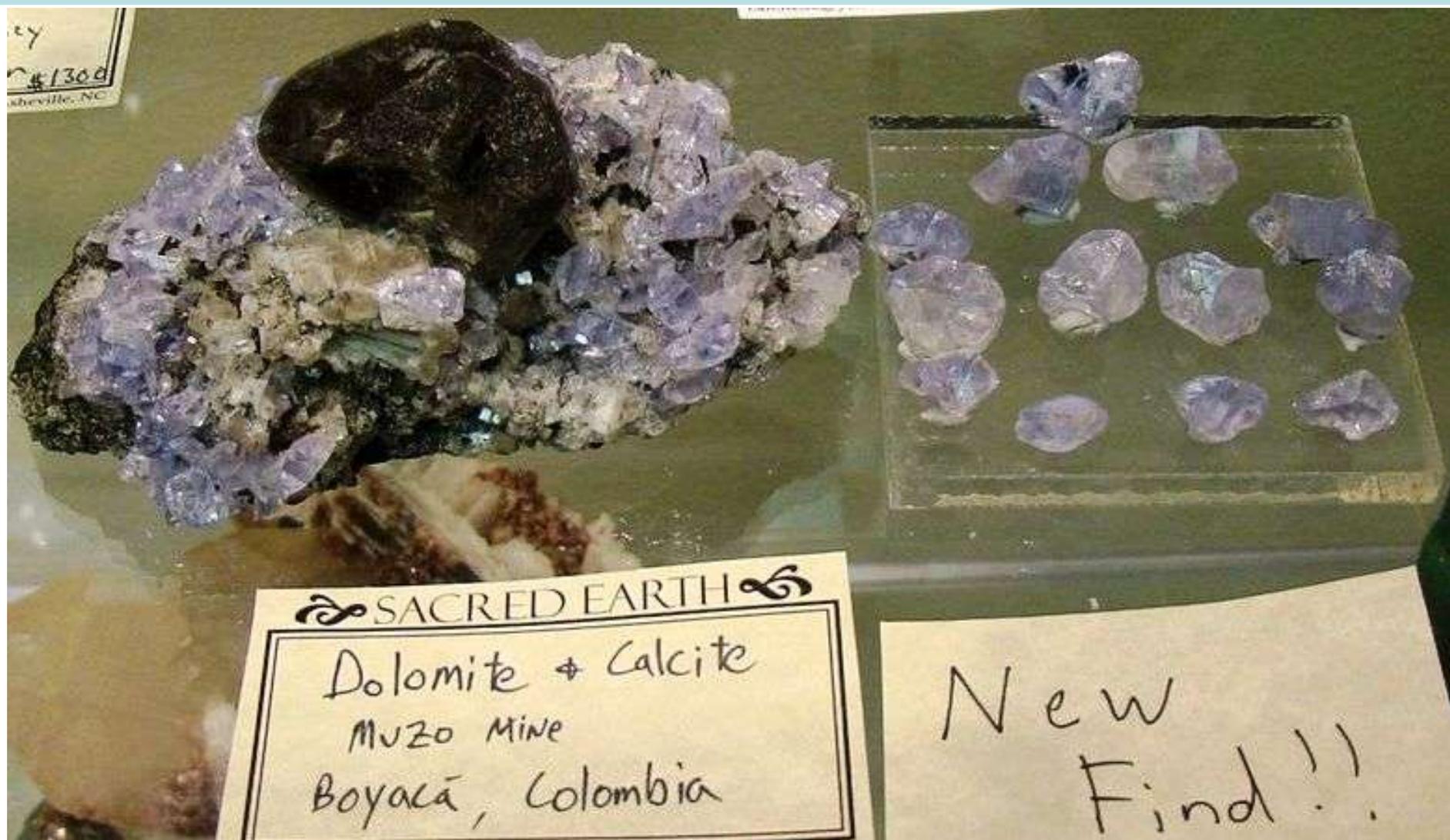


Включения срастаний кристаллов паризита в изумруде. Музо

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа

М-ние Музо. Кристаллы доломита и кальцита из карбонатных жил с изумрудами в чёрных сланцах



БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа



В анкерите. 44x33 мм

1 генерация – мутные кристаллы.
2 генерация – прозрачные кристаллы



91 мм.
Чивор

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа



М-ние Чивор. Альбит - кальцитовая жила с пиритом и изумрудами

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа



Жеода кварца с изумрудами 80 мм.
Coscuez mine, Boyaca



Изумруд 74 мм в
анкерит-альбит-
кварцевой
жиле.
Coscuez mine,
Boyaca



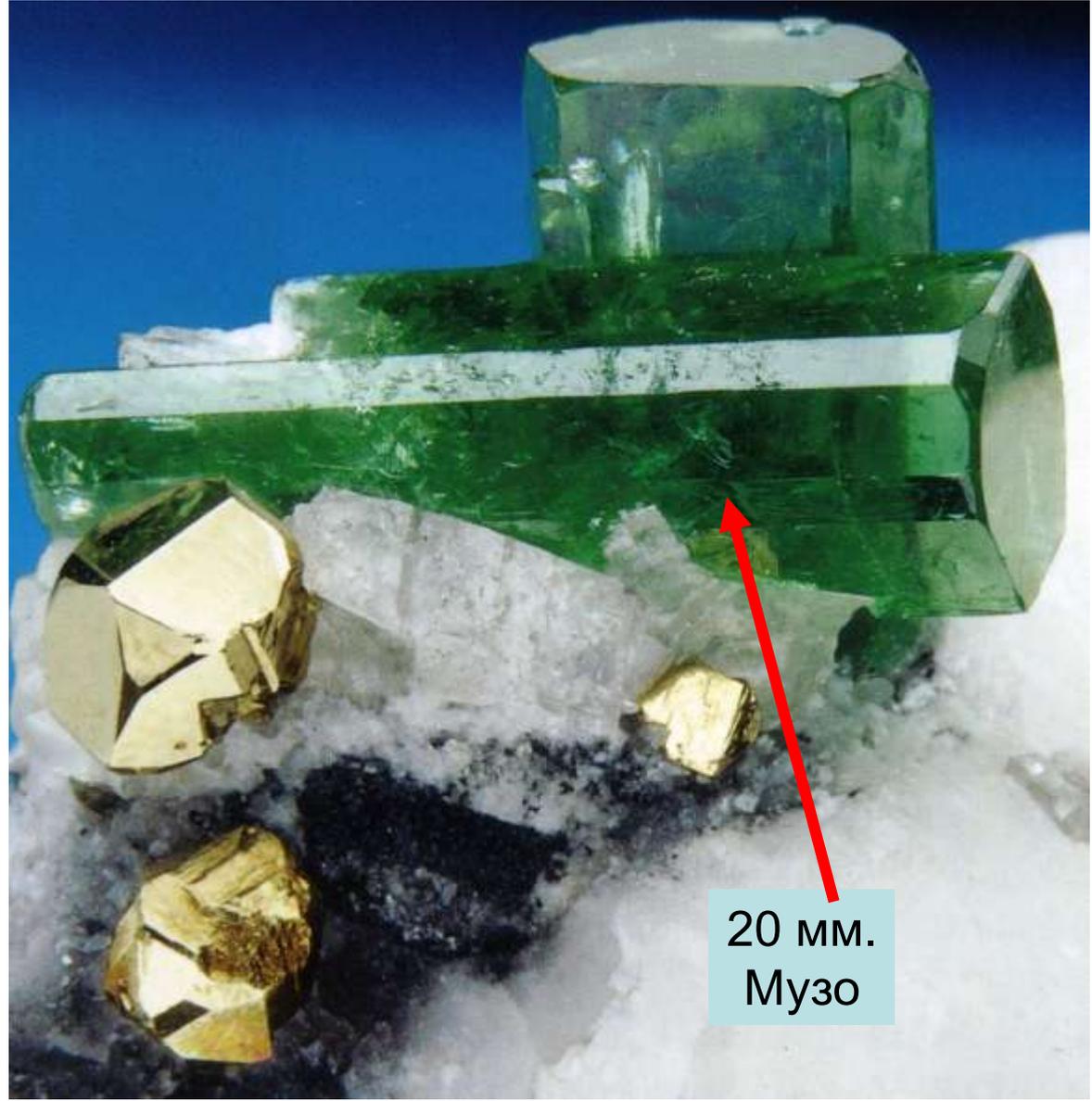
Кристаллы изумруда до 60 мм
в друзе альбита и анкерита

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа



25
MM



20 мм.
Музо

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

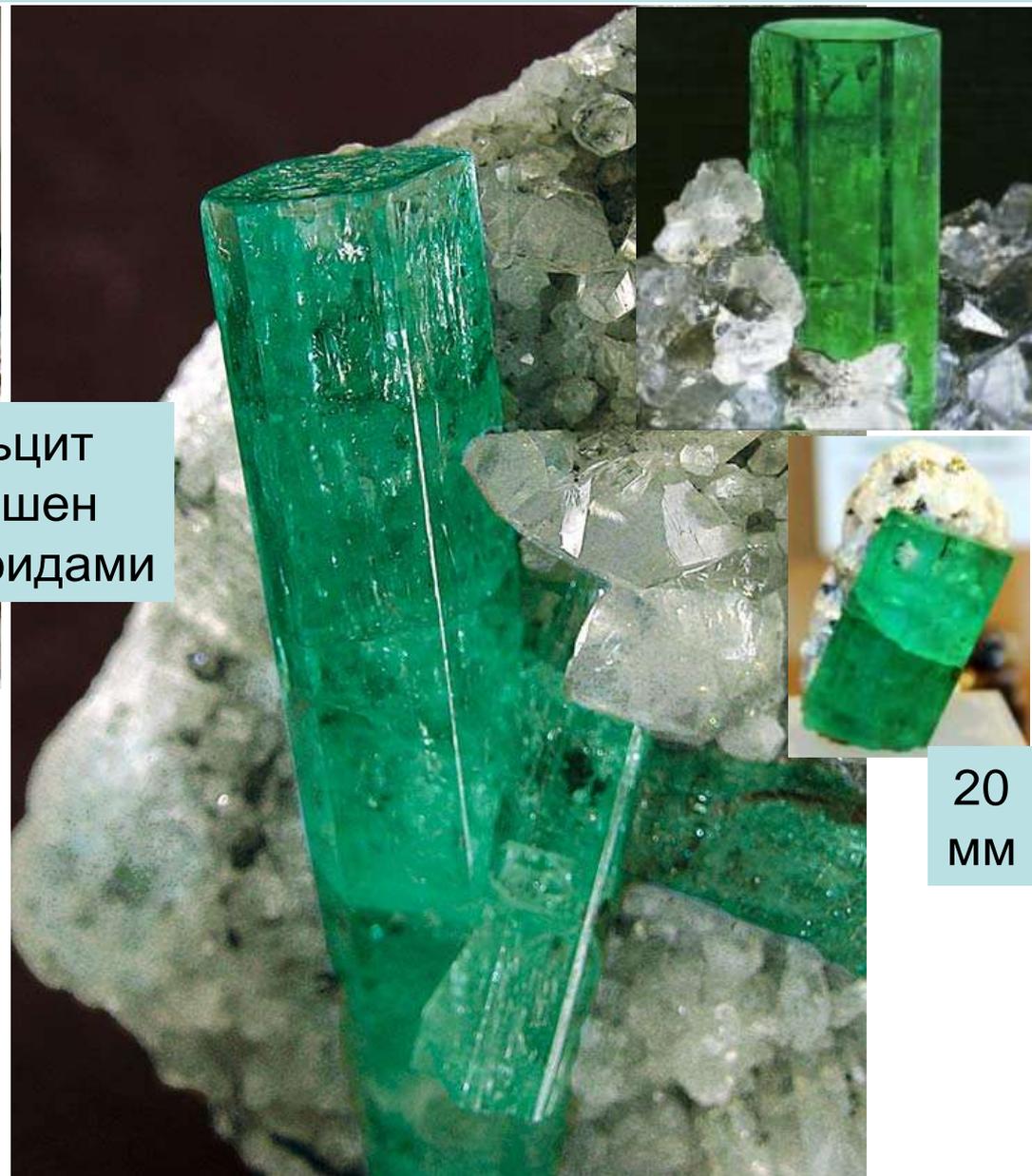
Месторождения изумрудов колумбийского типа



Кальцит
окрашен
битумоидами

С кальцитом и пиритом

20 мм.
Музо



20
мм

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа



65x65 мм.
Cosquez
mine, Музо



В альбит-
кальцит.
жиле. Музо



85 мм

Друза изумруда на кальците. Музо



18x16
мм.
Чивор



51 мм.
El Indio,
Музо



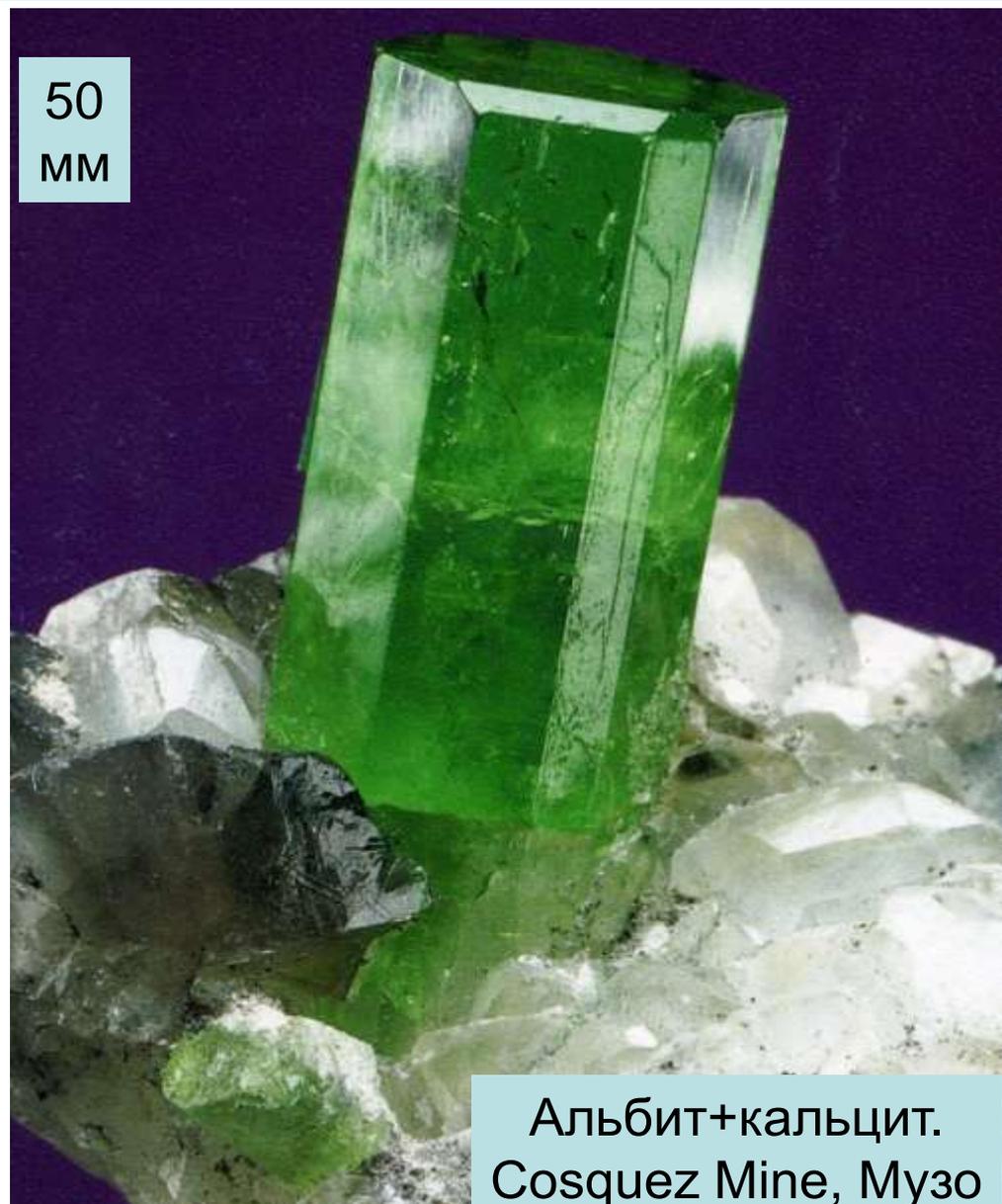
45x30 мм

Чивор

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

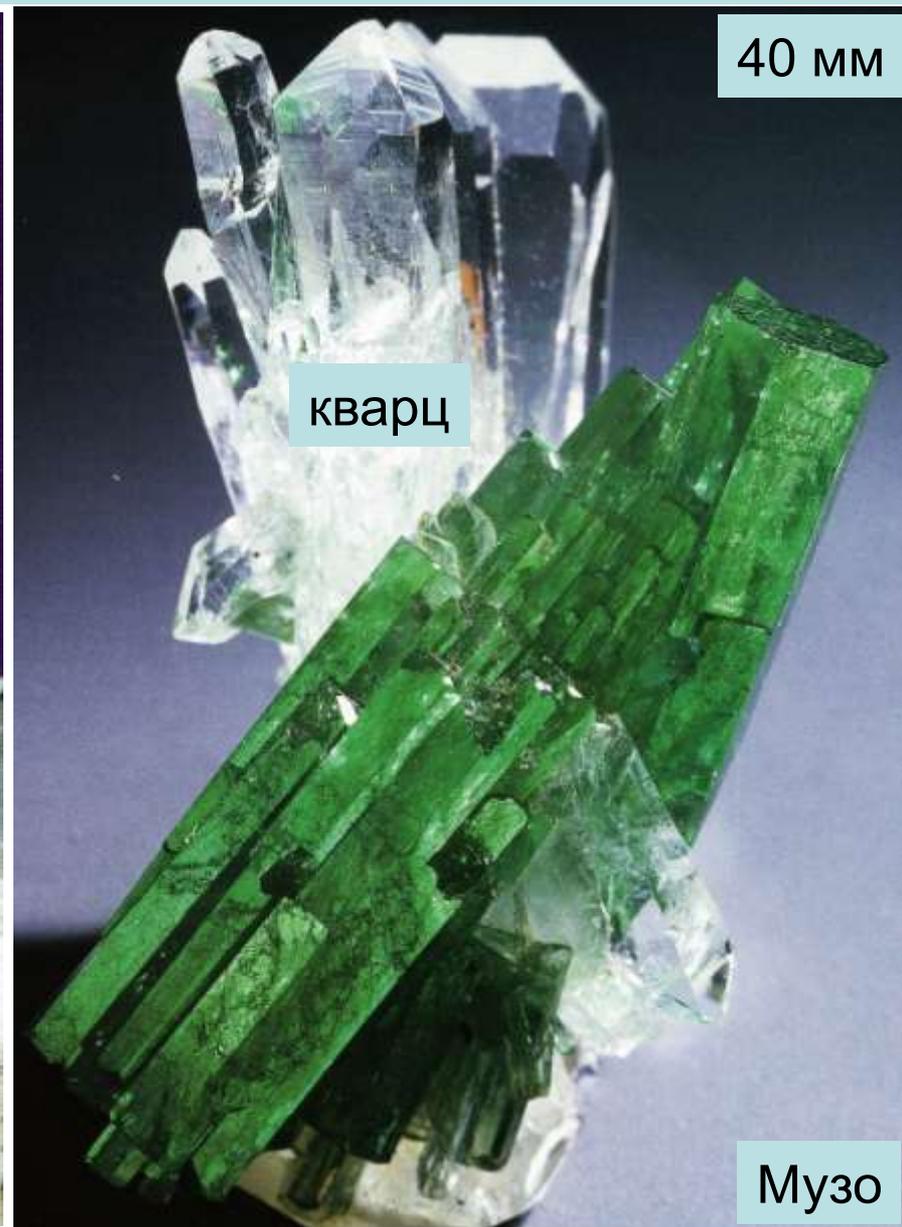
Месторождения изумрудов колумбийского типа

50
мм



Альбит+кальцит.
Cosquez Mine, Музо

40 мм



Музо

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа

Кальцит
окрашен
битумоидами



Срастание кальцита,
альбита и пирита

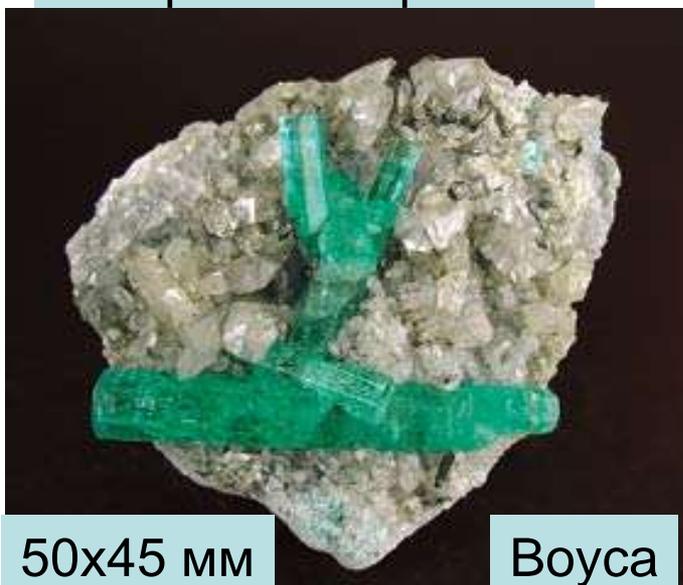


БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа



Vasquez-Yacopi mine



Boysa



С кальцитом
и пиритом

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа



кальцит

Coscuez
mine,
Музо

50
мм



25 мм.
La Pita mine



Изумруд Дюка. 50 мм.
Музо



Музо



Кристалл
галита из
флюидного
включения в
изумруде
Музо

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа

125 мм

Coscuez
mine,
Музо

альбит

Кальцит
окрашен
битумоидами



Изумруд
императора инков
Монтецумы II –
из Музо с
паризитом

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа



89x50 мм - 1759 карат. Гигант Музо



«Трапише»-изумруды

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Месторождения изумрудов колумбийского типа



Колумбийские изумруды в средневековых изделиях Индии

БЕРИЛЛ - ИЗУМРУД ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ПЛУТОНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ

Месторождение магнезита Brumado, Бразилия



Кристаллы изумруда до 75 мм с кварцем и магнезитом

БЕРИЛЛ
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ
В ВУЛКАНОГЕННЫХ
АРГИЛЛИЗИТАХ

ВУЛКАНОГЕННЫЕ АРГИЛЛИЗИТЫ

Thomas Range, Юта, США



Аргиллизиты по
глинистым
известнякам.

Флюорит +
опал +
бертрандит

ТОПАЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ВУЛКАНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ Thomas Range, Юта, США

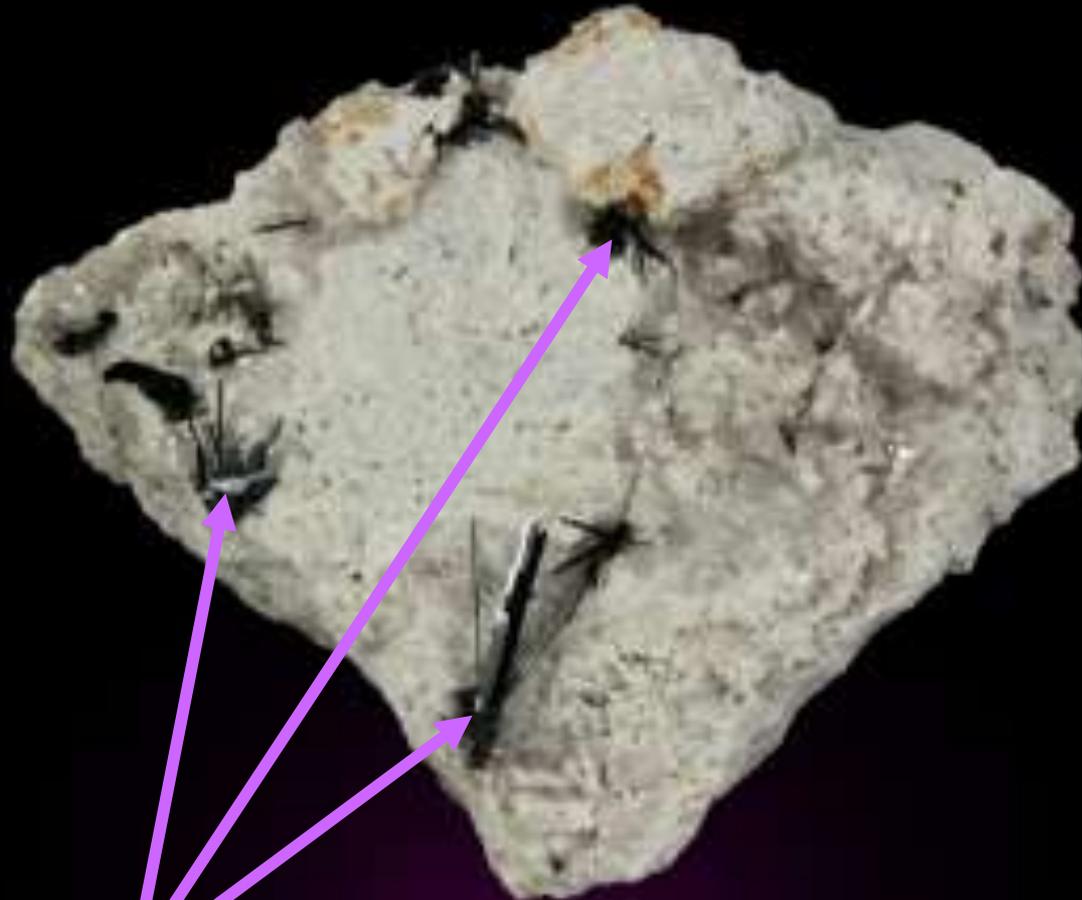


биксбиит $(\text{Mn,Fe})_2\text{O}_3$ с 0.4 % Sc_2O_3

аргиллизиты по риолитам

БЕРИЛЛ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ВУЛКАНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ Thomas Range, Юта, США

45x38 мм



аргиллизиты по
риолитам

псевдобрукит Fe_2TiO_5 с 0.7% Sc_2O_3

БЕРИЛЛ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ВУЛКАНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ Thomas Range, Юта, США



аргиллизиты по
риолитам

Ало-красный берилл с
1-1.5 % Cs, 0.5 % Sc_2O_3 , 1-3 % Fe_2O_3 и Mn_2O_3

БЕРИЛЛ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ВУЛКАНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ Thomas Range, Юта, США



аргиллизиты по
риолитам



30 мм

Ало-красный берилл с
1-1.5 % Cs, 0.5 % Sc_2O_3 , 1-3 % Fe_2O_3 и Mn_2O_3

БЕРИЛЛ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ВУЛКАНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ

Wach - Wach Mountains, Юта, США



18 мм



аргиллизиты по риолитам

Ало-красный берилл с
1-1.5 % Cs, 0.5 % Sc_2O_3 , 1-3 % Fe_2O_3 и Mn_2O_3

БЕРИЛЛ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ В ВУЛКАНОГЕННЫХ АРГИЛЛИЗИТАХ

Wach - Wach Mountains, Юта, США

43 мм



21 мм



аргиллизиты по риолитам

Ало-красный берилл с
1-1.5 % Cs, 0.5 % Sc_2O_3 , 1-3 % Fe_2O_3 и Mn_2O_3

БЕРИЛЛ

МЕТАМОРФОГЕННО –

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

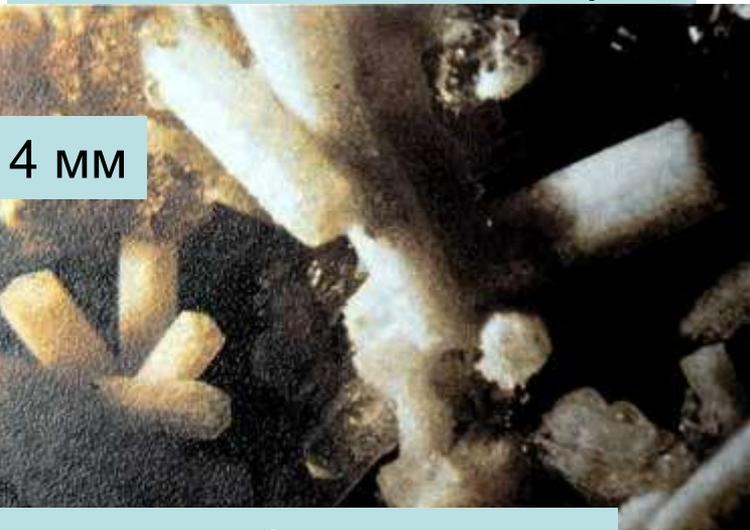
Альпийские жилы. Берилл $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$



Игольчатый. Chièri II, Val Prato, Тессин, Швейцария



С шерлом и адуляром



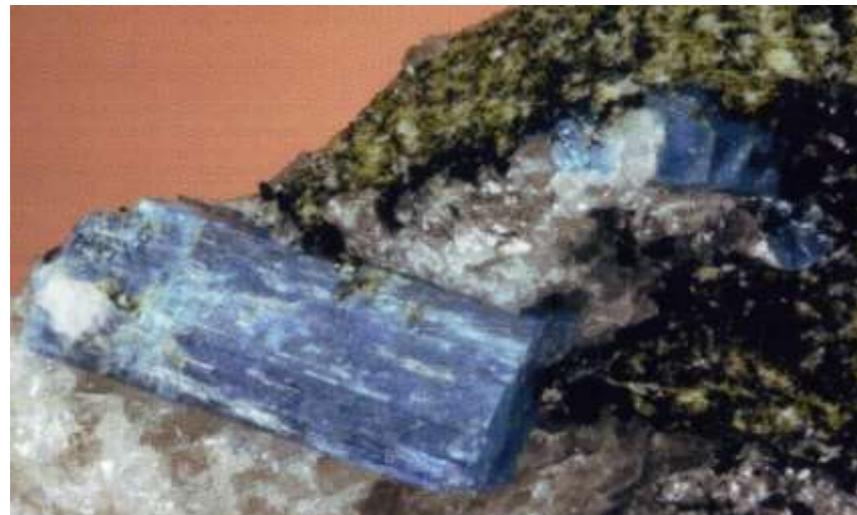
4 мм

Молочно-белый. Альпы



Аквамарин в эпидотизированных гнейсах на контакте с кварц. жилой альпийского типа

Альпийские жилы. Берилл $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$



Аквамарин до 15 мм в кварц.
желе среди эпидотизир. гнейсов



Аквамарин и анатаз



20 мм



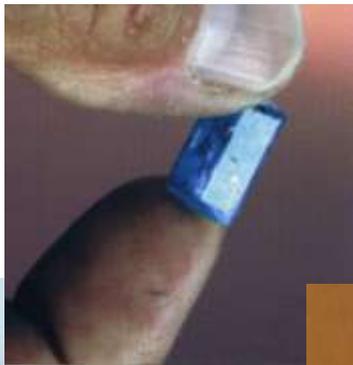
2 мм



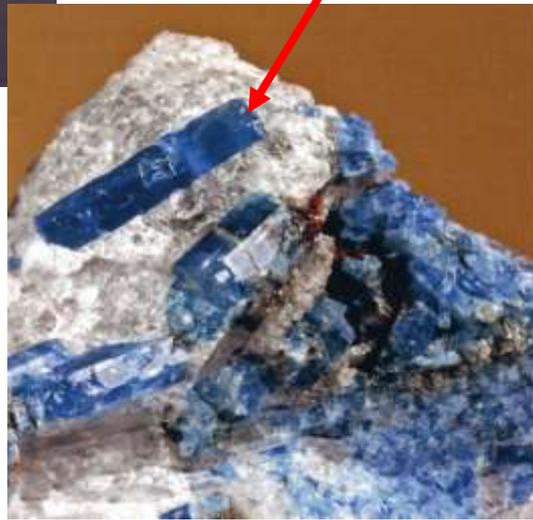
2.3 мм

Arvigo, Val Calanca,
Швейцария

Альпийские жилы. Берилл



11 мм



5 мм



Аквамарин в кв. жиле в
эпидотизиров. гнейсах



8 мм

Аквамарин на аметисте
100x60x40 мм.
Zillertal, Швейцария

Биннталь,
Швейцария

Альпийские жилы. Берилл $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$



Аквамарин 75 мм механически деформирован.
Биннталь, Швейцарские Альпы

Химический состав
аквамарина
альпийских жил Биннтала

Типичный изоморфизм : $\text{Al}^{3+} \leftrightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^{1+}$

Blauer Beryll, Wannigrat 2008/09
(klare Kristallsplitter, Gesamtgewicht 1,02 g)

Hauptelemente		Spurenelemente	
	[Gew.%]		[ppm]
SiO_2	62.14	B	<2
Al_2O_3	14.20	Li	282
Fe_2O_3^*	2.64	Cs	75.4
BeO	12.55	Sc	7
CuO	0.03	V	68
ZnO	0.03	Cr	40
MnO	0.02	Cu	260
MgO	1.96	Zn	180
CaO	0.10	Rb	29
Na_2O	1.87	Sr	8
K_2O	0.12	Ba	42
Li_2O	0.12	Y	<2
Cs_2O	0.01	La	2.3
TiO_2	0.04	Ce	3.3
P_2O_5	0.18	Nd	1.4
H_2O^{**}	2.70	W	3
Total	98.71	Nb	2

Analyse mittels Plasma-Massenspektrometrie **FUS-ICP/MS**, vgl. Lapis 10|2007, S.22 (F mit Ionensensitiver Elektrode **ISE**, Cl via Neutronenaktivierung **INAA**, CO_2 coulometrisch: Alle unterhalb der Nachweisgrenze <0,01 Gew.%). Li mit **TD-ICP**, B mit **PGNAA**. *Gesamteisen als Fe_2O_3 . **Kristallwasser, gravimetrisch bestimmt.

БАЦЦИТ



МЕТАМОРФОГЕННО –

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ

Альпийские жилы. Бацит $\text{Be}_3(\text{Sc,Al,Fe}^{3+})_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$



Val Strem,
Graubunden,
Швейцария



Ледник de la Neuve, Wallis,
Швейцария

Альпийские жилы. Бацитит $\text{Be}_3(\text{Sc}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$



С адуляром, кварцем и хлоритом



С адуляром и хлоритом



Полый кристалл
бацитита.
Tavetsch,
Швейцария

3.5 мм



Бацитит 1.7 мм+
прозрач.
бертрандит.
Seula mine,
Бавено,
Сев. Италия

