

Э.М. Спиридонов

**Минералогенез
при послемагматических
процессах.**

**065. МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ
И МЕСТОРОЖДЕНИЯ РУБИНА, ШПИНЕЛИ,
САПФИРА, ФЛОГОПИТА, ЛАЗУРИТА**

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ

НИЗКОЩЕЛОЧНЫЕ

ФТОРИСТЫЕ

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

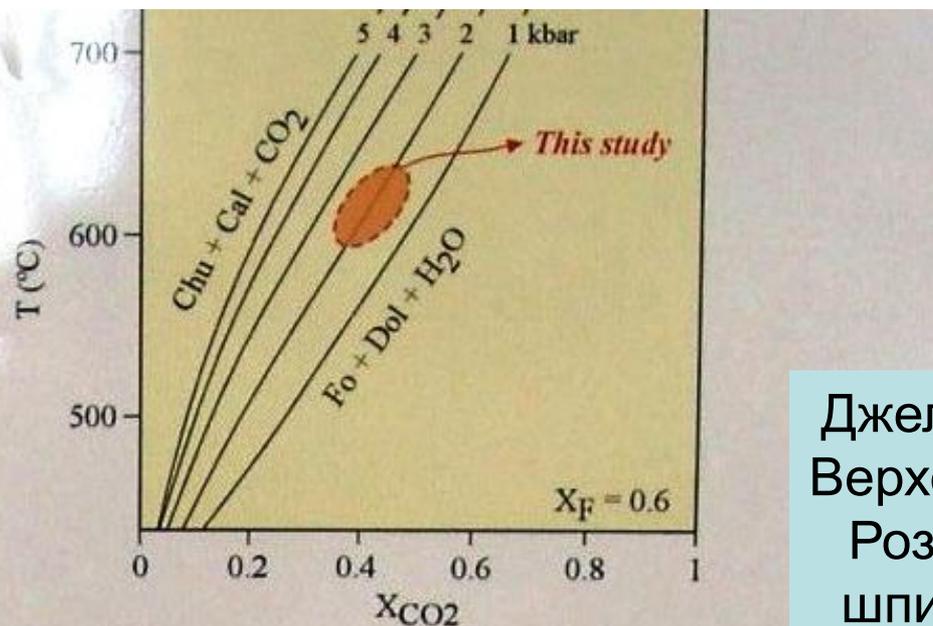
Повышенные концентрации фтора в скарнирующих флюидах приводят к образованию в кальцифирах минералов группы гумита (вместо форстерита). Это клиногумит $4 \text{Mg}_2[\text{SiO}_4] \cdot \text{MgF}_2$, гумит $3 \text{Mg}_2[\text{SiO}_4] \cdot \text{MgF}_2$, хондродит $2 \text{Mg}_2[\text{SiO}_4] \cdot \text{MgF}_2$, норбергит $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4] \cdot \text{MgF}_2$. Эти минералы сменяют друг друга в перечисленном порядке по мере роста активности фтора во флюидах. Из-за того, что структуры этих минералов сходны и представляют чередование слоёв – фрагментов структур форстерита и селлаита (- брусита), то нередко единый кристалл может быть образован из нескольких минералов группы гумита. Макро- и микроскопическая окраски этих минералов обычно бледные, желтоватые. По мере роста содержания Ti, замещающего Mg в слоях $\text{Mg}(\text{F}, \text{OH})_2$, растёт интенсивность окраски, вплоть до густой буро-красной (в шлифах – до оранжево-жёлтой). Нередко более интенсивно окрашены богатые фтором хондродит и норбергит. Кристаллы всех этих минералов - обычно двойники.

Повышенные концентрации фтора в скарнирующих флюидах приводят к накоплению в скарнах минералов Ti, Zr, Th, к образованию в кальцифирах участков перекристаллизации, в пределах которых возникают условия для образования самоцветных шпинели, рубина, сапфира, титансодержащих минералов группы гумита, пироксенов и амфиболов.

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Кальцифиры с титанистым клиногумитом

109x98 мм. Питкяранта, Карелия



Джелтула,
Верхоянье.
Розовая
шпинель

Equilibrium $\text{Chu} + \text{Cal} + \text{CO}_2 = \text{Fo} + \text{Dol} + \text{H}_2\text{O}$ at 1-5 kbar total pressure (Rice, 1980) *Contrib Mineral Petr* 71: 219-235; (Piazolo and Markl, 1999) *J Metamorph Geol* 17: 91-107; if clinohumite-

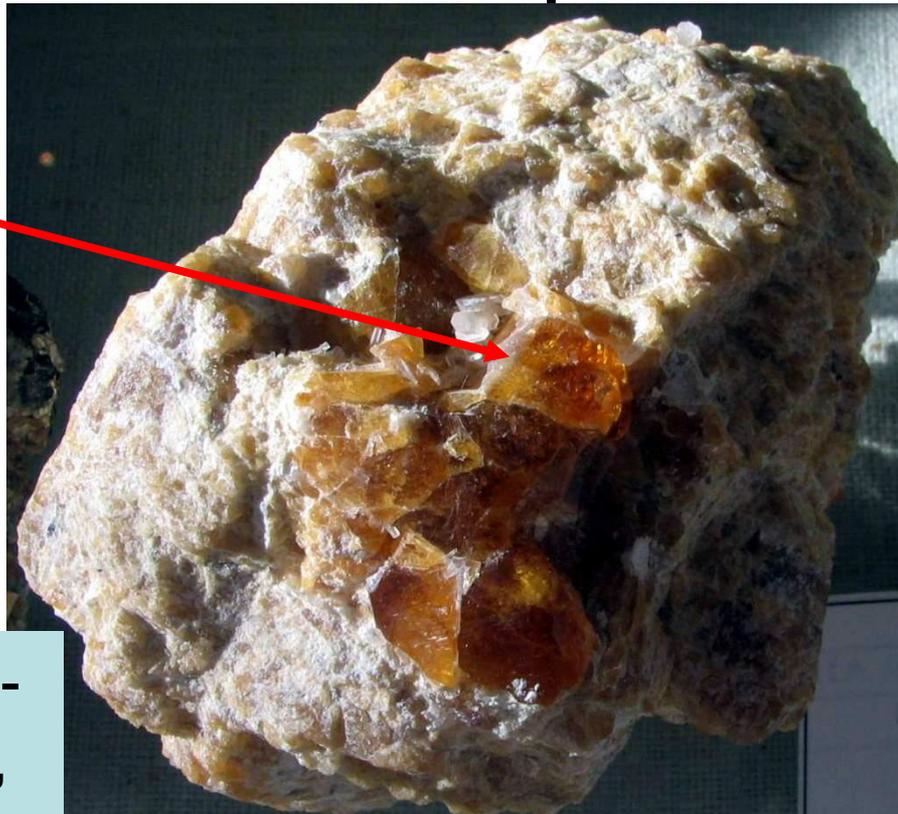


Равновесия
клиногумит + кальцит ↔
форстерит + доломит

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Кальцифиры
с титанистым клиногумитом

86x72 мм



Кухи-
Лал,
ЮЗ
Памир



Шлиф. При 1 николе



Шлиф. Николи х

Шпинель

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

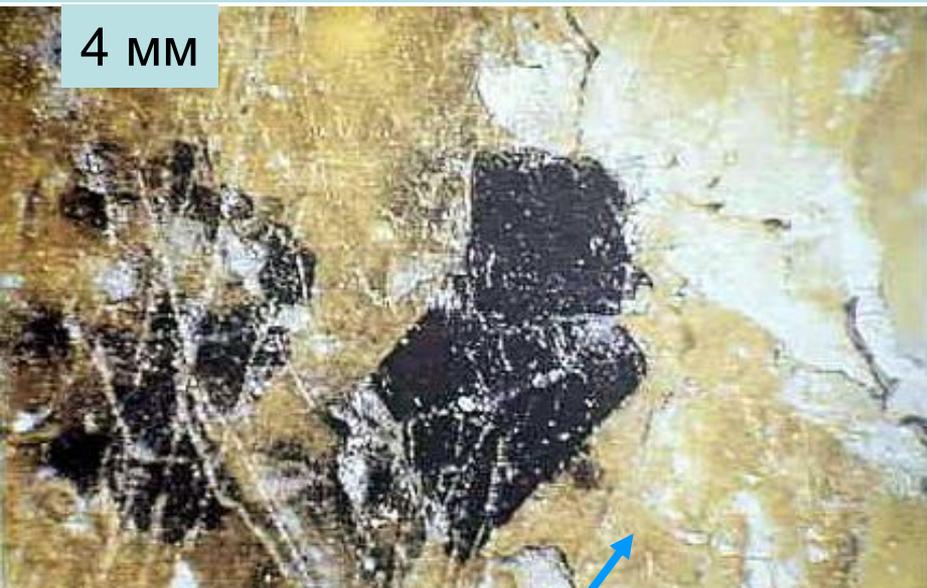
Титанистый клиногумит из кальцифиров

Кухи-Лал, ЮЗ Памир



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Кальцифиры с хондродитом и титанистым хондродитом



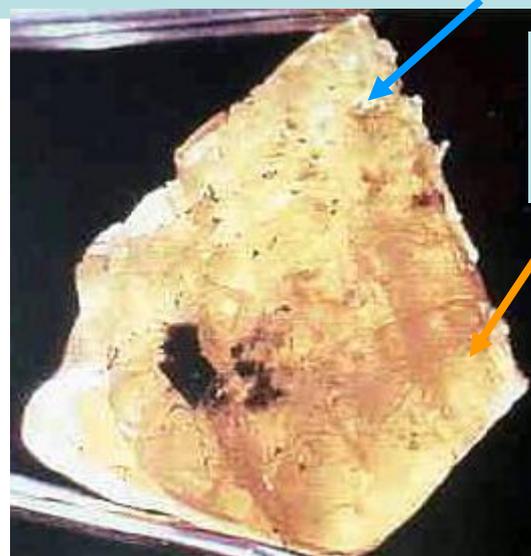
4 мм

Со шпинелью. Balaqngoda, Цейлон



Tilley-Foster,
Pathnam
county,
Нью-Йорк,
США

Титанистый хондродит



Ограночного
качества

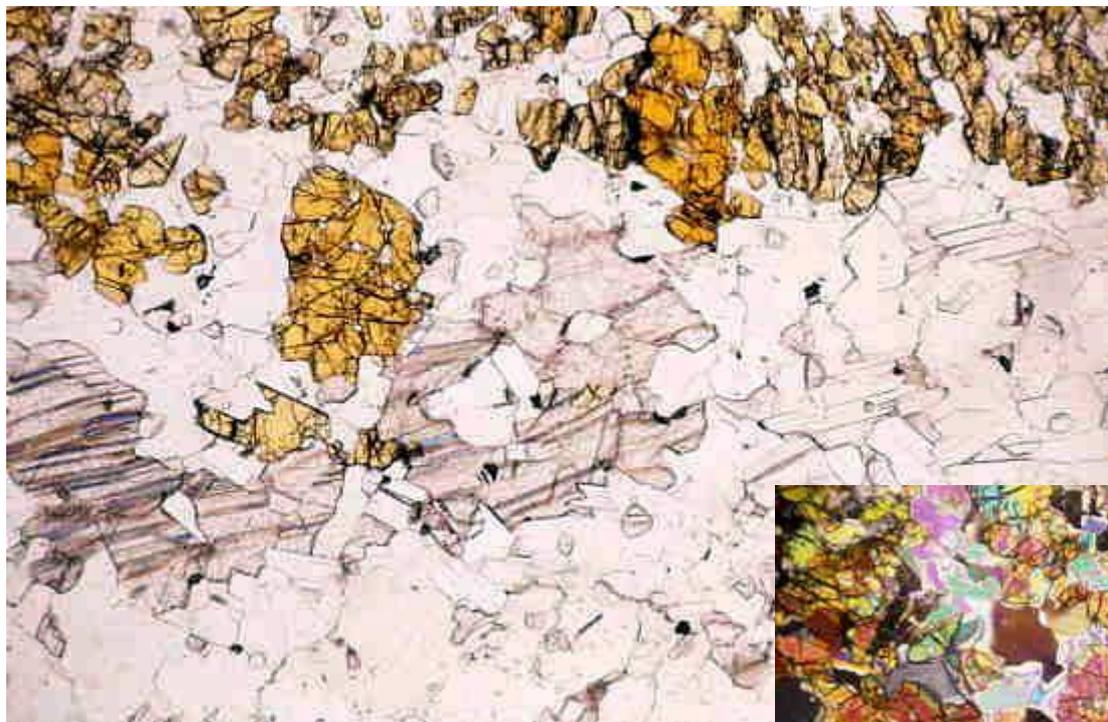
38 мм.
Бадахшан,
Афганистан



Невада, США

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

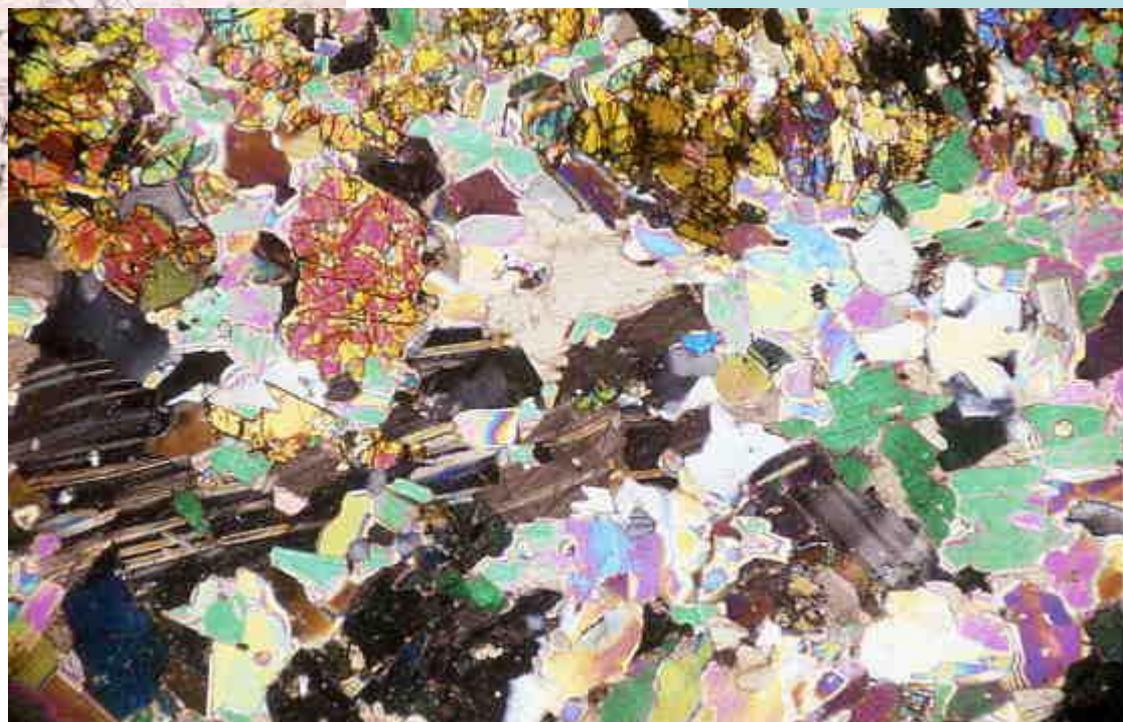
Кальцифиры с титанистым хондродитом



Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х

Шлиф. При 1 николе

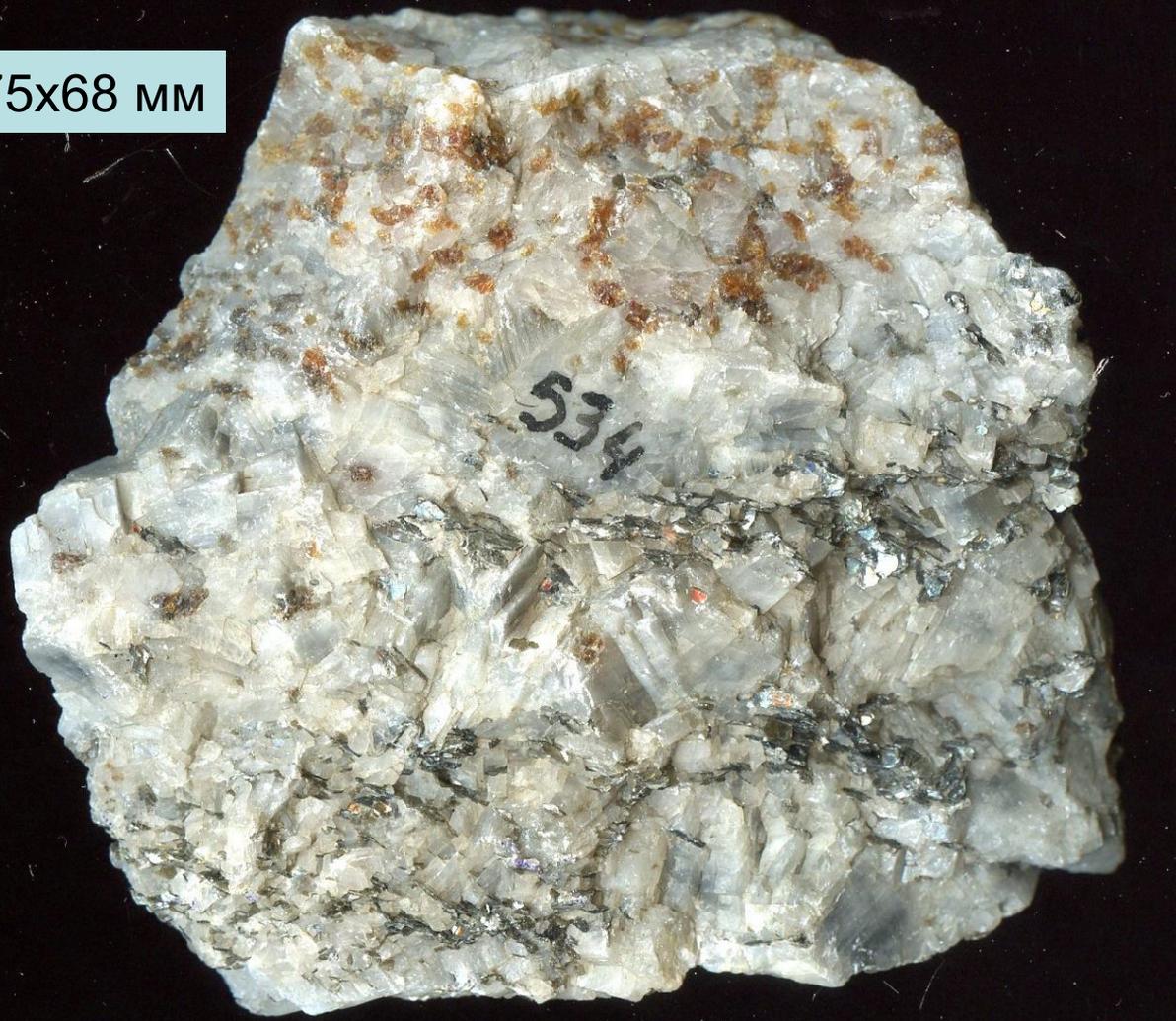


Питкяранта, Карелия

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Кальцифиры с титанистым гумитом и фторфлогопитом

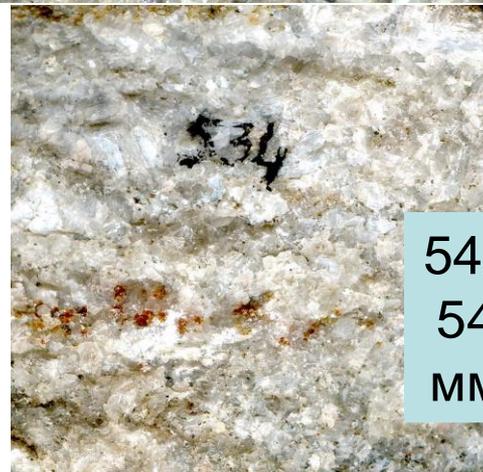
75x68 мм



74x54 мм



54x
54
мм



Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

Питкяранта, Карелия

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Кальцифиры с титанистым норбергитом

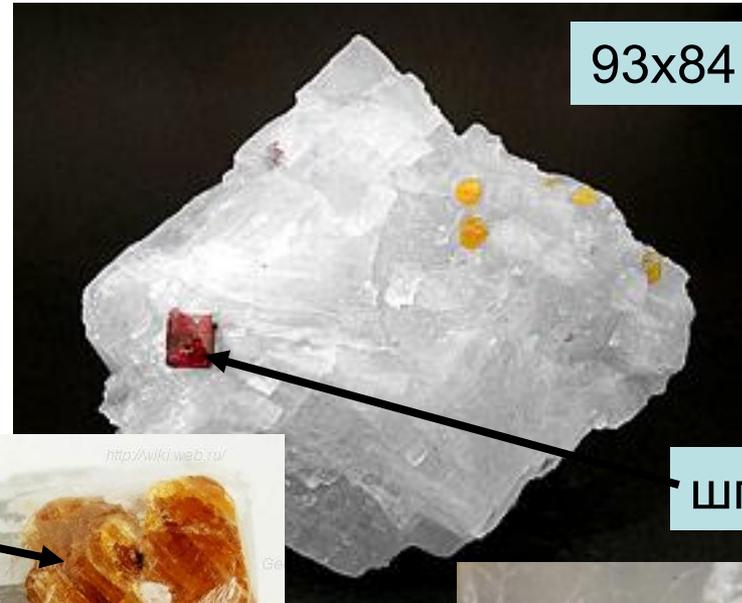
102x
73 мм

Питкяранта, Карелия



Знаменитое месторождение
рубина Могок, Бирма

93x84 мм



шпинель

15 мм



3.5 мм



32 мм

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

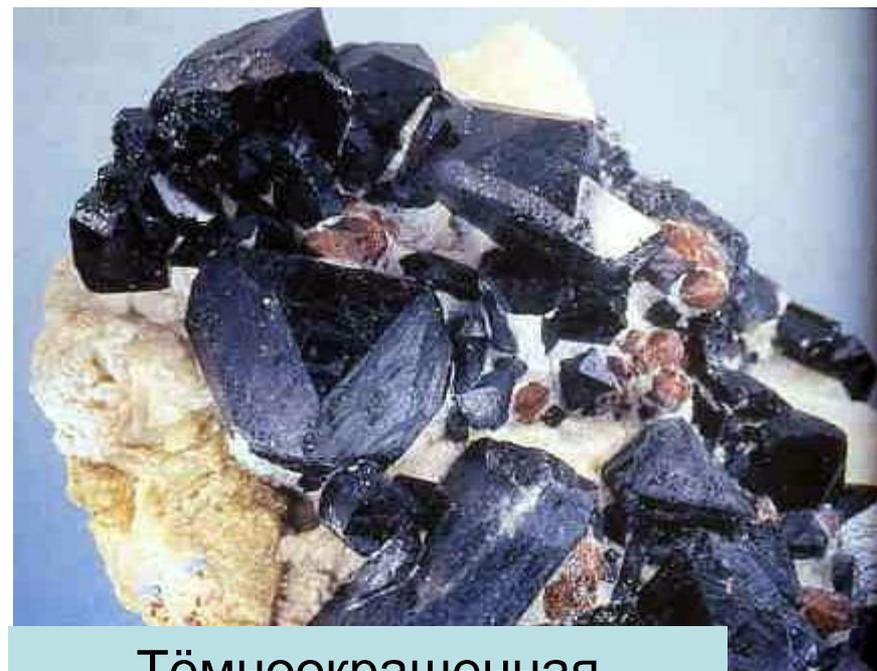
Шпинель из кальцифиров



Более 300 мм. Мадагаскар

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Шпинель в кальцифирах



Тёмноокрашенная железистая шпинель с титанистым хондродитом



Розовая шпинель и титанистый клиногумит. Кухи-Лал, Памир



Шпинель с пирротинном. Хорог, Памир



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Шпинель в кальцифирах



Шпинели с Fe+Cr. Иакака, Мадагаскар



Шпинели с Fe и с Fe+Co. Иакака, Мадагаскар

34 мм



Фиолетовая шпинель.
Aliabad, Hunzatal,
Пакистан



Огромный кристалл.
Танзания

Разноцветные шпинели



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Шпинель в кальцифирах

Знаменитые месторождения драгоценной шпинели на Памире, в Бирме, на Мадагаскаре и в иных местах – это участки перекристаллизации кальцифиров колонки магнезиальных скарнов.

Окраска обусловлена малыми примесями Fe, Cr, Ti, Mn, Co...

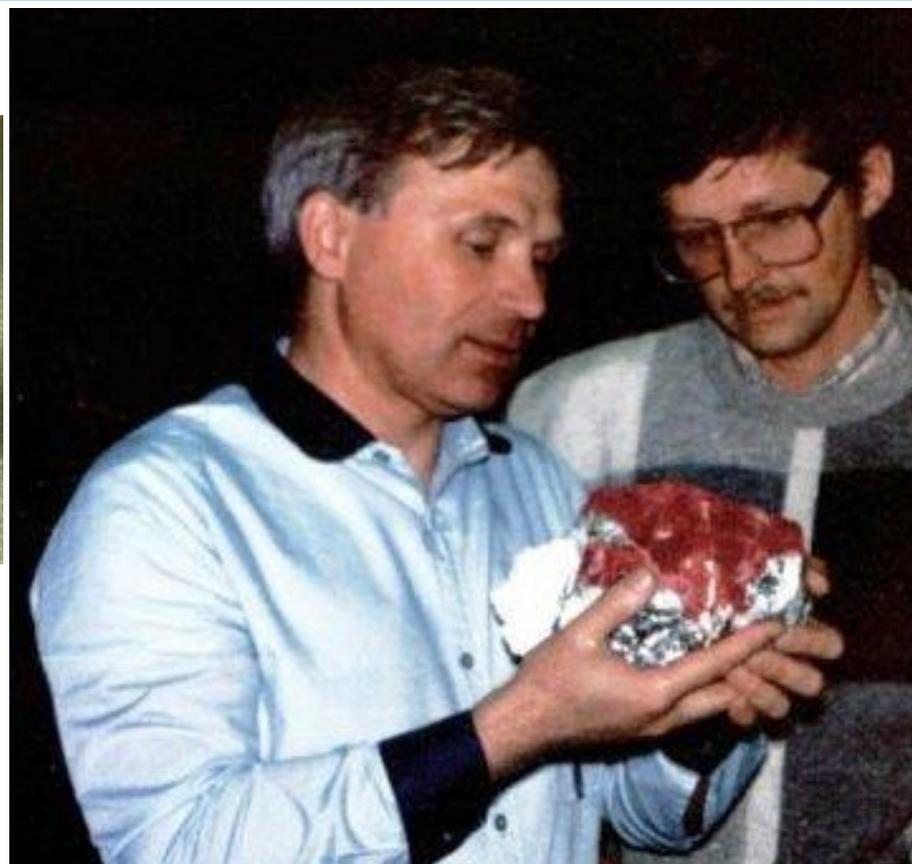
Кухи - Лал, Памир



Титанистый
клиногумит

Кристалл
20 мм

Примесь
хрома



Гигантский кристалл 26000 карат

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Шпинель в кальцифирах

150x80
мм



Махенге, Морогоро, Танзания



Слюдянка, Прибайкалье



300 мм.
Dali,
пров. Юнань,
Китай

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Шпинель в кальцифирах. Dali, пров. Юнань, Китай



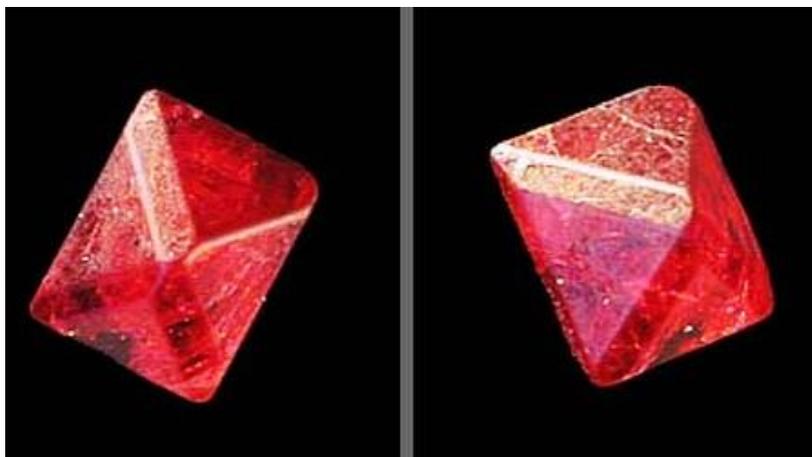
21 мм

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Шпинель в кальцифирах



Sungate mine, Север. Вьетнам



Шпинель + хондродит.
An Phu, Luc Yen, Вьетнам



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Шпинель в кальцифирах. Могок, Бирма

40x37 мм



С норбергитом

32
мм



15 мм

25 мм



14
мм



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Шпинель в кальцифирах. Могок, Бирма



15 мм

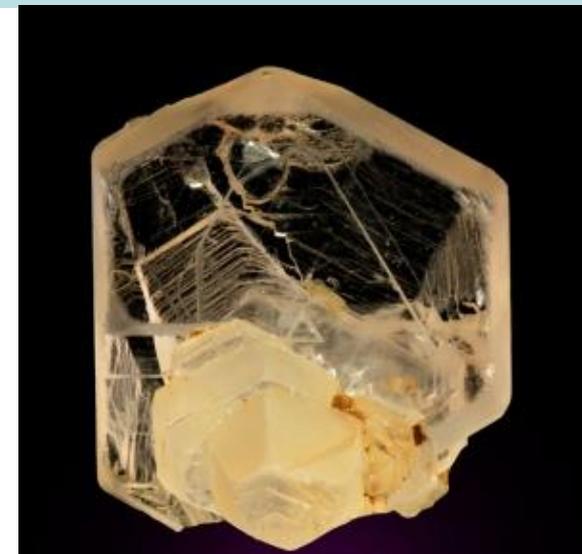
МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Рубин в кальцифирах

Знаменитые месторождения рубина в Бирме, на Мадагаскаре, Памире, Афганистане, в Центральной Африке и в иных местах – это участки перекристаллизации кальцифиров колонки магнезиальных скарнов при повышенной фугитивности CO_2 . При этом магнезиальная шпинель превращается в корунд (рубин..): $\text{MgAl}_2\text{O}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgCO}_3$. Окраска рубина обусловлена малыми примесями Cr, Ti, Fe, V...



Агрегатная псевдоморфоза рубина и магнезита по кристаллу шпинели.
Часть магнезита выщелочена.
Могок, Бирма

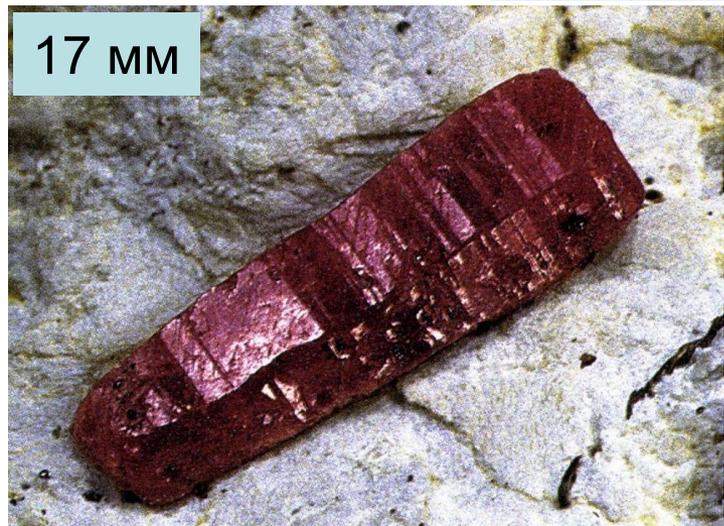


Кристалл корунда
21x17 мм.
Могок, Бирма

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Рубин в кальцифирах

17 мм



Ngoro-Ngoro, Танзания

60x50 мм



Luc Yen, Вьетнам

76 x
38
мм



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Рубин в кальцифирах



Снежное,
Памир



«Трапише»-рубин :
секториальные
кристаллы, продукты
совместного роста
корунда и карбоната.
Mung Hsu, Бирма



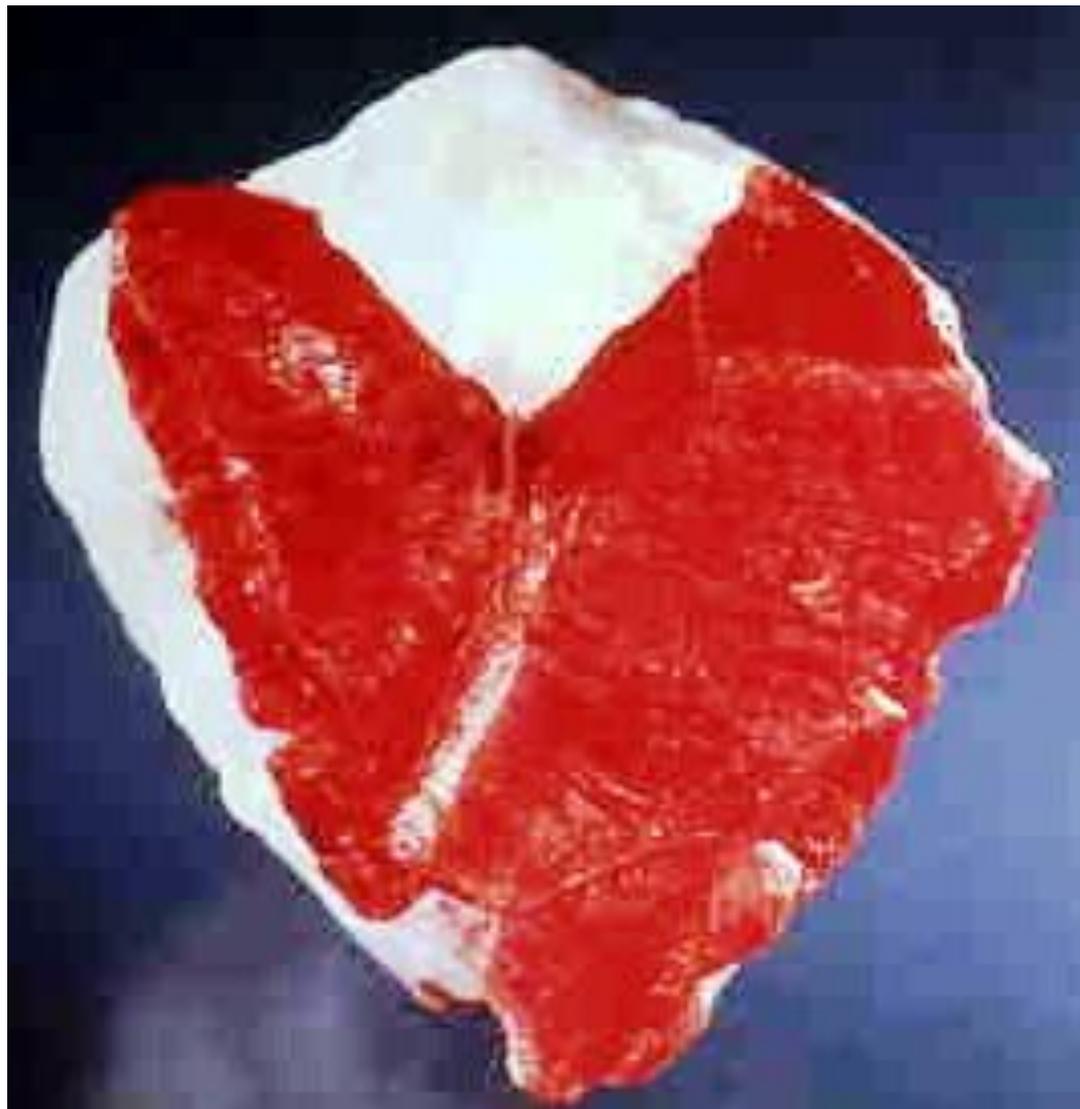
МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Рубин в кальцифирах

Jegdalek Ruby mine, Афганистан



42x39
мм



Бирма. Храмовый комплекс Баган



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Рубин в кальцифирах

Могок, Бирма



196 карат



Рубин-
книжка
(индукц.
поверхн.
совмест.
роста)



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

9 мм



Рубин в кальцифирах

Могок, Бирма

Прозрачный
рубин
цвета
голубиной
крови

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Рубин в кальцифирах на пейните $\text{CaZrAl}_9[\text{O}_{15}/\text{VO}_3]$

Могок, Бирма

Повышенная
активность фтора
очевидно обусловила
подвижность бора и
циркония, которые
фиксированы в
пейните



29 мм



23
мм



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Сапфир

Сапфир развит в своеобразных весьма высокотемпературных магнезиально-глинозёмистых скарнах Мадагаскара в ассоциации с чисто кальциевыми плагиоклазом – анортитом и скаполитом – мейонитом, с гибонитом $\text{CaAl}_{12}\text{O}_{19}$, тажеранитом – кубическим ZrO_2 , торианитом ThO_2 ...

Andranondambo, Мадагаскар



35 мм

19
мм



В анортите
и мейоните

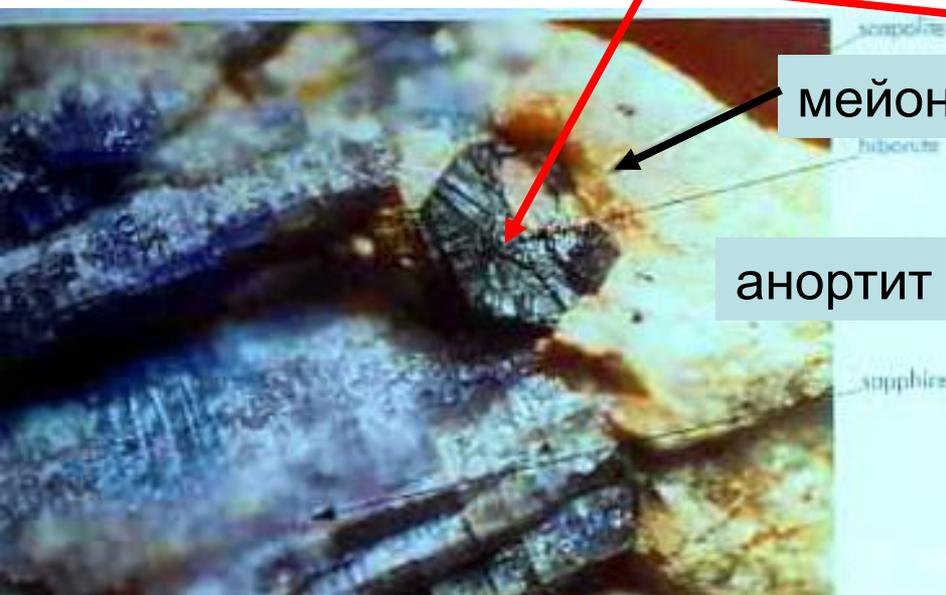
8 мм



3
мм

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Сапфир и гибонит $\text{Ca}(\text{Al,Fe})_{12}\text{O}_{19}$



Antanimora, Мадагаскар

Andranondambo, Мадагаскар

27x19
мм



34x26 мм



53x48
мм

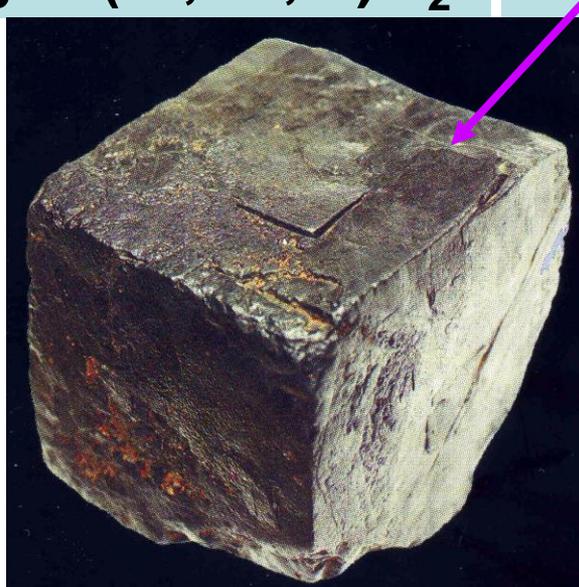
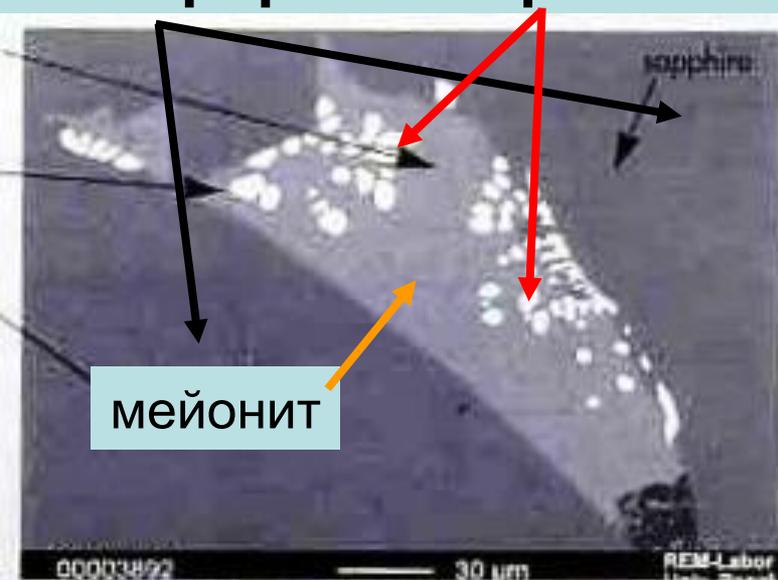


Гибонит. Elsiva eluvials, Мадагаскар

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Сапфир и тажеранит – куб. $(Zr,Ca,Ti)O_2$

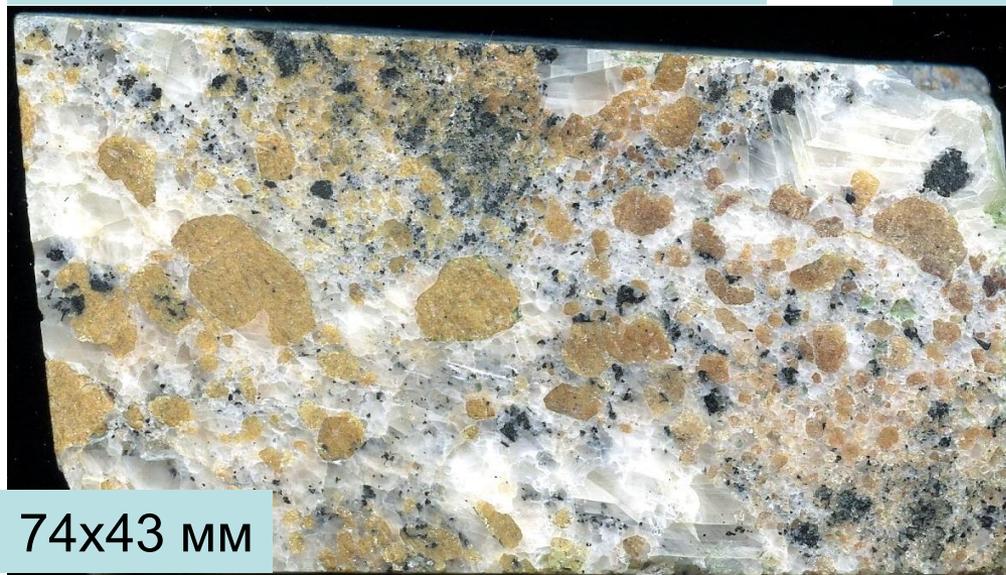
Торианит $Th O_2$



В карбонате.
Beraketa,
Мадагаскар

Andranondambo, Мадагаскар

Elsiva, Мадагаскар



Шпинель -
клино-
гумитовые
кальцифиры
с перовскитом
и тажеранитом

Тажеран,
Байкал



78x69 мм

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Перовскит CaTiO_3 и тажеранит – куб. $(\text{Zr,Ca,Ti})\text{O}_2$

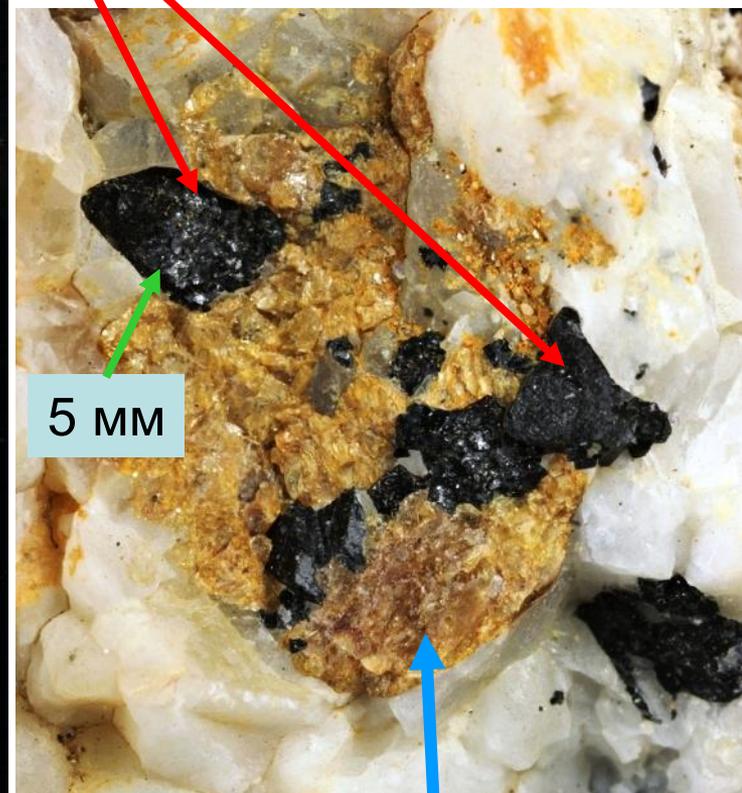
Шпинель - клиногумитовые кальцифиры
с перовскитом и тажеранитом

34x26 мм



Тажеран, Байкал. Колл. и фото ЭМС

5 мм



Титанистый клиногумит

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Кальцифиры с самоцветными пироксенами и амфиболами

В участках перекристаллизации кальцифиров колонки магнезиальных скарнов иногда возникают самоцветные хромсодержащие зелёные до изумрудно-зелёных диопсид (фассаит) и фторпаргасит

19
мм



Фассаит.
Кокча-Тал,
Бадахшан,
Афганистан

10 мм



Фторпаргасит. Nagar, Гилгут, Пакистан

25
мм



28
мм

Фторпаргасит.
Могок, Бирма



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Кальцифиры с самоцветными амфиболами

В участках перекристаллизации кальцифиров колонки магнезиальных скарнов иногда возникают самоцветные хромсодержащие зелёные до изумрудно-зелёных фторпаргасит и фторканниллоит

Фторпаргасит
Sungate mine,
Север. Вьетнам



Фторканниллоит 38 мм.
Луc Yen, Вьетнам

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Кальцифиры с самоцветными амфиболами

В участках перекристаллизации кальцифиров колонки магнезиальных скарнов иногда возникает самоцветный хромсодержащий зелёный до изумрудно-зелёного фтортремолит



Красная шпинель, зелёный фтортремолит.
39 мм. Mahenge, Morogoro, Танзания

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ

ПОВЫШЕННОЙ калиевой ЩЁЛОЧНОСТИ

С МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ ФЛОГОПИТА

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

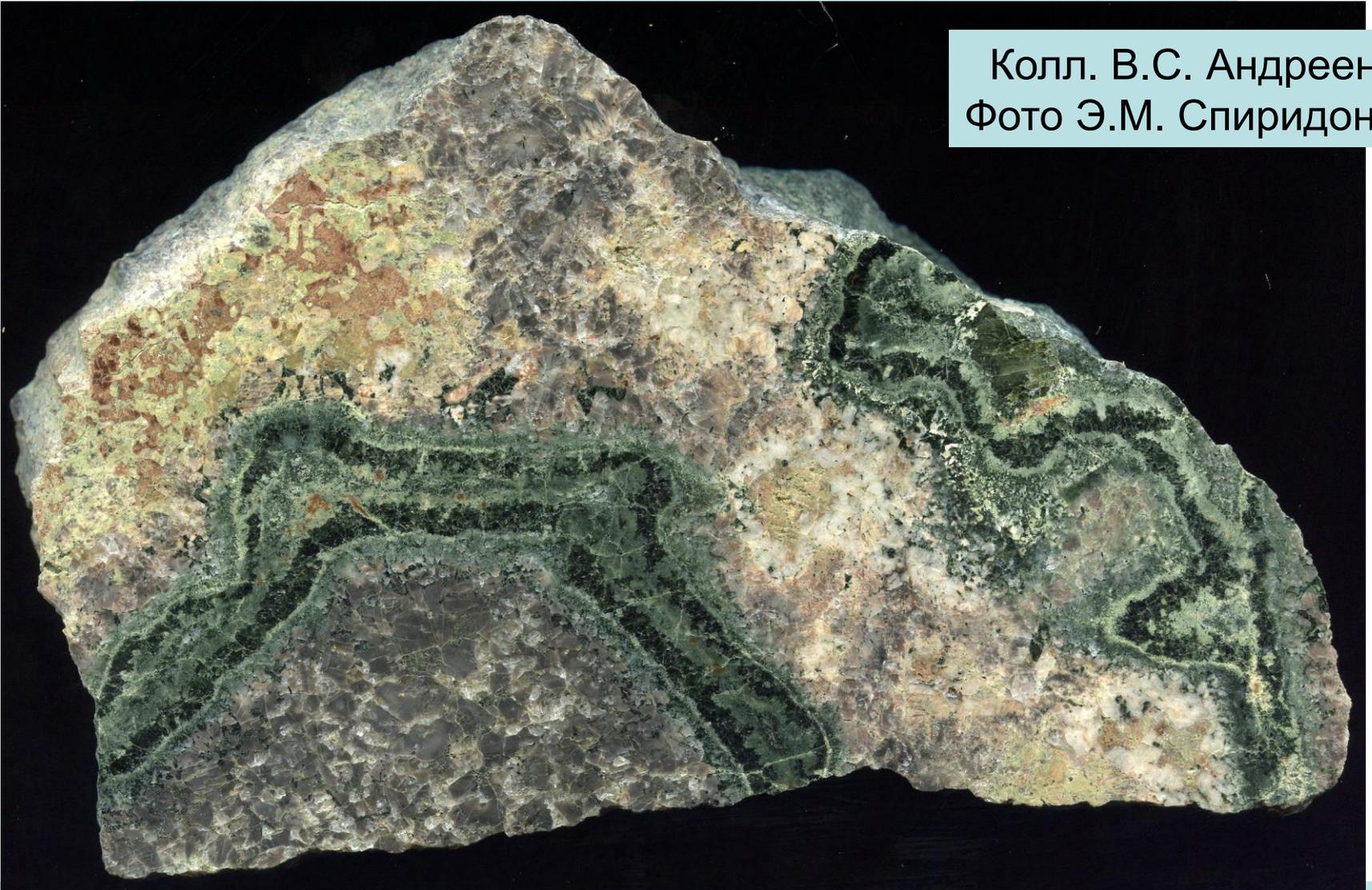
Магнезиальные скарны, сопряжённые с калийными гранитоидами, часто формируются при повышенной калийной щёлочности флюидов. Метасоматические колонки таких скарнов в основном такие же, как описаны раньше. Но ! В эндоскарнах вместо плагиоклаза развит скаполит. Его состав в основном определяется соотношением хлоридов Са и Na в скарнирующих флюидах и варьирует от чисто Са мейонита до чисто Na мариалита. При ещё более высокой К щелочности скаполит в эндоскарнах вытесняется калишпатом.

Среди поздних скарновых минералов обильны Na-Ca амфибол – паргасит и флогопит. Размер кристаллов гидроксил-фторфлогопита до 10.1x4.2x4.1 м, объём 119 м³, вес 334 т (Lacey mine, Онтарио, Канада. Palach C., 1923. Amer. Mineral. Vol. 8. P. 362-363) и до 1.5x0.5x0.5 м (Слюдянское м-ние, Байкал). Промышленные скопления кристаллов флогопита развиты как в скарнах, так и в секущих скарны жилах крупнокристаллического кальцита с массой кристаллов диопсида (салита), скаполита, апатита, калишпата, гиалофана, изредка циркона. Раньше практически вся электротехническая промышленность нашей страны использовала в качестве изолятора пластинки высококачественного слюдянского и алданского флогопита. В настоящее время для этих целей применяют синтетический фторфлогопит.

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Алданские флогопитовые месторождения

Колл. В.С. Андреенко
Фото Э.М. Спиридонова



169x111 мм. Ветвящиеся салитовые и шпинель-салитовые скарны среди эндоскарнов скаполитовых с калишпатом и редким салитом

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Алданские флогопитовые месторождения

Колл. В.С. Андреевко
Фото Э.М. Спиридонова

84x75 мм.
Контакт
салитовых
скарнов
и салит-
калишпатовых
эндоскарнов



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Алданские флогопитовые месторождения



59x51 мм.

Скаполит - салитовые
эндоскарны



81x69 мм. Контакт крупнозернистых
салит - скаполитовых эндоскарнов
и скарнированных гранитоидов

Колл. В.С. Андреевко
Фото Э.М. Спиридонова

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Падь Улунтуй



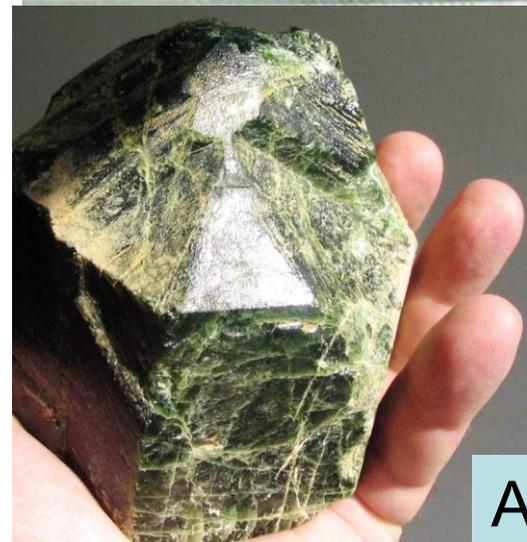
Слюдянка

Диопсид - салит



Слюдянка

Алдан



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Шпинель $(Mg,Fe^{2+})(Al,Fe^{3+})_2O_4$

Шпинель – один из характерных минералов магнезиальных скарнов. Во флогопитоносных скарнах шпинель обычно заметно железистая, тёмно окрашенная. Размер кристаллов шпинели в глубинных скарнах Алданских месторождений Эмельджак и иных до 16 см. Скарновые шпинели отличны от шпинелей магматитов крайне низкими содержаниями хрома, титана, ванадия, нередко содержат до 0.5 % цинка.



Железистая шпинель.
Monroe, Etats-Unis

Чёрная шпинель + диопсид
+ калишпат + кальцит
52x42, 48x41, 14x14 мм.
Алдан



Колл. Ю.Д. Гриценко
Фото Э.М. Спиридонова



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные



Шпинель 100 мм.
Алданские м-ния

Железистая шпинель
гигант. 24 кг. Индия.
Колл. музея
“Земля и люди”, София.
Фото Н.Н. Жукова

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

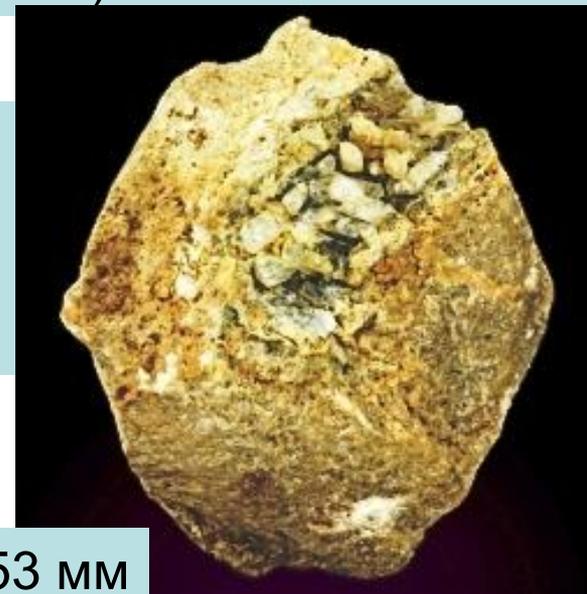
Скаполит – твёрдый раствор
мейонита $3 \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaCO}_3$ –
мариалита $3 \text{NaAlSi}_3\text{O}_8 \cdot \text{NaCl}$

Скаполит – один из характерных минералов эндоскарнов повышенной щёлочности и после скарновых жил. Размер его кристаллов достигает нескольких десятков см. Состав скаполита – чуткий индикатор состава породивших его флюидов : по соотношению кальция и натрия, по степени замещения карбонат-иона хлорид- или сульфат-ионом, по концентрации брома, замещающего хлор (повышенные концентрации брома – прямой индикатор участия рассолов морского происхождения...).



29 мм

Мейонит.
Vigo
de Fassa,
Италия



60x53 мм

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Скаполит – твёрдый раствор
мейонита $3 \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaCO}_3$ –
мариалита $3 \text{NaAlSi}_3\text{O}_8 \cdot \text{NaCl}$

Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

Кристаллы мейонита в диопсид-
кальцитовой жиле. Кальцит частично
растворён. Слюдянка, Байкал



94x79 мм



Кальцит – мейонитовая жила.
Лауринкари, Турку,
Финляндия

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Скаполит – мейонит $3 \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaCO}_3$

Кристаллы мейонита в диопсид - кальцитовый жиле. Кальцит растворён.
Слюдянка, Байкал



76x73 мм

70x52 мм



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Алданские флогопитовые месторождения



Колл. В.С. Андреенко
Фото Э.М. Спиридонова

48x45 мм.
Крупнозернистые
шпинель -паргаситовые
кальцифиры
с флогопитом

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Фторпаргасит $\text{NaCa}_2\text{Mg}_4\text{Al}[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22}](\text{F},\text{OH})_2$



Паргасит-кальцитовая жила в ранних кальцифирах. Парайнен – ранее Паргас, Финляндия



Паргаситовые кальцифиры. Kollona, Цейлон

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Флогопит



Слюдянка, Байкал



Пластина с поперечником 180 мм от кристалла высотой 750 мм

Колл. музея Геол. Ин-та КОЛФАН, Апатиты. Фото Н.Н. Жукова

Кристалл флогопита весом 1 т



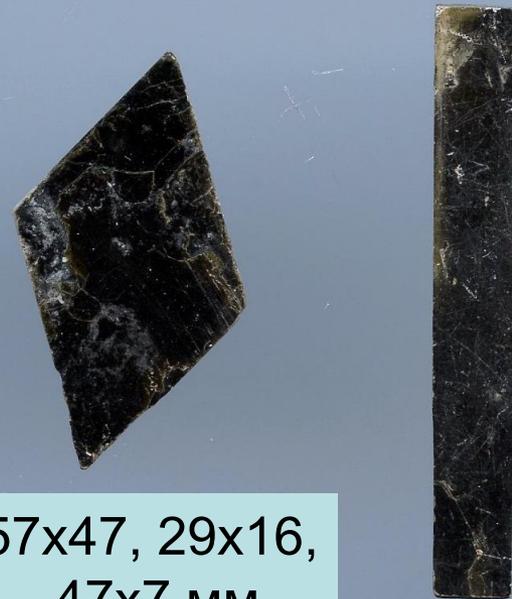
МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Флогопит $K(Mg,Fe^{2+})_3[(F,OH)AlSi_3O_{10}]$ в кальцитовых жилах Слюдянки, Байкал

96x91 мм



Колл. и фото ЭМС

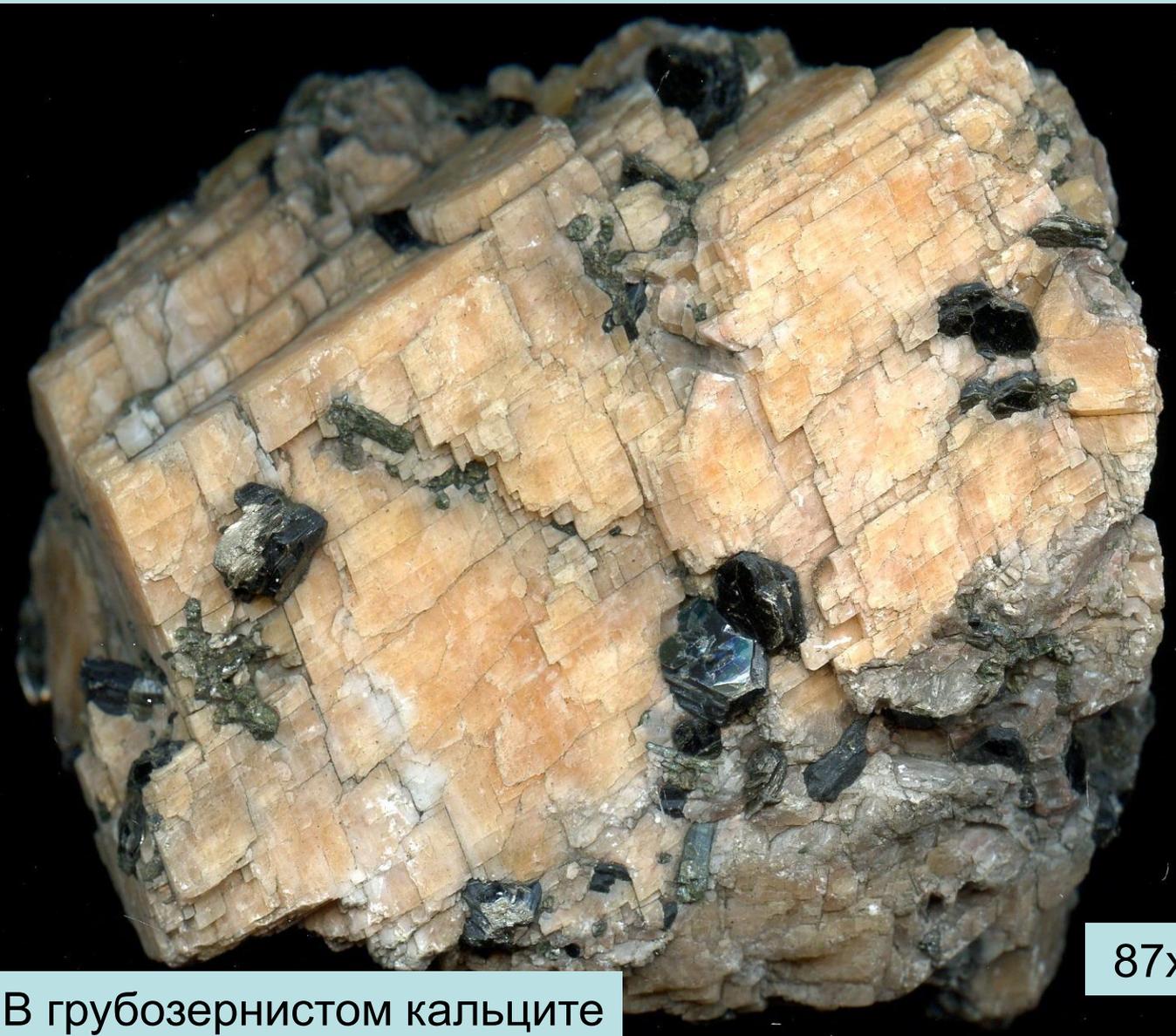


57x47, 29x16,
47x7 мм



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Флогопит $K(Mg,Fe^{2+})_3[(F,OH)/AlSi_3O_{10}]$ в кальцитовых жилах
Алданских месторождений



Колл.
В.С. Андреевко
Фото Э.М.
Спиридонова

87x77 мм

В грубозернистом кальците

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные



Мадагаскар



Степь масаи, Танзания



Флогопит 350 мм и апатит 250 мм из кальцитовой жилы в скарнах.

Слюдянка, Байкал

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

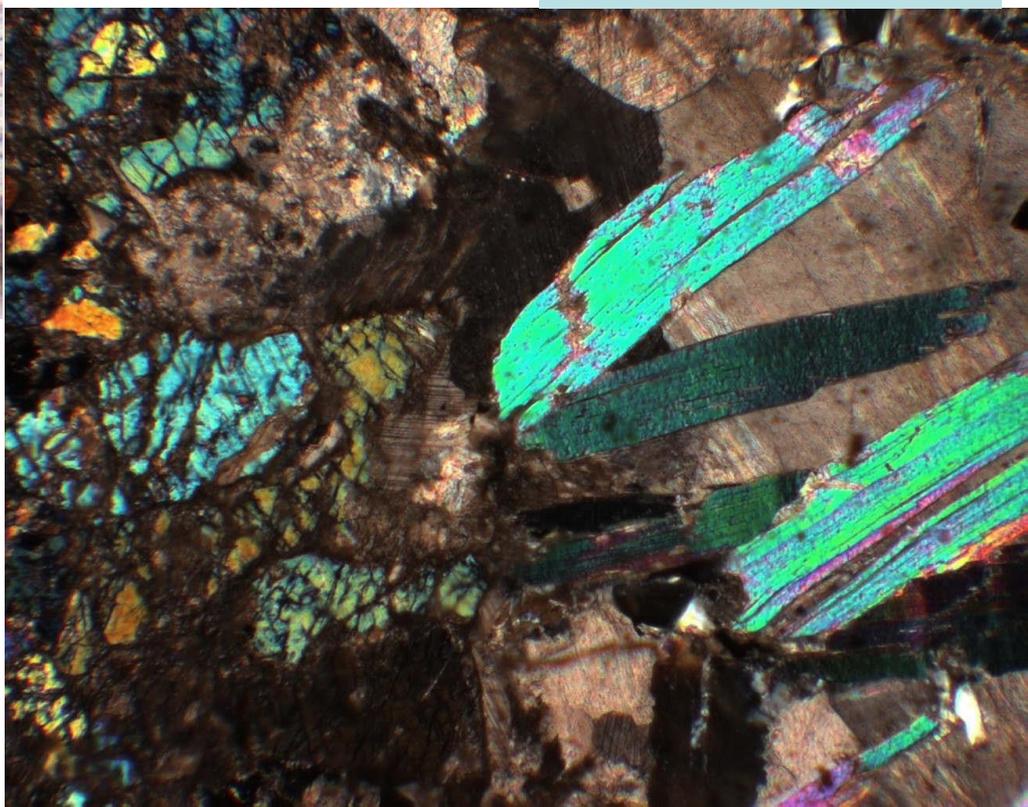
Диопсид-флогопит-кальцит. жила в магнезиальных скарнах



Шлиф. При 1 николе

Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Апатит $\text{Ca}_5 [\text{PO}_4]_3 (\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$

Апатит – характерный минерал скарнов, особенно скарнов повышенной щёлочности. Апатит – фторофильный минерал. Поэтому состав апатита – индикатор концентрации фтора во флюидах. Часто апатит скарнов по составу существенно хлористый.

Размер кристаллов апатита в месторождениях Канады достигает 3 x 1 м и 2.1x1.2x1.2 м и веса 5440 кг (Lacey mine, Онтарио. Palach C., 1923. Amer. Mineral. Vol. 8. P. 362-363).

Замечательные кристаллы апатита, в том числе ограночного качества, содержат диопсид - кальцитовые жилы, сопутствующие флогопитоносным скарнам Слюдянского месторождения

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Апатит $\text{Ca}_5 [\text{PO}_4]_3 (\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$



Апатит (Cl, F)
Апатит
р. Слюдянка, К...

300
MM



Слюдянка

Колл. и
фото
ЭМС



124
MM

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Апатит $\text{Ca}_5 [\text{PO}_4]_3 (\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$ кальцитовых жил
Слюдянского месторождения, Байкал

Колл. и фото
Э.М. Спиридонова



Апатит
с заметной
примесью
марганца.
Большей
частью это Mn^{2+} ,
замещающий Ca .
Частью это Mn^{5+} ,
замещающий
фосфор в $[\text{PO}_4]$.
Именно
пятивалентный
марганец –
наиболее
вероятный
хромофор

57x49 мм

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Апатит $\text{Ca}_5 [\text{PO}_4]_3 (\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$ кальцитовых жил
Слюдянского месторождения, Байкал

Колл. и фото
Э.М. Спиридонова



95x78 мм

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

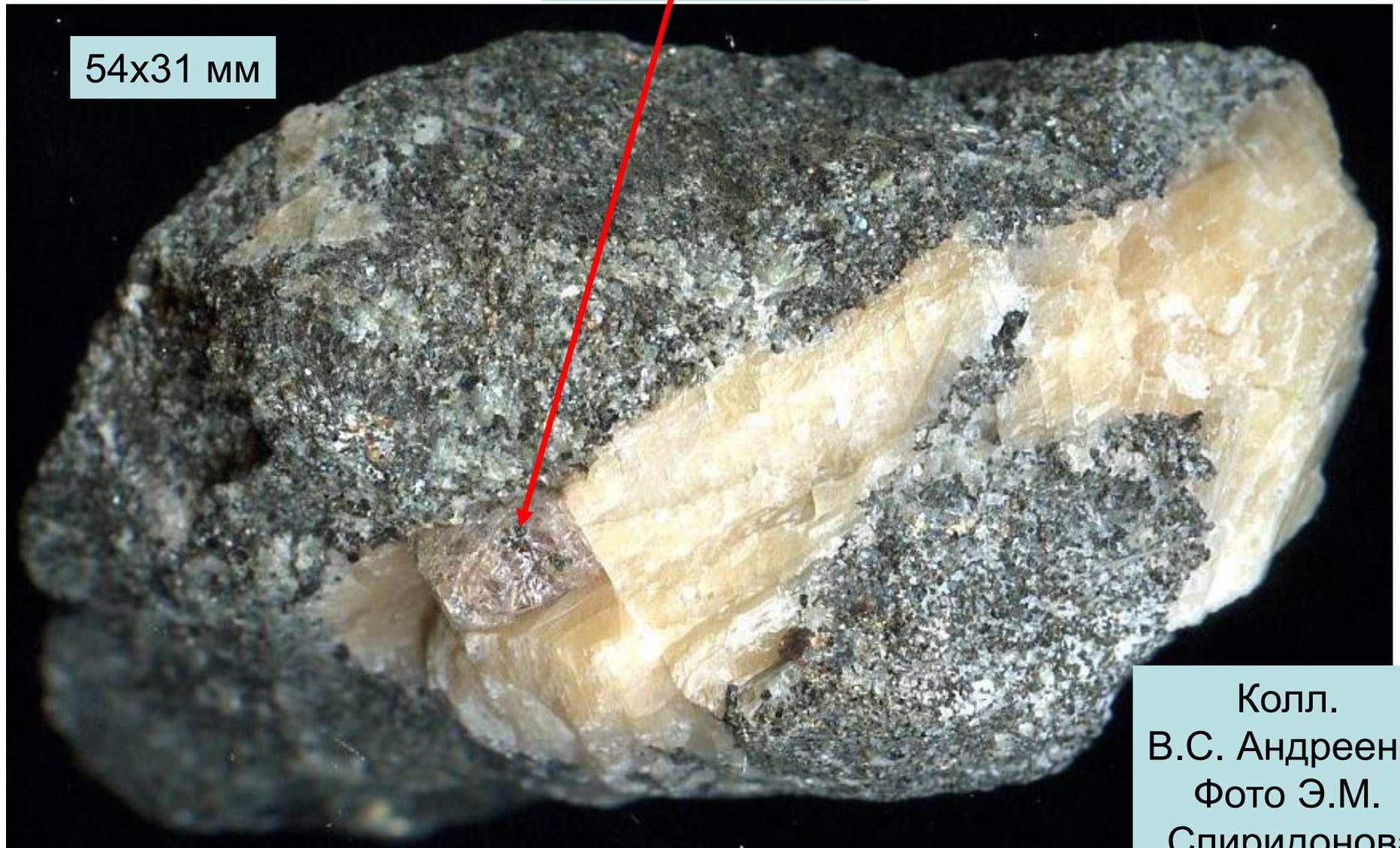
Гиалофан $(\text{Ba}, \text{K}_2) [\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ кальцитовых жил
Слюдянского месторождения, Байкал



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Циркон

54x31 мм



Колл.
В.С. Андреевко
Фото Э.М.
Спиридонова

В гнезде кальцита среди ослюдненных скарнов. Алданский щит

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ

ПОВЫШЕННОЙ натриевой ЩЁЛОЧНОСТИ

С МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ ЛАЗУРИТА

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Магнезиальные скарны, образованные при воздействии флюидов с повышенной натриевой (калиево-натриевой) щёлочностью, сопряжены с граносиенитами и формируются там, где граносиениты контактируют с доломит содержащими породами, обычно при повышенном давлении. Поэтому месторождения лазурита, связанные с такими скарнами, приурочены к блокам метаморфитов в глубоко эродированных складчатых областях фанерозоя (каледонидах Прибайкалья, мезозоидах Южной Америки, альпидах Центральной Азии).

В магнезиальных скарнах повышенной натриевой щёлочности в эндоскарнах плагиоклаза нет, развит натровый скаполит, при ещё более высокой щёлочности – нефелин $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ и продукты его замещений: содалит, гаюин, гакманит, канкринит. Натрий входит и в состав клинопироксенов - диопсид в лазуритоносных скарнах Прибайкалья содержит до 15-25 % жадеитового компонента $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$, т.е. по составу приближается к омфациту. В кристаллах такого пироксена под микроскопом видны структуры распада твёрдого раствора.

В эндоскарнах немало калишпата и реликтового K-Na полевого шпата граносиенитов. В наиболее высокотемпературных скарнах отмечен кальсилит - калиевый аналог нефелина. Во всех зонах скарнов развит фторфлогопит, количество которого широко варьирует. Цвет флогопита от

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

бледно-сиреневого почти бесцветного до зеленоватого и светло-коричневого.

В лазуритоносных магнизиальных скарнах заметную роль играет сера. Поскольку щёлочность флюидов высока, повышен их окислительный потенциал. Поэтому часть серы – сульфатная S^{6+} , часть - сульфидная S^{2-} . Интересно, что сера в обеих формах входит в состав лазурита, афганита, скаполита и более редких в этих скарнах содалита, гаюина и гакманита. Наличием сульфид-иона обусловлена синяя окраска лазурита, гаюина, скаполита – главколита, содалита и гакманита.

Лазурит – относительно поздний минерал скарнов. Характерен для кальцифиров, где образует правильные метакристаллы в форме ромбододэкаэдра размером до 30-50 мм и их агрегаты. Образует оторочки – реакционные зоны между граносиенитами и мраморами, слагая вростки в скарнах от редко вкрапленных до почти сплошных. Такие породы - это и есть поделочный камень высшего класса, который для краткости называют как и минерал. Ширина оторочек лазуритовых пород варьирует от первых мм до многих метров в знаменитом месторождении Sar-e-Sang в высокогорной части Бадахшана в Афганистане. Это месторождение известно и разрабатывается уже более 5000 лет. Здесь лазурит местами заместил и прилегающие к скарнам роговики. Лазурит образует

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

прожилки и метасомы в ассоциации с кальцитом и в реликтовом K-Na полевом шпате граносиенитов. Возможно, часть фельдшпатоида – лазурита возникла путём замещения или за счёт вещества более раннего фельдшпатоида – нефелина. Вероятно, таким же образом были сформированы и иные фельдшпатоиды в лазуритоносных магнезиальных скарнах – содалит, гаюин...

По-видимому, существуют два поколения лазурита – более ранний светло или бледно окрашенный и более поздний густо окрашенный, с которым ассоциирует пирит. Самый знаменитый сорт бадахшанского лазурита – существенно лазуритовые породы густейшего синего цвета с обильной вкрапленностью мелких кристаллов пирита, в полировках – «южное ночное небо, усыпанное звёздами». В пирит - лазуритовых агрегатах в равновесии сосуществуют два вида серы – сульфатная и сульфидная. Очевидно, что это равновесие не устойчивое, поэтому в прожилках и гнёздах позднескарнового кальцита среди лазуритовых пород постоянно встречается самородная сера - продукт рекомбинации серы сульфатной и сульфидной. В этих гнёздах развит и содалит.

Среди позднескарновых образований развиты самоцветные щелочные амфиболы и цеолитоподобный минерал – афганит, который по цвету и составу достаточно близок к лазуриту.

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

222x
115
мм



Крупнокристаллический
карбонатный мрамор.
Слюдянка, Байкал

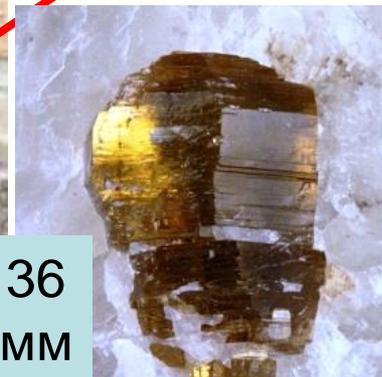
170
мм



Кальцифилы
с сиреневым
флюоропитом.
Слюдянка

Флюоропит.
Ключ
Разведочный,
Слюдянка

36
мм



Флюоропит
в
кальци-
филах.

Бадах-
шан,
Афга-
нистан

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

185x144 мм



Зональные скарны :
в центре эндоскарны
из Na скаполита
(главколита) (сиреневый),
вокруг скарны из Na
диопсида (белый) и Mg
кальцита. Полосы позднего
флогопита (зелёно-
коричневатый). Слюда

Колл. и фото Э.М. Спиридонова

Фрагмент скарнов: сиреневый агрегат
кристаллов натрового скаполита (главколит) ,
белый агрегат натрового диопсида,
коричневато-зеленоватые прожилки и гнёзда –
агрегаты позднего фторфлогопита.
Слюда, Байкал

86x82 мм



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Колл. и фото Э.М. Спиридонова



97
ММ

Фрагмент скарнов: синий – натровый скаполит (главколит), белый – На диопсид, зеленоватые прожилки – параллельно-шестоватые агрегаты флогопита. Слюдянка, Байкал

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

43x26 мм



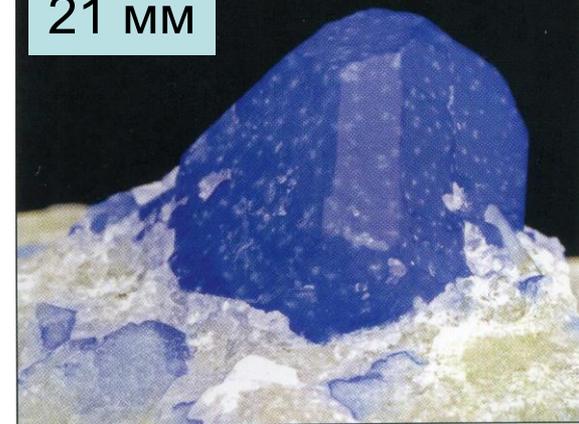
Нефелин и диопсид-салит.
Tamazeght complex,
Высокий Атлас,
Марокко

43 мм



Нефелин и салит.
Aouli, Mibladen,
Марокко

21 мм



Кристалл нефелина
замещён синим
содалитом

Содалит $\text{Na}_8 [\text{AlSiO}_4]_6 (\text{Cl}_2, \text{SO}_4, \text{S})$

23
мм



Кальци-
фиры

Sar-e-Sang, Бадахшан, Афганистан

9 мм



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Содалит $\text{Na}_8 [\text{AlSiO}_4]_6 (\text{Cl}_2, \text{SO}_4, \text{S})$

50x45 мм

80x45 мм



Кристаллы до 8 мм в гнезде самородной серы в кальцифирах. Sar-e-Sang, Бадахшан, Афганистан



Sar-e-Sang,
Бадахшан,
Афганистан



45 мм

Содалит сернистый – гакманит (синий) на рихтерите (жёлтый). Кокча Valley, Бадахшан, Пакистан

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

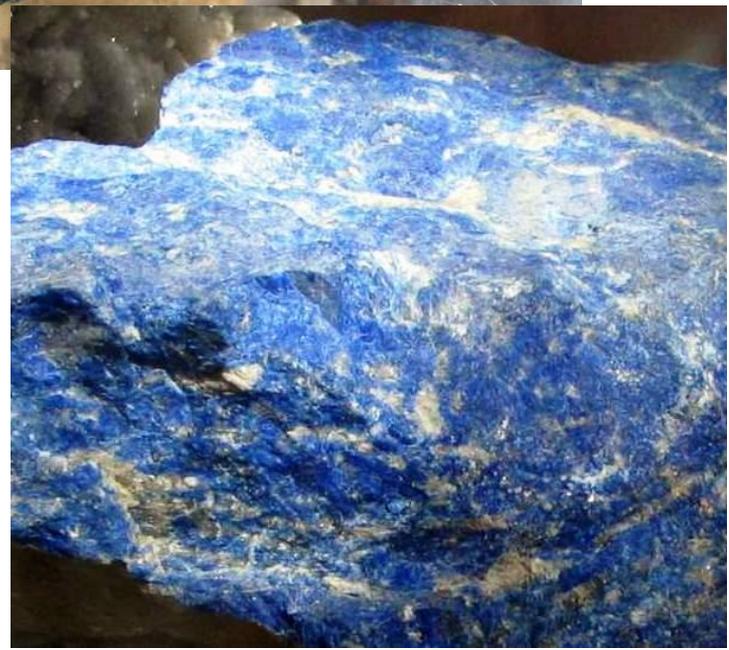
Гаюин $\text{Na}_6 \text{Ca}_2 [\text{AlSiO}_4]_6 (\text{SO}_4, \text{Cl}_2, \text{S})_2$



В кальцифирах
с флогопитом



Ляджвар-дара,
ЮЗ Памир,
Таджикистан



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Скаполит - мариалит $(\text{Na,Ca})_8 [\text{AlSi}_3\text{O}_8]_6 (\text{Cl}_2, \text{CO}_3, \text{SO}_4, \text{S} \dots)$

20 мм

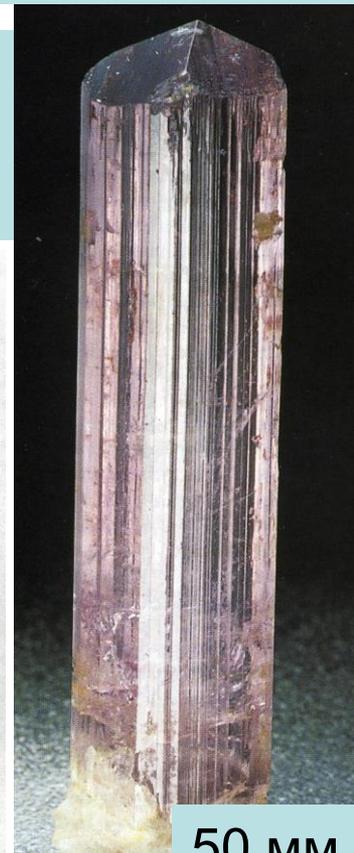
Самоцветный скаполит из участков перекристаллизации скарнов Sar-e-Sang, Бадахшан, Афганистан



Кристаллы
до 15 мм



Кристаллы
до 120 мм



50 мм

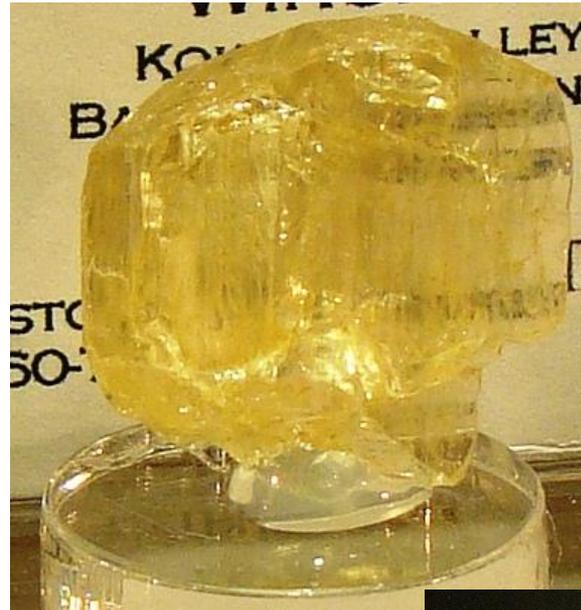
МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Щелочные амфиболы и турмалин
в участках перекристаллизации кальцифиоров

Бадахшан, Афганистан

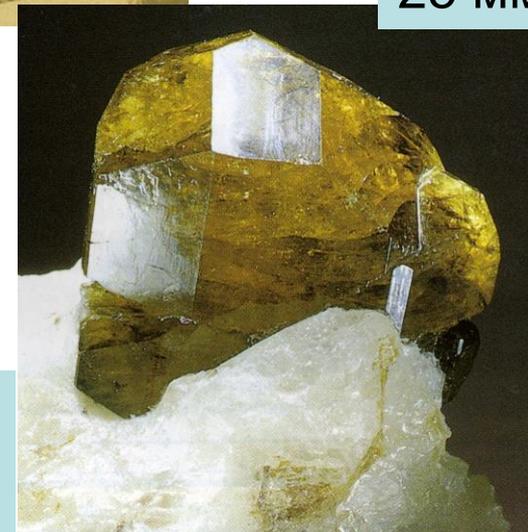


Фторкалиевый рихтерит



Винчит

25 мм



Турмалин –
увит

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Лазурит $\text{Na}_6 \text{Ca}_2 [\text{AlSiO}_4]_6 (\text{S}, \text{SO}_4, \text{CO}_3, \text{Cl}_2)_2$



гр –
скарнированные
граносиениты,

1 – диопсидовые
скарны,

2 – кальцифиры
с обильным
лазуритом,

g – мраморы.

Слюдянское
месторождение.
Байкал

110 мм

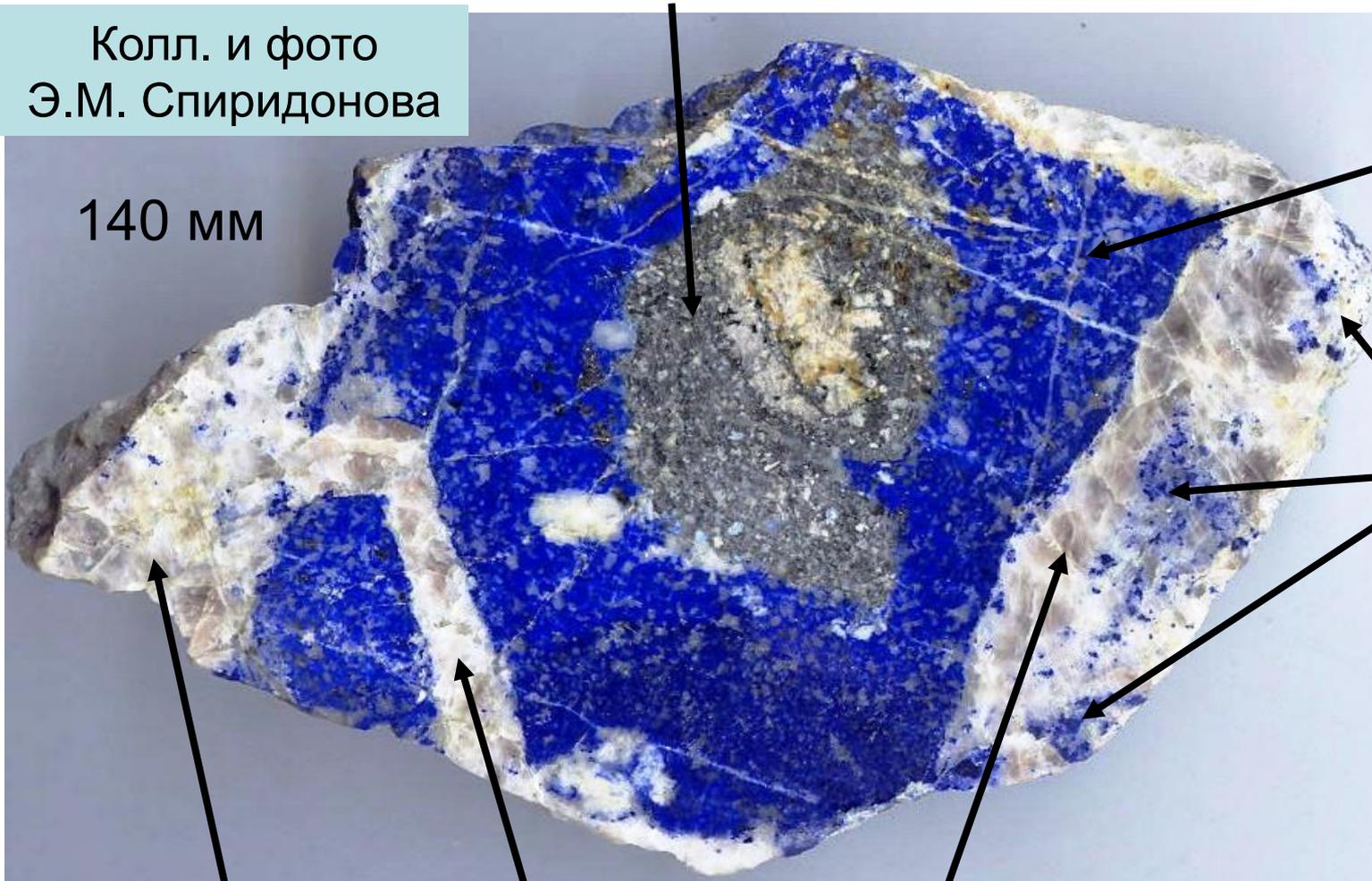
МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Лазурит $\text{Na}_6 \text{Ca}_2 [\text{AlSiO}_4]_6 (\text{S}, \text{SO}_4, \text{CO}_3, \text{Cl}_2)_2$

Скарнированные порфиридные граносиениты

Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

140 мм



Скарны с
обильным
лазуритом

Кальци-
фиры
с
лазуритом

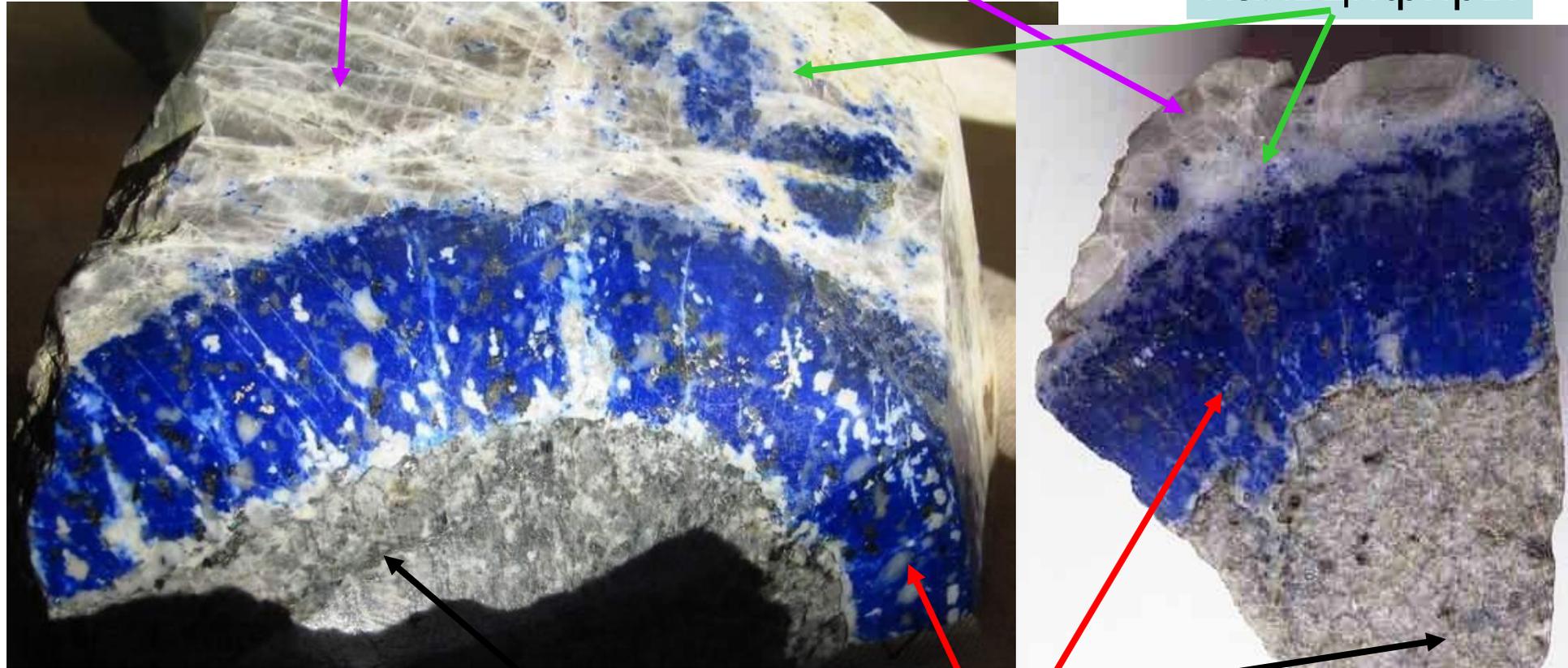
Слюдянка

Позднескарновые прожилки кр/кр кальцита

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Позднескарновые прожилки кр/кр кальцита

Кальцифиры



Колл. и фото
Э.М.
Спиридонова

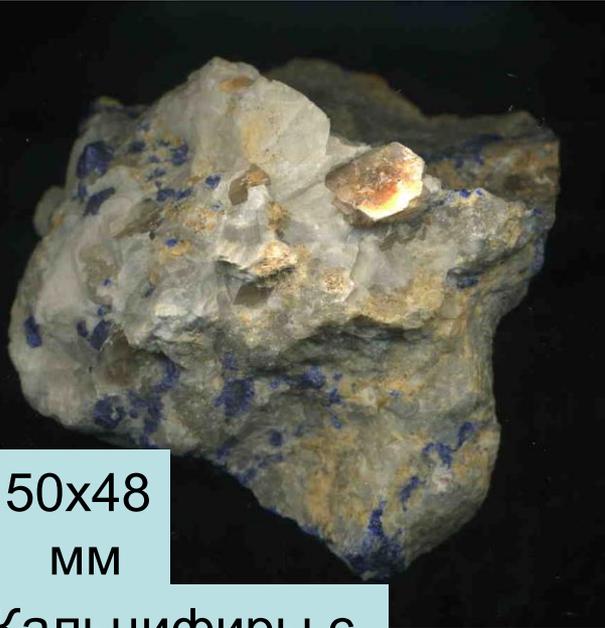
Скарнированные
порфировидные
граносиениты

Скарны с
обильным
лазуритом

Слюдянка,
Байкал

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Лазурит $\text{Na}_6 \text{Ca}_2 [\text{AlSiO}_4]_6 (\text{S}, \text{SO}_4, \text{CO}_3, \text{Cl}_2)_2$

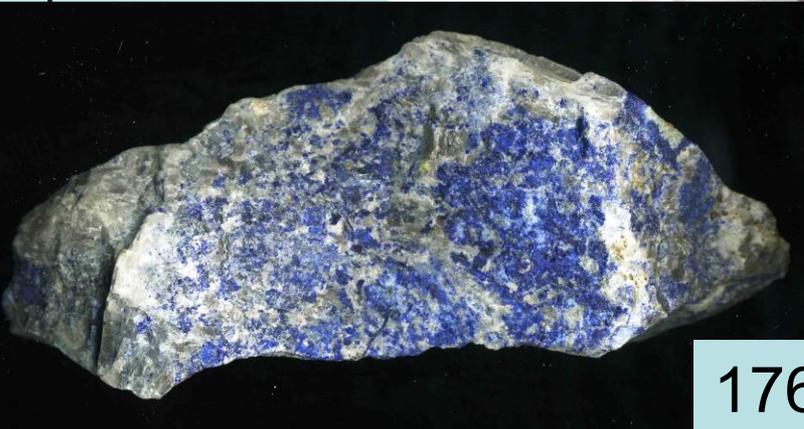


50x48
мм

Кальцифиры с
лазуритом и
флогопитом



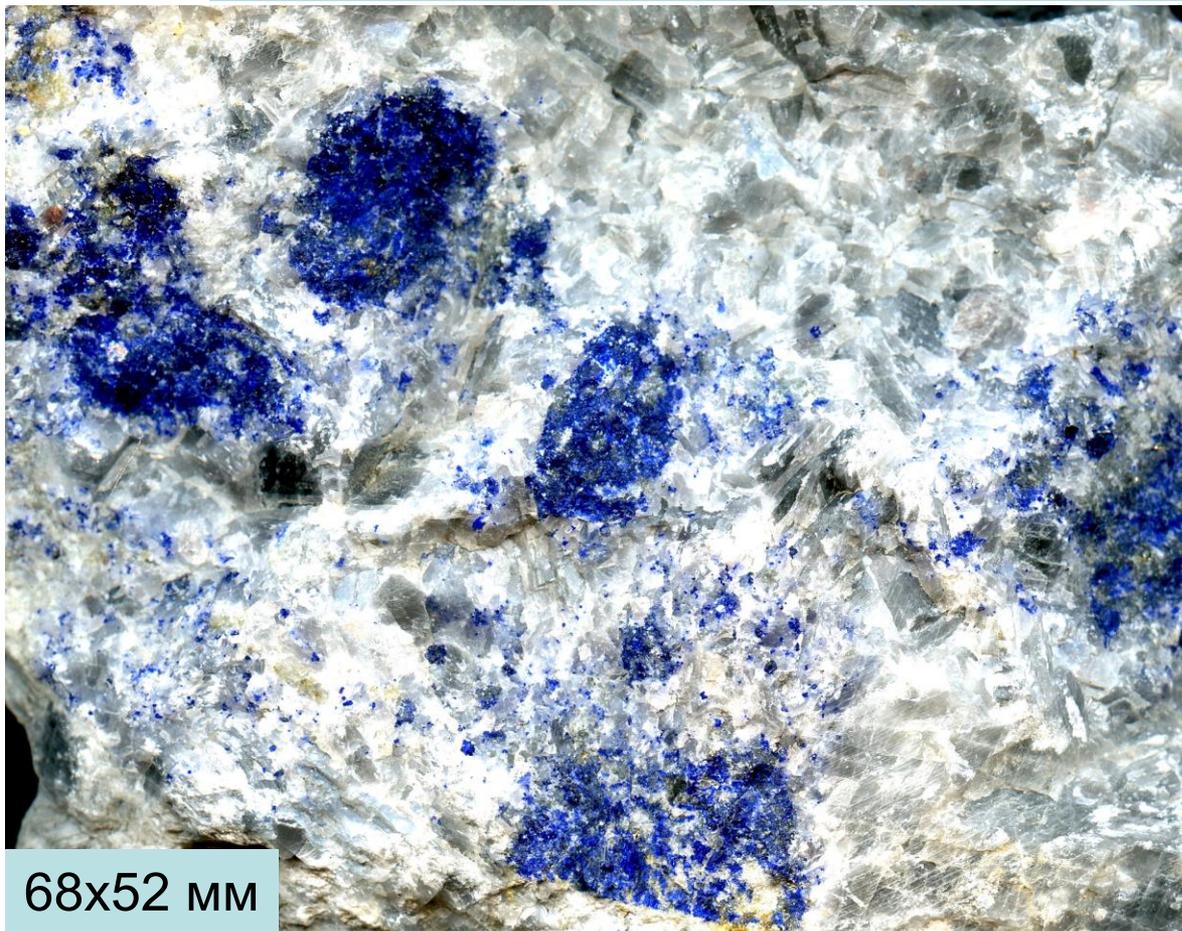
Слюдянка,
Байкал



176x82 мм. Скарны с лазуритом

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

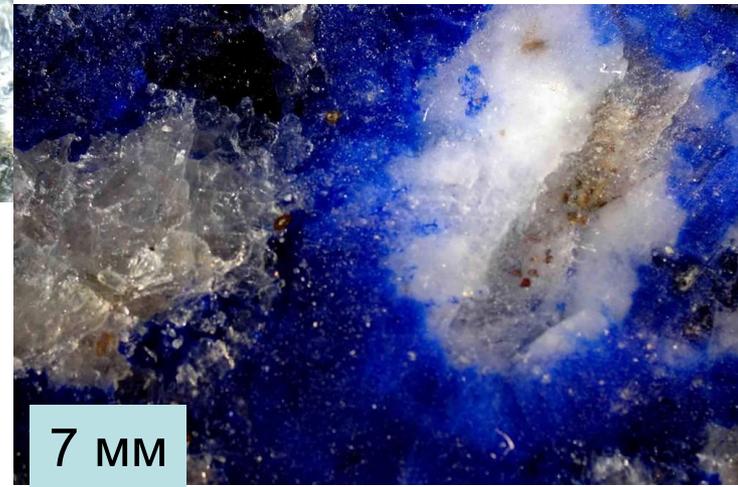
Лазурит $\text{Na}_6 \text{Ca}_2 [\text{AlSiO}_4]_6 (\text{S}, \text{SO}_4, \text{CO}_3, \text{Cl}_2)_2$



Лазуритовые кальцифиры

68x52 мм

Малобыстринское,
Слюдянка, Байкал



7 мм

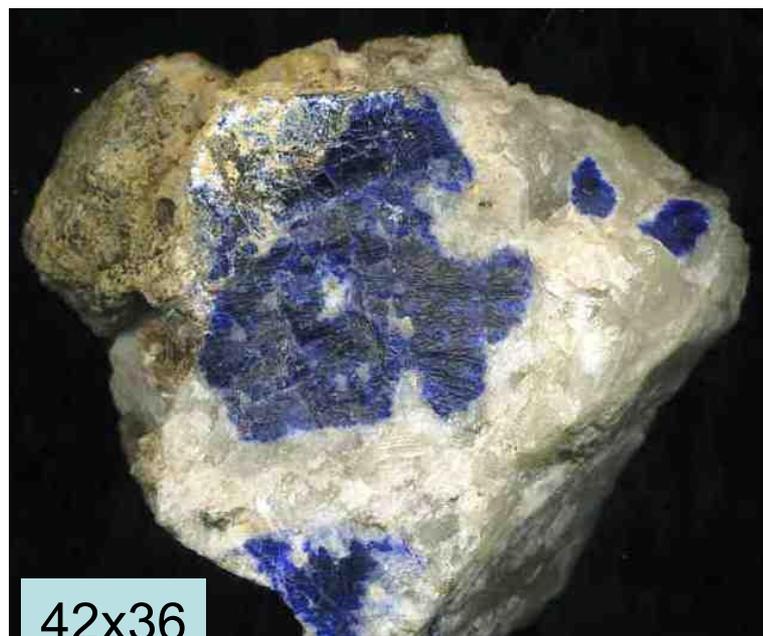
МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Лазурит $\text{Na}_6 \text{Ca}_2 [\text{AlSiO}_4]_6 (\text{S}, \text{SO}_4, \text{CO}_3, \text{Cl}_2)_2$

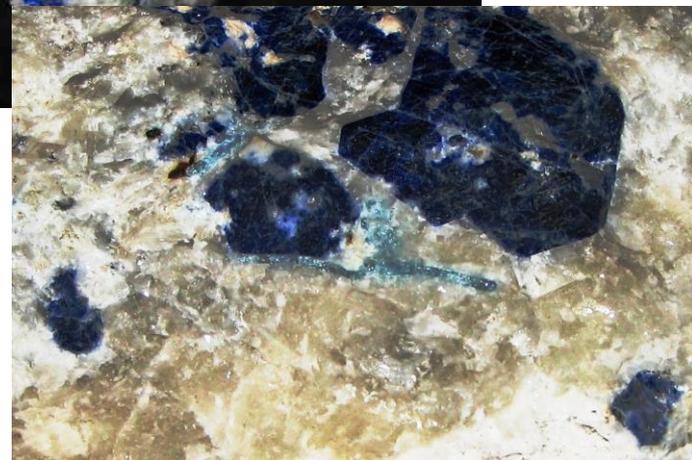
Кальцифиры. Малобыстринское, Слюдянка, Байкал



Кристаллы до 20 мм



42x36
мм



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Колонны и пилястры отделаны байкальским лазуритом и уральским малахитом.

Исакиевский собор,
С-Петербург

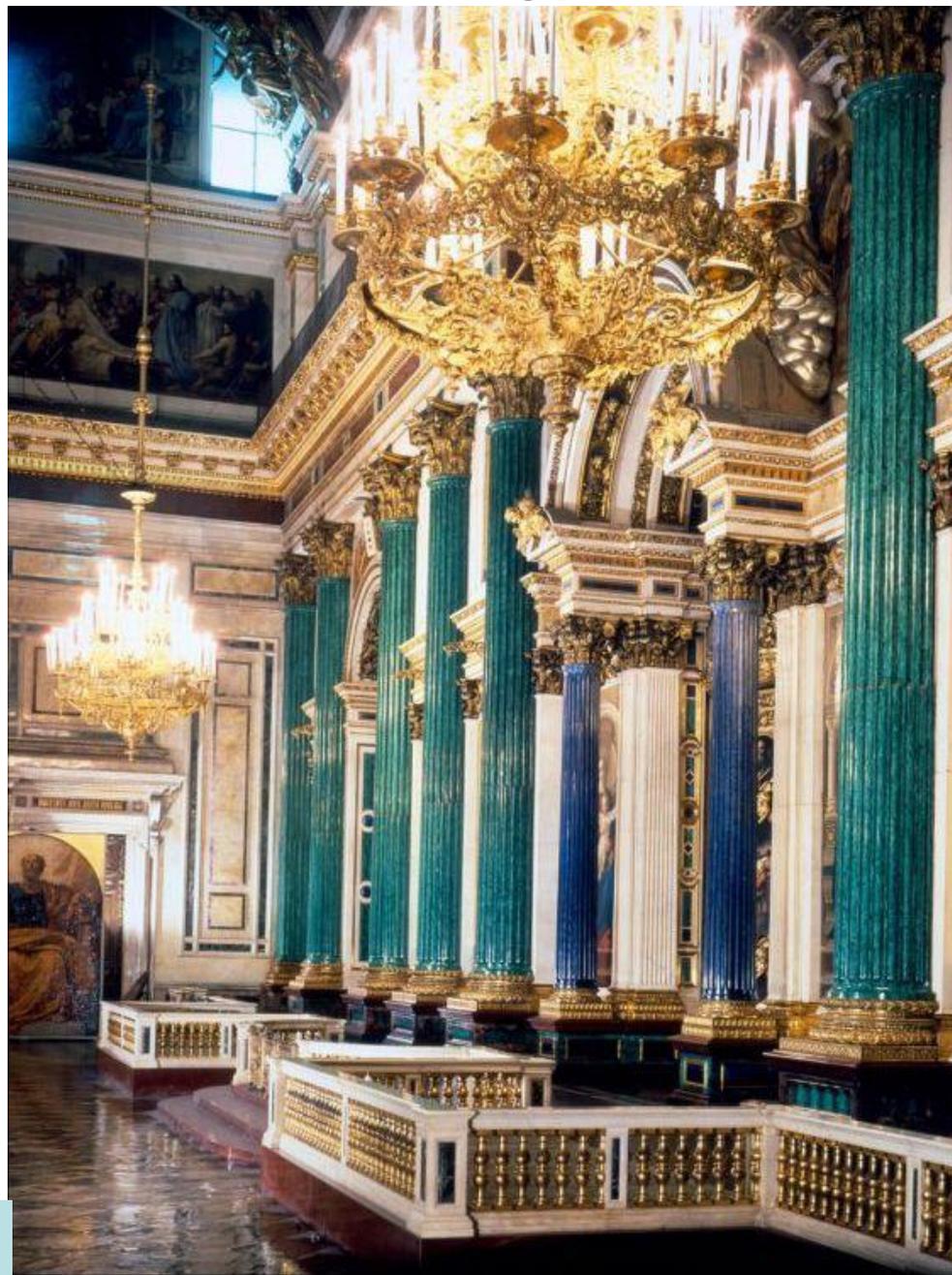


Фото Э.М. Спиридонова

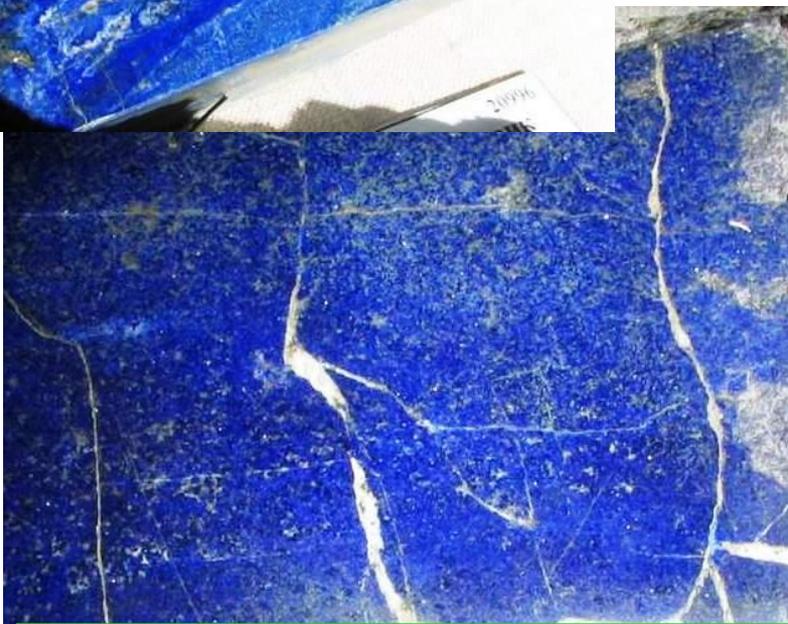
МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные



Sar-e-Sang, Бадахшан, Афганистан



По трещинам
в
рого-
виках



Лазуритовые породы



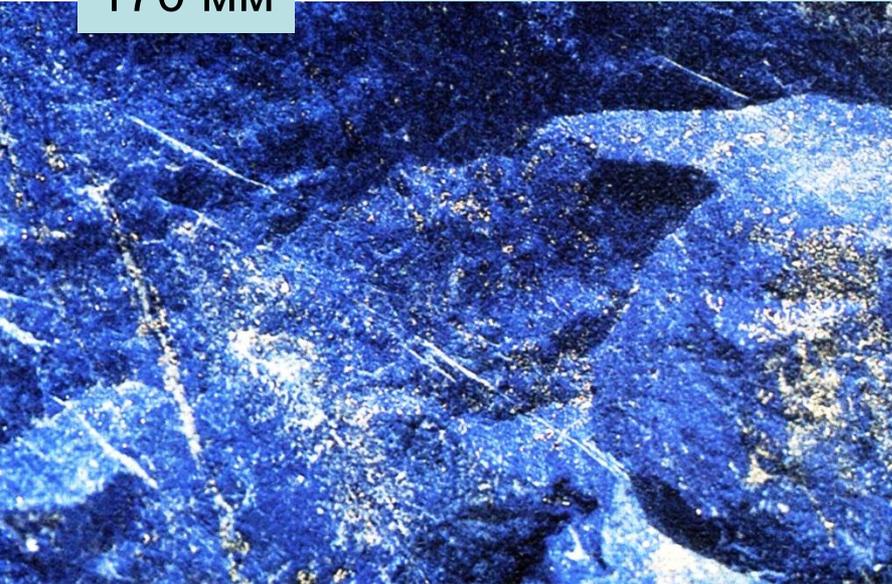
Ваза. Эрмитаж

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Лазурит $\text{Na}_6 \text{Ca}_2 [\text{AlSiO}_4]_6 (\text{S}, \text{SO}_4, \text{CO}_3, \text{Cl}_2)_2$

Sar-e-Sang, Бадахшан, Афганистан

170 мм



Лазуритовые
породы
с пиритом

13 мм

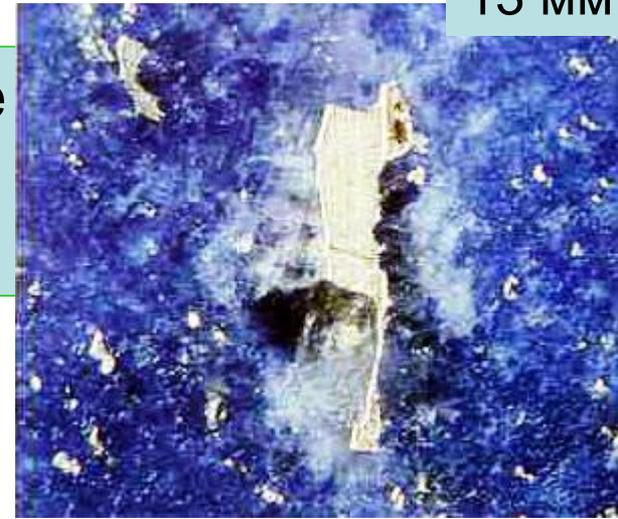
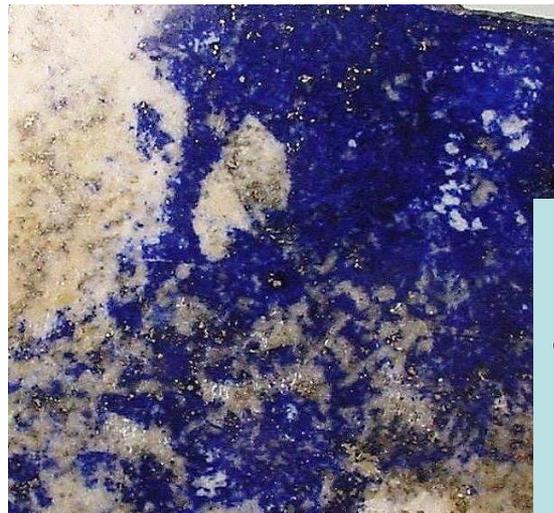


Фото
ЭМС

Ляджвардара,
ЮЗ Памир

205
мм



Скарны с
лазуритом
и пиритом.
Чили



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

С пиритом. 90 мм. Sar-e-Sang, Бадахшан, Афганистан



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Лазурит $\text{Na}_6 \text{Ca}_2 [\text{AlSiO}_4]_6 (\text{S}, \text{SO}_4, \text{CO}_3, \text{Cl}_2)_2$

Кальцифиры. Sar-e-Sang, Бадахшан, Афганистан



До
20
мм



С пиритом



120x78
мм



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Кальцифиры. Кокча Valley, Бадахшан, Пакистан

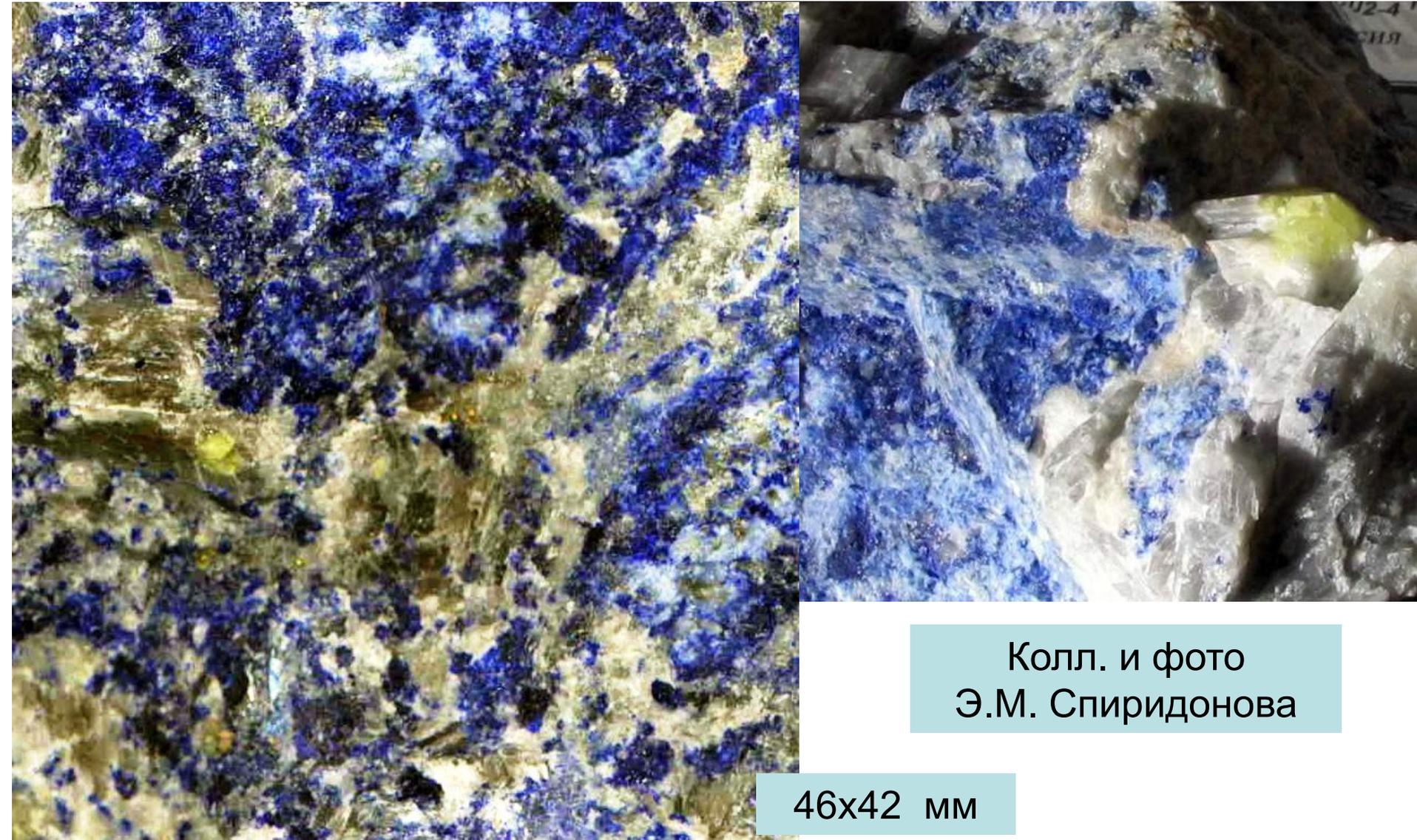
80 мм



Псевдоморфозы лазурита по скаполиту

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Позднескарновые прожилки кальцита с самородной серой. Слюдянка, Байкал



Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

46x42 мм

Слюдянка, Байкал

**Лазуритовые
метасоматиты
с пиритом**

75x57 мм

**Колл.
и фото
ЭМС**

**Позднескарновые
прожилки
кальцита с
самородной
серой**



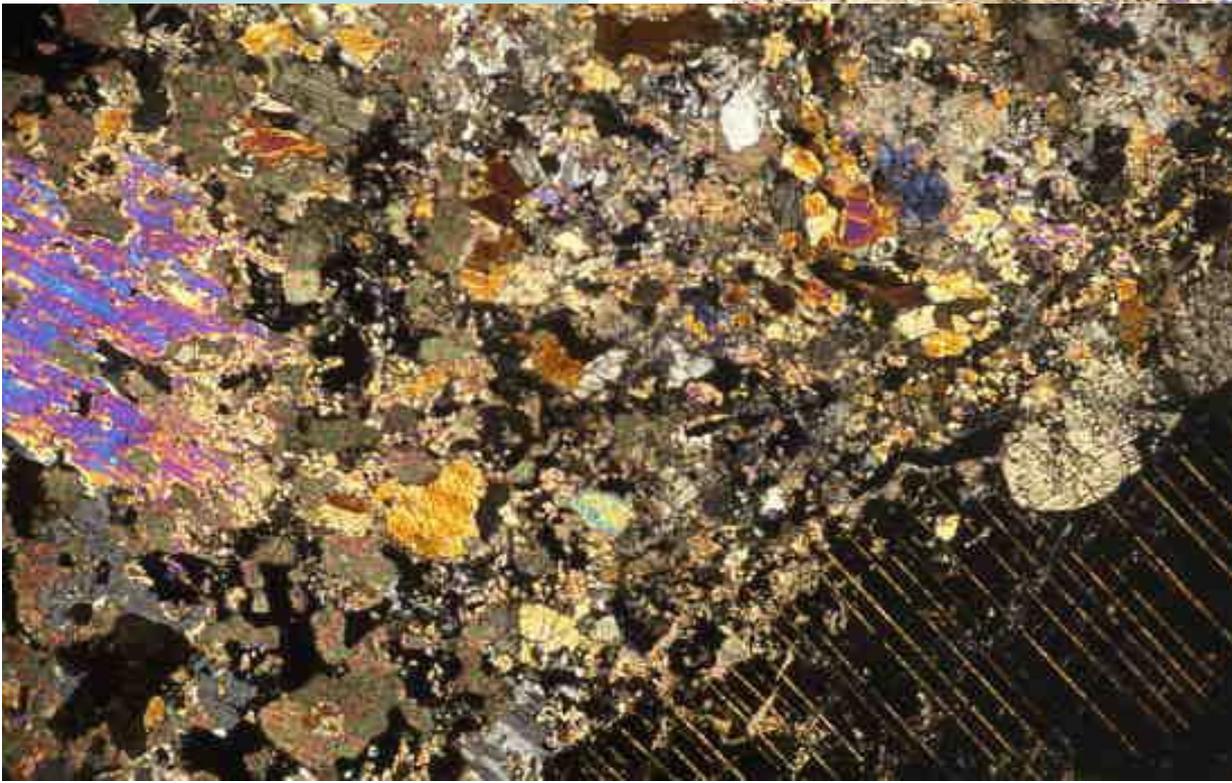
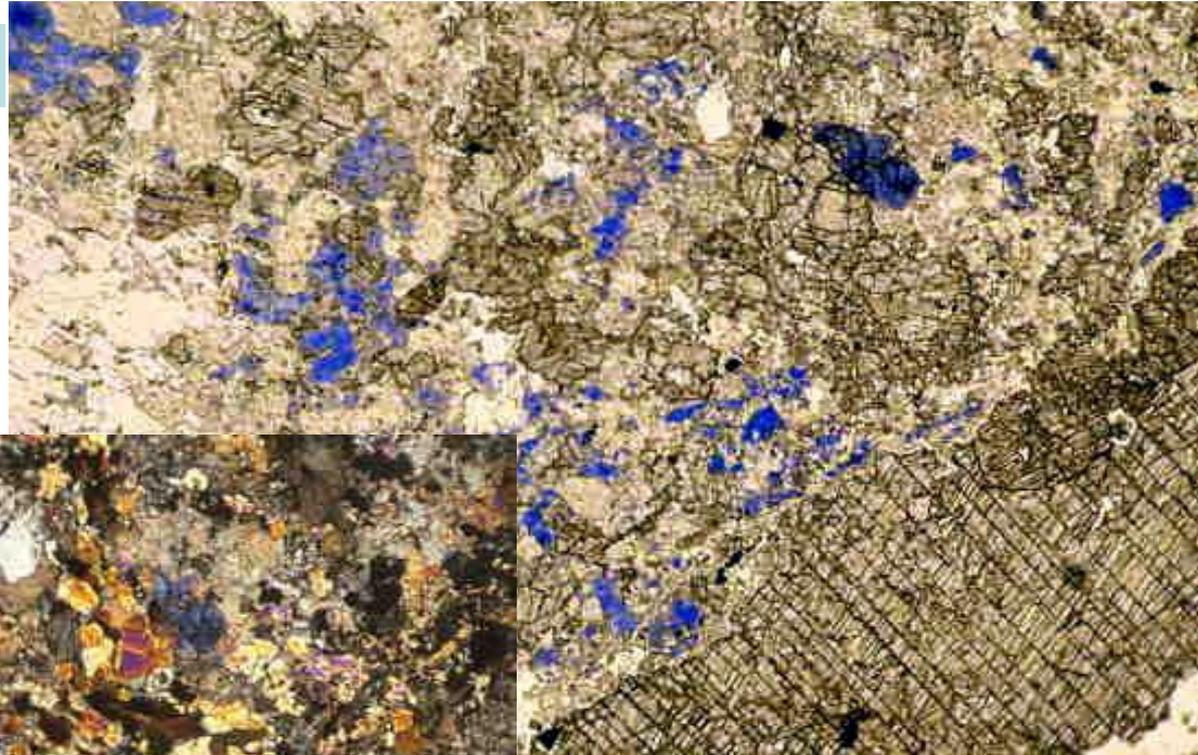
МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Слюдянка, Байкал

Шлиф. При 1 николе

Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х



Кристалл
натрового
диопсида с
распадом

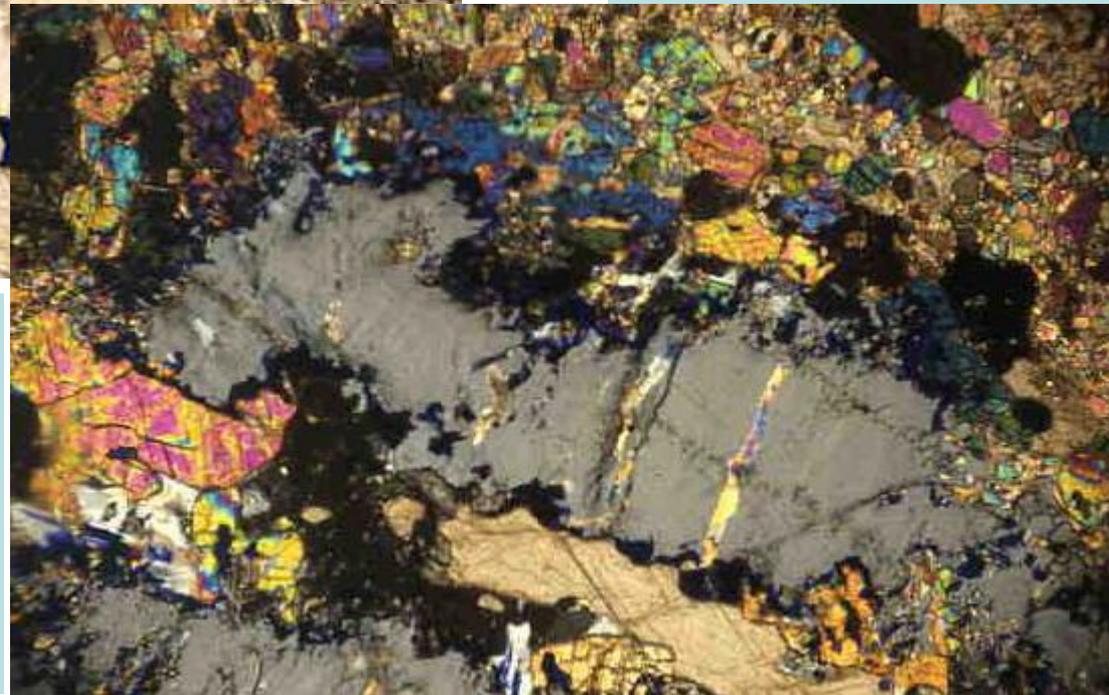
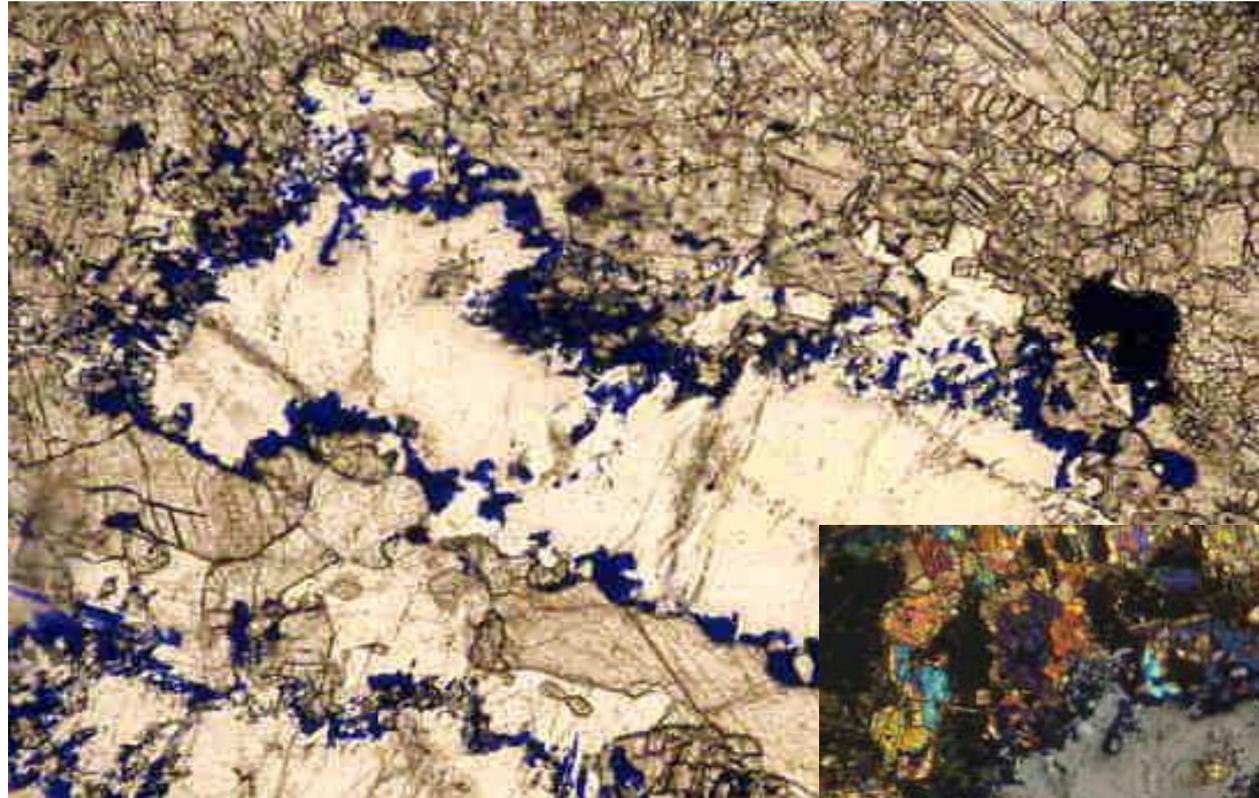
МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Слюдянка, Байкал

Шлиф. При 1 николе

Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х



Лазурит с кальцитом
развит на контактах
реликтового К-На
полевого шпата и
полиминеральных
скарнов

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

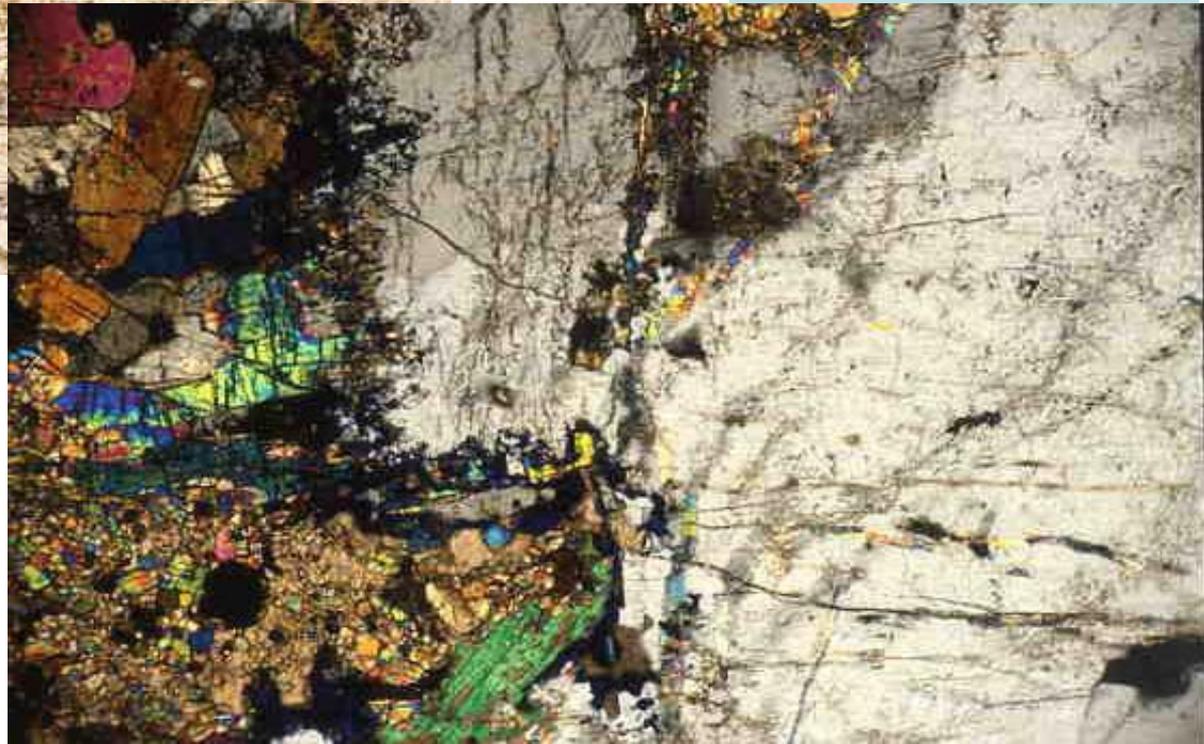
Слюдянка, Байкал

Шлиф. При 1 николе

Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х

Лазурит с кальцитом
развит на контактах
реликтового К-На
полевого шпата и
полиминеральных
скарнов



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

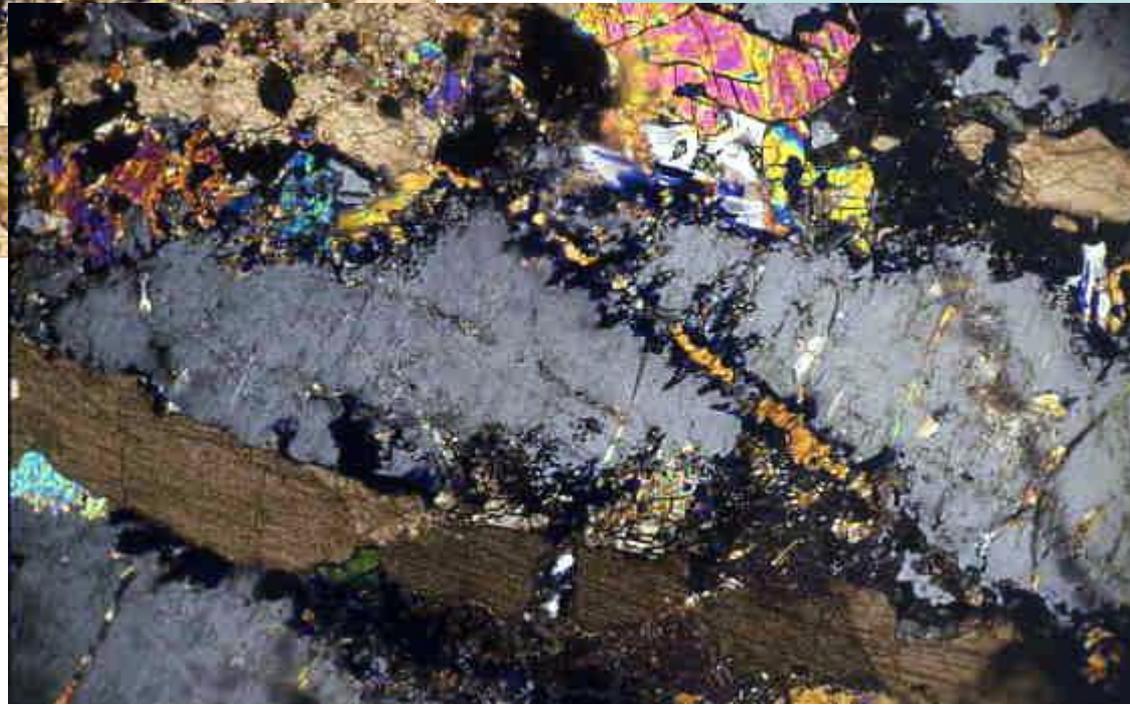
Слюдянка, Байкал

Шлиф. При 1 николе

Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

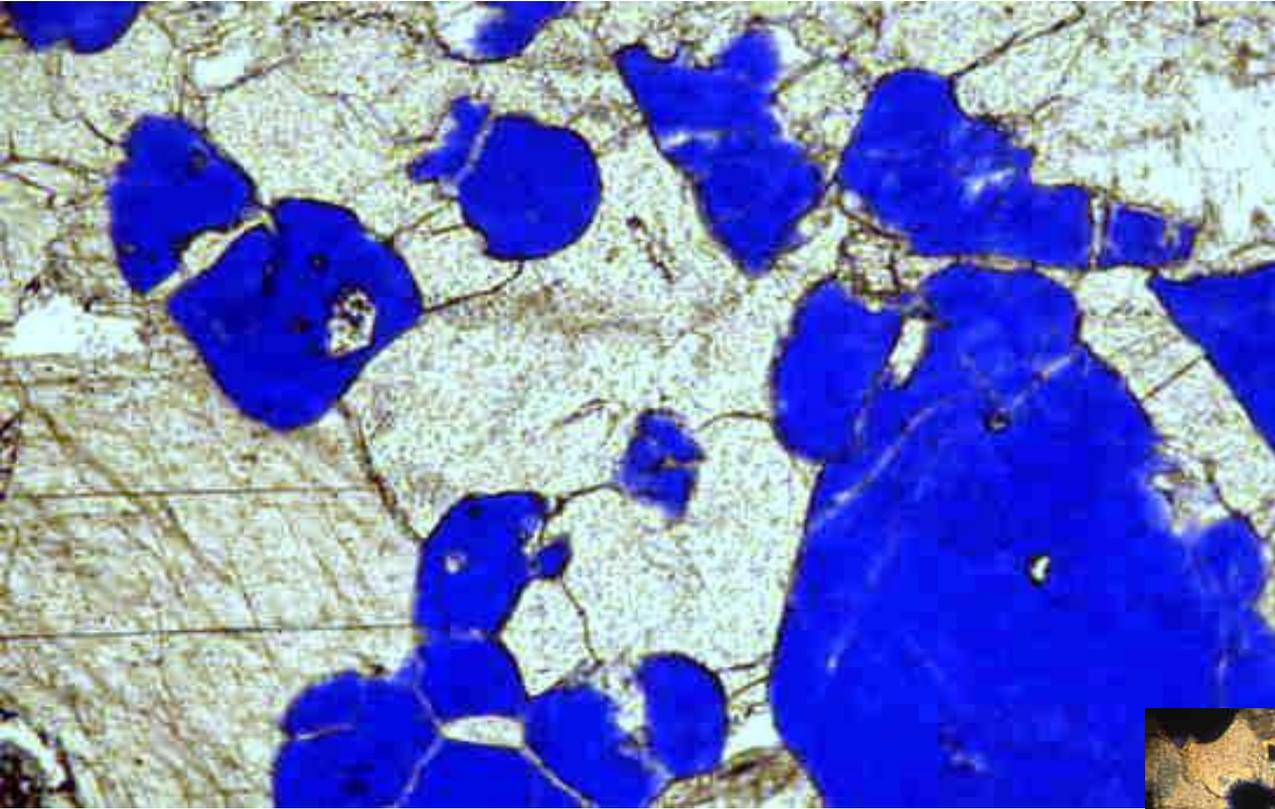
Шлиф. Николи х

Лазурит с кальцитом
развит на контактах и
в реликтовом К-На
полевом шпате



МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Слюдянка, Байкал

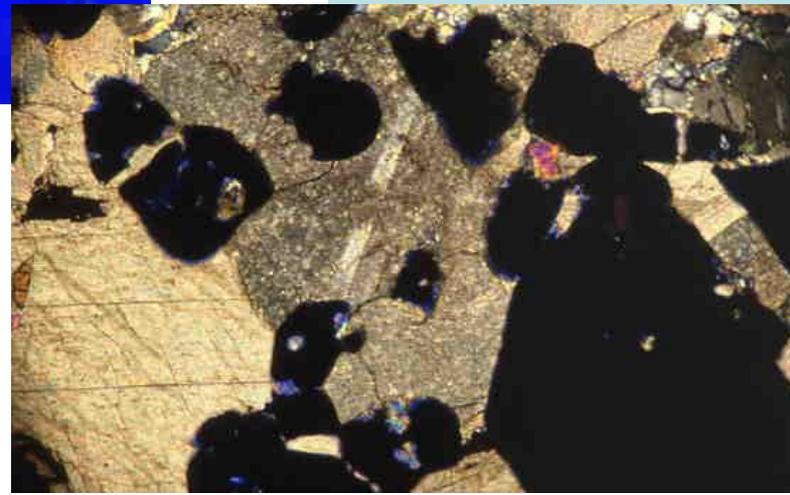


Шлиф. При 1 николе

Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

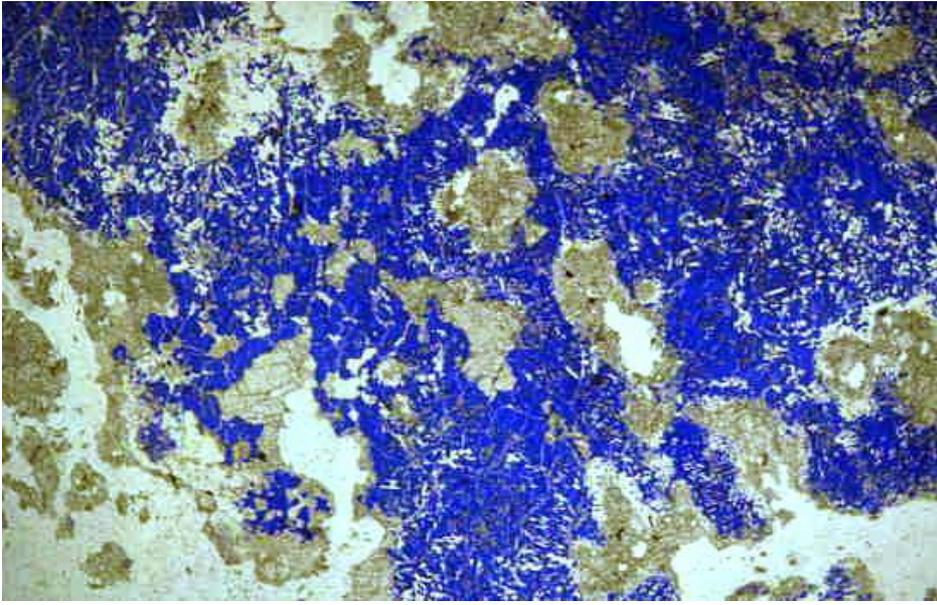
Шлиф. Николи х

Лазуритовые
кальцифиты

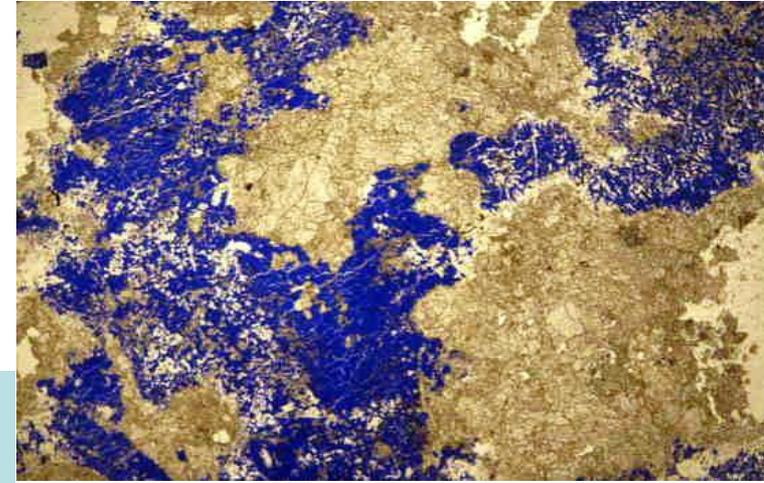


МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

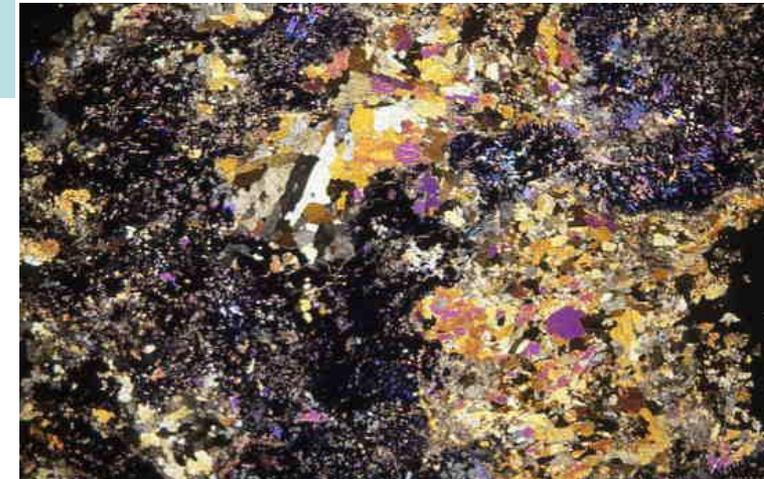
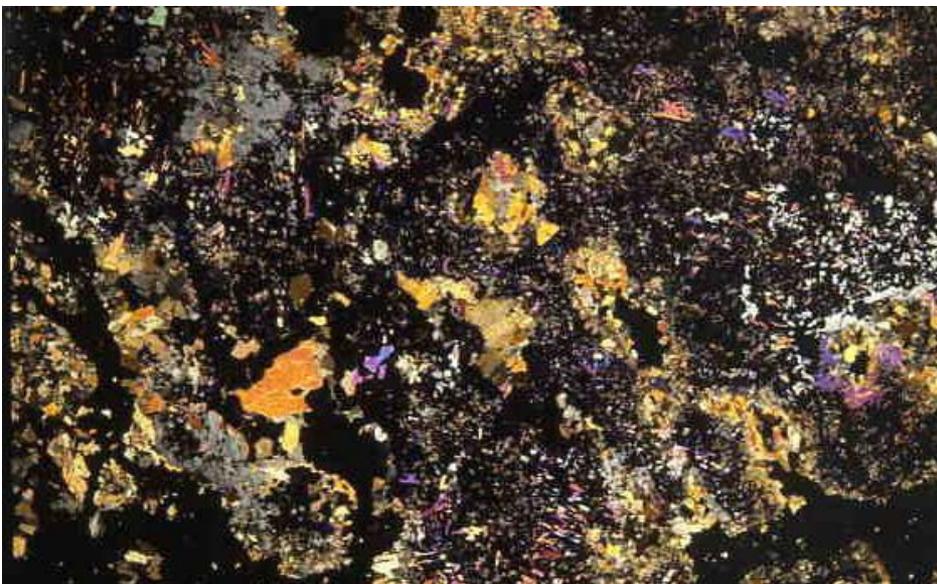
Слюдянка, Байкал. Полиминеральные скарны



Шлифы. При 1 николе



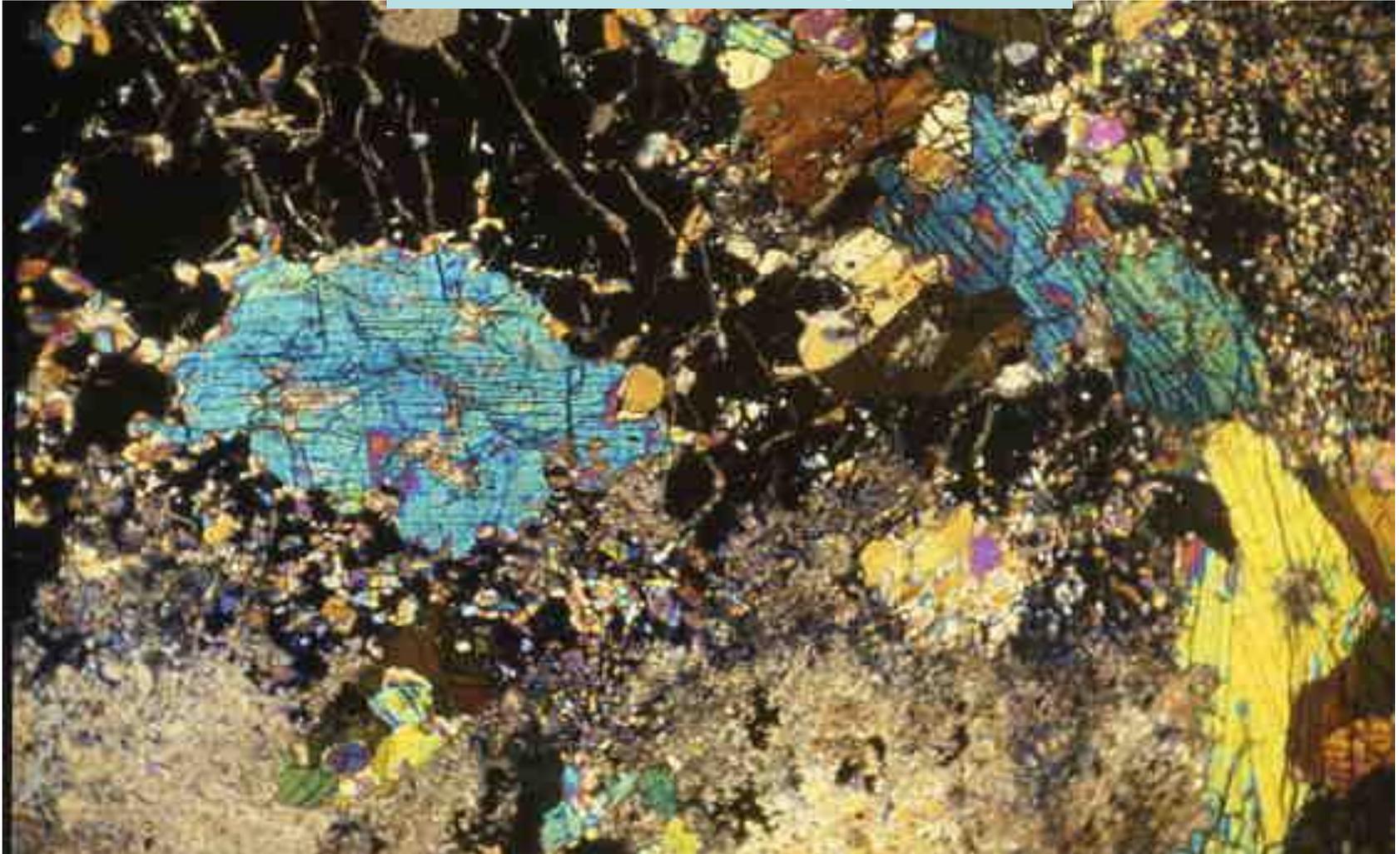
Колл.
и фото
ЭМС



Шлифы. Никולי x

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Слюдянка, Байкал. Полиминеральные скарны
с массой клинопироксена



Шлиф. Николи х

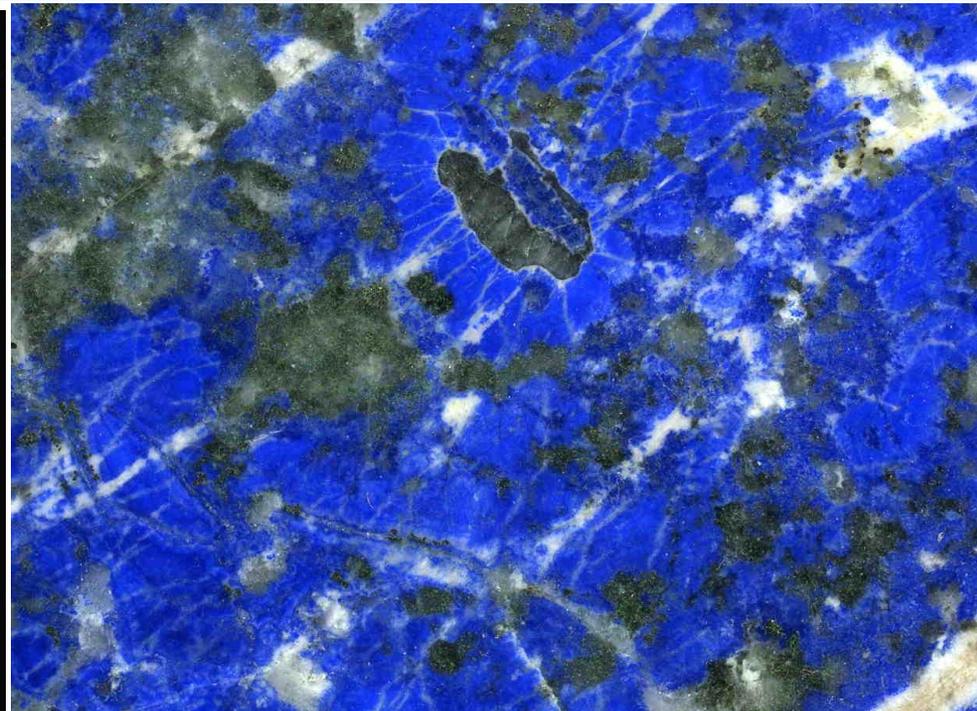
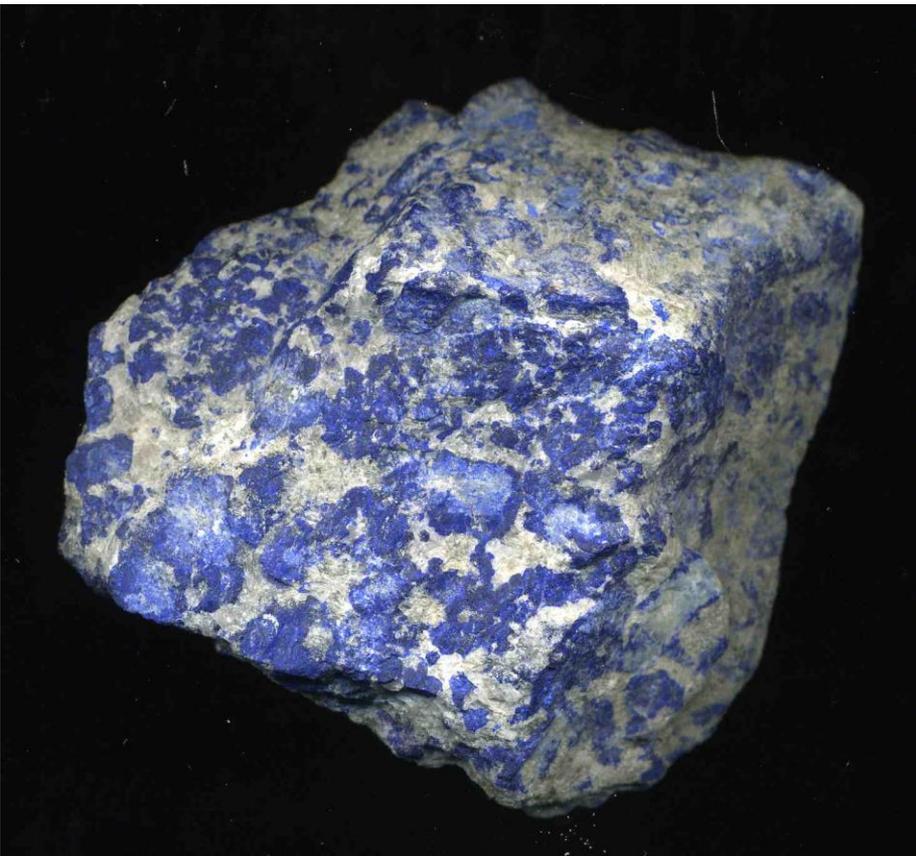
Колл. и фото Э.М. Спиридонова

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Афганит



Афганит – цеолитоподобный поздний относительно низкотемпературный минерал лазуритоносных скарнов. Возникает в основном за счёт лазурита



Скарны с афганитом. Реликты лазурита (тёмно-синий)

Кальцифиры с обильным афганитом. Слюдянка, Байкал

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Афганит



Sar-e-Sang, Бадахшан, Афганистан



До 20 мм



50x40
мм



До 38 мм



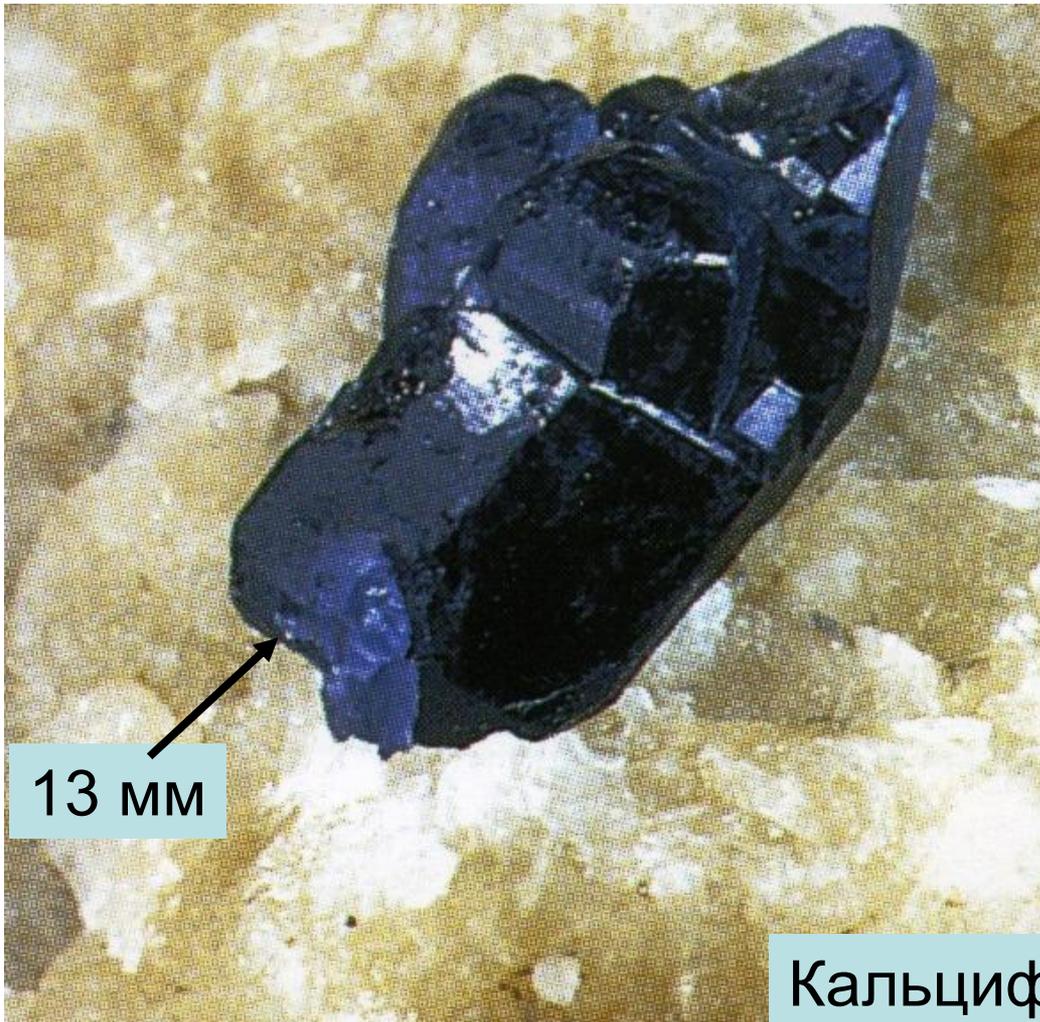
МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Афганит оgranочного качества

Sar-e-Sang, Бадахшан, Афганистан

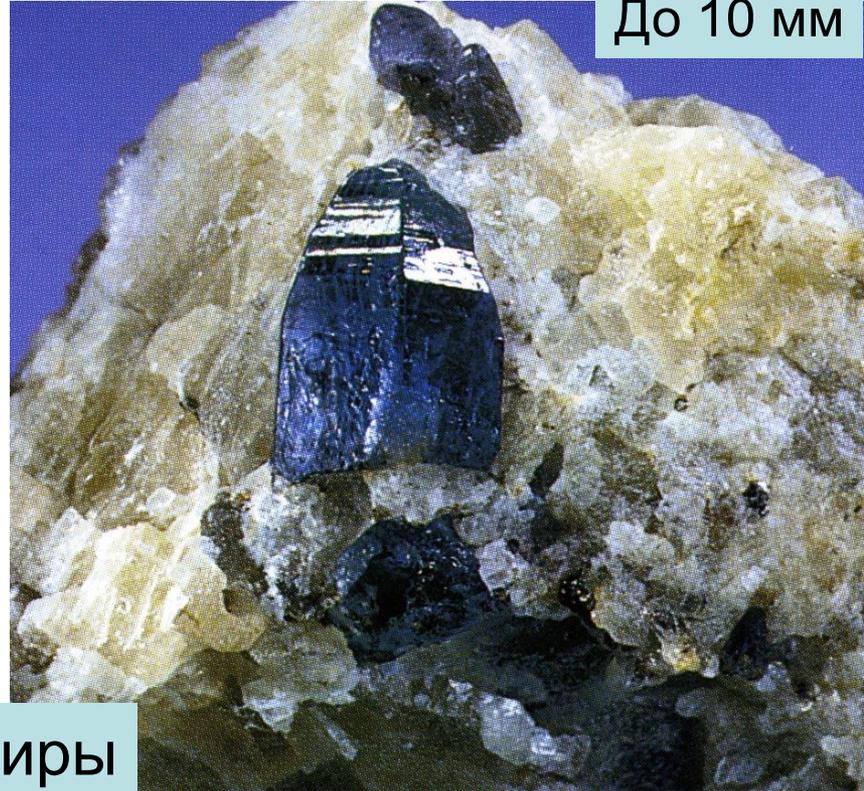


До 10 мм



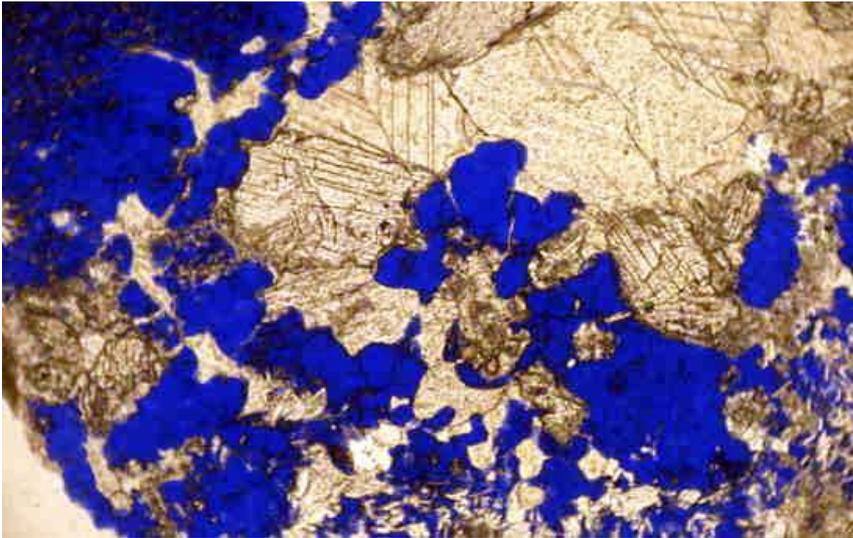
13 мм

Кальцифиры



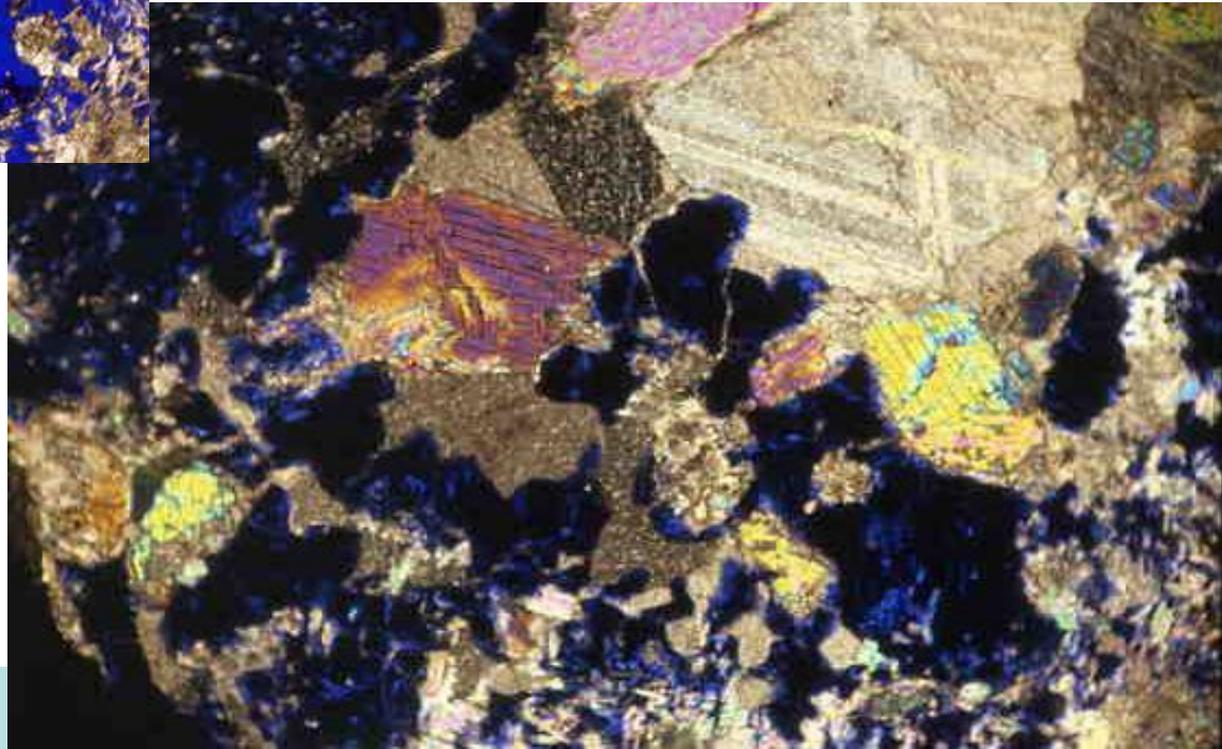
МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Афганит (анизотропный) по лазуриту (изотропный).
Кальцифиры. Слюдянка, Байкал



Шлиф. При 1 николе

Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

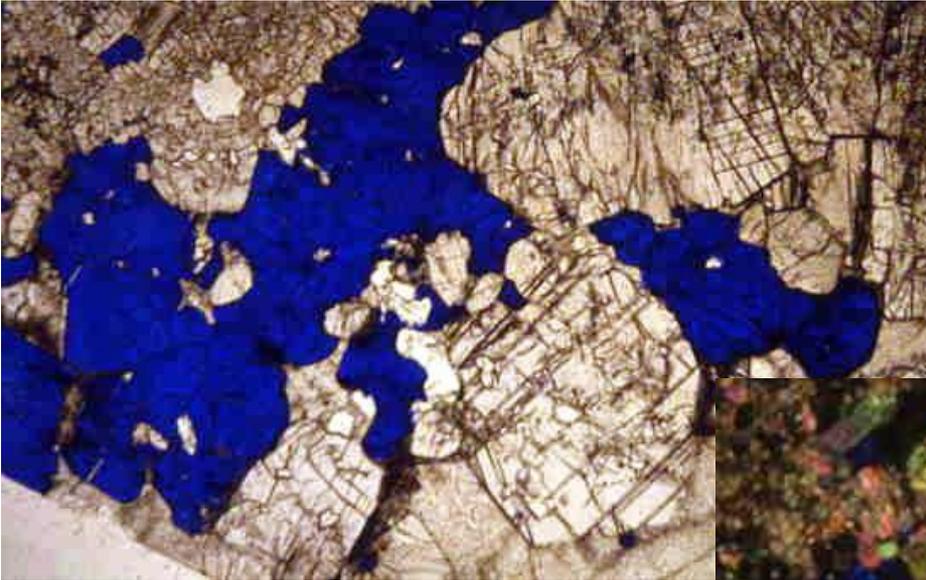


Шлиф. Николи x

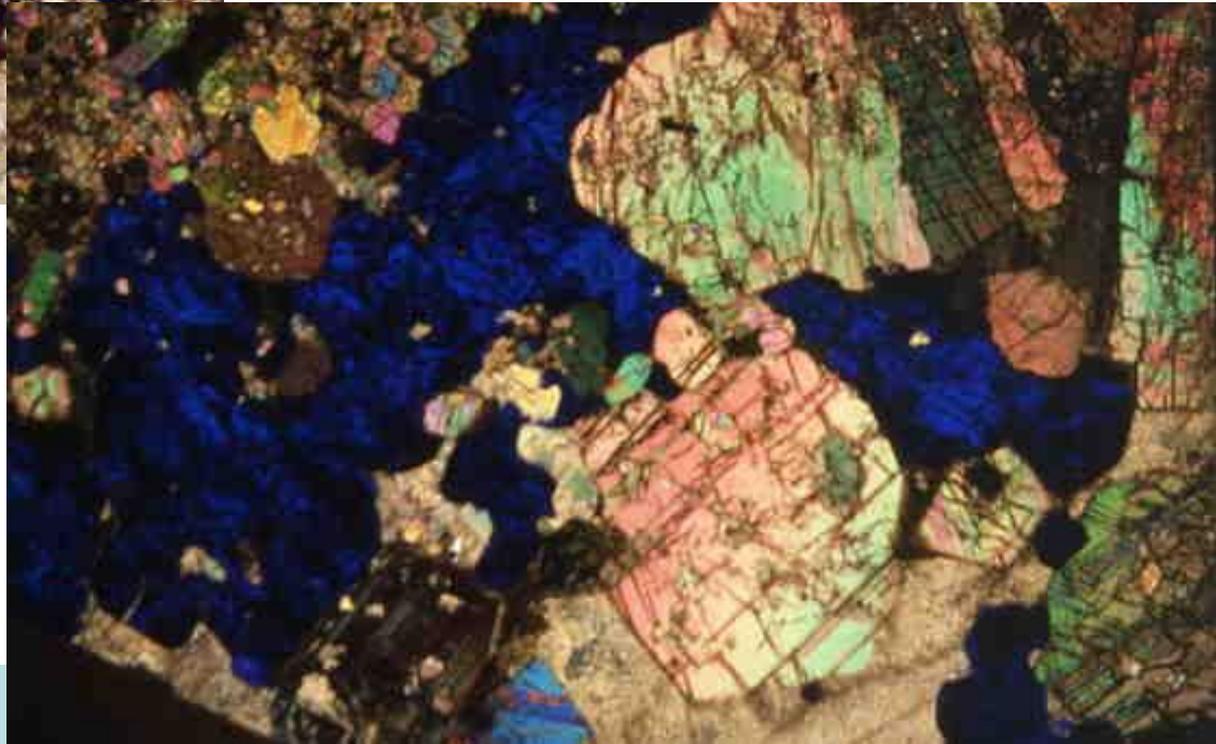
МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Афганит (анизотропный) по лазуриту (изотропный).
Кальцифиры. Слюдянка, Байкал

Колл. и фото
Э.М. Спиридонова



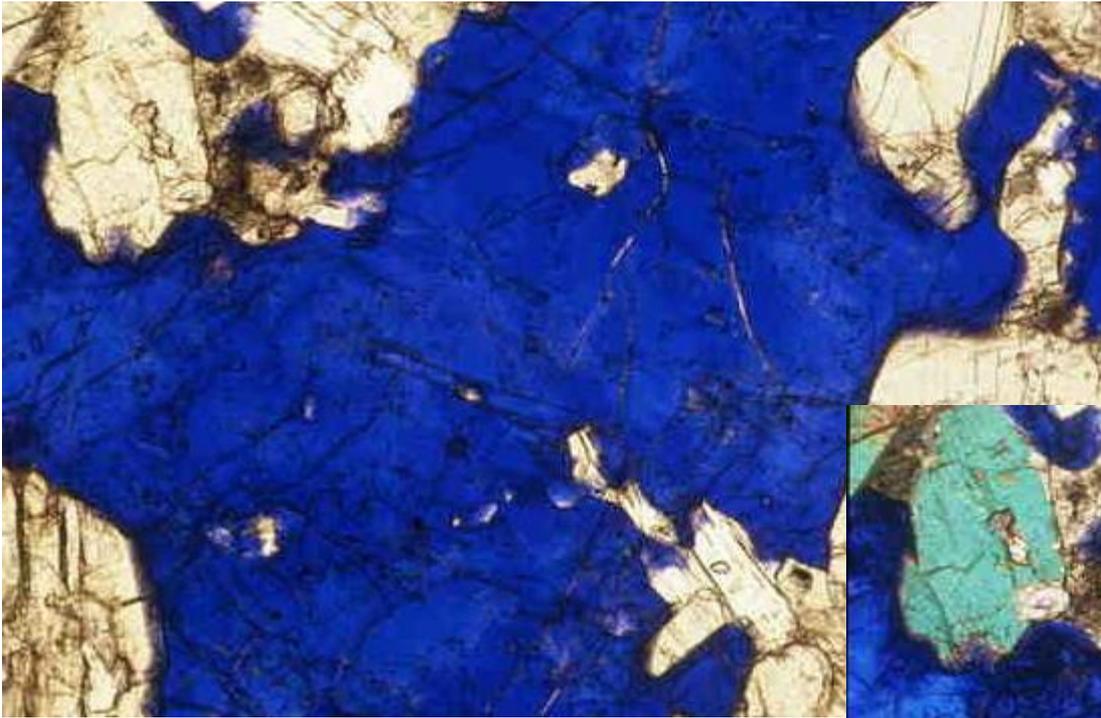
Шлиф. При 1 николе



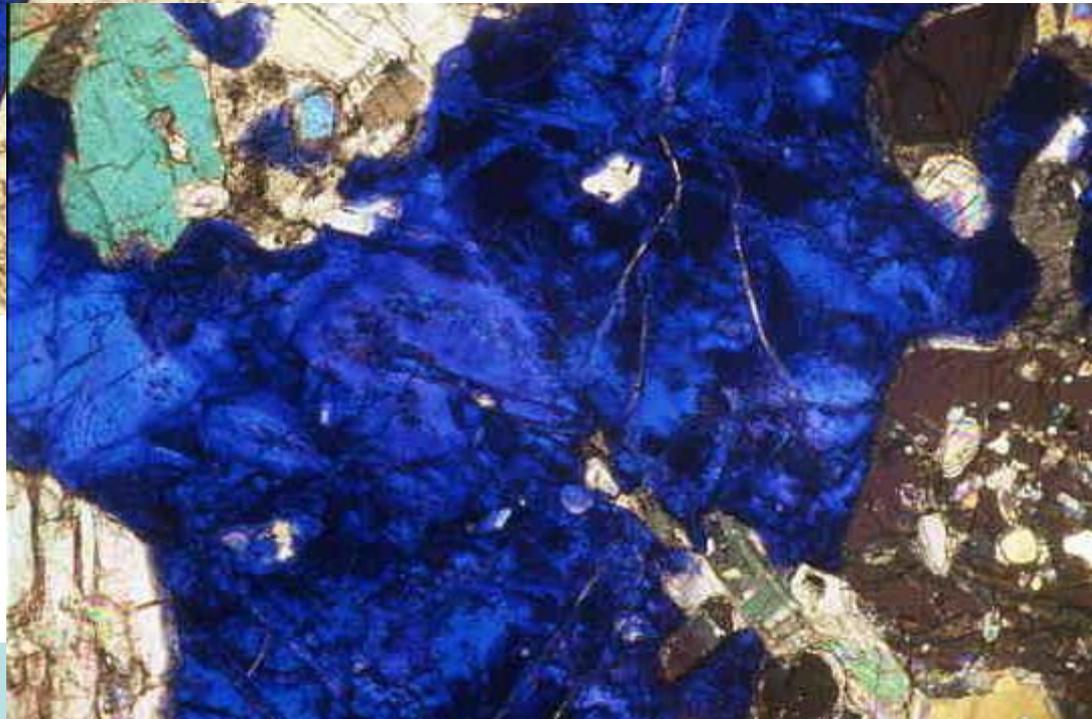
Шлиф. Николи х

МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Афганит (анизотропный) по лазуриту (изотропный).
Кальцифиры. Слюдянка, Байкал



Шлиф. При 1 николе



Шлиф. Николи x



