

**Э.М. Спиридонов**

**Минералогенез  
при послемагматических  
процессах.**

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

**МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ**

**НИЗКОЩЕЛОЧНЫЕ**

**ФТОРИСТЫЕ**

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

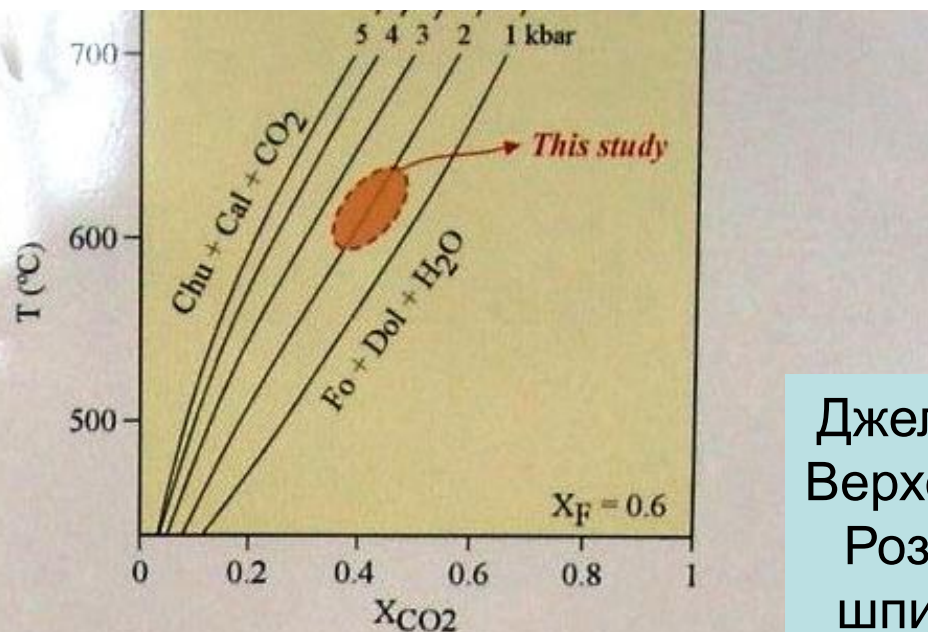
Повышенные концентрации фтора в скарнирующих флюидах приводят к образованию в кальцифирах минералов группы гумита (вместо форстерита). Это клиногумит  $4 \text{Mg}_2[\text{SiO}_4] \cdot \text{MgF}_2$ , гумит  $3 \text{Mg}_2[\text{SiO}_4] \cdot \text{MgF}_2$ , хондродит  $2 \text{Mg}_2[\text{SiO}_4] \cdot \text{MgF}_2$ , 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



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-



Джелтула,  
Верхоянье.  
Розовая  
шпинель

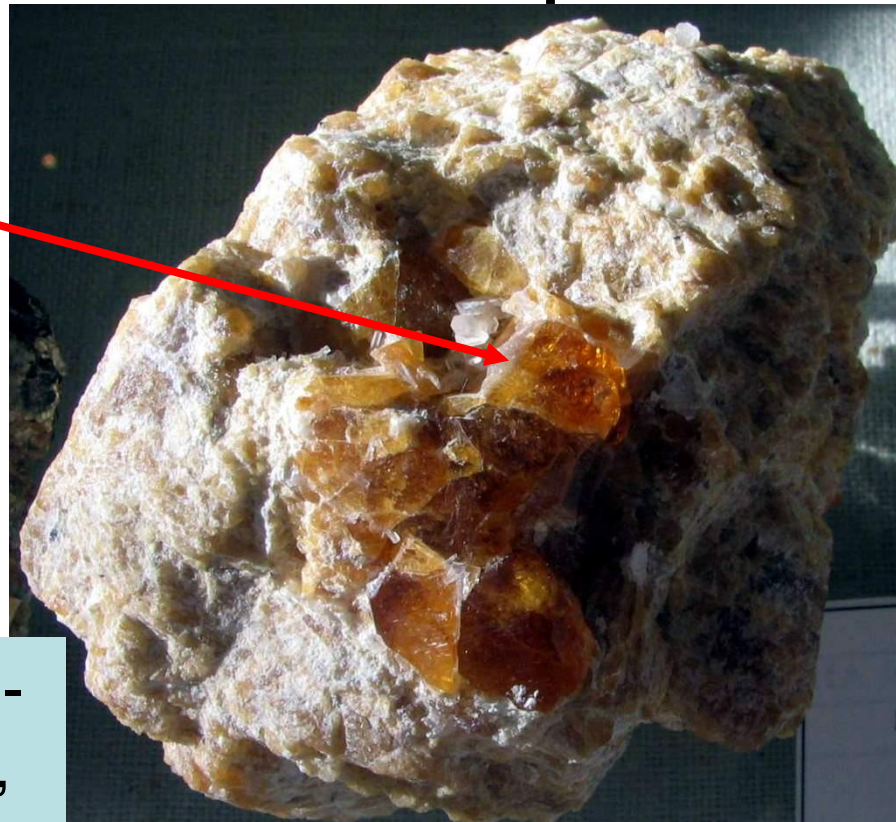


Равновесия  
клиногумит + кальцит ↔  
форстерит + доломит

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Кальцифиры  
с титанистым клиногумитом

86x72 мм



Кухи-  
Лал,  
ЮЗ  
Памир



Шпинель

Шлиф. При 1 николе

Шлиф. Николи х

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Титанистый клиногумит из кальцифиров

Кухи-Лал, ЮЗ Памир



# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Кальцифиры с хондродитом и титанистым хондродитом



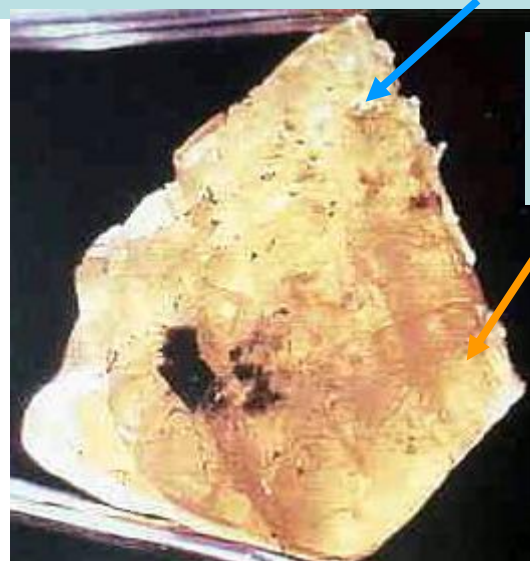
4 мм

Со шпинелью. Balaqngoda, Цейлон



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

Титанистый хондродит



Ограночного  
качества

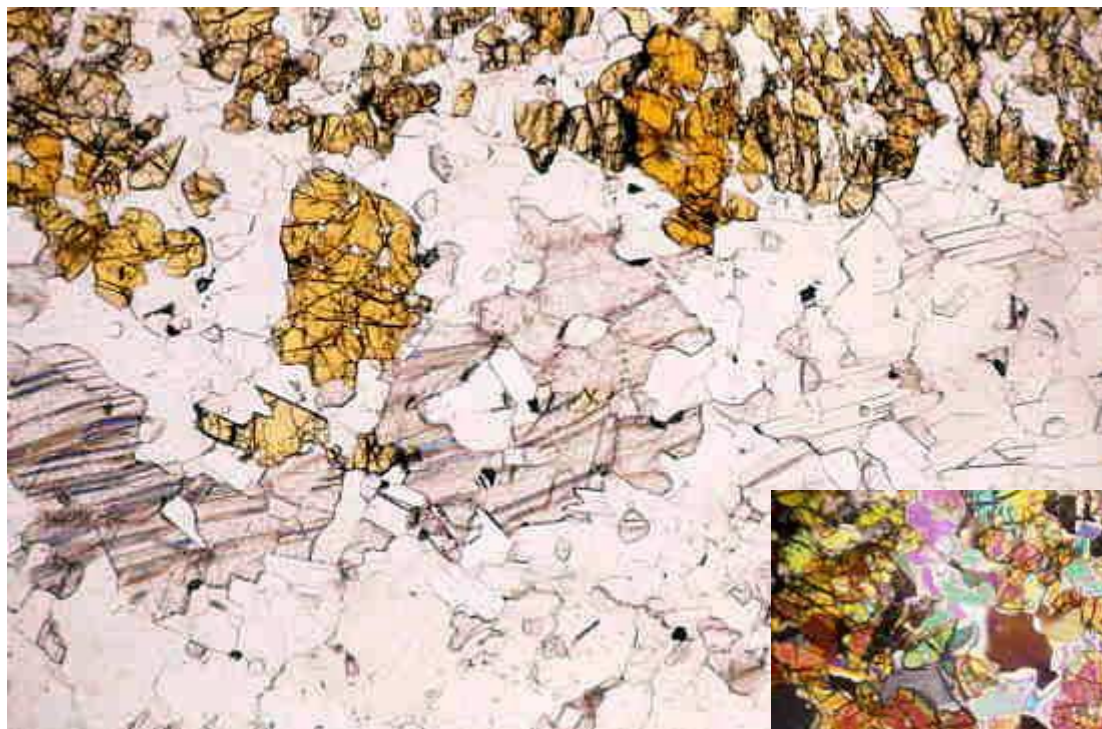
38 мм.  
Бадахшан,  
Афганистан



Невада, США

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

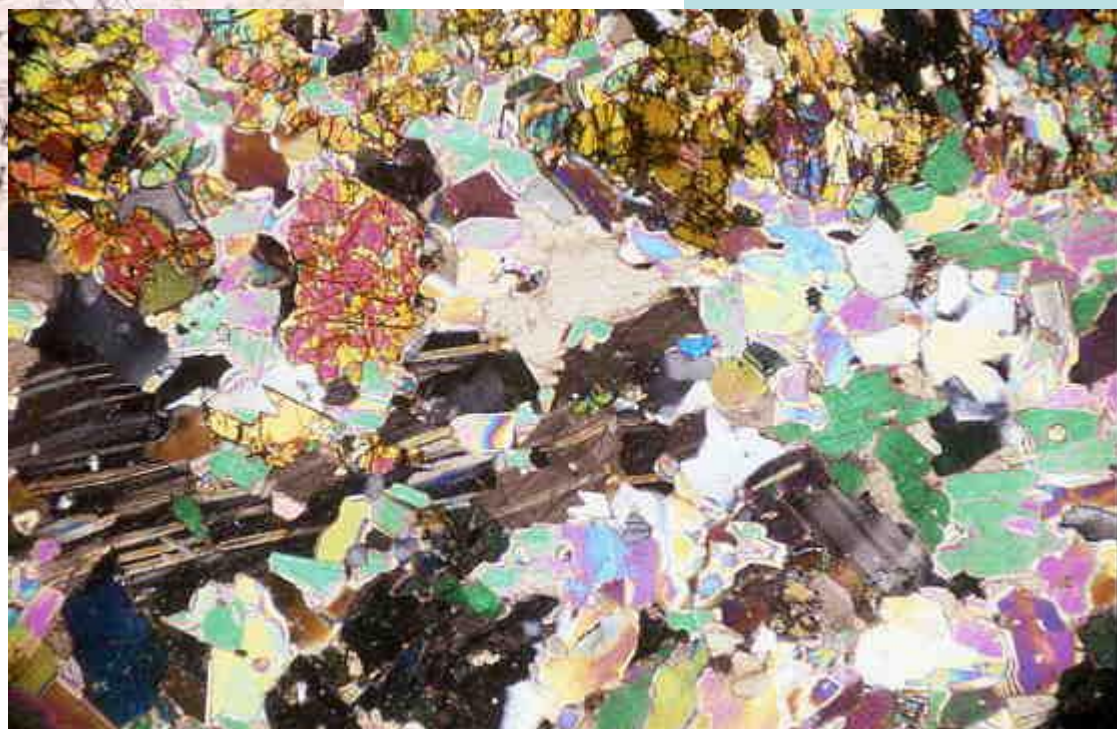
Кальцифиры с титанистым хондродитом



Колл. и фото  
Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х

Шлиф. При 1 николе



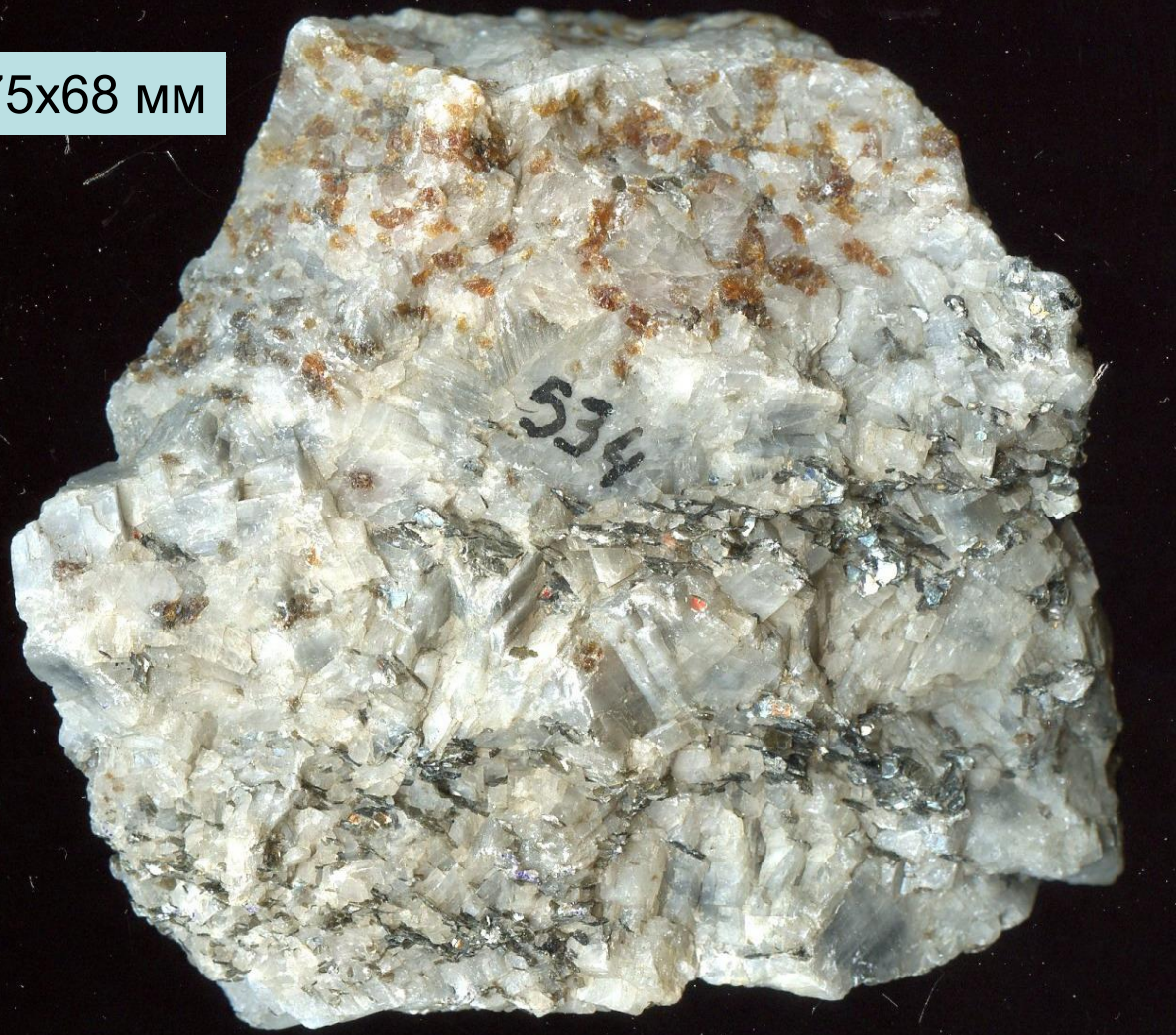
Питкяранта, Карелия



# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Кальцифиры с титанистым гумитом и фторфлогопитом

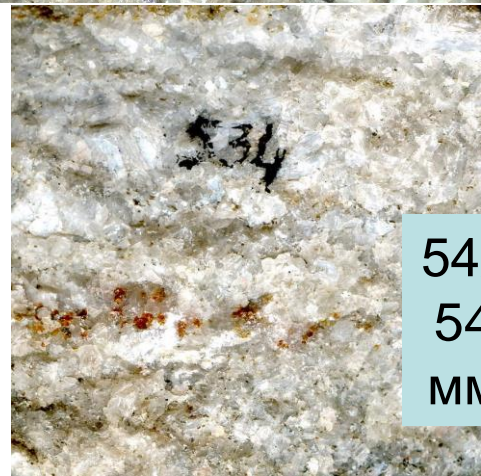
75x68 мм



74x54 мм



54x  
54  
мм



Колл. и фото  
Э.М. Спиридонова

Питкяранта, Карелия

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Кальцифиры с титанистым норбергитом

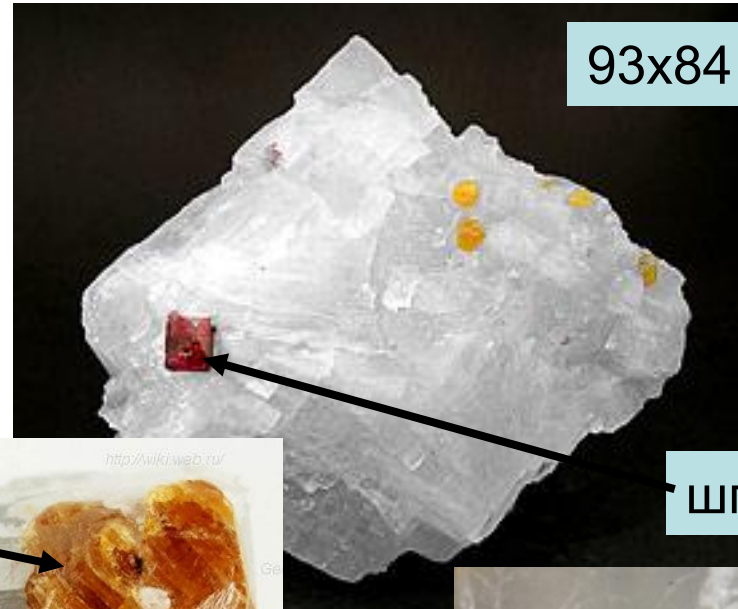
102x  
73 мм

Питкяранта, Карелия



Знаменитое месторождение  
рубина Могок, Бирма

93x84 мм



шпинель

15 мм



3.5 мм



32 мм



# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

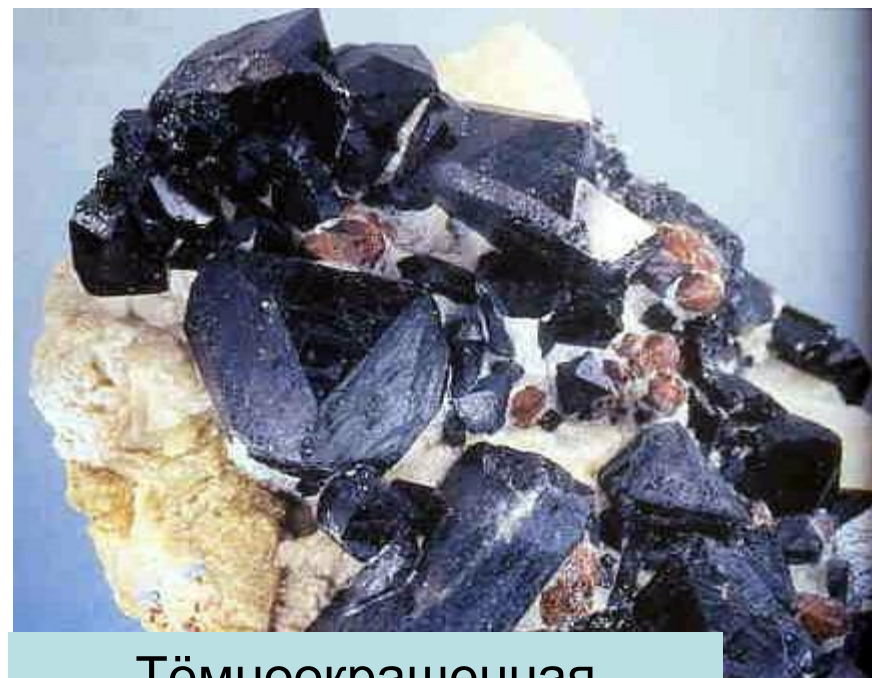
Шпинель из кальцифиров



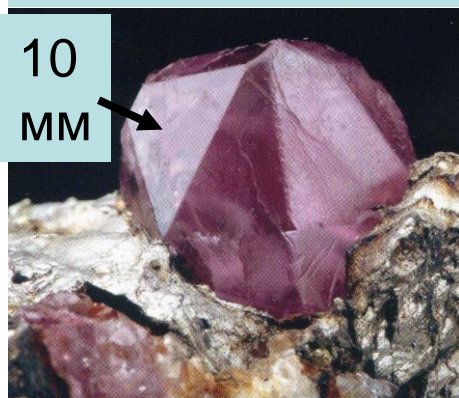
Более 300 мм. Мадагаскар

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

## Шпинель в кальцифирах



Тёмноокрашенная  
железистая шпинель  
с титанистым хондродитом



Шпинель с  
пирротинном.  
Хорог, Памир



Розовая  
шпинель  
и титанистый  
клиногумит.  
Кухи-Лал,  
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...

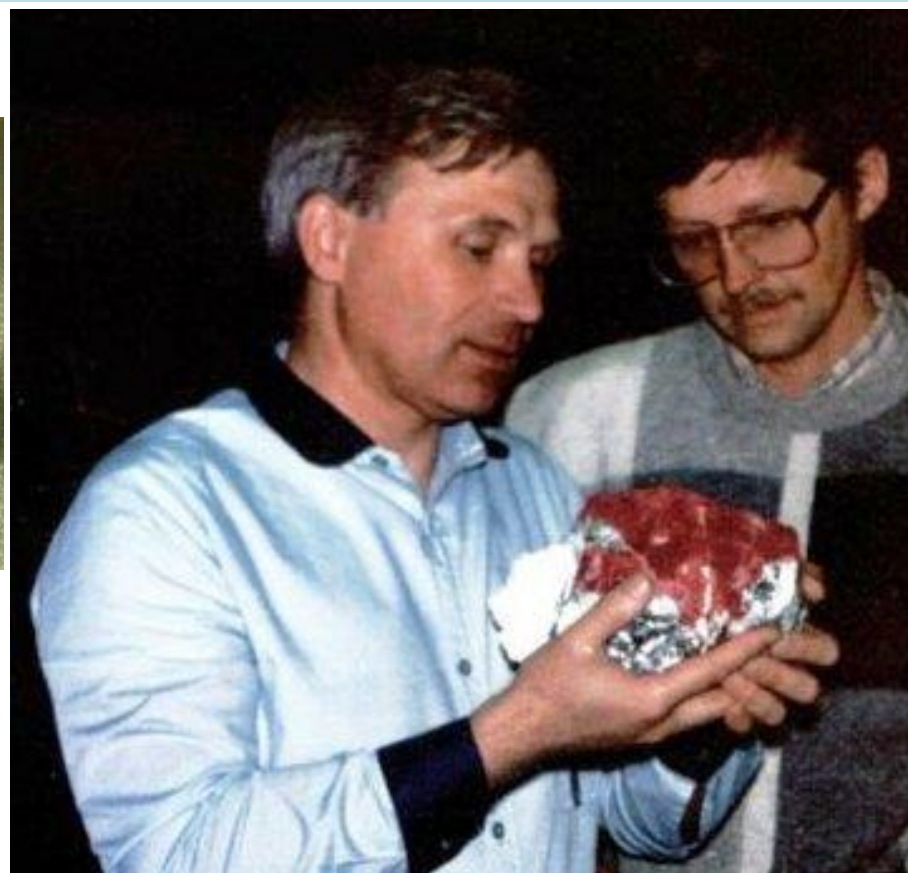
### Кухи - Лал, Памир



Титанистый  
клиногумит

Кристалл  
20 мм

Примесь  
хрома

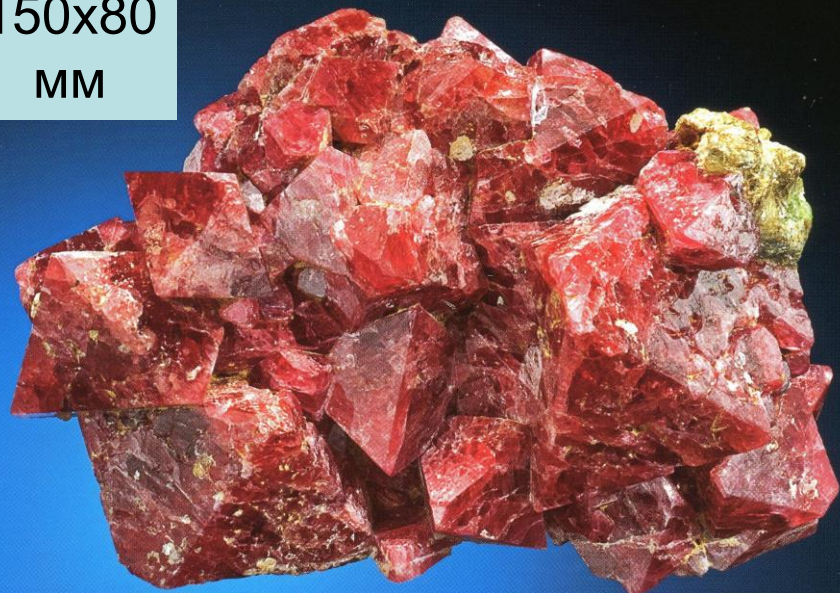


Гигантский кристалл 26000 карат

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

## Шпинель в кальцифирах

150x80  
мм



Махенге, Морогоро, Танзания



Слюдянка, Прибайкалье



300 мм.  
Dali,  
пров. Юннань,  
Китай

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Шпинель в кальцифирах. Dali, пров. Юнань, Китай



21 мм

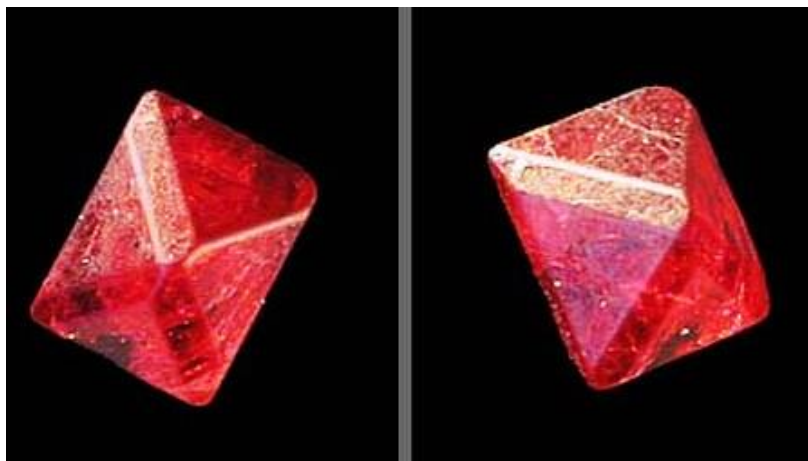


# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

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 кальцифириров колонки магнезиальных скарнов при повышенной фугитивности  $\text{CO}_2$ . 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

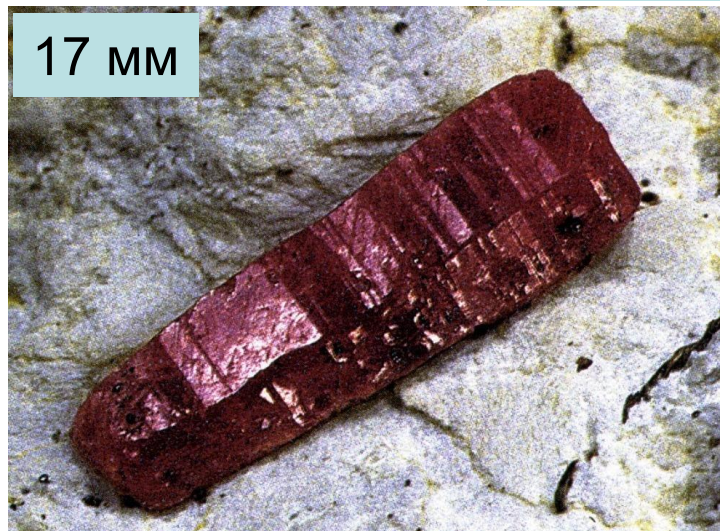


Кристалл корунда  
21x17 мм.  
Могок, Бирма

# 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



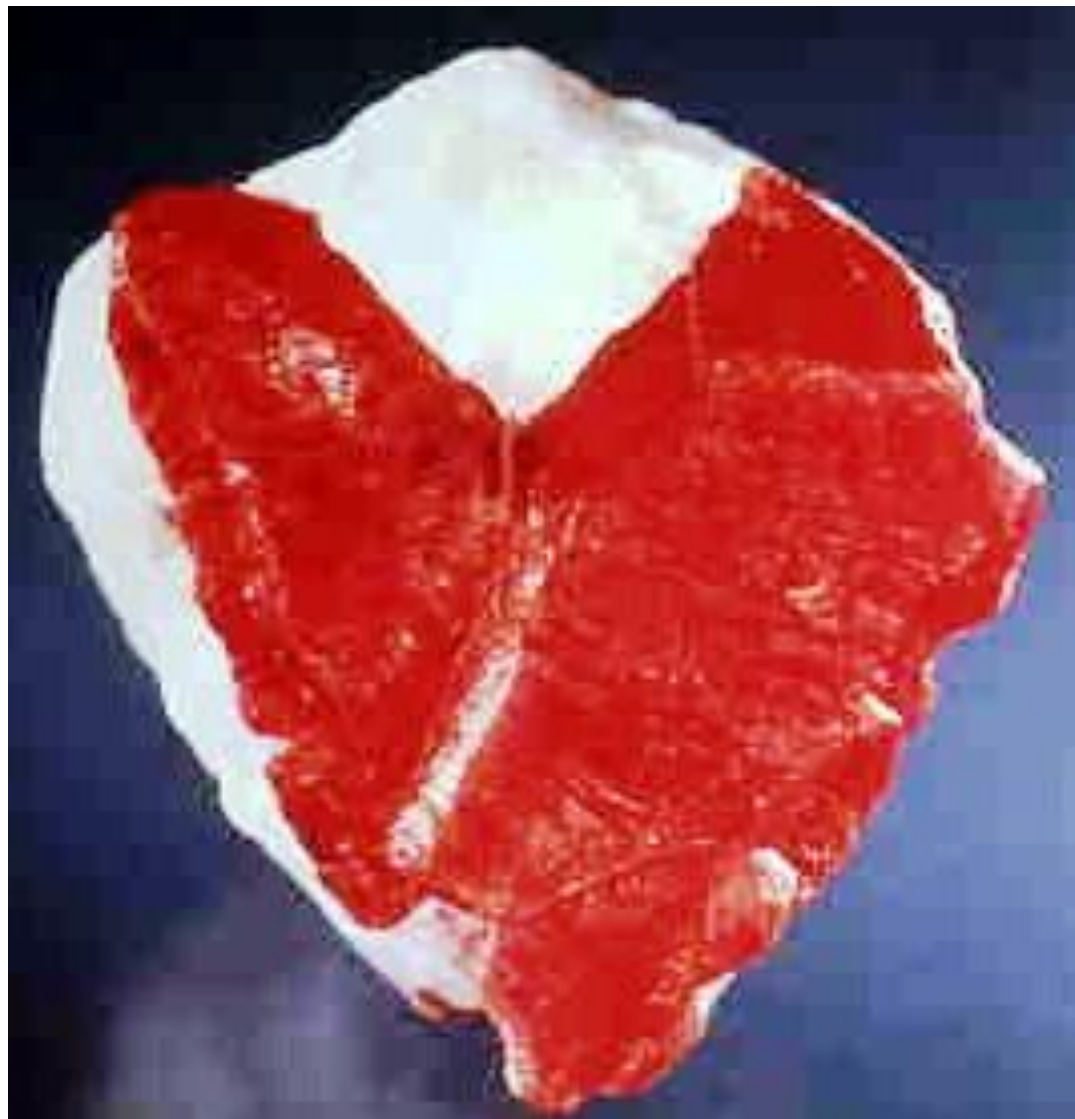
# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

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  $\text{ZrO}_2$ , торианитом  $\text{ThO}_2$ ...

### Andranondambo, Мадагаскар



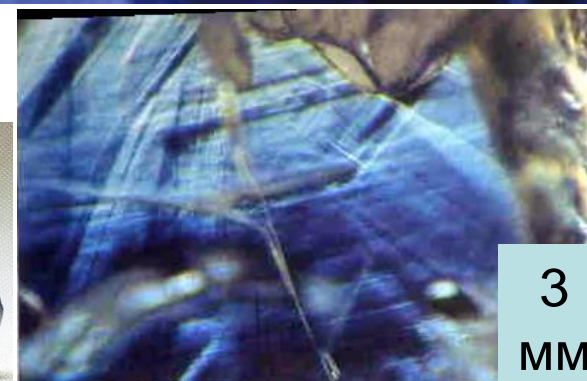
35 мм

19  
мм



В анортите  
и мейоните

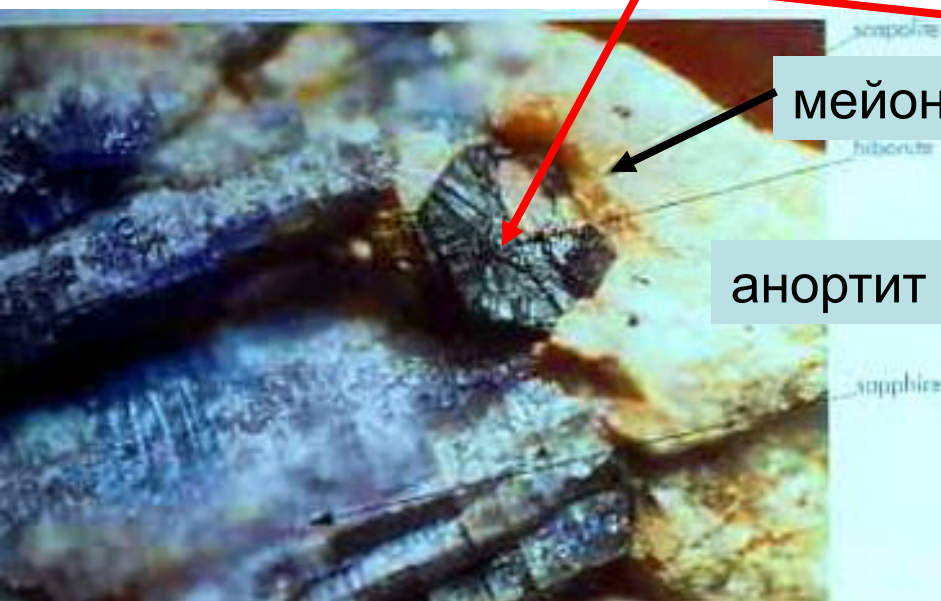
8 мм



3  
мм

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

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



57x37  
мм

Antanimora, Мадагаскар

Andranondambo, Мадагаскар

27x19  
мм



34x26 мм



53x48  
мм

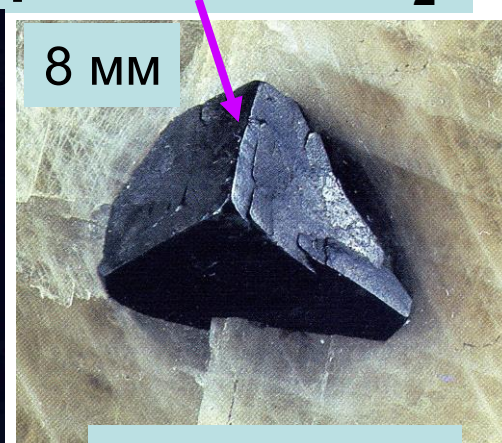
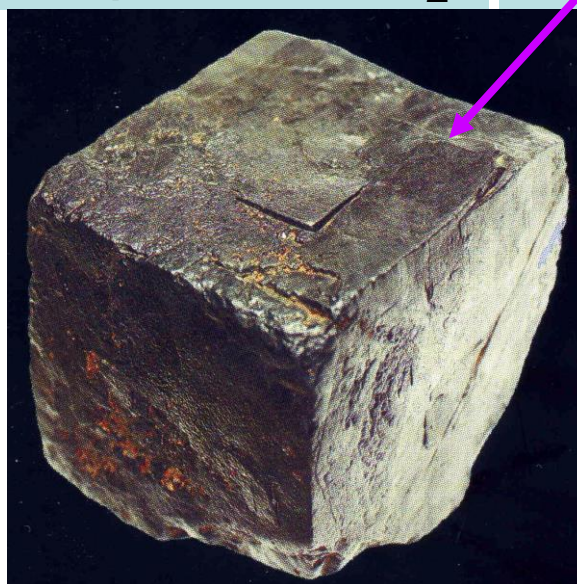


Гибонит. Elsiva eluvials, Мадагаскар

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

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

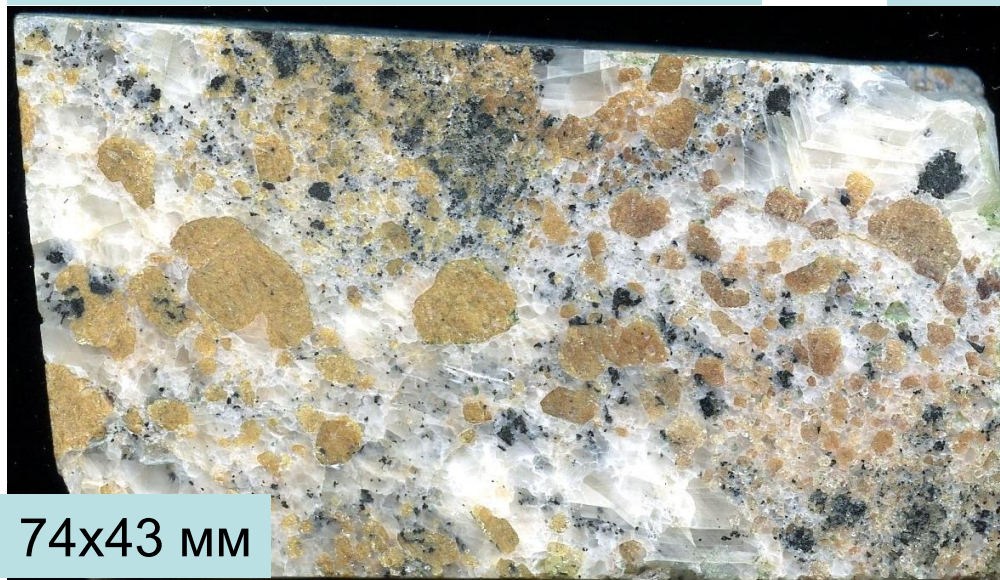
Торианит  $Th O_2$



Andranondambo, Мадагаскар

Elsiva, Мадагаскар

В карбонате.  
Беракета,  
Мадагаскар



Шпинель -  
клино-  
гумитовые  
кальцифиры  
с перовскитом  
и тажеранитом

Тажеран,  
Байкал



78x69 мм

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Фтористые

Перовскит  $\text{CaTiO}_3$  и тажеранит – куб.  $(\text{Zr,Ca,Ti})\text{O}_2$

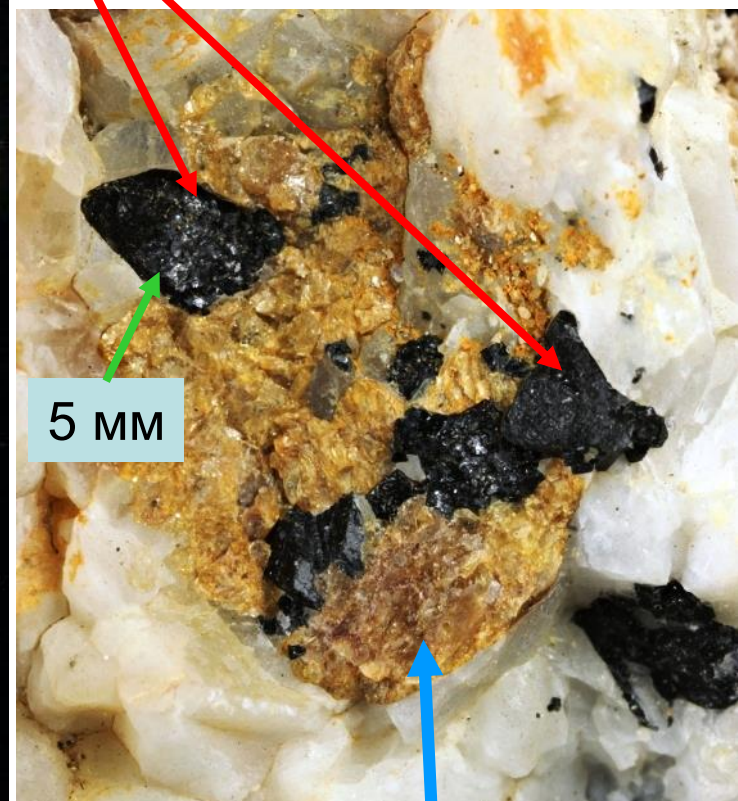
Шпинель - клиногумитовые кальцифиры  
с перовскитом и тажеранитом

34x26 мм



Тажеран, Байкал. Колл. и фото ЭМС

5 мм



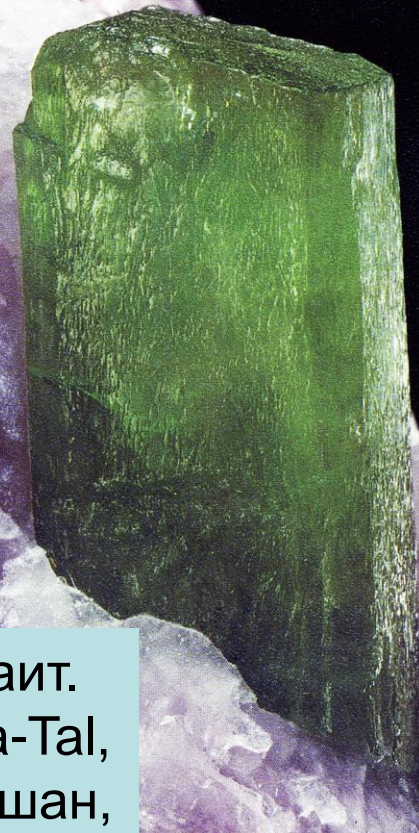
Титанистый клиногумит

# 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

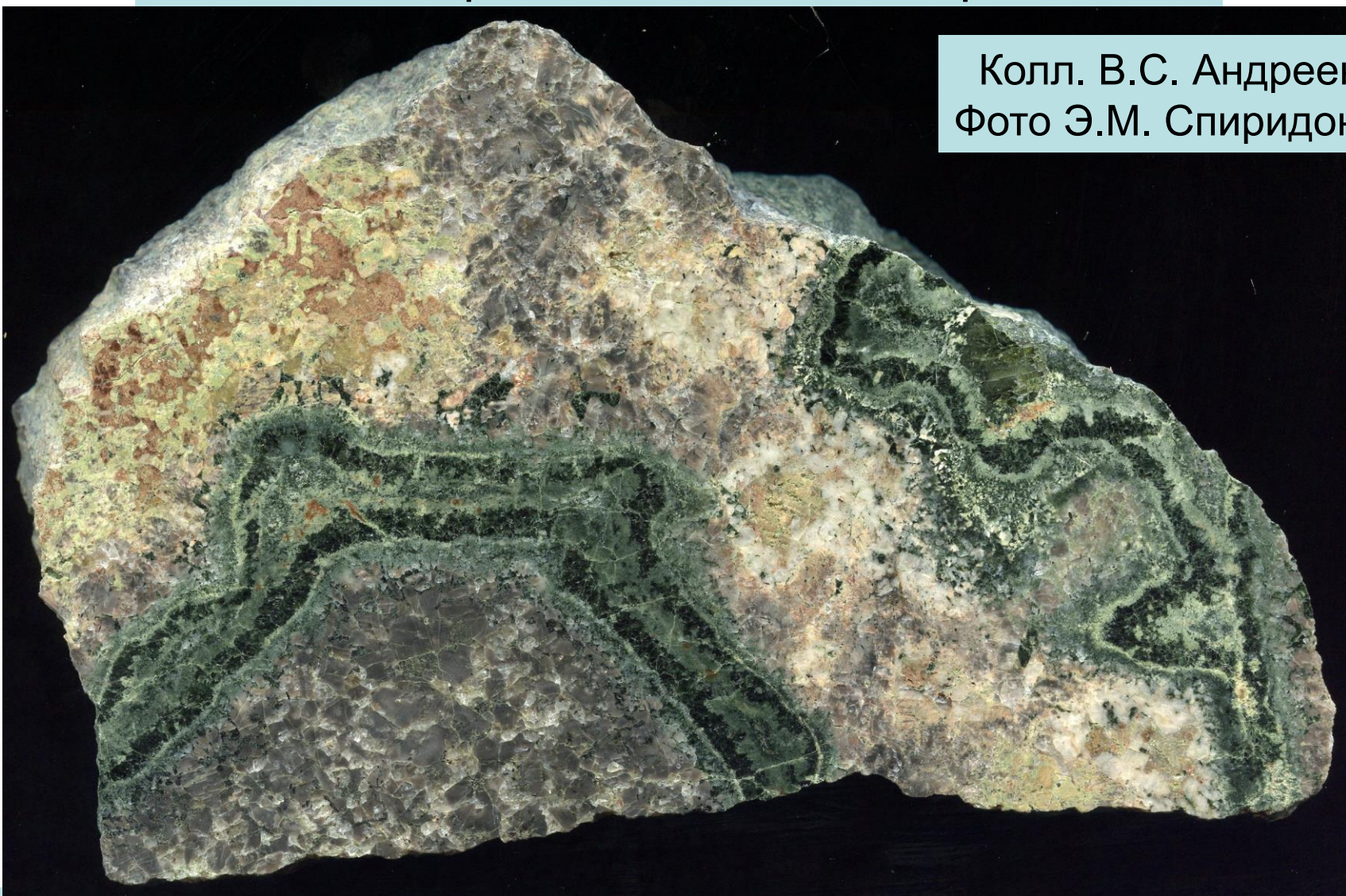
Магнезиальные скарны, сопряжённые с калийными гранитоидами, часто формируются при повышенной калийной щёлочности флюидов. Метасоматические колонки таких скарнов в основном такие же, как описаны раньше. Но ! В эндоскарнах вместо плагиоклаза развит скаполит. Его состав в основном определяется соотношением 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 м<sup>3</sup>, 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

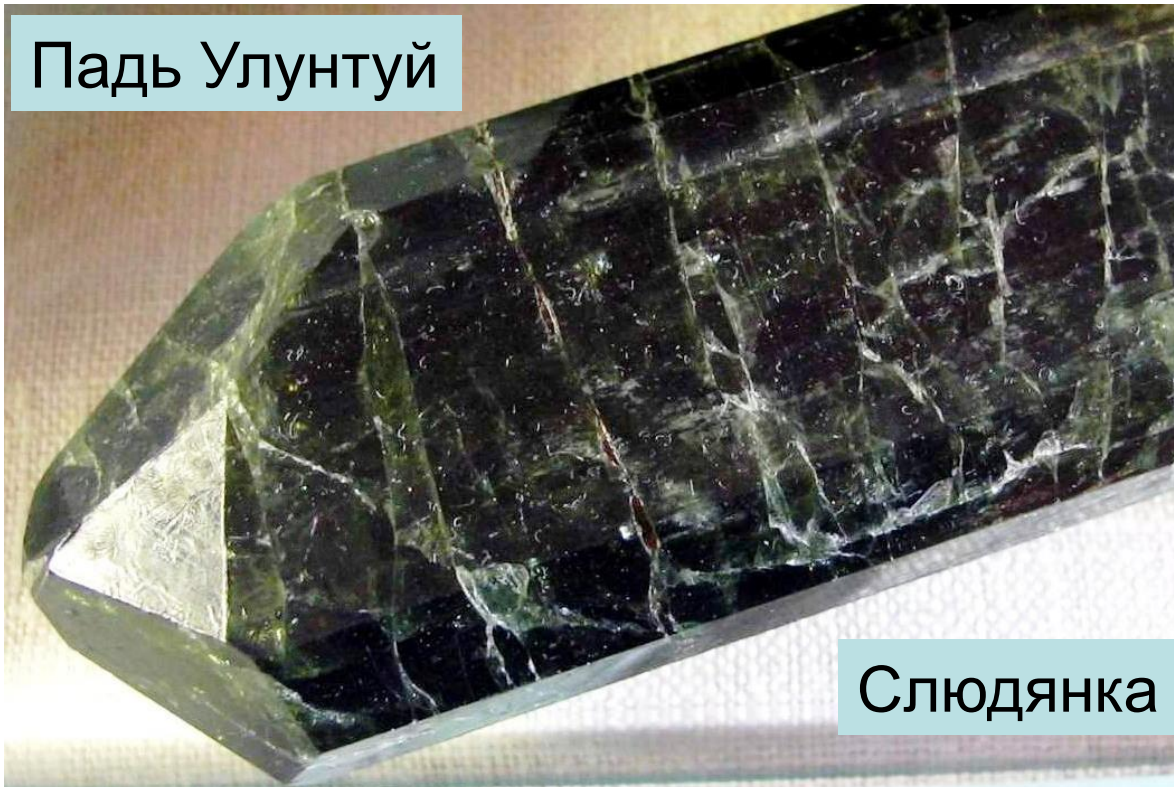
Колл. В.С. Андреевко  
Фото Э.М. Спиридонова



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

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

Падь Улунтуй

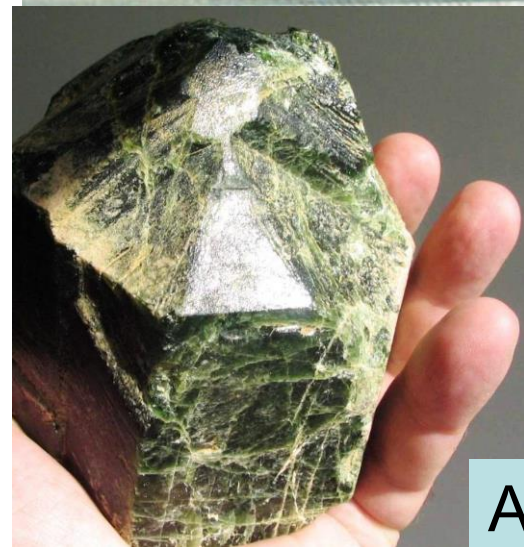


Слюдянка

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

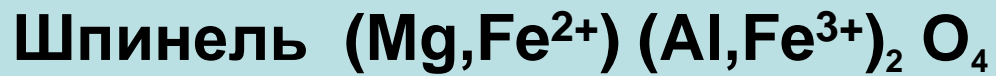
Чёрная шпинель + диопсид  
+ калишпат + кальцит  
52x42, 48x41, 14x14 мм.  
Алдан



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

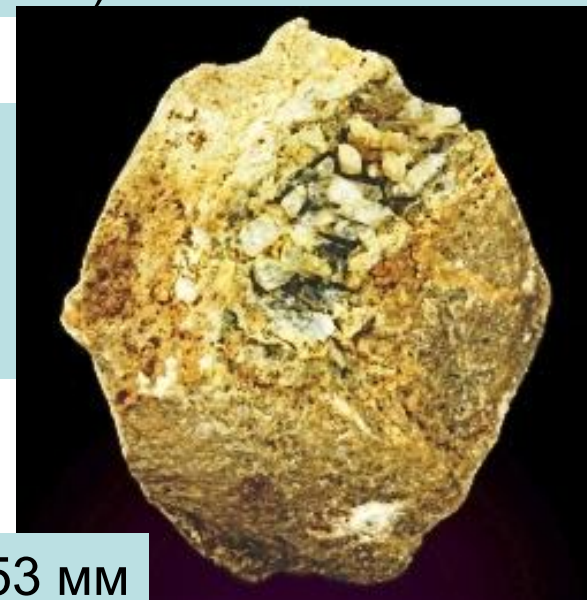
Скаполит – твёрдый раствор  
мейонита  $3 \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaCO}_3$  –  
мариалита  $3 \text{NaAlSi}_3\text{O}_8 \cdot \text{NaCl}$

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

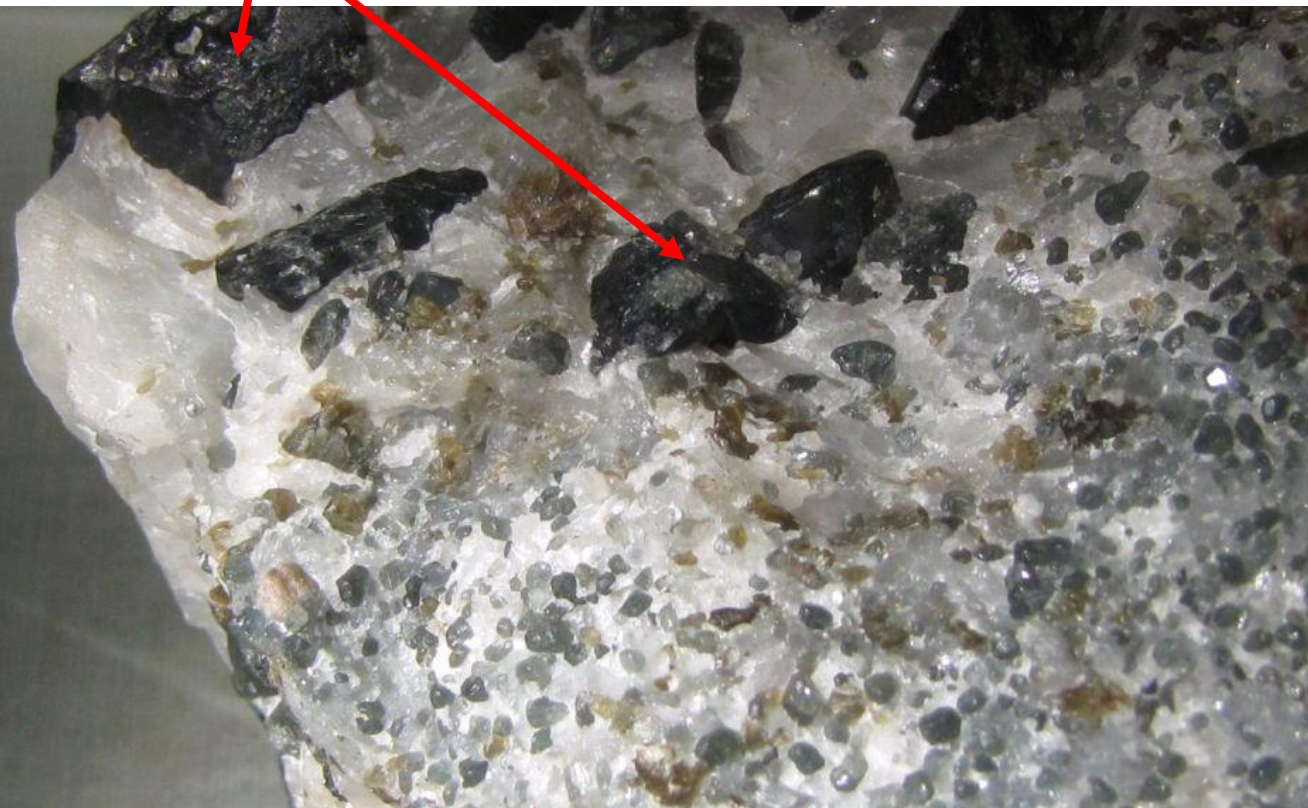


Колл. В.С. Андреенко  
Фото Э.М. Спиридонова

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





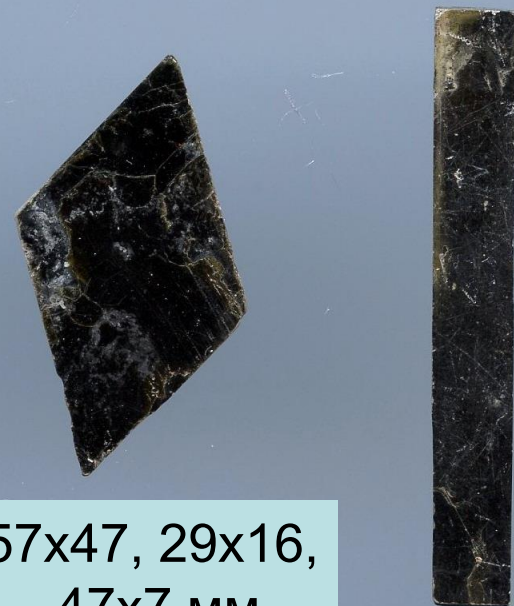
# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Флогопитоносные

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

96x91 мм



Колл. и фото ЭМС

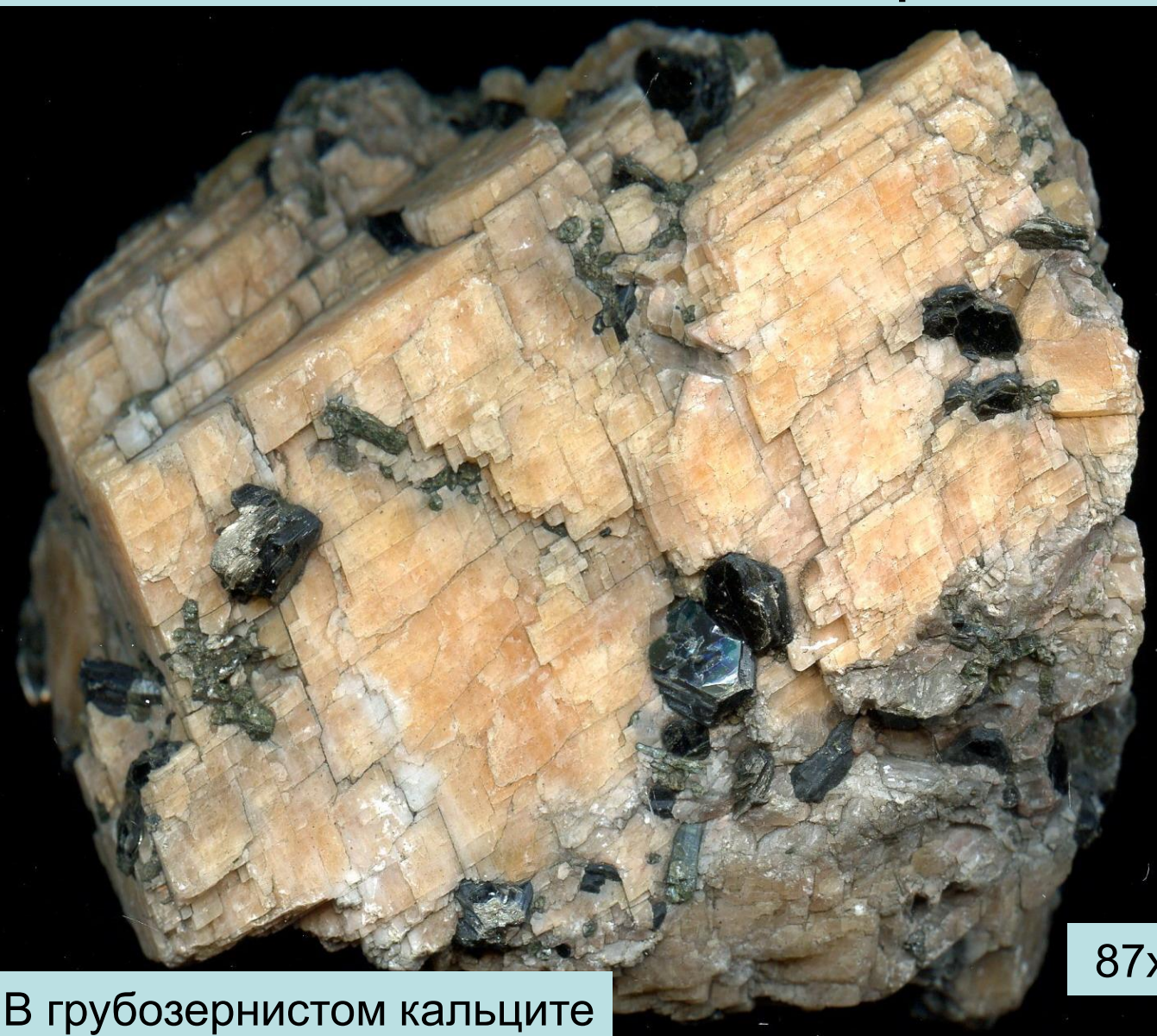


57x47, 29x16,  
47x7 мм



# 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

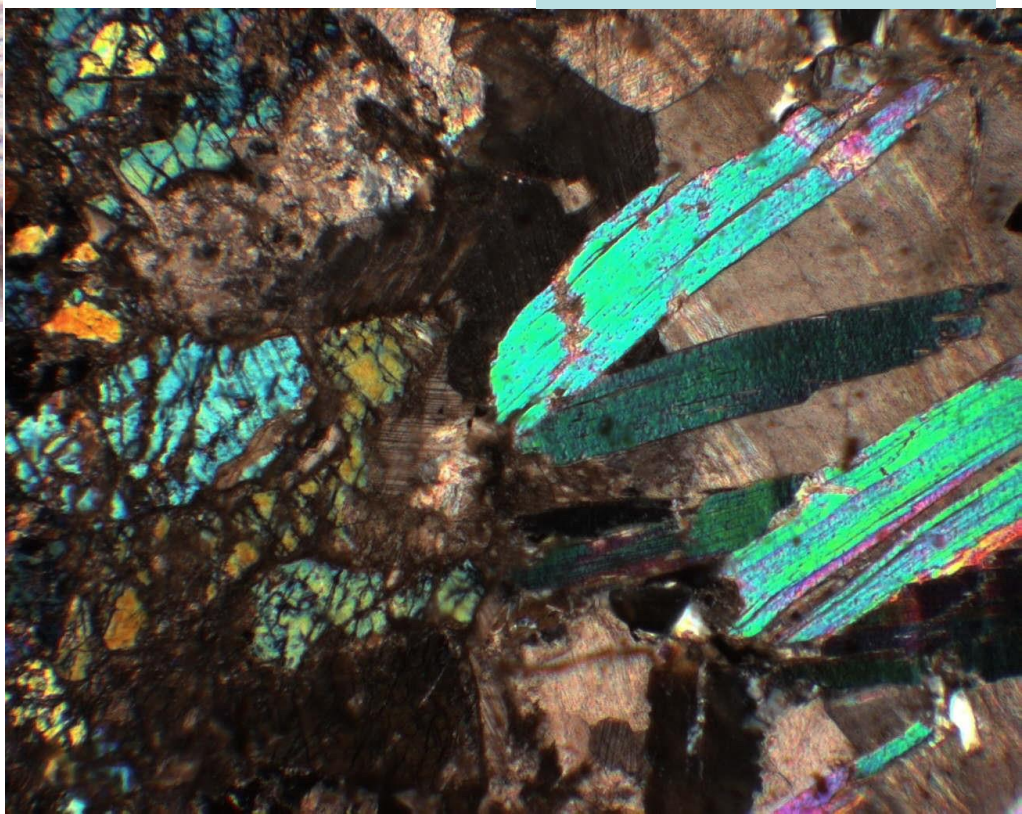
Диопсид-флогопит-кальцит. жила в магнезиальных скарнах



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 (Сl, F)  
Апатит  
р. Слюдянка, К...

300  
MM



Слюдянка

Колл. и  
фото  
ЭМС

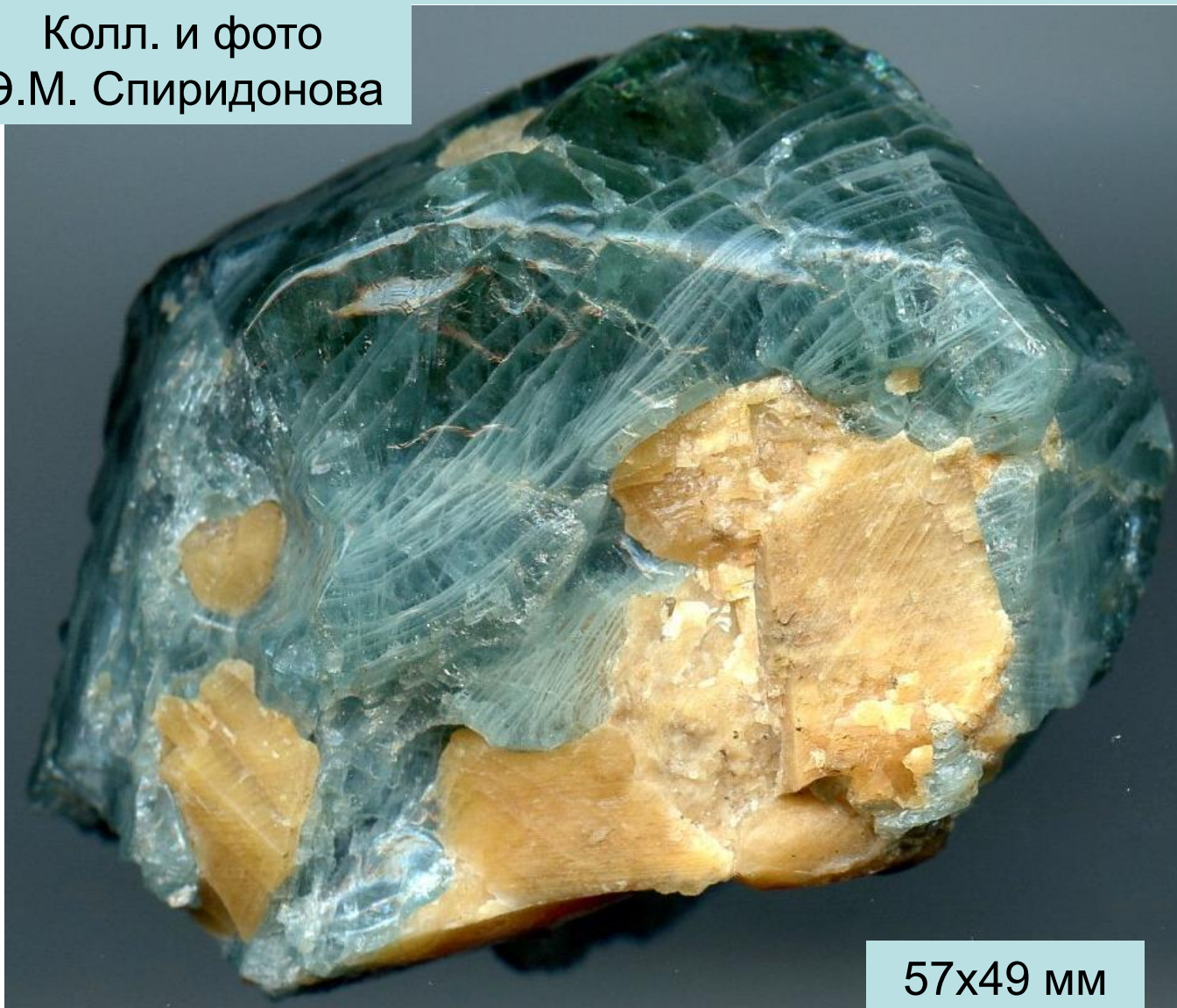


124  
MM

# 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  $\text{Mn}^{2+}$ ,  
замещающий  $\text{Ca}$ .  
Частью это  $\text{Mn}^{5+}$ ,  
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

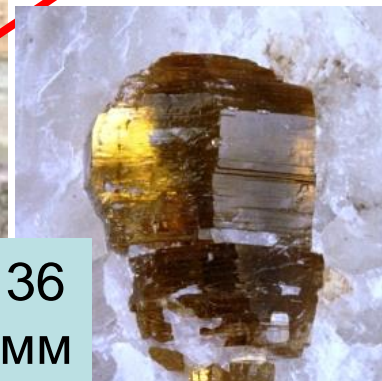
170  
мм



Кальцифилы  
с сиреневым  
флогопитом.  
Слюдянка

Флогопит.  
Ключ  
Разведочный,  
Слюдянка

36  
мм



Флогопит  
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



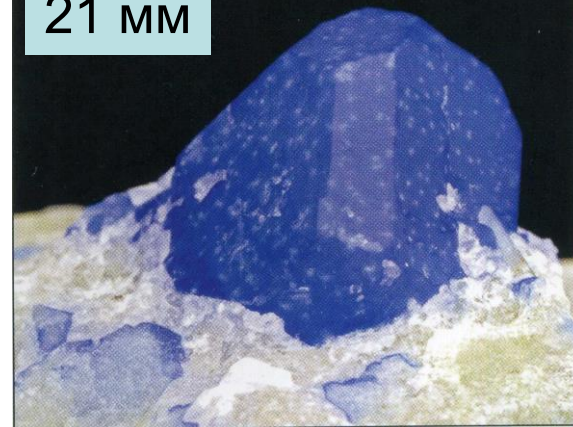
Нефелин и диопсид-салит.  
Tamazeght complex,  
Высокий Атлас,  
Марокко

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

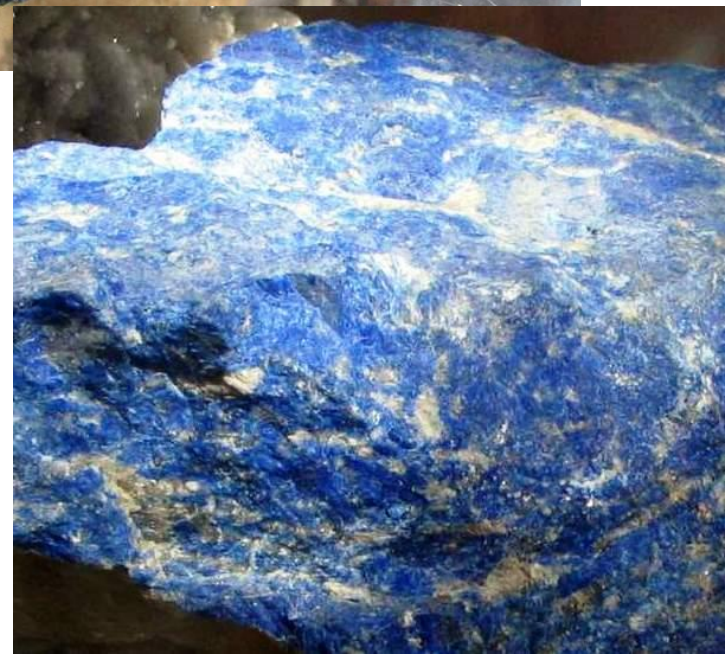
Гаюин  $\text{Na}_6 \text{Ca}_2 [\text{AlSiO}_4]_6 (\text{SO}_4, \text{Cl}_2, \text{S})_2$



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

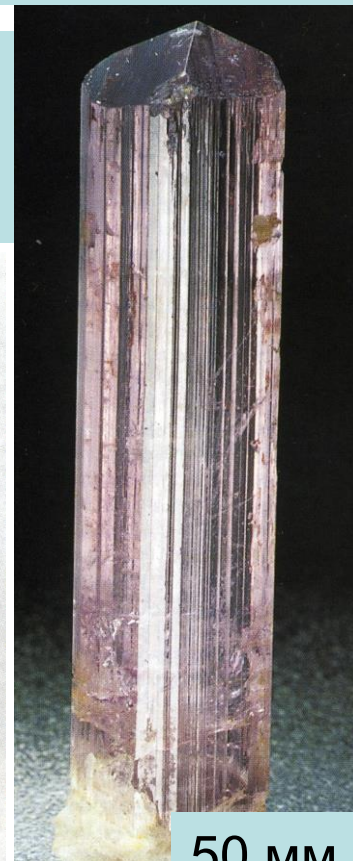
Самоцветный скаполит из участков перекристаллизации скарнов Sar-e-Sang, Бадахшан, Афганистан



Кристаллы  
до 15 мм



Кристаллы  
до 120 мм



50 мм

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Щелочные амфиболы и турмалин  
в участках перекристаллизации кальцифиоров

Бадахшан, Афганистан

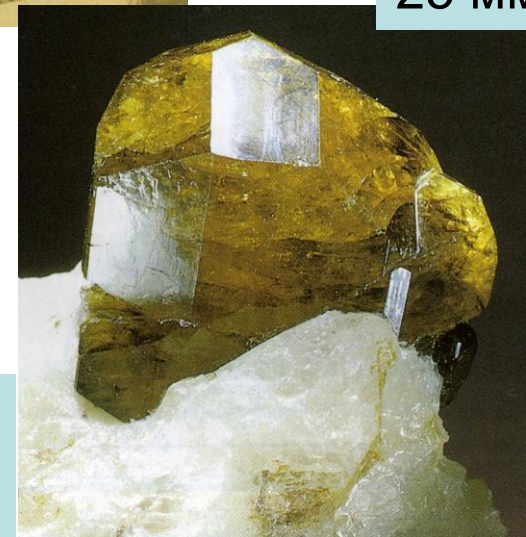


Фторкалиевый рихтерит



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

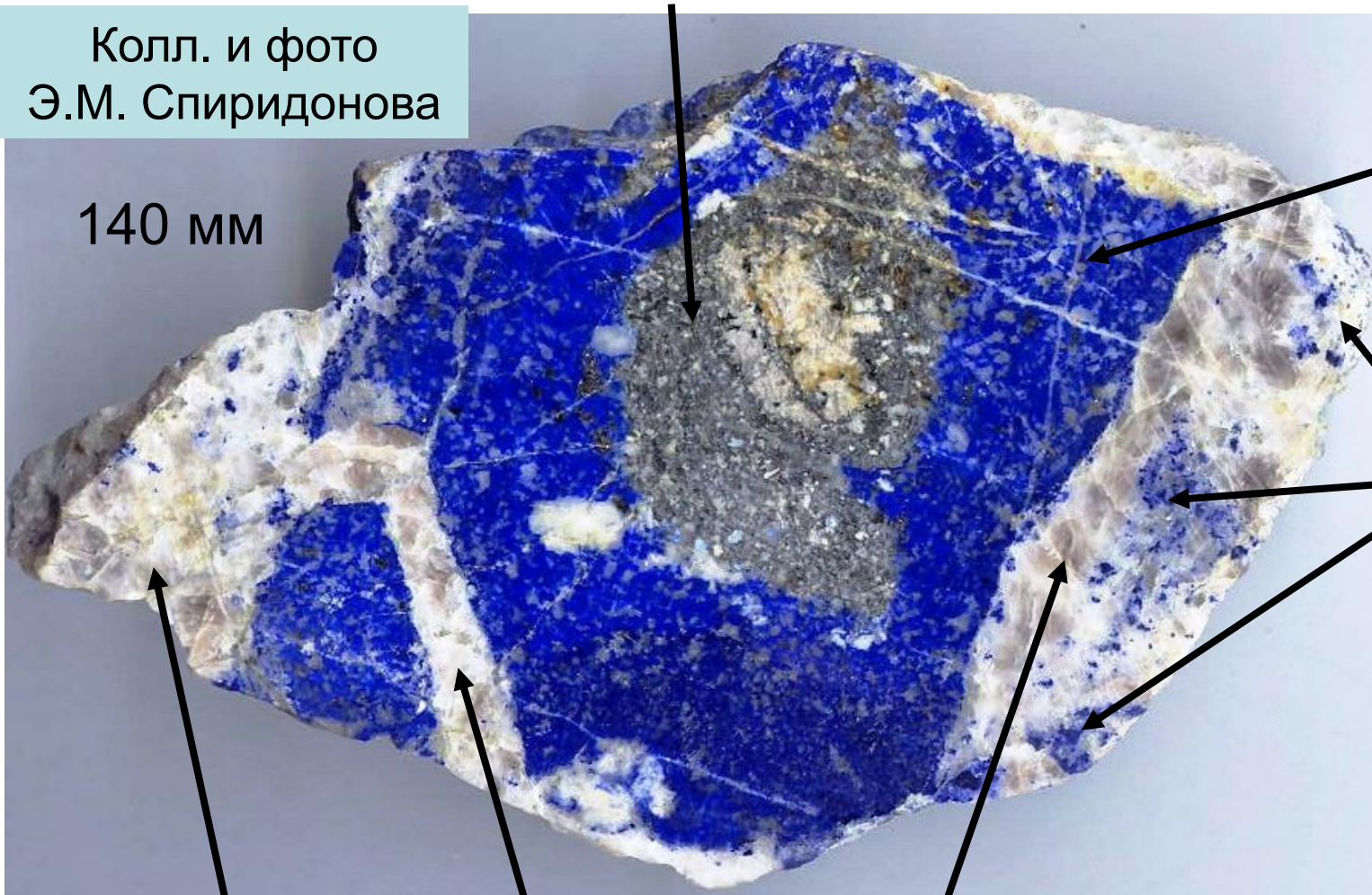
# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

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

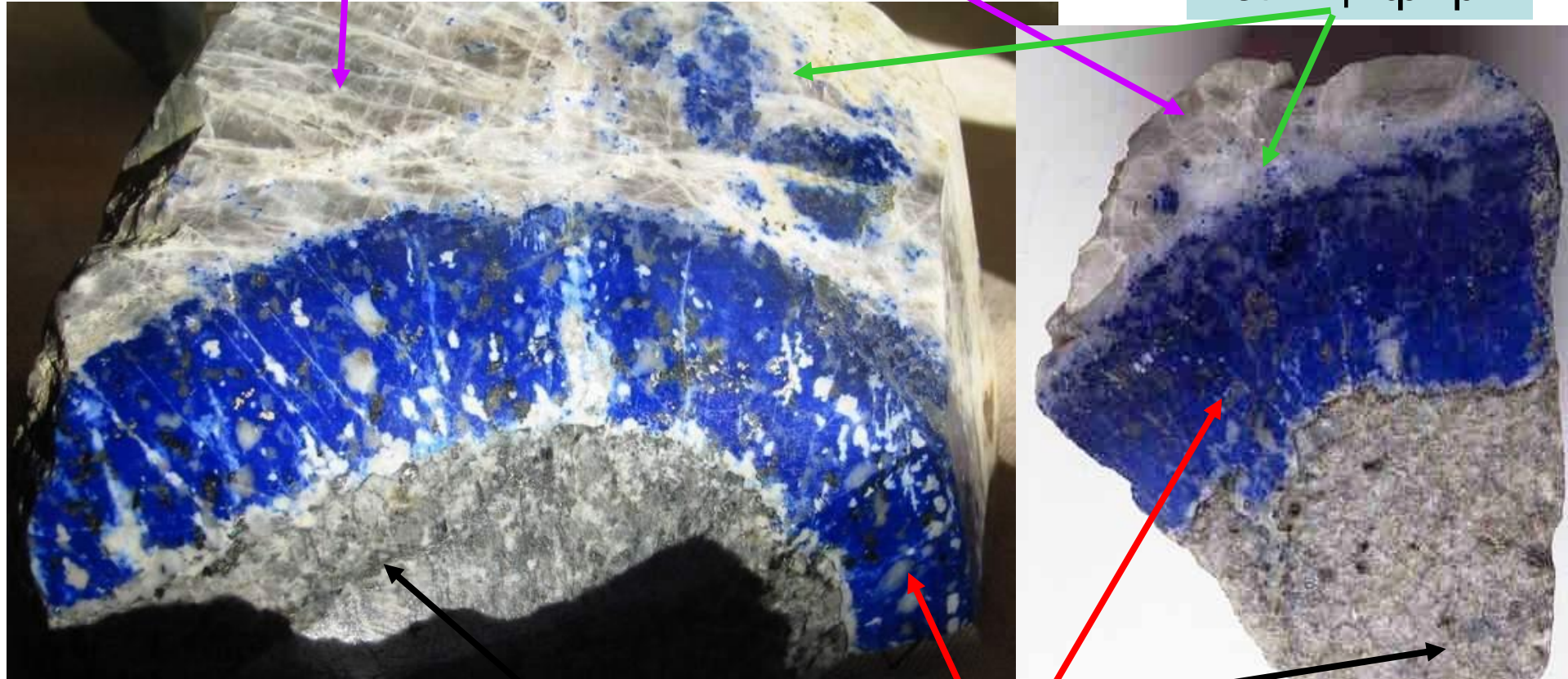
Позднескарновые прожилки кр/кр кальцита



# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Позднескарновые прожилки кр/кр кальцита

Кальцифиры



Колл. и фото  
Э.М.  
Спиридонова

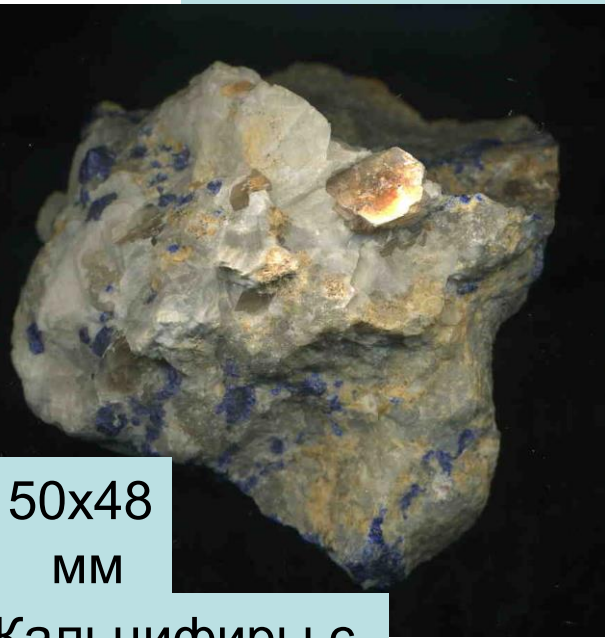
Скарнированные  
порфировидные  
граносиениты

Скарны с  
обильным  
лазуритом

Слюдянка,  
Байкал

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

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

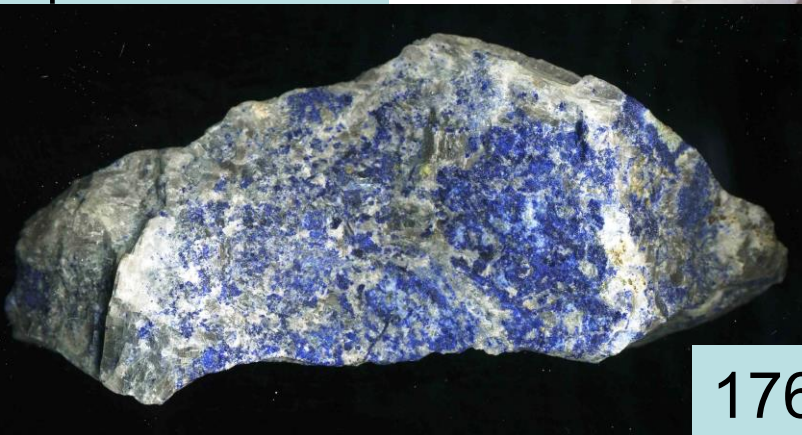


50x48  
мм

Кальцифиры с  
лазуритом и  
флогопитом



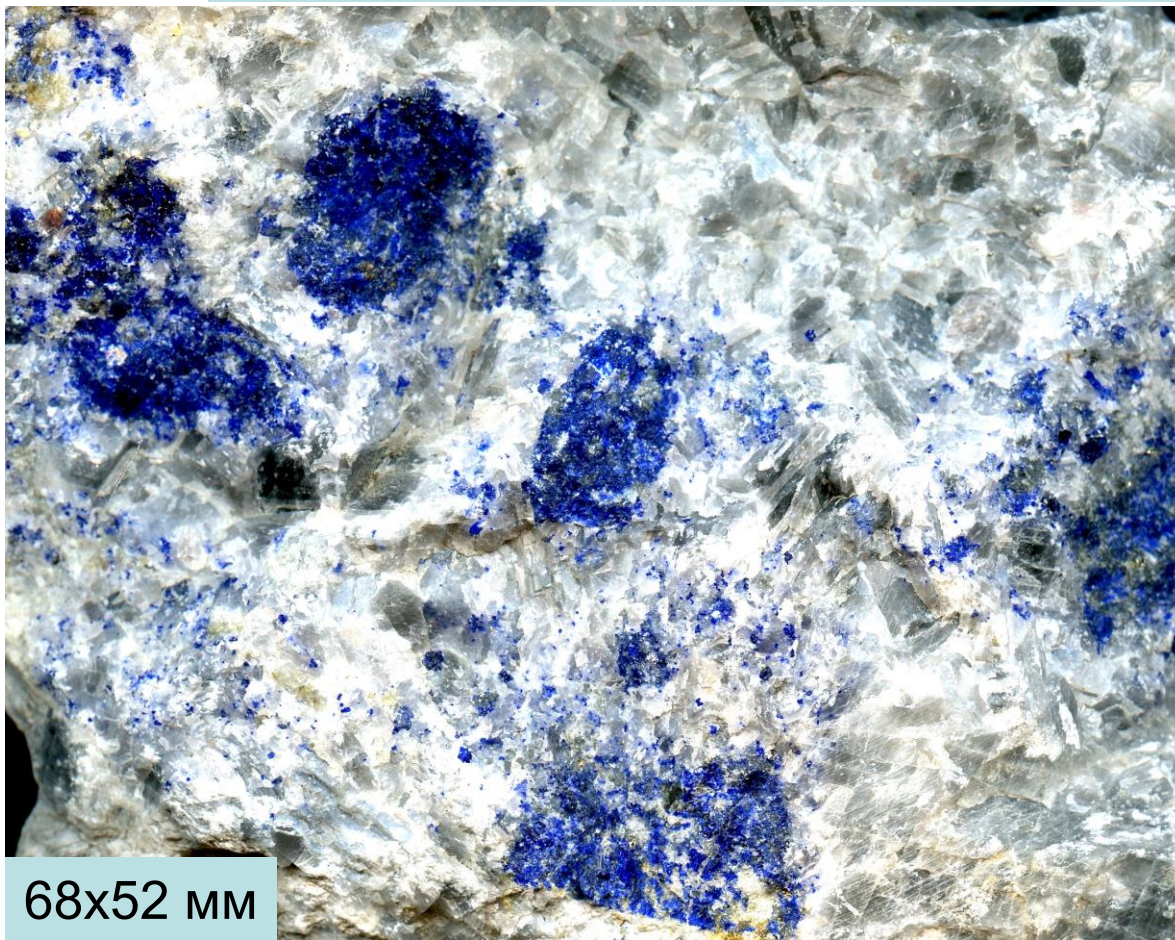
Слюдянка,  
Байкал



176x82 мм. Скарны с лазуритом

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

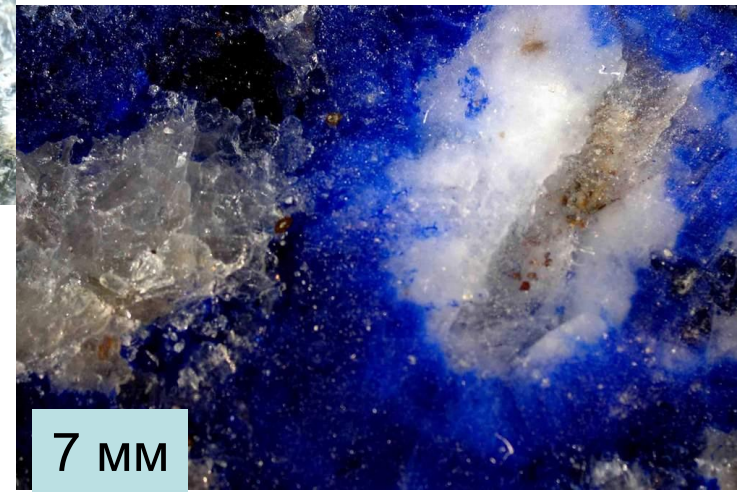
Лазурит  $\text{Na}_6 \text{Ca}_2 [\text{AlSiO}_4]_6 (\text{S}, \text{SO}_4, \text{CO}_3, \text{Cl}_2)_2$



Лазуритовые кальцифиры

68x52 мм

Малобыстринское,  
Слюдянка, Байкал



7 мм

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

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

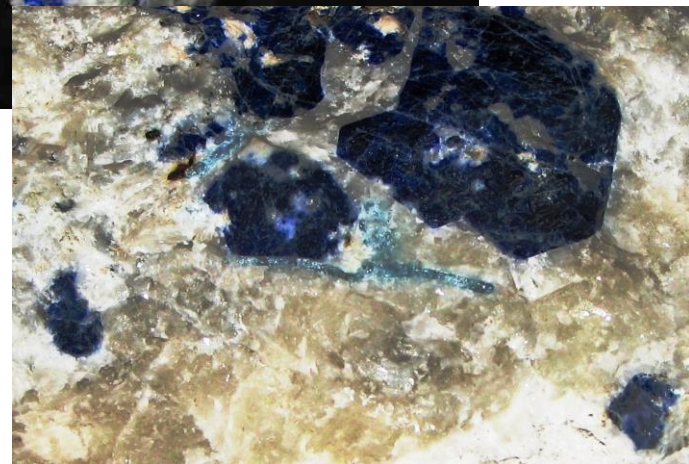
Кальцифиры. Малобыстринское, Слюдянка, Байкал



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



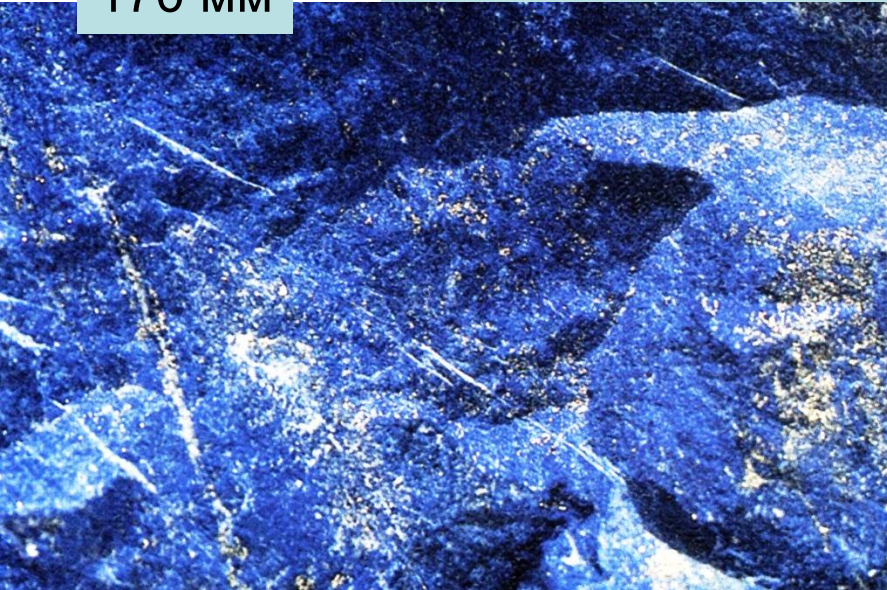
Ваза. Эрмитаж

# 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

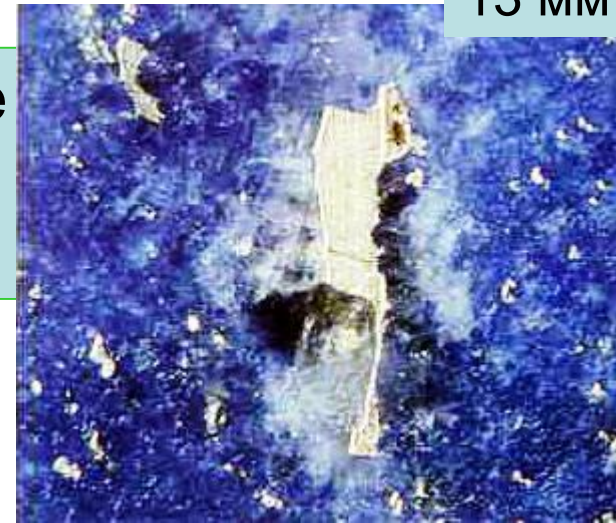
170 мм



Лазуритовые  
породы  
с пиритом

Фото  
ЭМС

13 мм



205  
мм

Ляджвардара,  
ЮЗ Памир

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

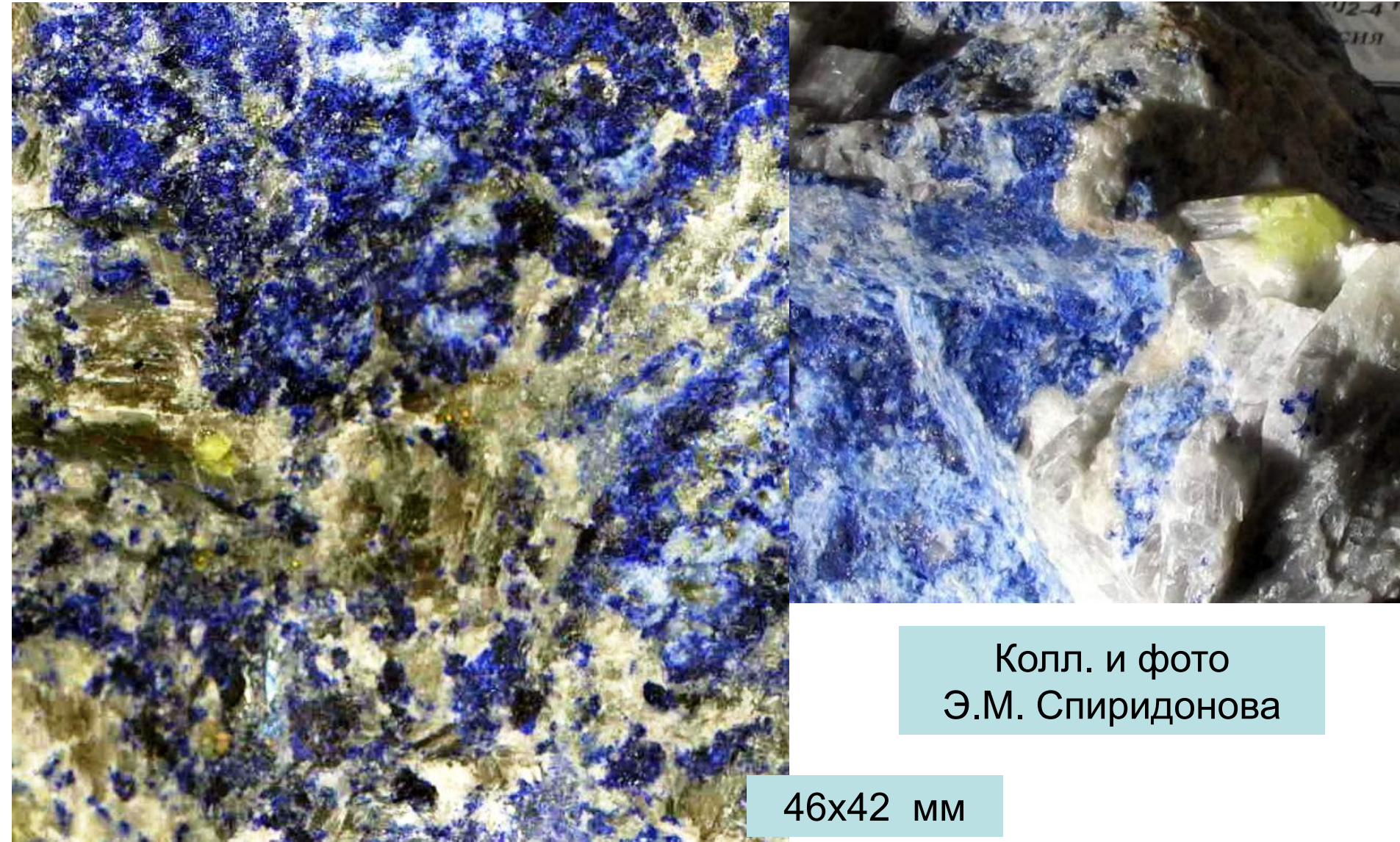
80 мм



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**



**Позднескарновые  
прожилки  
кальцита с  
самородной  
серой**

**Колл.  
и фото  
ЭМС**

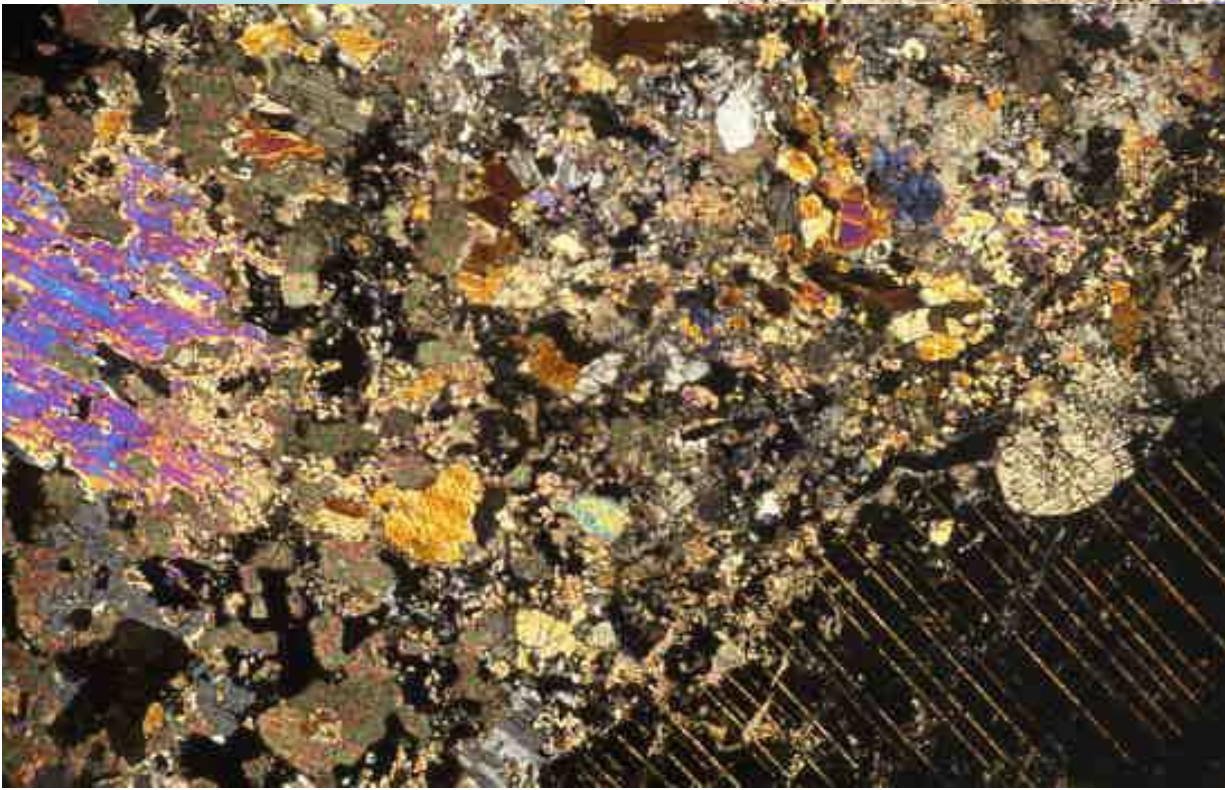
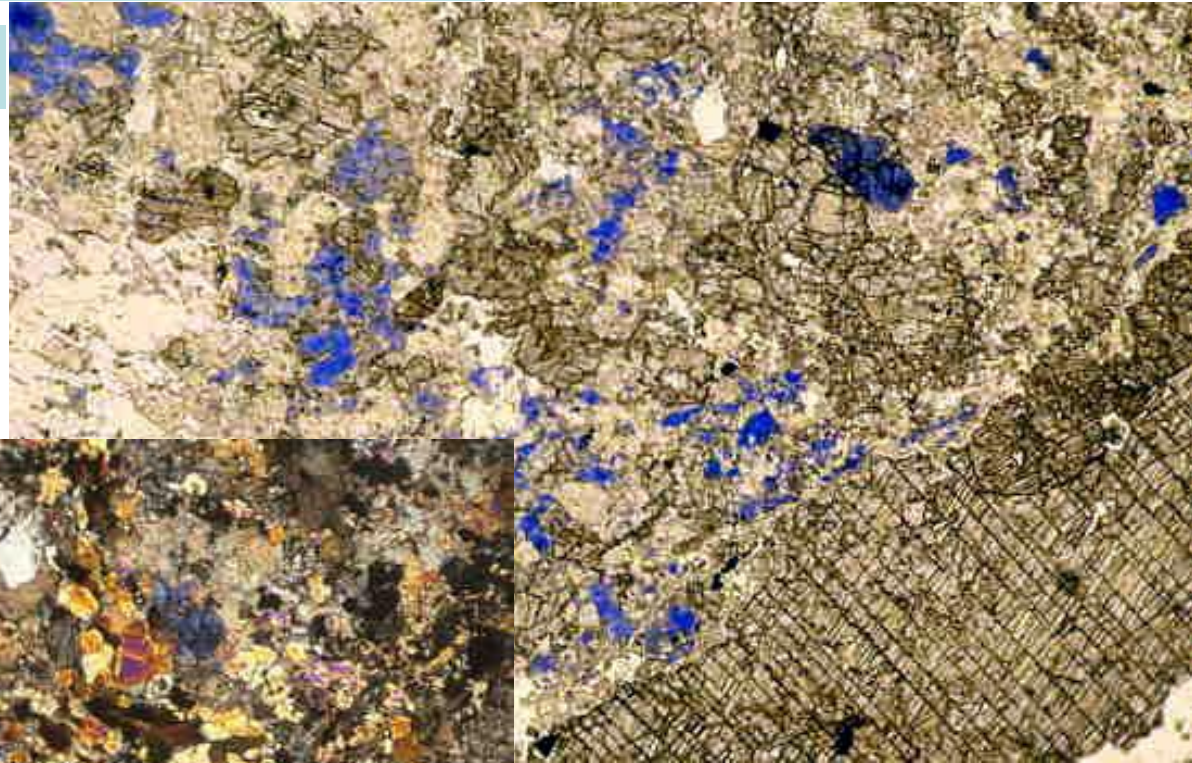
# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Слюдянка, Байкал

Шлиф. При 1 николе

Колл. и фото  
Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х



Кристалл  
натрового  
диопсида с  
распадом

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

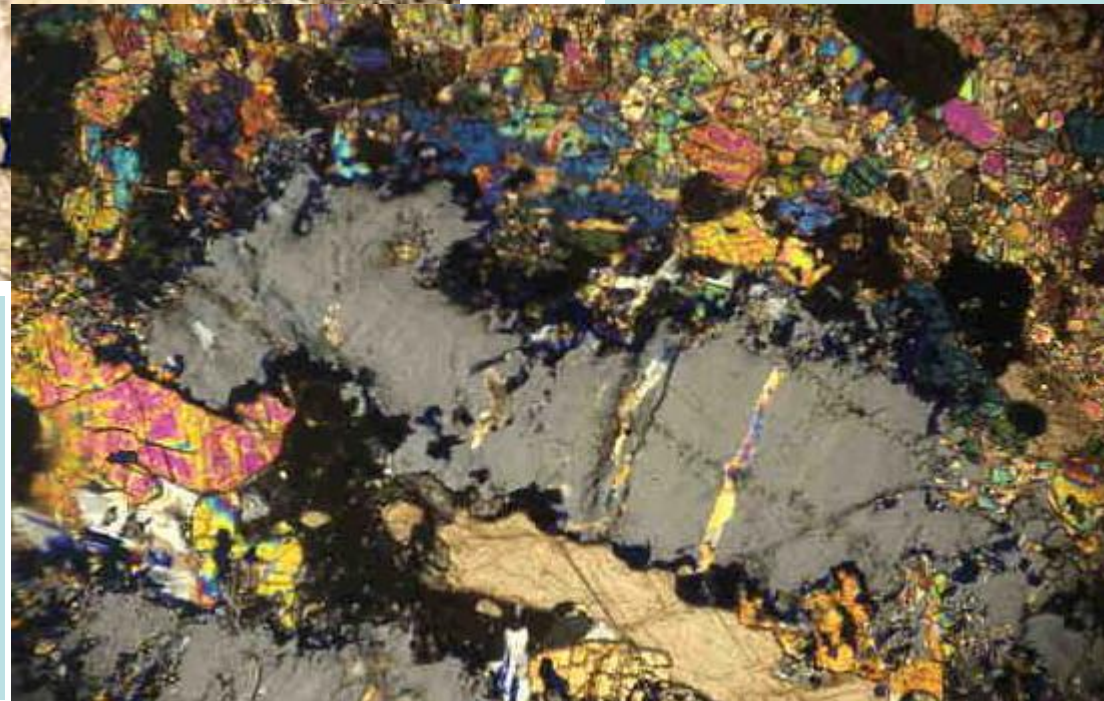
Слюдянка, Байкал

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

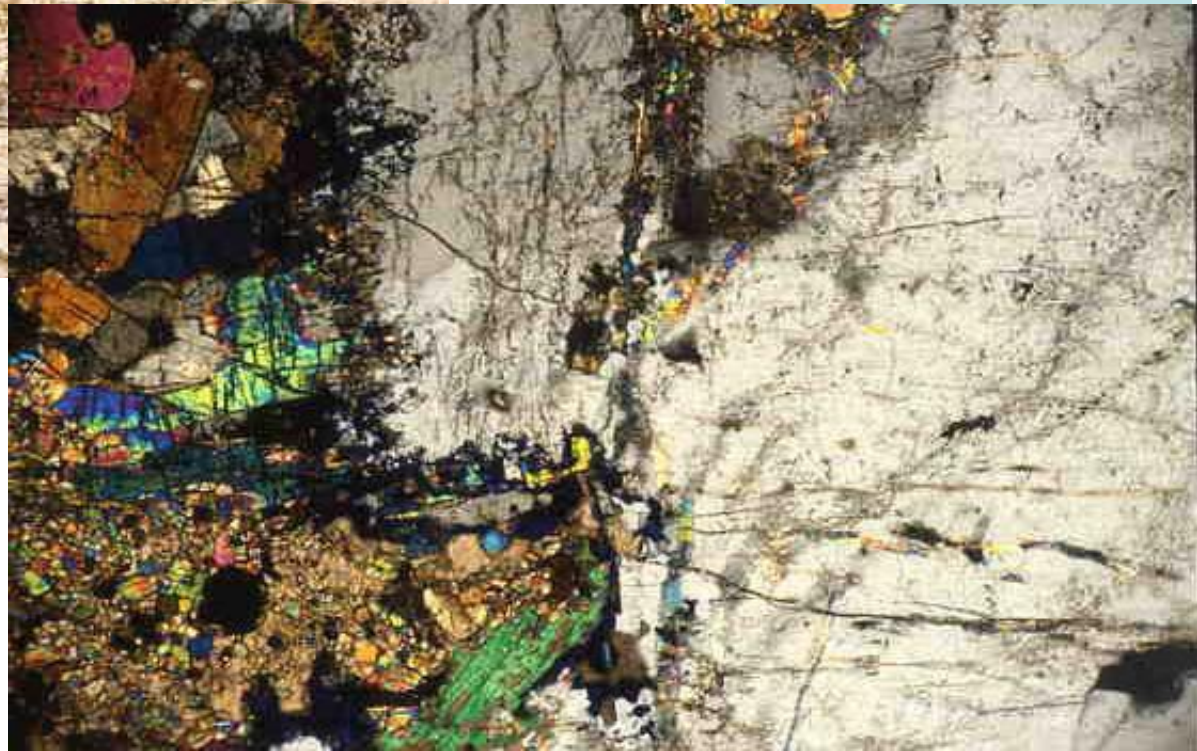
Слюдянка, Байкал

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

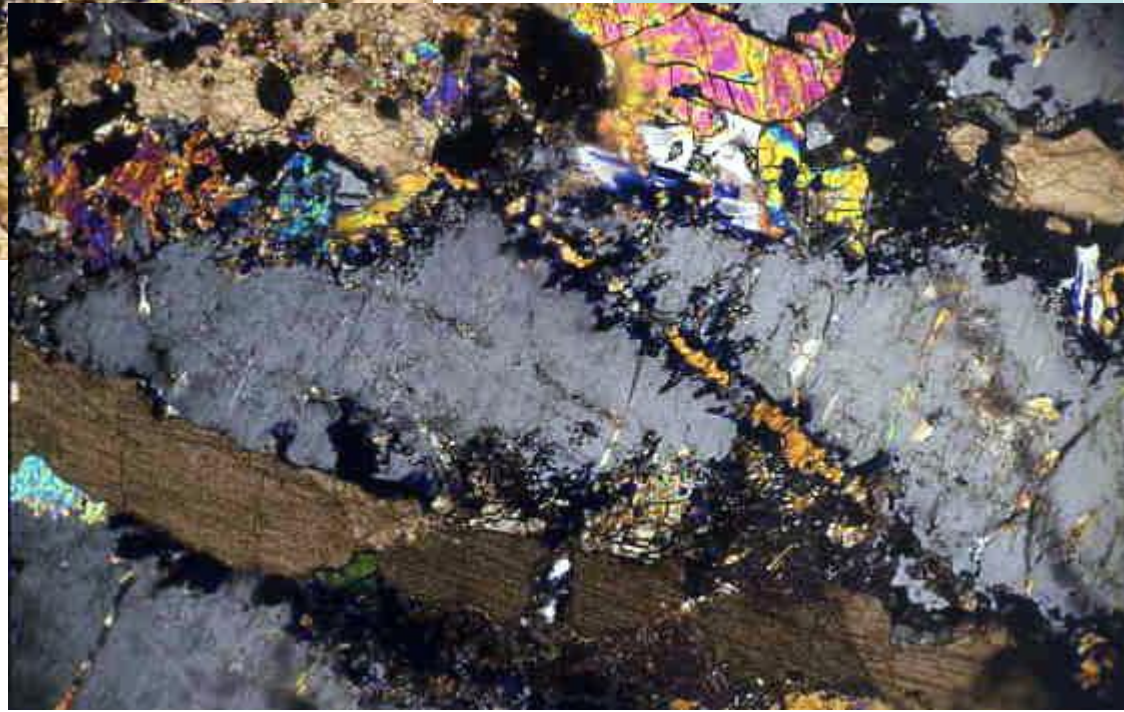
Слюдянка, Байкал

Шлиф. При 1 николе

Колл. и фото  
Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х

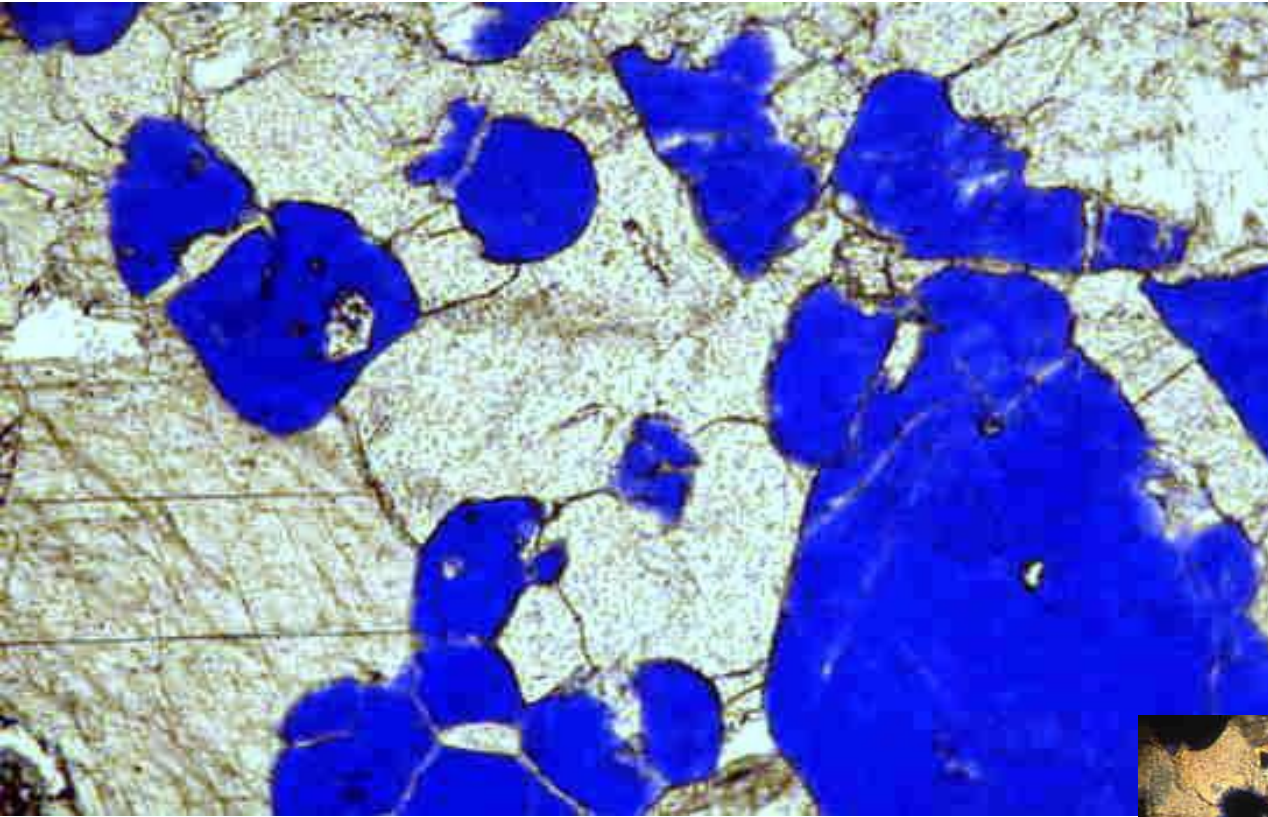
Лазурит с кальцитом  
развит на контактах и  
в реликтовом К-На  
полевом шпате





# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Слюдянка, Байкал

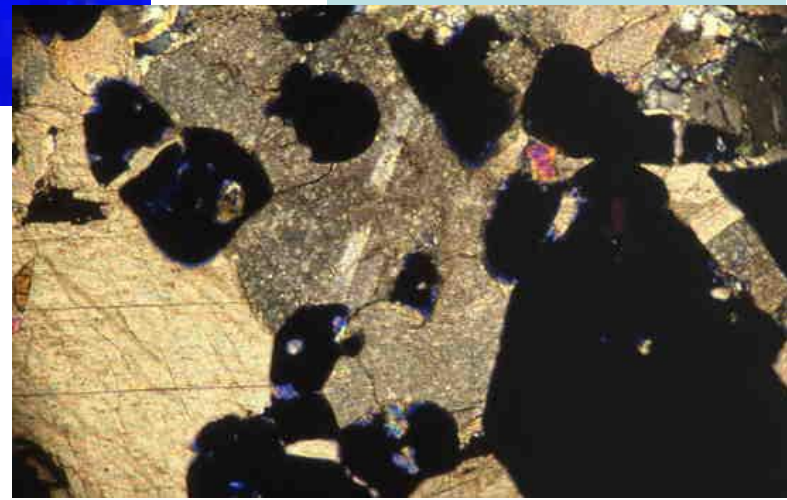


Шлиф. При 1 николе

Колл. и фото  
Э.М. Спиридонова

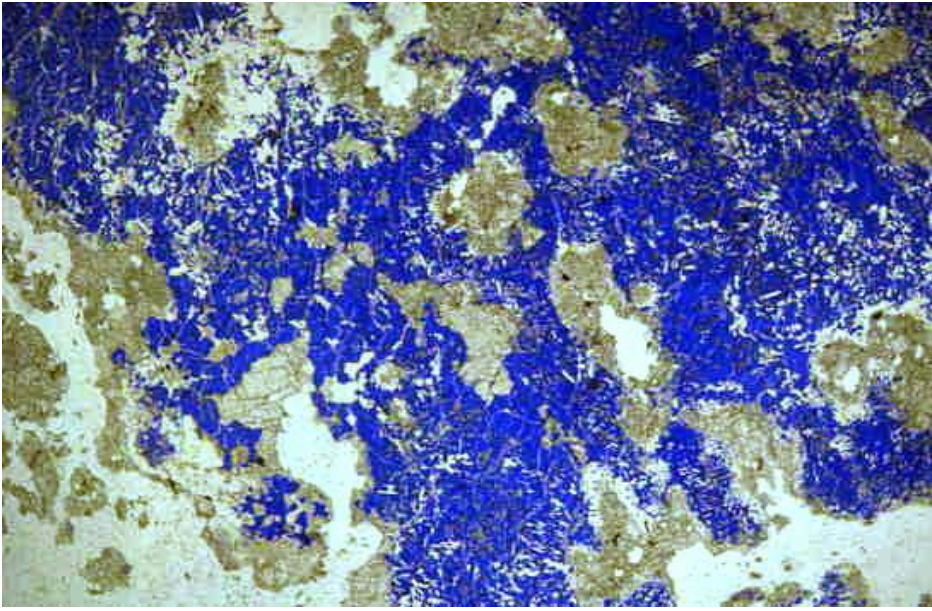
Шлиф. Николи х

Лазуритовые  
кальцифиты

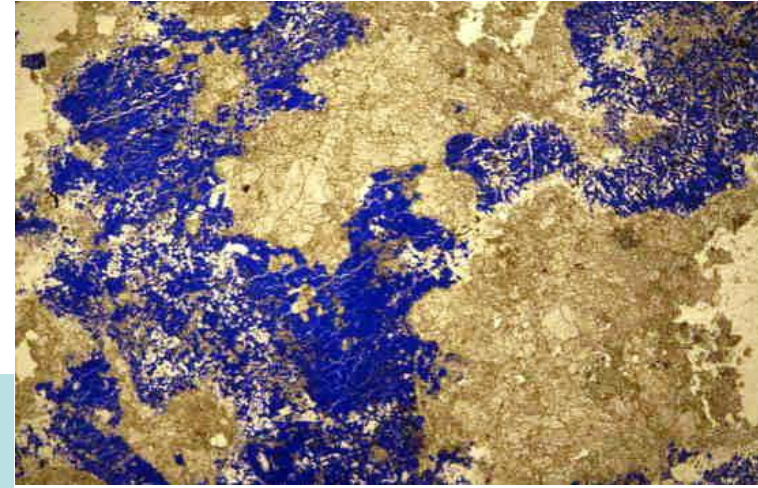


# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

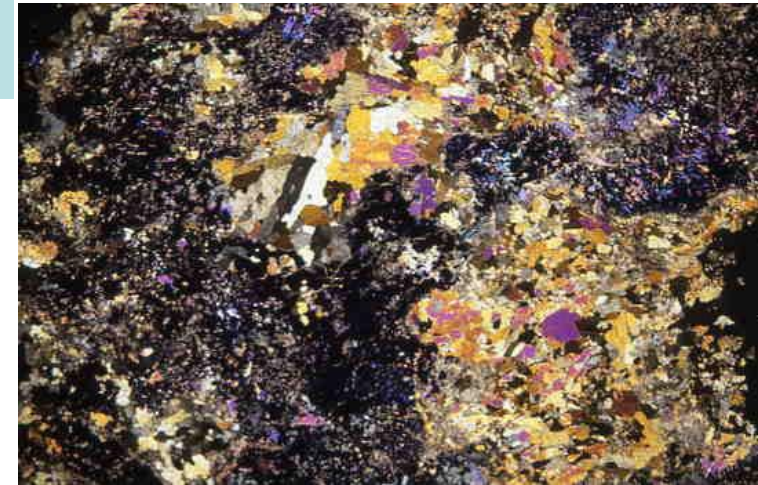
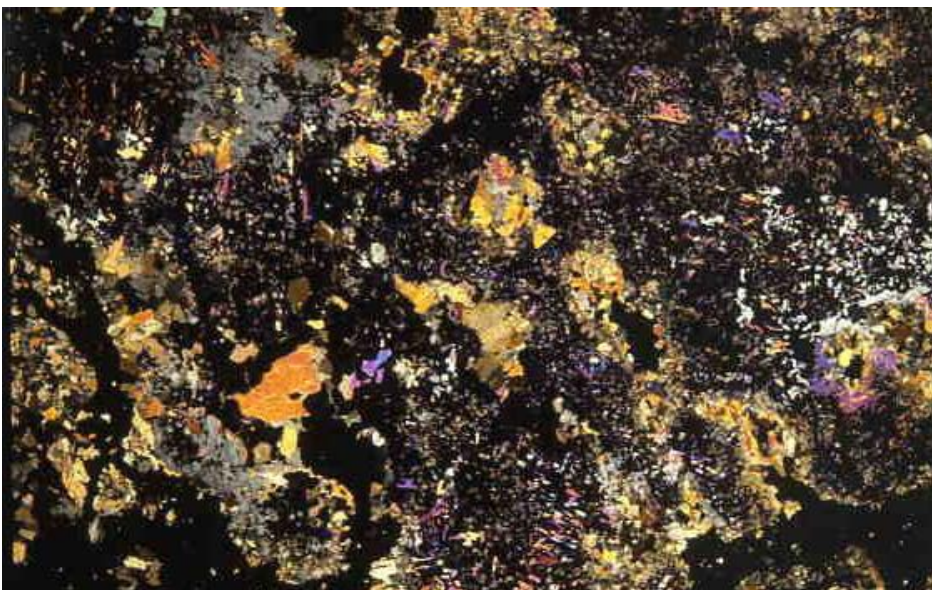
Слюдянка, Байкал. Полиминеральные скарны



Шлифы. При 1 николе



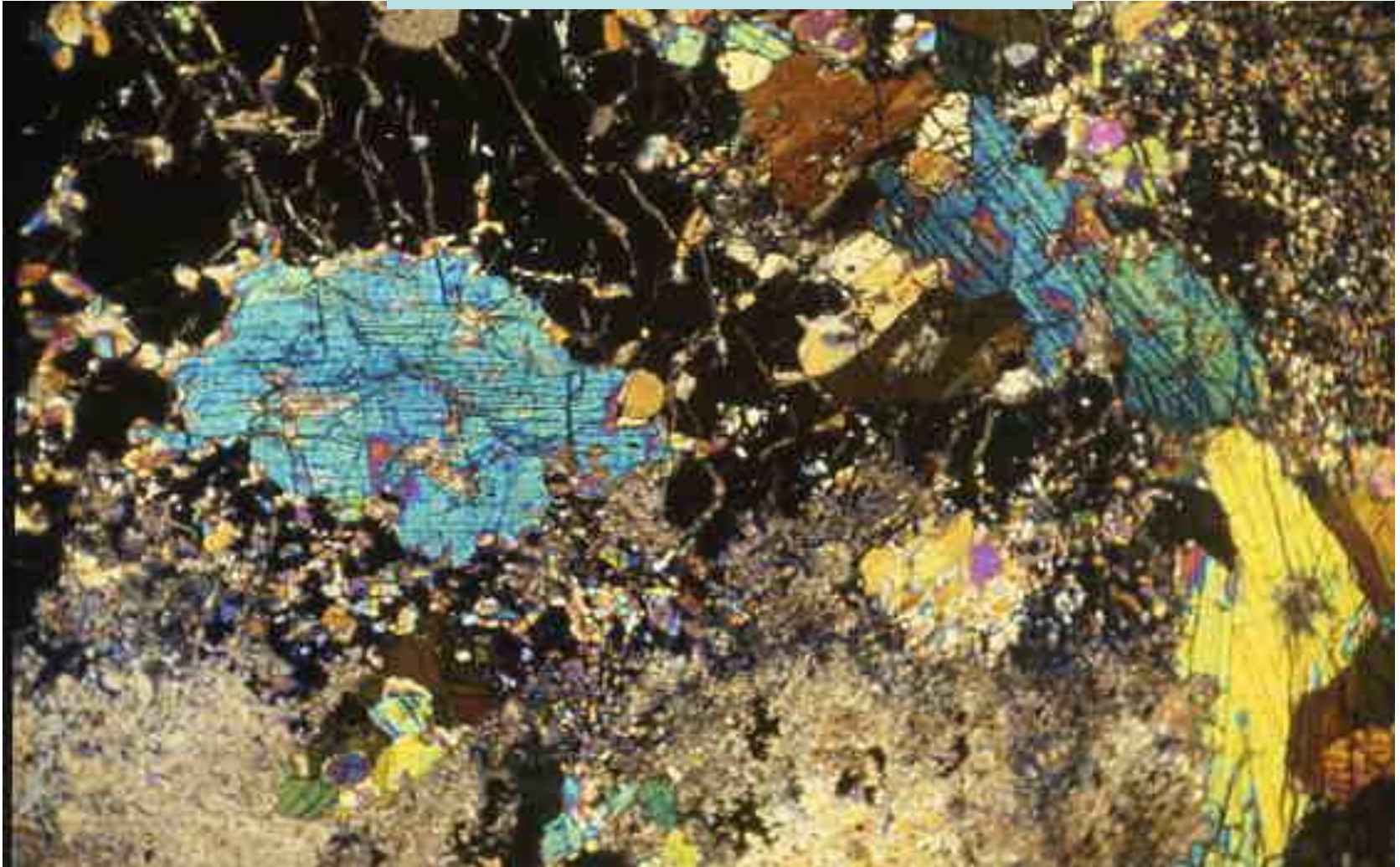
Колл.  
и фото  
ЭМС



Шлифы. Николи x

# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

Слюдянка, Байкал. Полиминеральные скарны  
с массой клинопироксена



Шлиф. Николи х

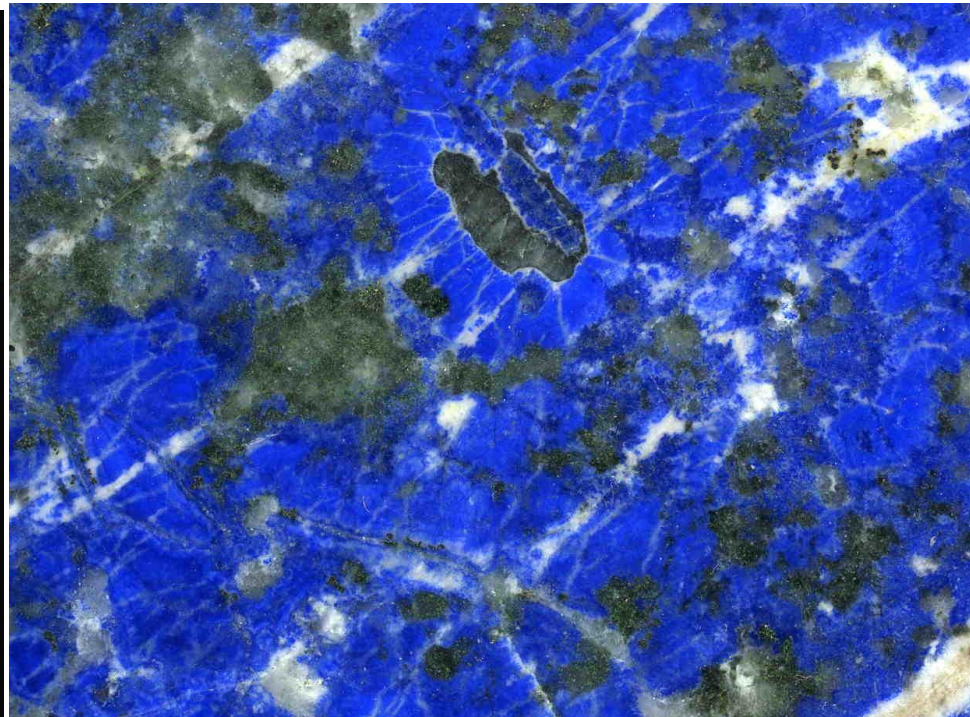
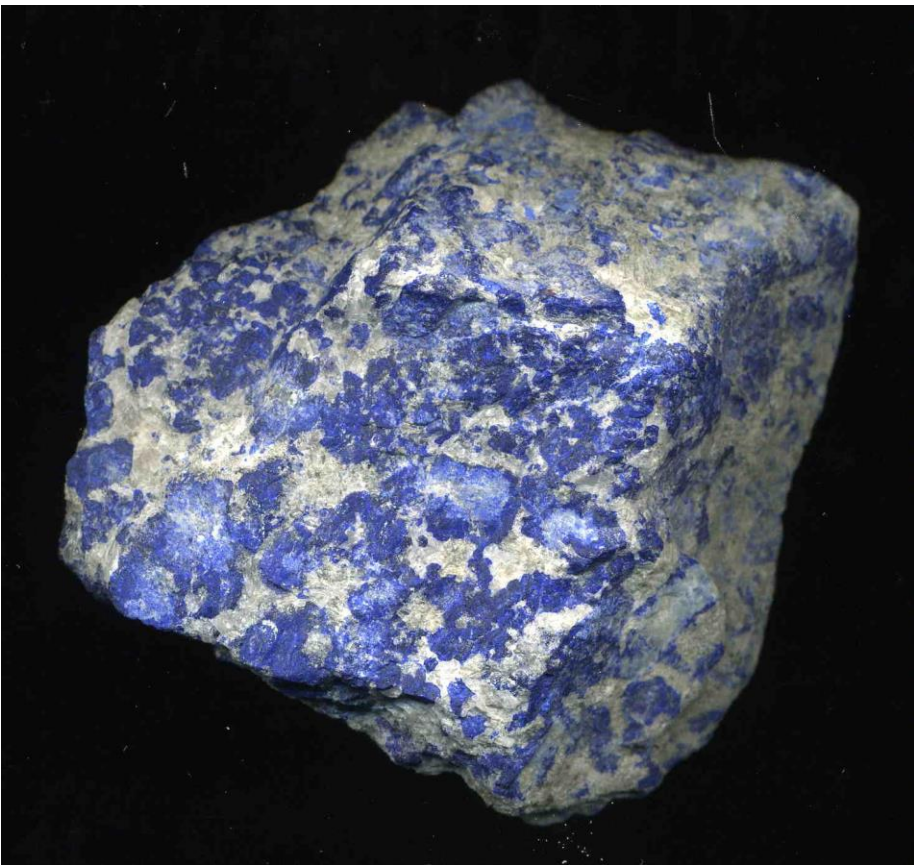
Колл. и фото Э.М. Спиридонова

# 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

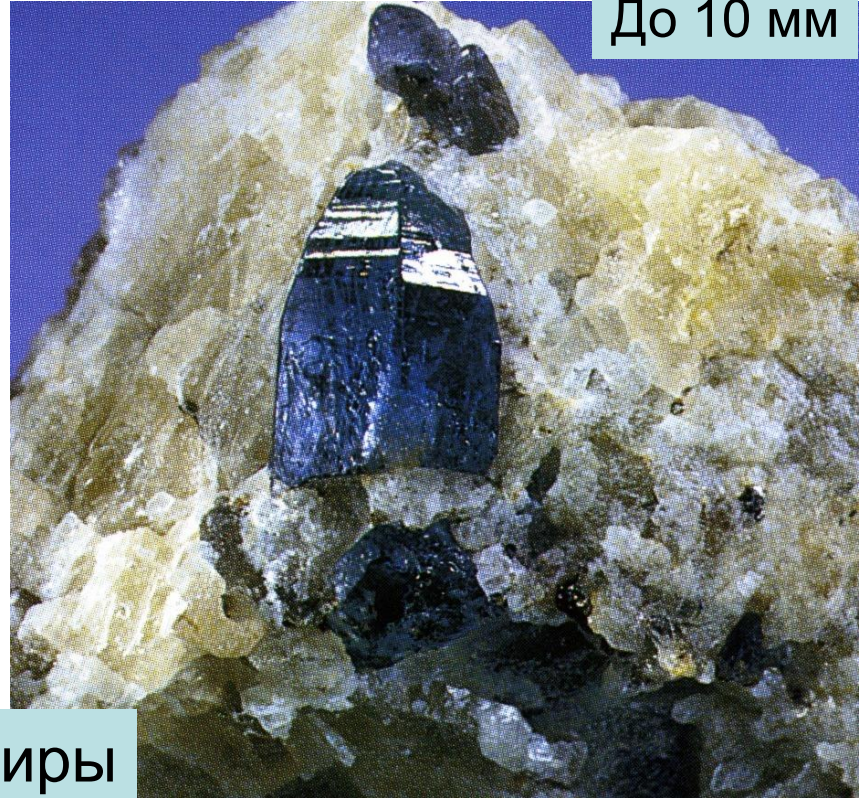
Sar-e-Sang, Бадахшан, Афганистан



До 10 мм



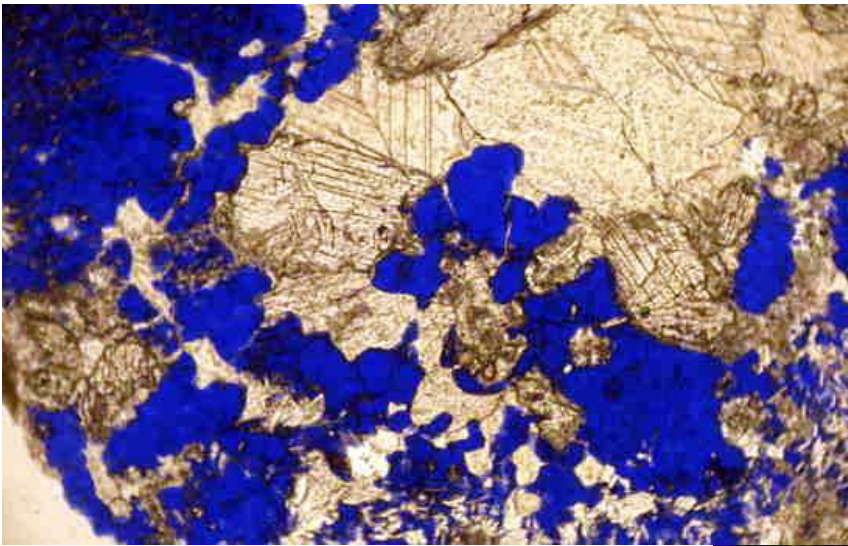
13 мм



Кальцифиры

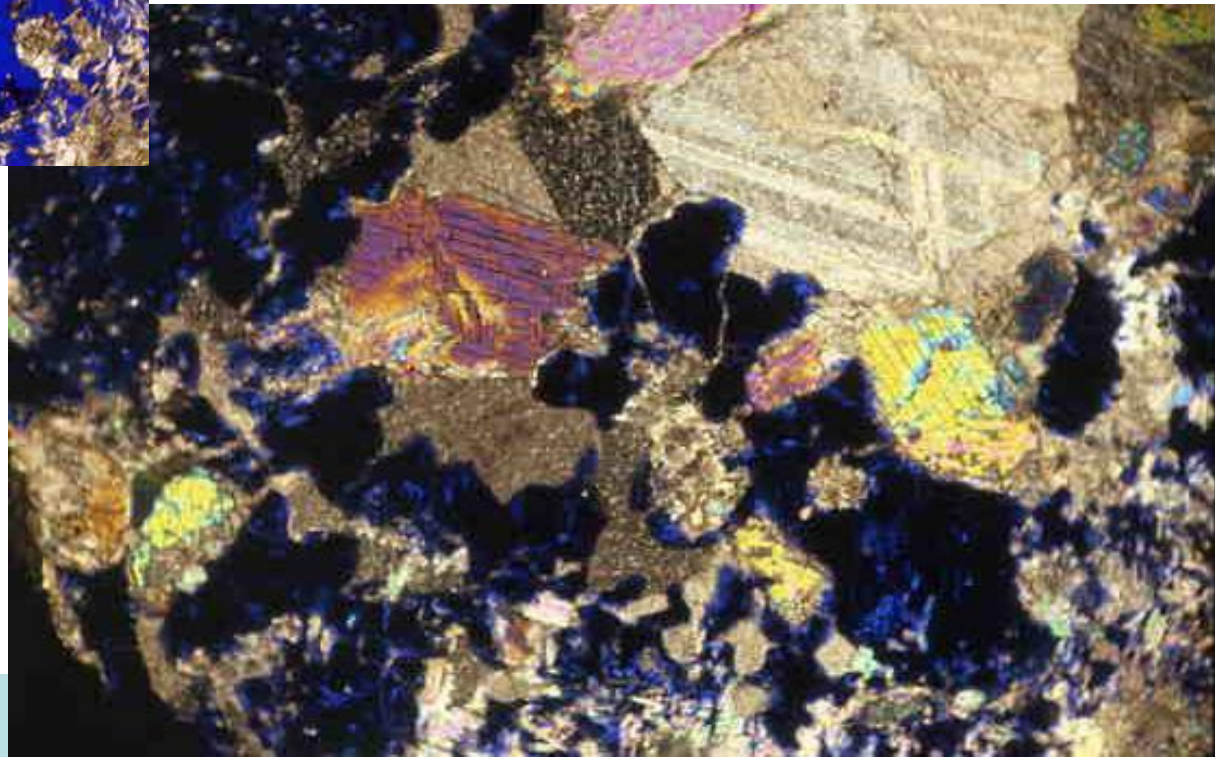
# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

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



Шлиф. При 1 николе

Колл. и фото  
Э.М. Спиридонова

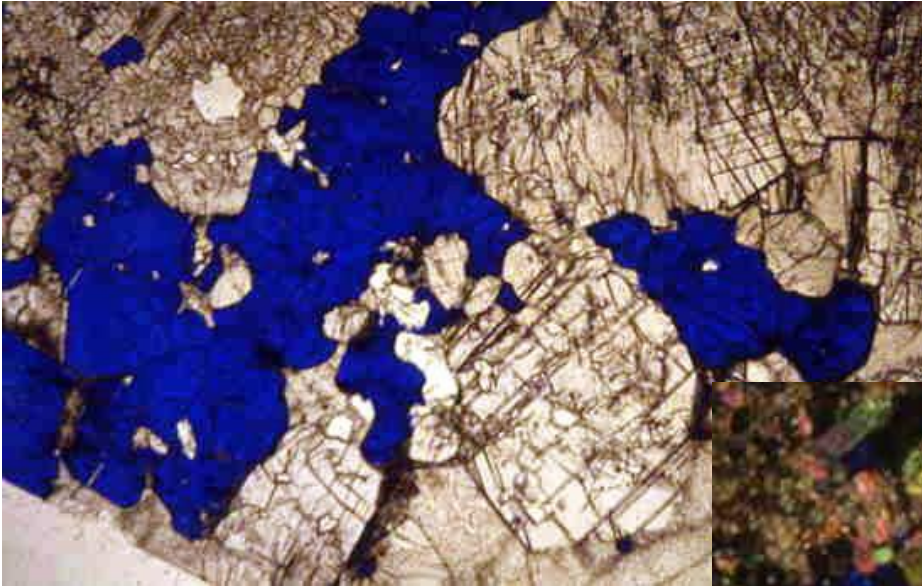


Шлиф. Николи x

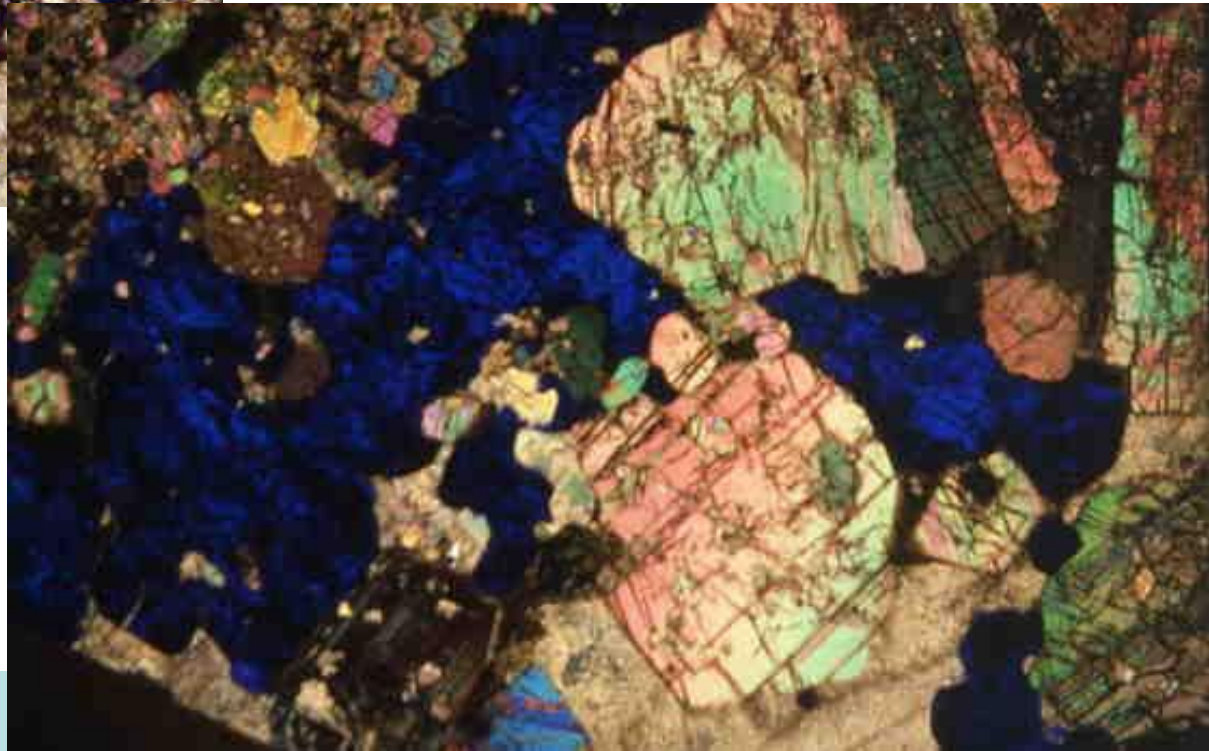
# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

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

Колл. и фото  
Э.М. Спиридонова



Шлиф. При 1 николе

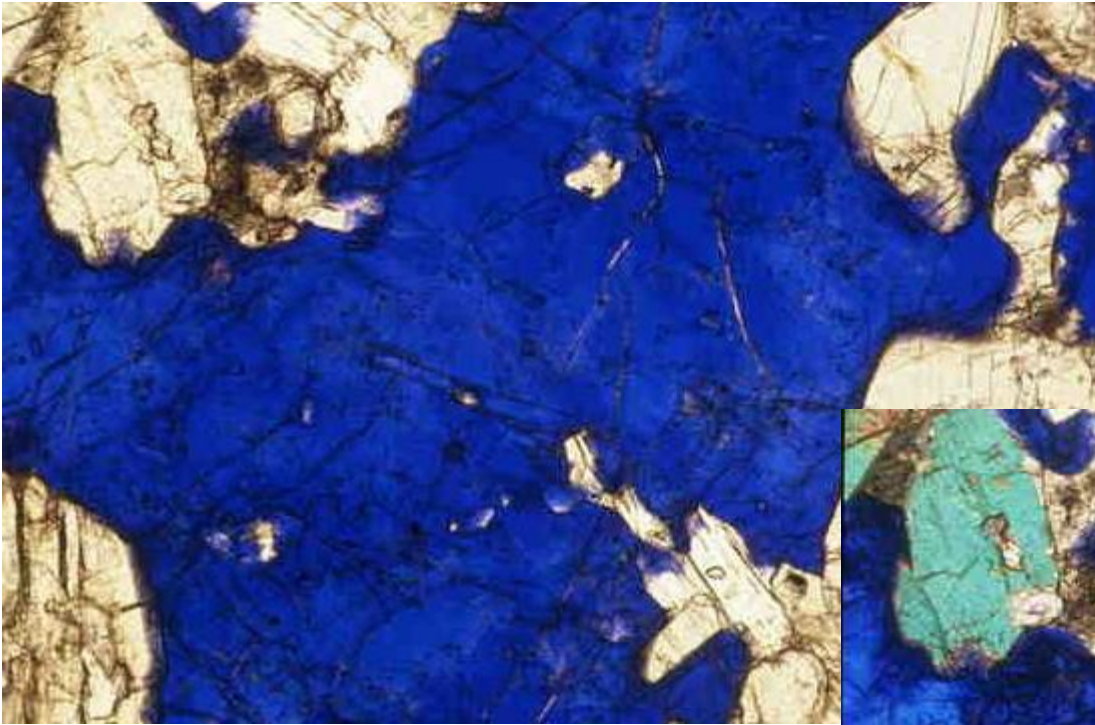


Шлиф. Николи x

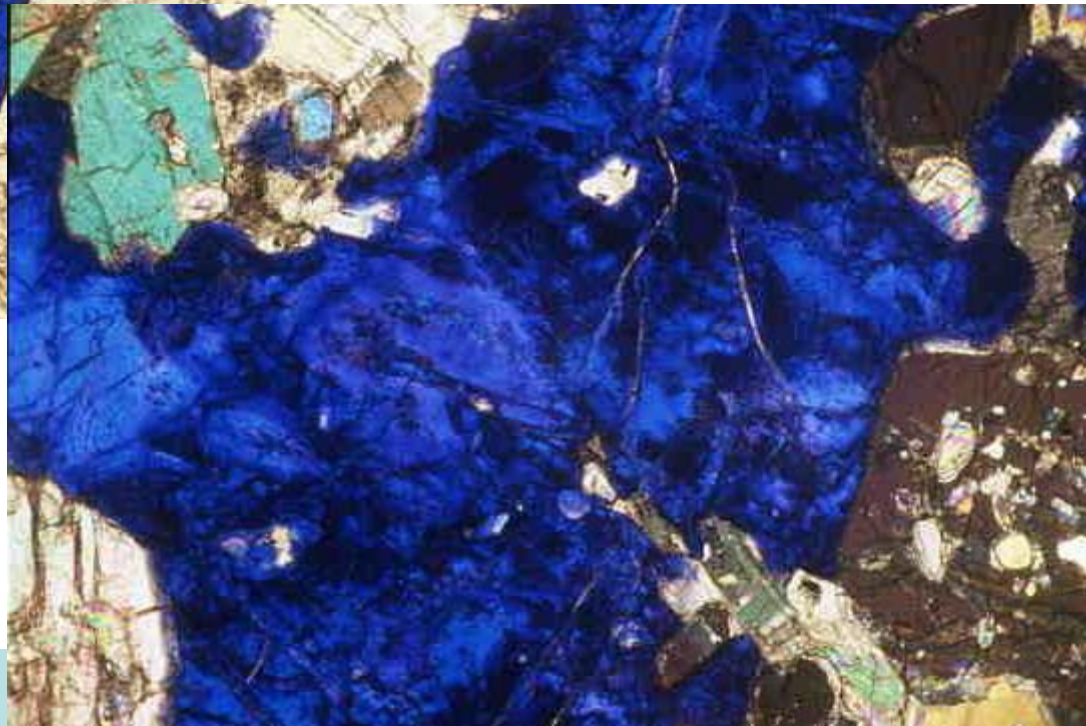


# МАГНЕЗИАЛЬНЫЕ СКАРНЫ. Лазуритоносные

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



Шлиф. При 1 николе



Шлиф. Николи х



