



Э.М. Спиридонов

**Минералогенез
при послемагматических
процессах.**

066. ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Обзор

Известковые скарны – высокотемпературные (пневмато) – гидротермальные метасоматиты, состоящие в основном из силикатов Ca (гранаты, плагиоклазы...), Ca-Mg-Fe (клинопироксены, амфиболы...), магнетита, кальцита, кварца...

Обычно известковые скарны развиты в контактовых зонах интрузивных тел гранитоидов или габброидов и вмещающих карбонатных, терригенно-карбонатных, вулканогенно-карбонатных, кремнисто-карбонатных, сульфатно-карбонатных пород – известняков, ангидрито-известняковых пород, мергелей... Известковые скарны развиты в участках брекчирования интрузивных пород и окружающих экзоконтактовых роговиков. Интрузивные тела были источниками тепла и части флюидов, источниками кремнезёма и глинозёма для образования скарнов. Карбонатные породы были источниками кальция. Судя по составу флюидных включений в минералах скарнов, флюиды имели существенно хлоридный состав, концентрация хлоридов составляла 40-70%, - по существу это рассолы. Роль фтора второстепенна. Это и понятно, - фторид кальция (флюорит) трудно растворимый минерал; поэтому при участии существенно фторидных флюидов скарны образоваться не могут. Температуры образования ранних минеральных ассоциаций Ca скарнов

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Обзор

по данным изучения флюидных включений и экспериментального моделирования (Зарайский, 1989) обычно выше 550°C и до 750°C . Наиболее высокотемпературные скарны развиты в контактах мало глубинных интрузивов долеритов и габбро-долеритов трапповых формаций. Наряду с гипабассальными, широко развиты Са скарны мезоабиссальные и абиссальные.

По результатам экспериментального моделирования минеральные ассоциации Са скарнов образуются при участии близ нейтральных растворов NaCl , $\text{NaCl}+\text{CaCl}_2$, CaCl_2 , обычно с небольшой концентрацией MgCl_2 и KCl . При участии высоко щелочных или сильно кислотных растворов известковые скарны не образуются.

Стандартные Са скарны слагают биметасоматические тела замещения зонального строения на контактах разнородных по химическому составу сред. Колонка (разрез тела) стандартных ранних скарнов : кальцитовые мраморы → скарны волластонитовые (или везувиан-волластонитовые, или гроссуляр-волластонитовые) → скарны диопсидовые (салитовые) → скарны гранат-диопсидовые (салитовые) →

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Обзор

скарны гранатовые → эндоскарны = белёсого цвета сфен-диопсид (салит) -плагиоклазовые породы (иногда с реликтовым кварцем) [продукты замещения интрузивных пород] → скарнированные гранитоиды или габброиды → гранитоиды или габброиды. Итак, от карбонатных пород в сторону гранитоидов поток (диффузия) Ca, от гранитоидов к карбонатным породам поток (диффузия) Si, Al и Fe.

Во многих геологических работах 1950-1960 г.г. (и более ранних) клинопироксен-плагиоклазовые породы (эндоскарны) описаны как магматические габброиды – габбро-диориты. Нередко такие породы, отделяющие гранитоиды от скарнов и мраморов, описывали как гибридные фации гранитоидов (продукты контаминации гранитоидных расплавов веществом карбонатных пород). Однако, эндоскарны = клинопироксен-плагиоклазовые породы – типично гидротермальные метасоматиты, неоднородные по структуре, составу, в слагающих их минералах нет расплавных включений, они содержат газово-жидкие включения. Поскольку любые колонки стандартных известковых скарнов включают клинопироксен-плагиоклазовые эндоскарны, постольку все они являются послемагматическими метасоматитами. Не знаю ни одной доказанной колонки известковых скарнов магматической стадии.

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Обзор

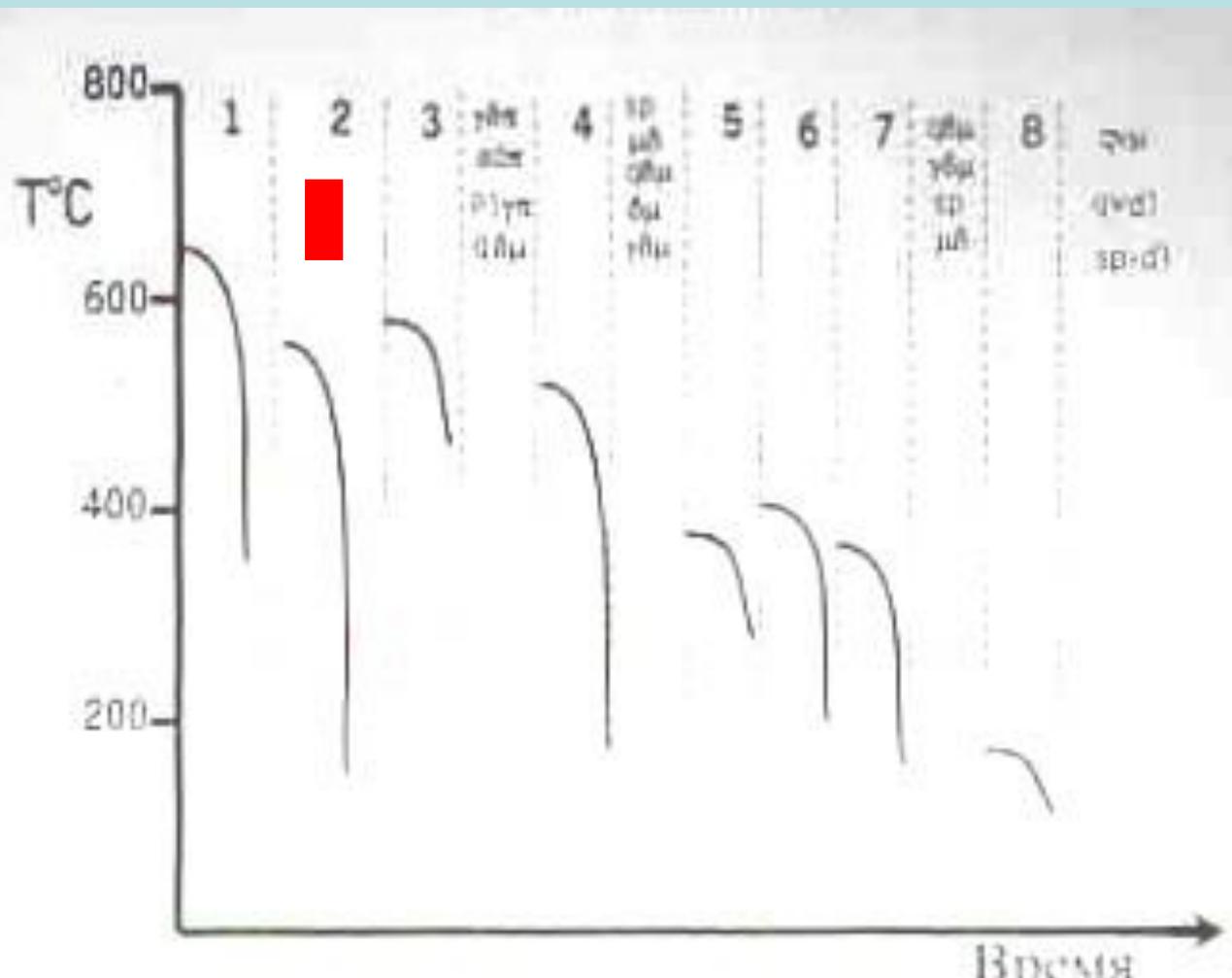
В скарнах, связанных с интрузивными породами повышенной щёлочности - граносиенитами, кварцевыми сиенито-диоритами, монцонитами, сиенитами... в составе эндоскарнов плагиоклаз сменяют скаполиты, при дальнейшем росте щёлочности – калишпат. Таким образом, состав эндоскарнов – индикатор щёлочности сопряжённых магматитов.

Известковые скарны слагают также инфильтрационные – жильные тела замещения вне контактов разнородных по составу сред: в мраморизованных известняках и терригенно-карбонатных породах, в роговиках любого состава (кроме кварцитов), в гранитоидах и габброидах. Это так называемые «автореакционные» известковые скарны (Жариков, 198..). При этом часто возникают штокверковые тела скарнов. Нередко замещение идёт послойно и возникают многократные тела замещения – так называемые ритмично полосчатые скарны.

Известковые скарны обычно наиболее ранние из послемагматических метасоматитов. Ранее их образуются обычно только магнезиальные скарны. Остальные – грейзены, пропилиты, листвениты... более поздние, наложены на известковые скарны, замещают скарны.

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Стандартная инверсионная (соскладчатая) тоналит-гранодиоритовая формация – каледонский крыккудукский комплекс севера Центрального Казахстана



Послеинтрузивные метасоматические формации :

1. Mg скарны
2. Са скарны
3. Кварц-мусковит. метасоматиты
4. К пропилиты
5. Na пропилиты
6. Гумбеиты
7. Березиты – листвениты
8. Аргиллизиты

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Обзор

Источники флюидов. Часть флюидов несомненно выделяли активные интрузивы. Значительная часть флюидов могла происходить из вмещающих толщ, нагретых активными интрузивами гранитоидов и габброидов или даже расплавами базальтов.

Большой интерес представляют скарновые магнетитовые месторождения в трубках взрыва базальтов трапповой формации Восточно-Сибирской платформы. Это Ангаро-Илимская железорудная провинция. Трубки взрыва – продукты фреатомагматических извержений. Они возникли там, где базальтовые расплавы внедрились в K-Mg-Na-Ca хлоридные рассолы, залегающие среди много километровых толщ соленосных и ангидритовых пород платформенного чехла. Солёность этих рассолов 450-700 кг/т. Перегретые рассолы устремлялись в трубки взрыва, частью в околотрубное пространство и вдоль пологих срывов в осадочные толщи на расстояние до 2 км от трубок. Перегретые рассолы заместили породы любого состава – от аргиллитов до базальтов и редких известняков минеральными агрегатами высоко T известковых скарнов (андрадит-гроссуляр, диопсид, волластонит, везувиан, скаполиты) с более поздними обильными магнетитовыми и магномагнетитовыми рудами. Эти руды местами состоят поровну из магнетита и галита (натрий в отличие от

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Обзор

кальция почти не фиксирован в минералах скарнов). Процессы образования ангаро-илимских скарнов чередовались с вулканической активностью. Во многих участках известковые скарны с магнетитовым оруденением брекчированы и на их обломки выросли крупно кристаллические агрегаты форстерита, монтичеллита, фассаита с тем или иным количеством шпинели и магнетита. В данном случае, магнезиальные скарны возникли позже известковых скарнов. Известковые и магнезиальные скарны Ангро-Илимских железорудных месторождений возникли при отсутствии интрузивов гранитоидов и незначительной роли известняков и доломитов.

Итак, известковые скарны – это после магматические высокотемпературные метасоматиты, продукты воздействия близ нейтральных натриево-кальциево-хлоридных растворов – рассолов, бедных магнием. Источниками флюидов могут быть активные интрузивы, могут быть и вмещающие толщи, особенно эвапоритовые. Источником кальция обычно являются карбонатные породы, но могут быть и рассолы. Минеральные и геохимические особенности скарнов во многом обусловлены типом и составом активных магматических тел.

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Экспериментальное моделирование подтвердило, что скарны возникают при высоких температурах: Ca скарны при воздействии существенно хлоридно-кальциевых растворов, Mg скарны при воздействии существенно хлоридно-магниевых растворов

Жариков В.А.,
Ходоревская Л.И.,
1997.

Докл. АН СССР. Т. 294.
С. 952-955

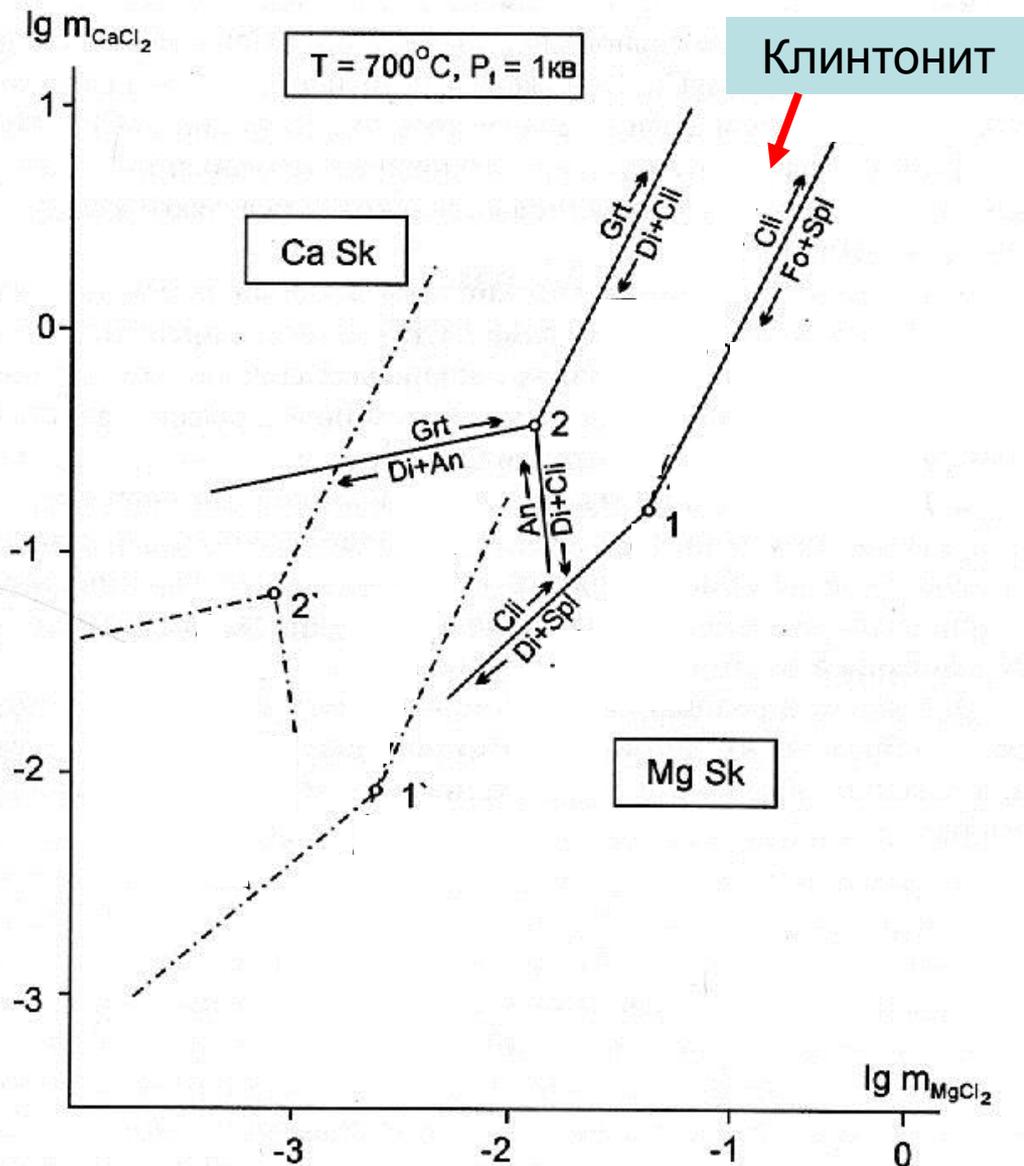
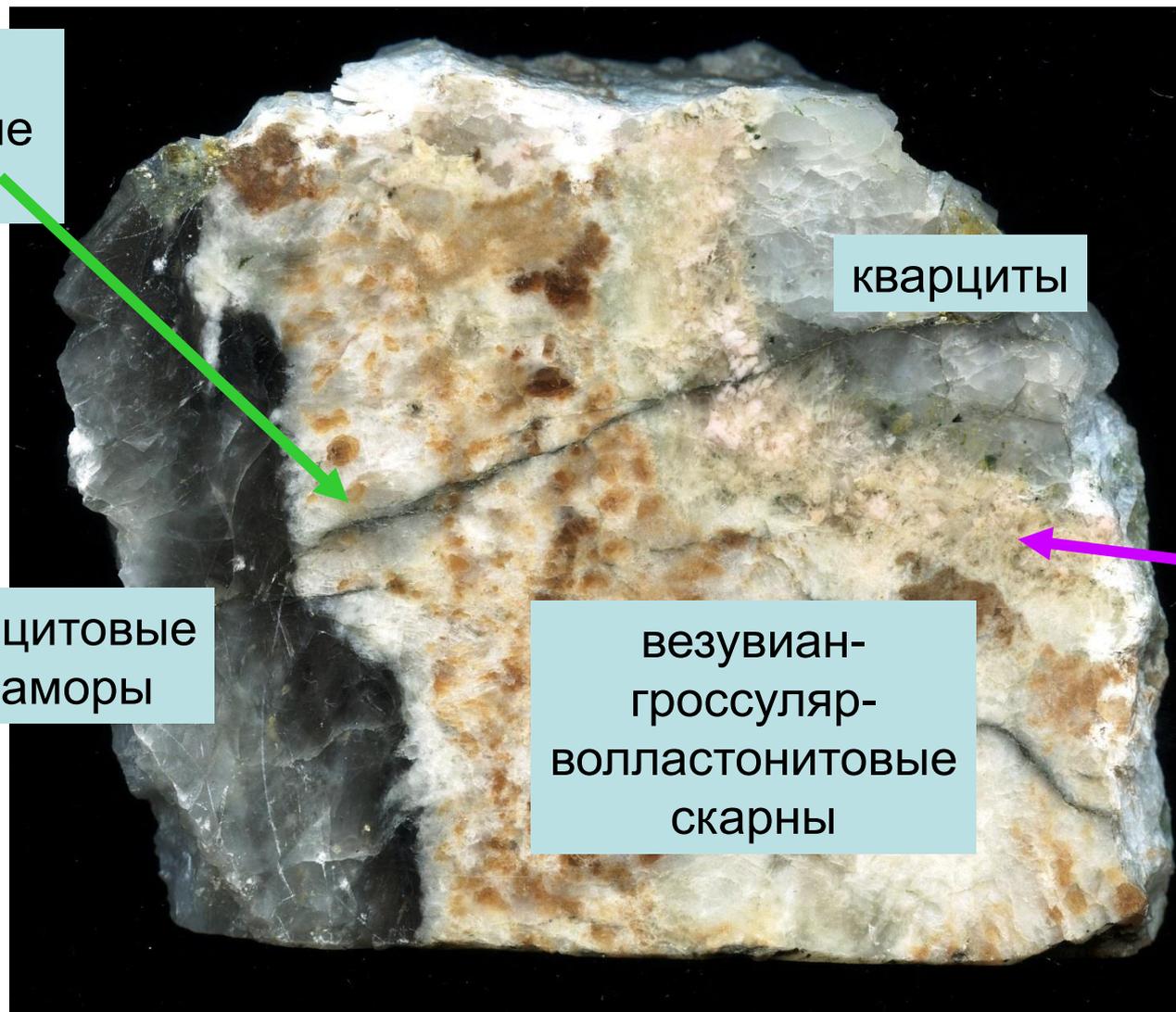


Рис. 16.17. Диаграмма зависимости парагенезисов известковых и магниальных скарнов от концентраций CaCl_2 , MgCl_2 и HCl в растворах

Результаты экспериментальных исследований при $T=700^\circ\text{C}$ и $P=1\text{кВ}$ [Жариков и Ходоревская, 1987]. Сплошные и штрих-пунктирные линии – экспериментальные результаты при $m_{\text{HCl}} = 0,1\text{M}$ и $m_{\text{HCl}} = 0,02\text{M}$, соответственно. Пунктир – расчетные данные

Стандартная колонка диффузионных известковых скарнов



везувиан-
кальцитовые
скарны

кварциты

кальцитовые
мраморы

везувиан-
гроссуляр-
волластонитовые
скарны

волласто-
нитовые
скарны

92x77 мм

Фото Э.М. Спиридонова

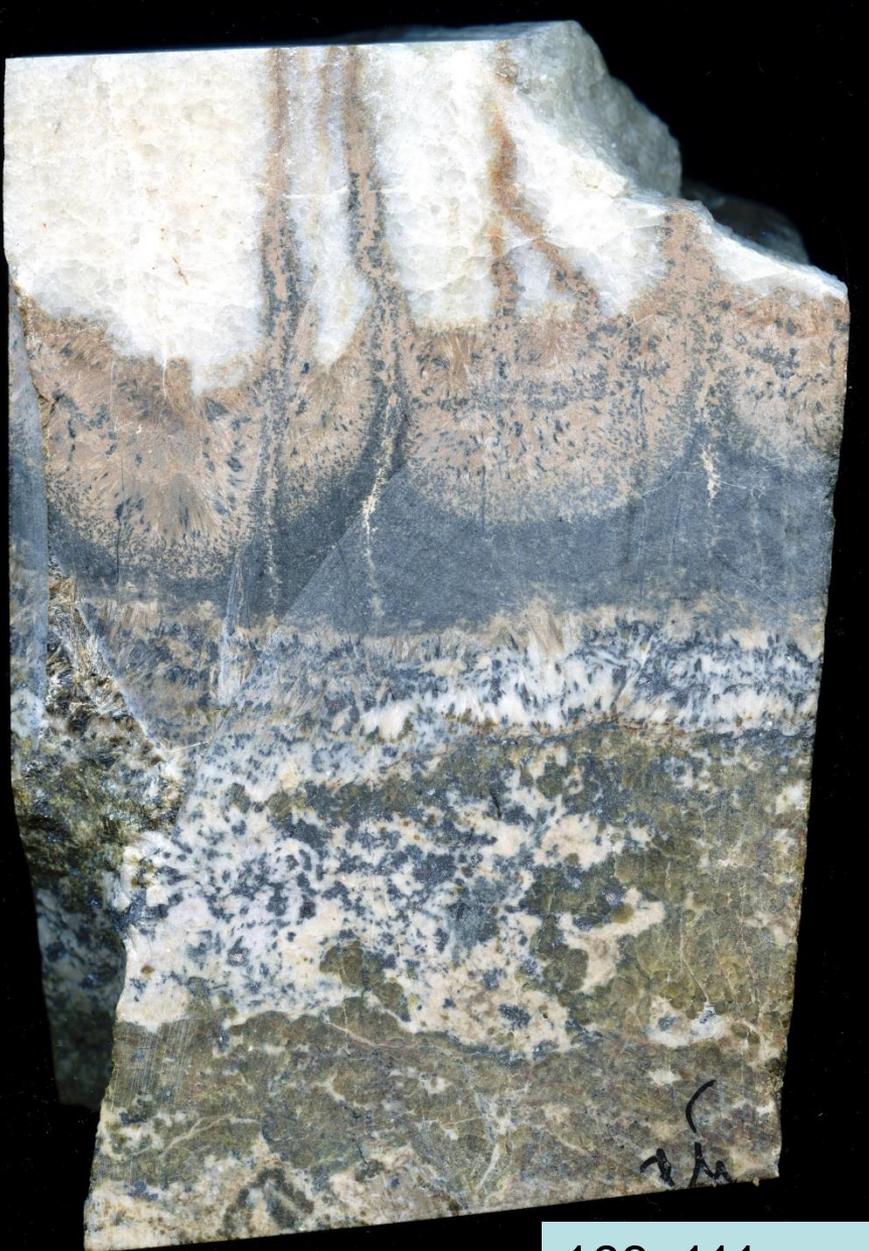
Са скарны

Курусай, Центральная Азия

Стандартная колонка
диффузионных
известковых скарнов
полиметаллических м-ний –
от кальцитовых мраморов
через зоны джохансенита,
Mn волластонита,
волластонитовую
и везувиан-волластонитовую
до зоны существенно
везувианового состава.

Вдоль вертикальных трещин
развиты жильные
инфильтрационные
джохансенитовые скарны

Колл. А.М. Губанова
Фото Э.М. Спиридонова



163x111 мм

Са скарны

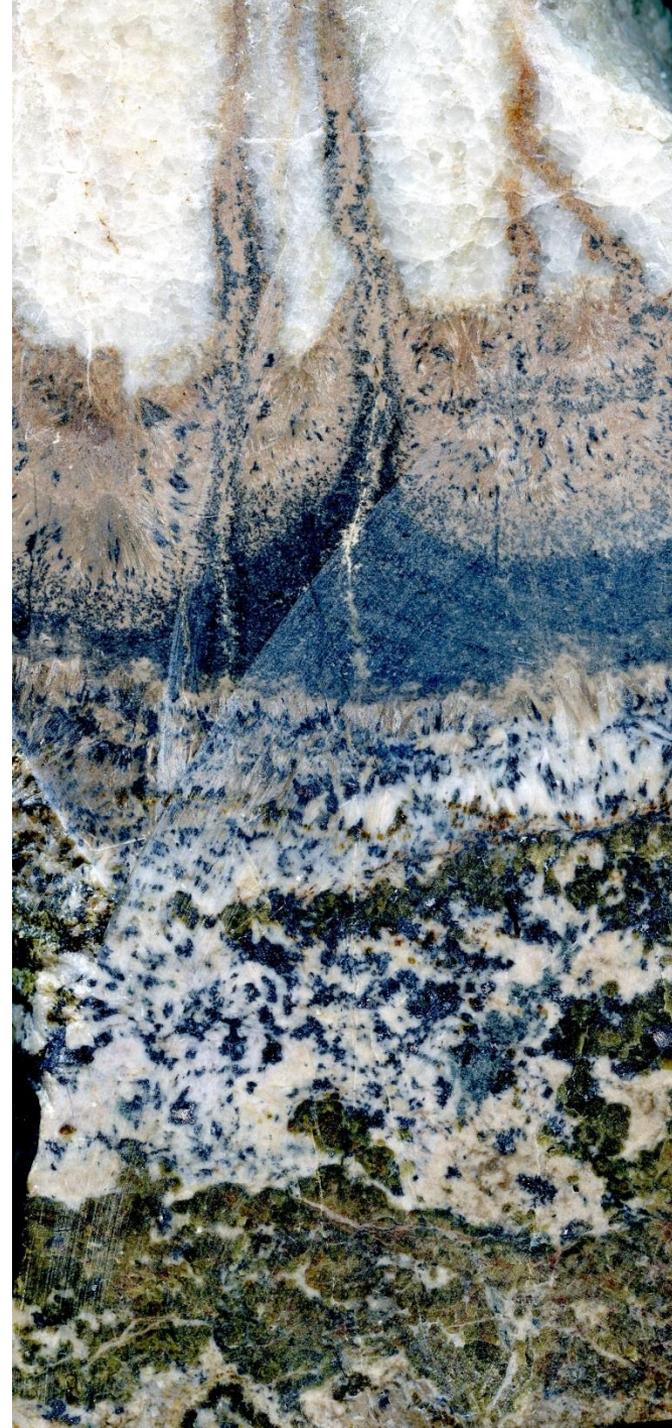
Курсай, Центральная Азия

Стандартная колонка
диффузионных известковых скарнов
полиметаллических месторождений –
от кальцитовых мраморов
через зоны джохансенита,
Mn волластонита,
волластонитовую
и везувиан-волластонитовую
до зоны существенно
везувианового состава.

Вдоль вертикальных трещин
развиты жильные
инфильтрационные
джохансенитовые скарны

149x68 мм

Колл. А.М. Губанова
Фото Э.М. Спиридонова



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

РАННИЕ

СТАНДАРТНЫЕ

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Стандартная метасоматическая колонка ранних известковых скарнов:

1. Кальцитовые мраморы (мраморизованные известняки...)
2. Скарны волластонитовые, или везувиан-волластонитовые, или гроссуляр-везувиан-волластонитовые
3. Скарны клинопироксеновые (диопсидовые, салитовые) \pm гранат...
4. Скарны гранатовые (гроссуляр, гроссуляр-андрадит = аплом, андрадит) \pm клинопироксен...
5. Эндоскарны клинопироксен-плагиоклазовые \pm титанит-сфен, кварц...
6. Скарнированные гранитоиды или габброиды, в которых скарновый клинопироксен замещает магматические амфиболы и биотит, сфен замещает титаномагнетит и ильменит
7. Гранитоиды или габброиды.

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

Тырны-Ауз,
Северный
Кавказ

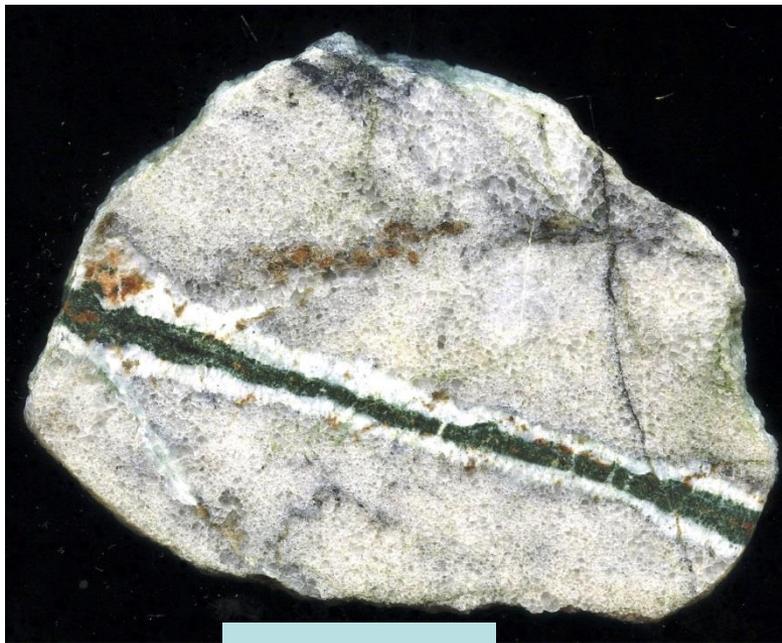
Колл. О.В. Кононова
Фото Э.М. Спиридонова



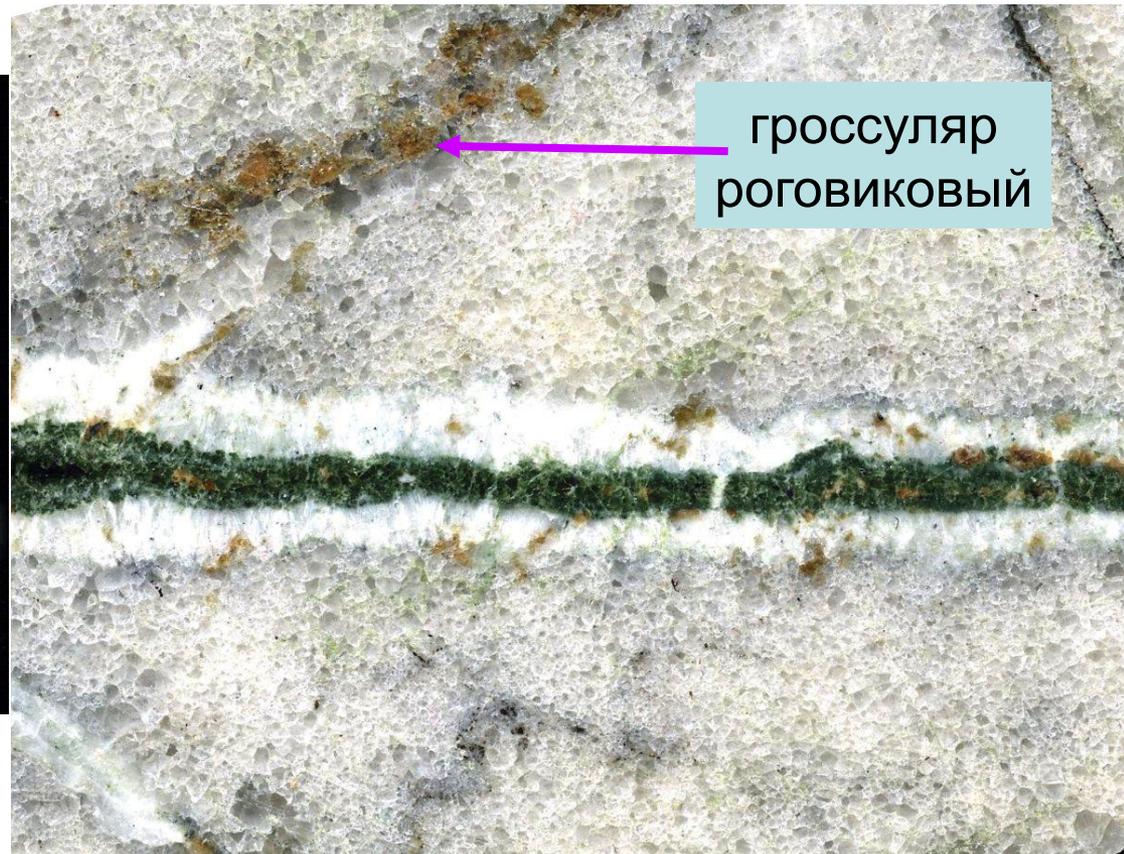
Инфильтрационные жильные скарны в углеродистых кальцитовых мраморах. Зона осветления (графит выгорел). Зона волластонита – зона клинопироксена (диопсид-салит) – зона граната (андрадит-гроссуляр)

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

Тырны-Ауз, Северный Кавказ



85x68 мм



45x33 мм

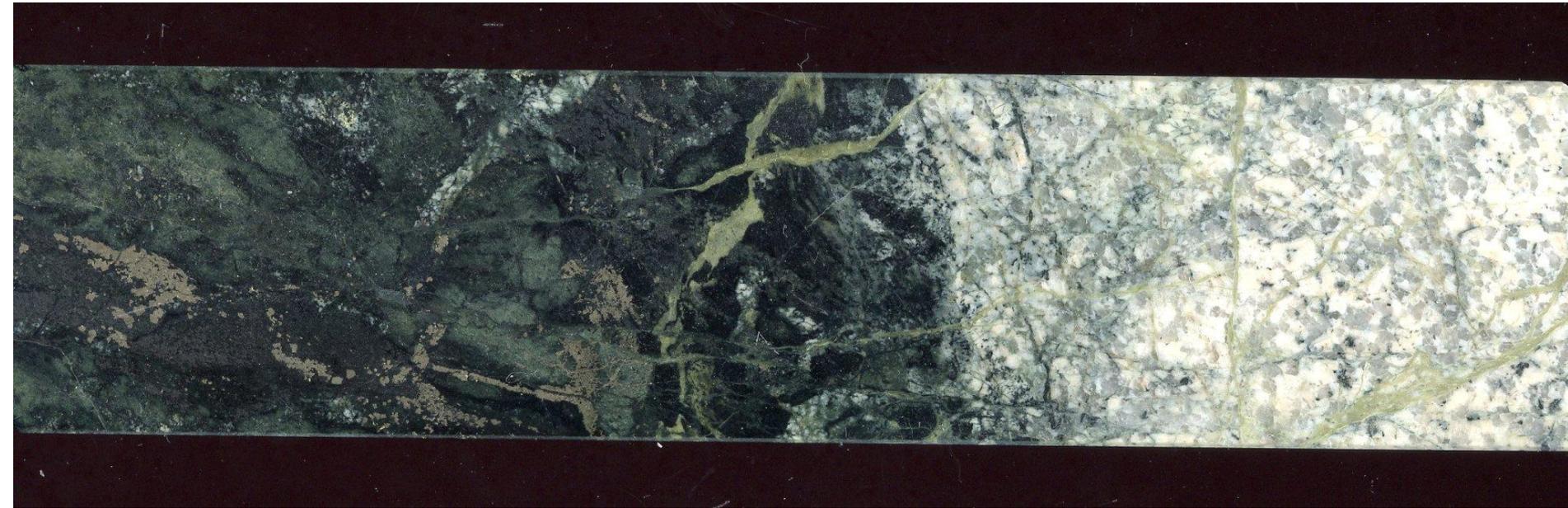
Колл. О.В. Кононова
Фото Э.М. Спиридонова

Инфильтрационные жильные скарны в углеродистых кальцитовых мраморах. Около скарнов графит выгорел. Зона волластонита – зона клинопироксена (салит) – зона граната (Fe гроссуляр)

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

Экзоскарны

Эндоскарны



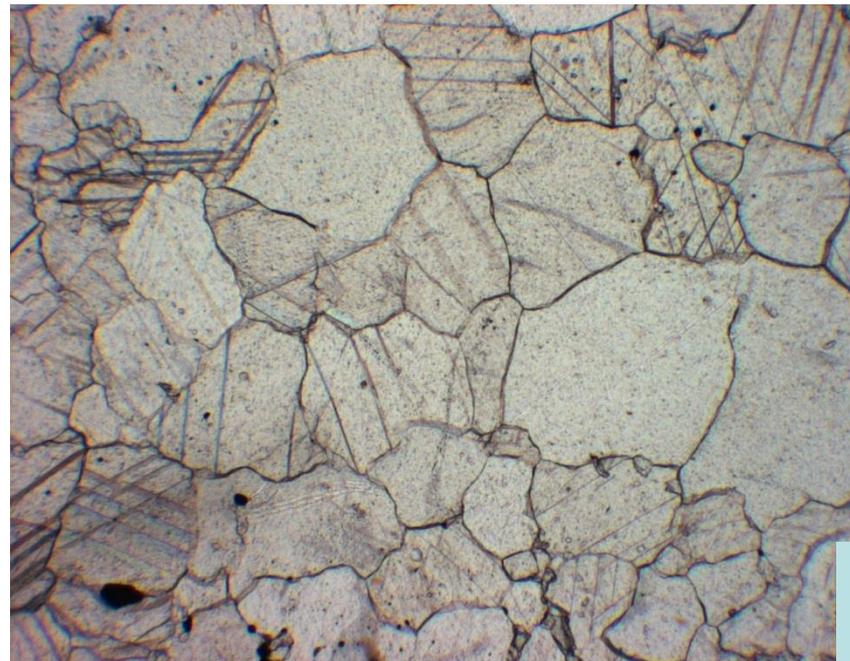
гранат-клинопироксеновые
скарны
с пирротинном и магнетитом

кварц-диопсид-
олигоклазовые
метасоматиты
апогранитоидные

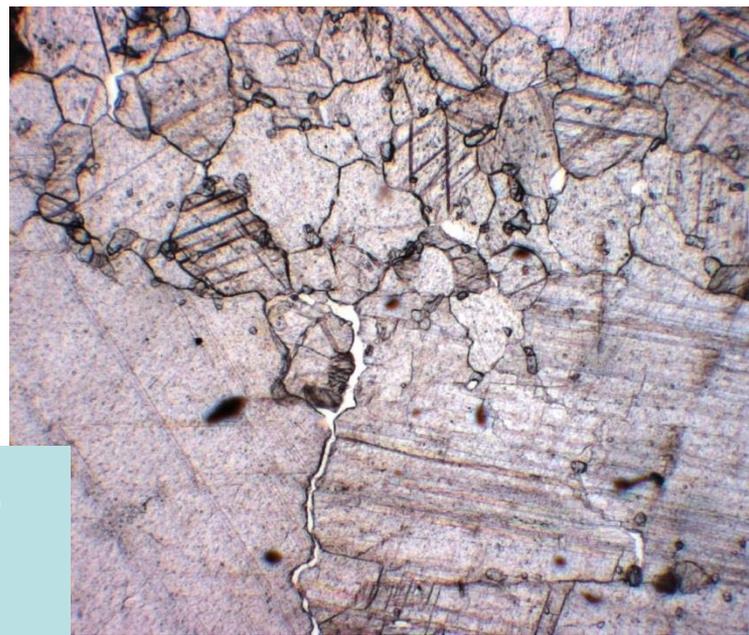
Железорудное м-ние Юньягинское, Полярный Урал

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

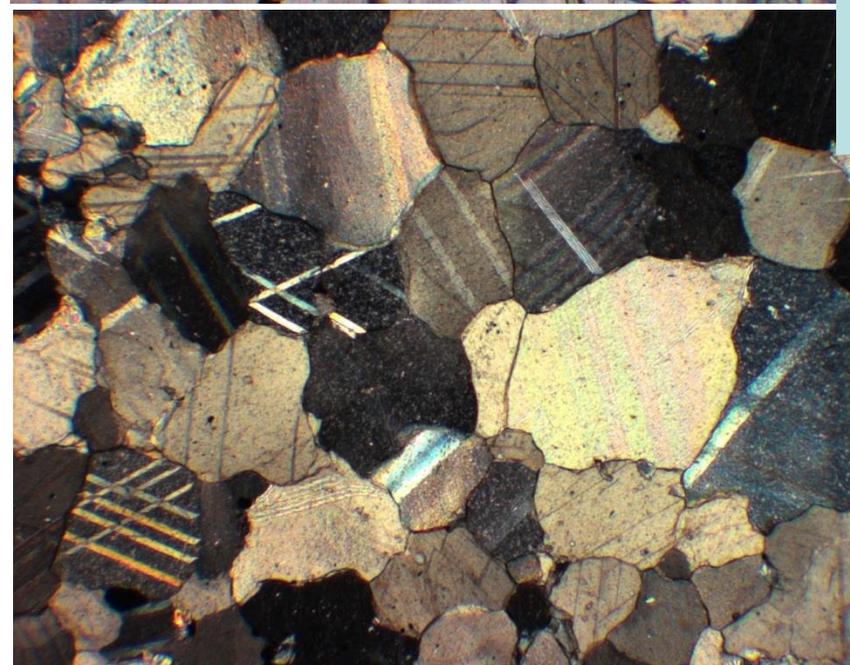
Кальцитовые мраморы.
Тырны-Ауз



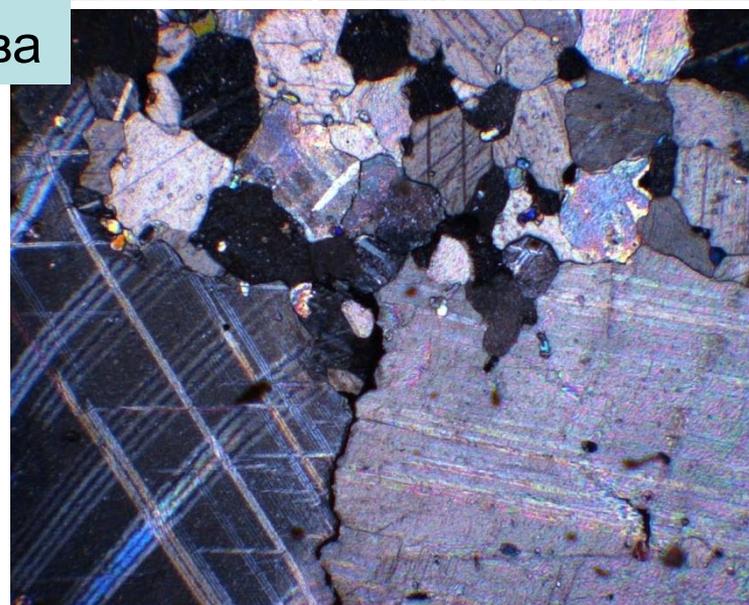
Шлифы
при 1
нике



Колл. О.В.
Кононова
Фото Э.М.
Спиридонова



Шлифы.
Николи
х



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

Волластонитовые скарны



Кимито, Финляндия

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

Волластонитовые скарны. Аксоран, Центральный Казахстан

79x71 мм



Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

Волластонитовые скарны

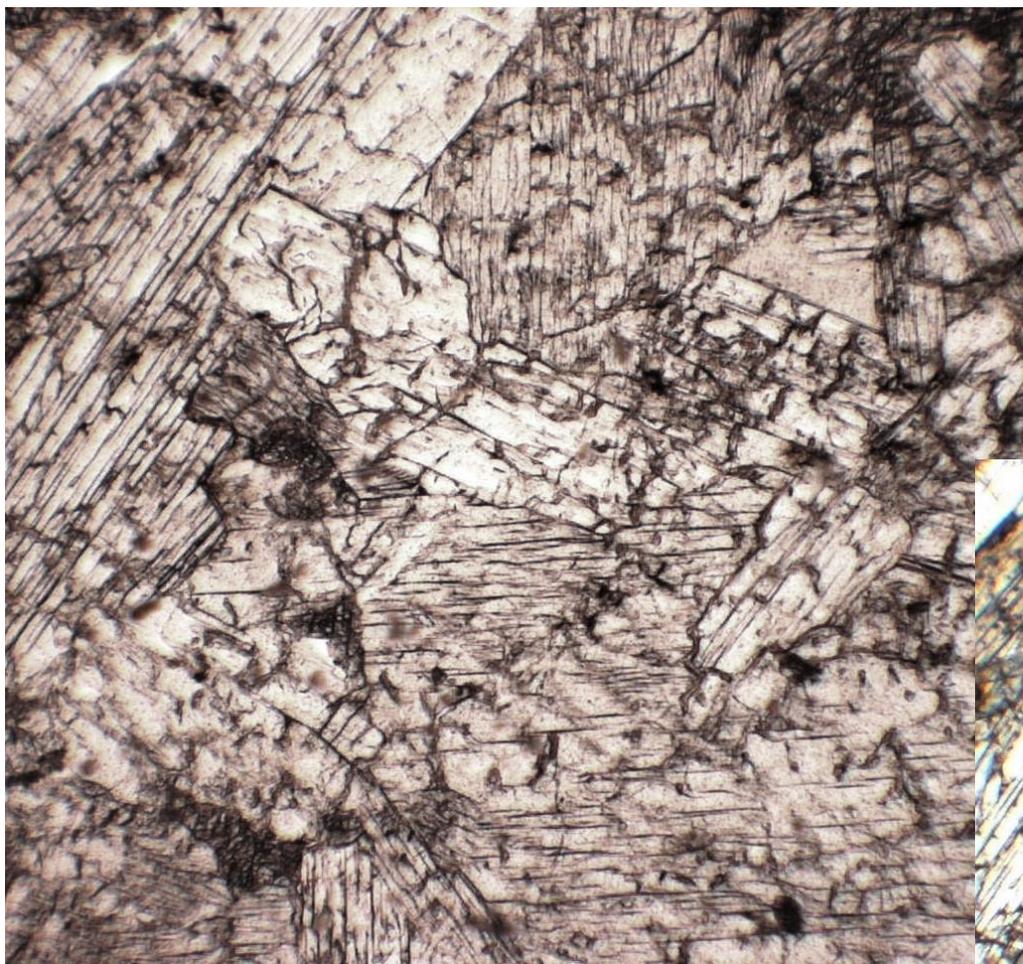
25 мм. Киклова, Румыния



Тетюхе,
Дальний Восток

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Волластонитовые
скарны.
Ермаковское

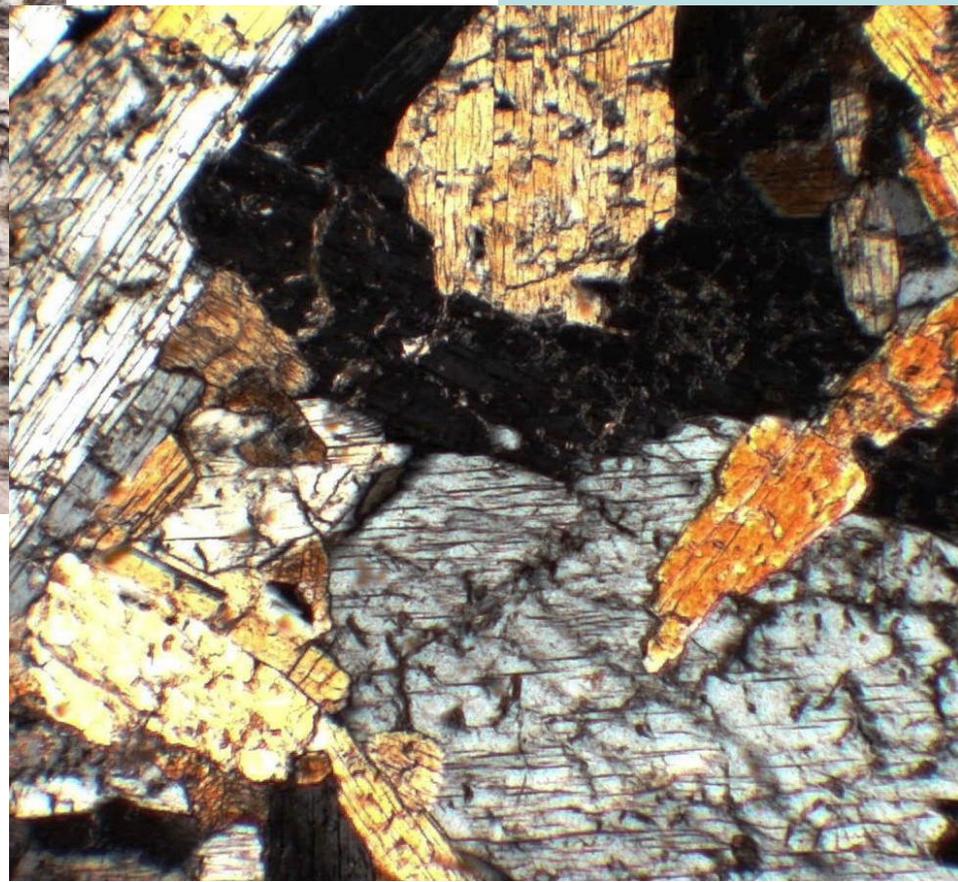


Шлиф
при 1
нике

Фото ЭМС

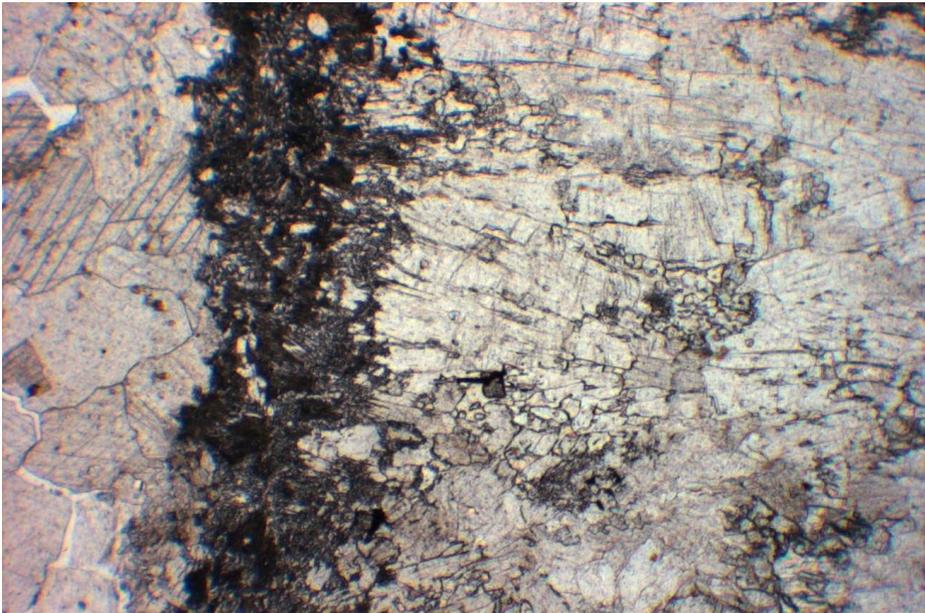
Шлиф.
Николи х

Волластонит =
«дощатый» шпат
пироксеноид
 $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Волластонитовые
скарны. Жильные в
мраморах. Тырны-Ауз



Шлифы
при 1
нике

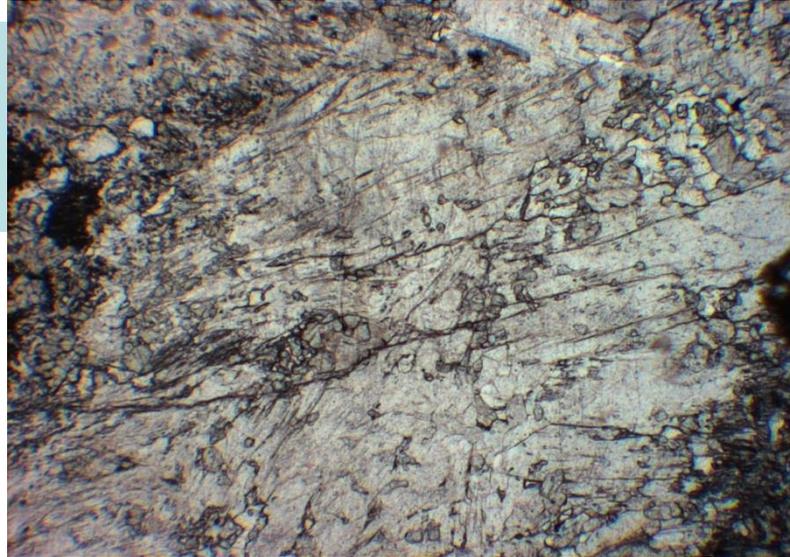
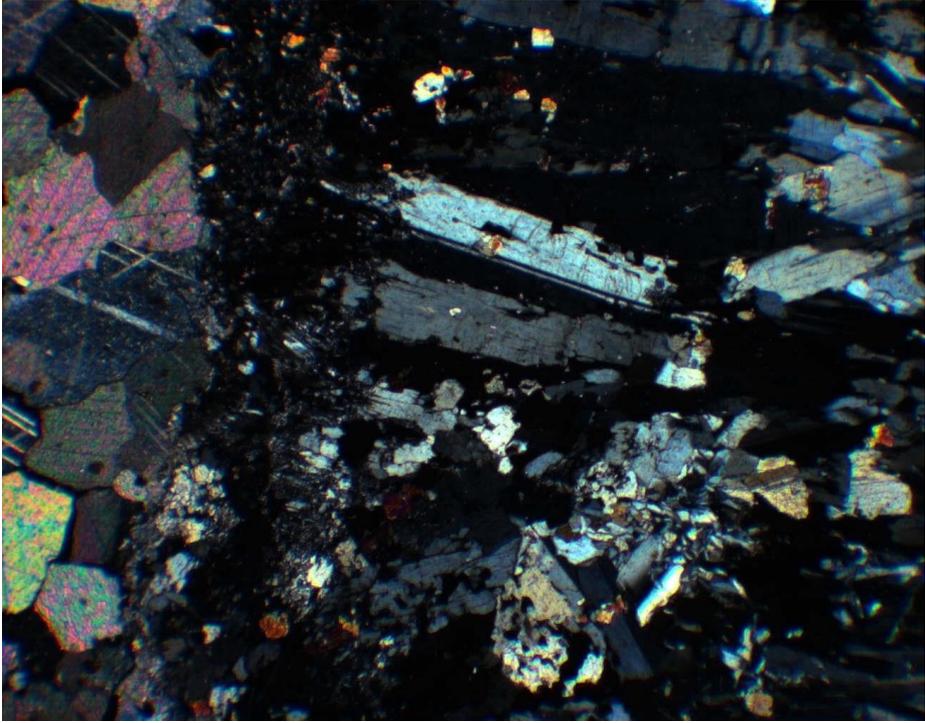
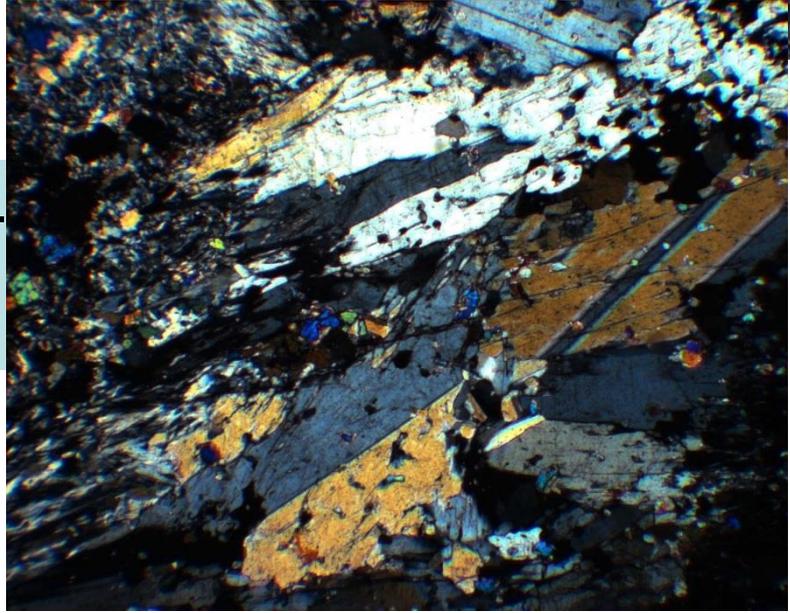


Фото
ЭМС



Шлифы.
Николи
x

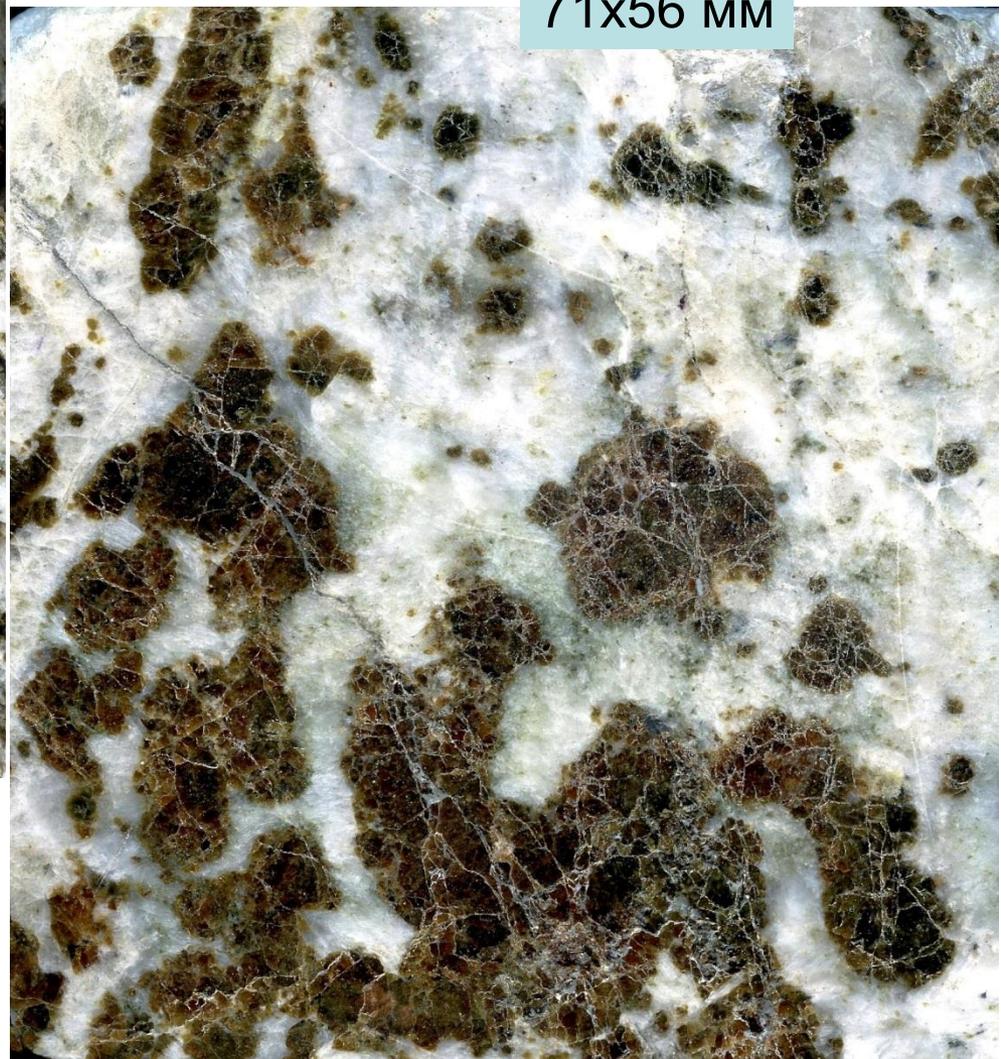


ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

Везувиан - волластонитовые скарны



76x71 мм

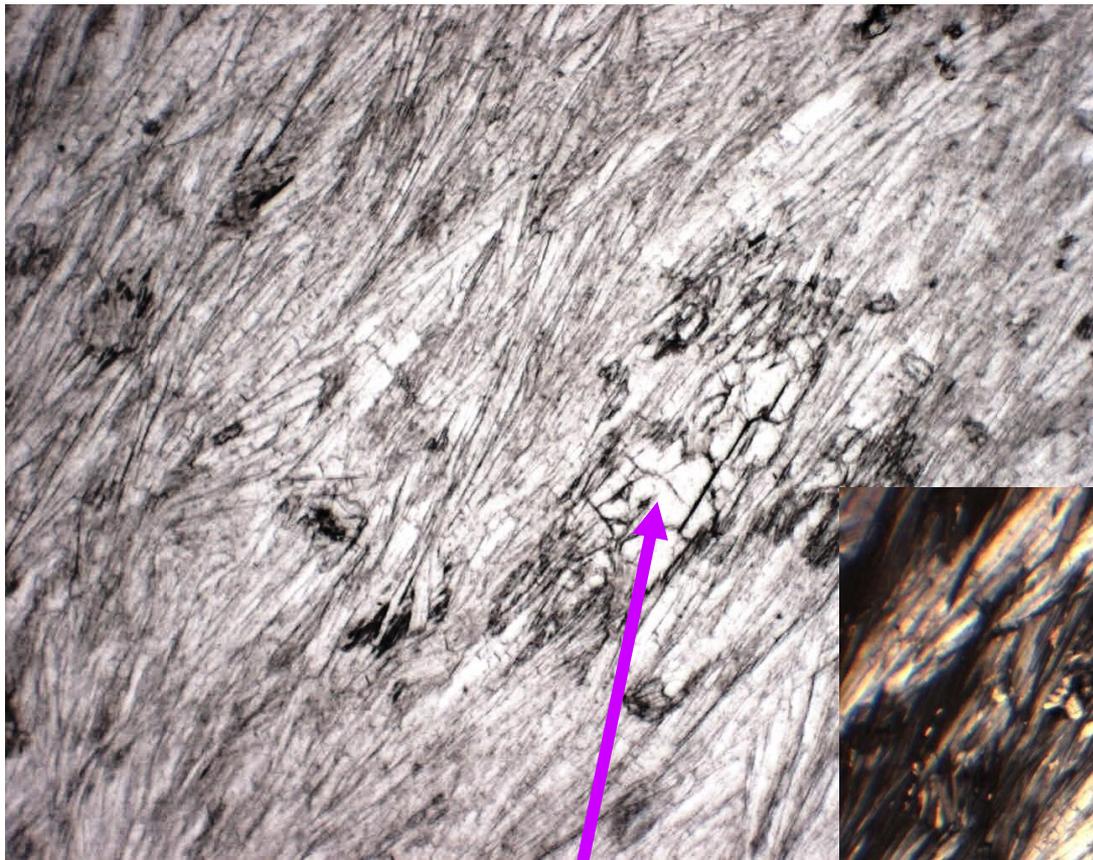


71x56 мм

Тырны-Ауз, Северный Кавказ. Колл. О.В. Кононова. Фото ЭМС

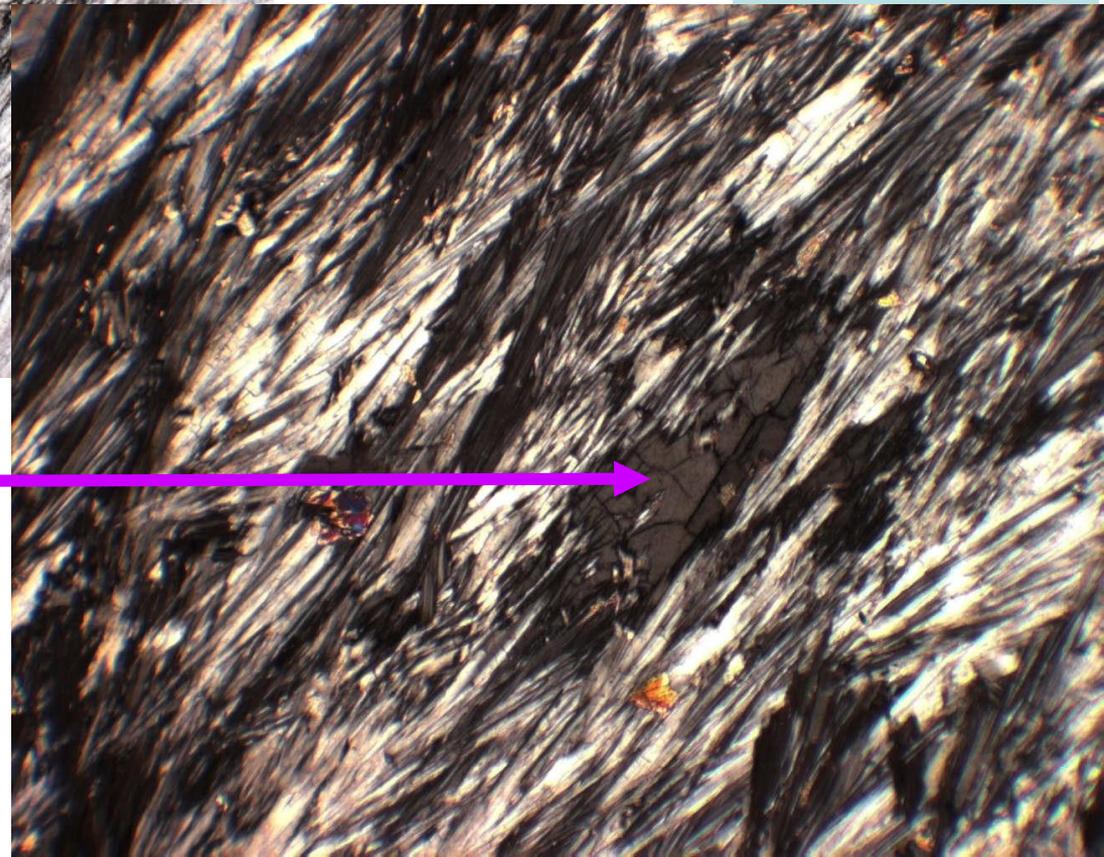
ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Диопсид – везувиан -
волластонитовые
скарны. Тырны - Ауз,
Северный Кавказ

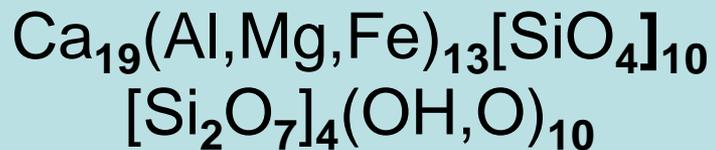


Шлиф
при 1
николе

Шлиф.
Николи х

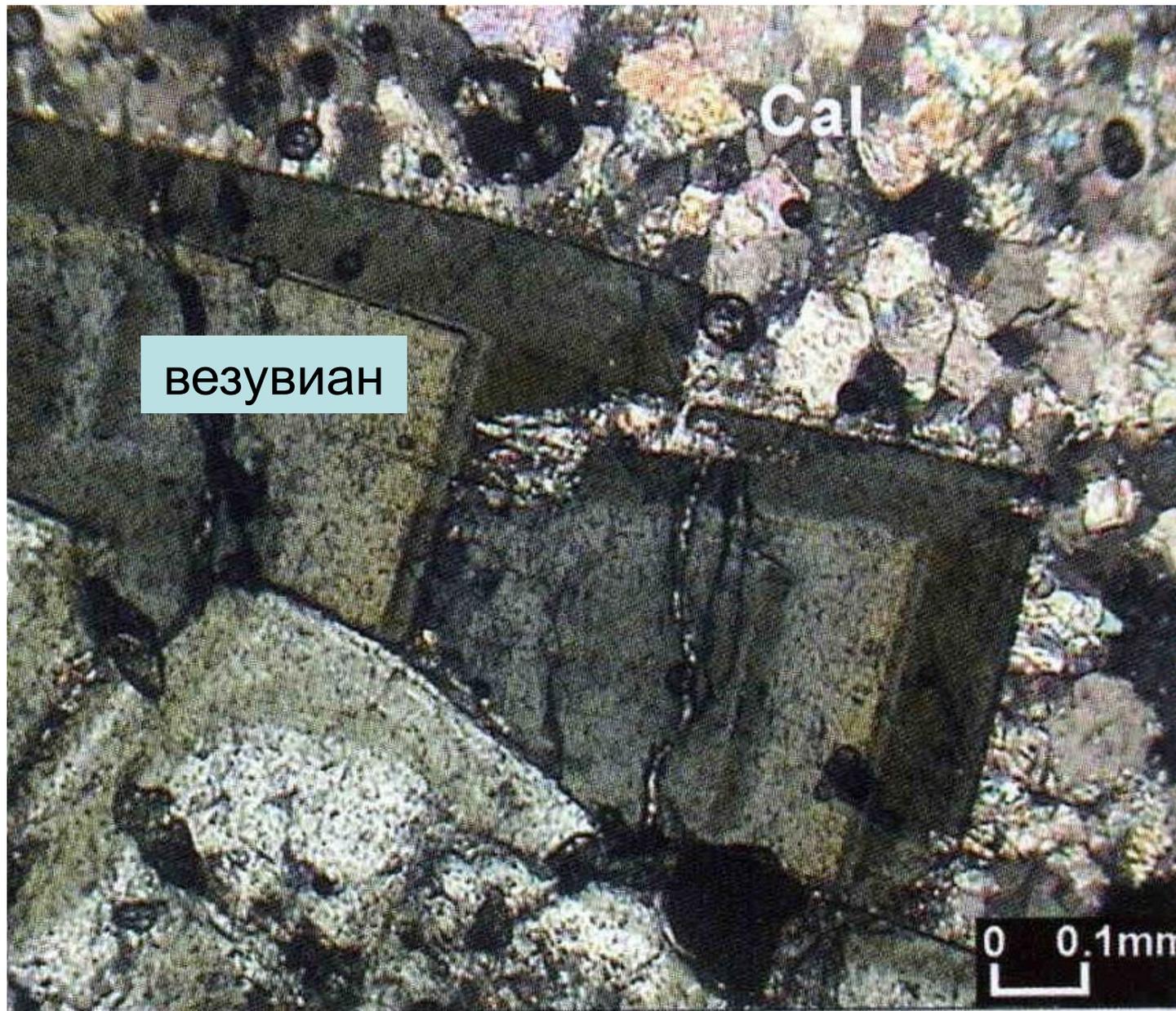


Везувиан



Колл. О.В. Кононова
Фото Э.М. Спиридонова

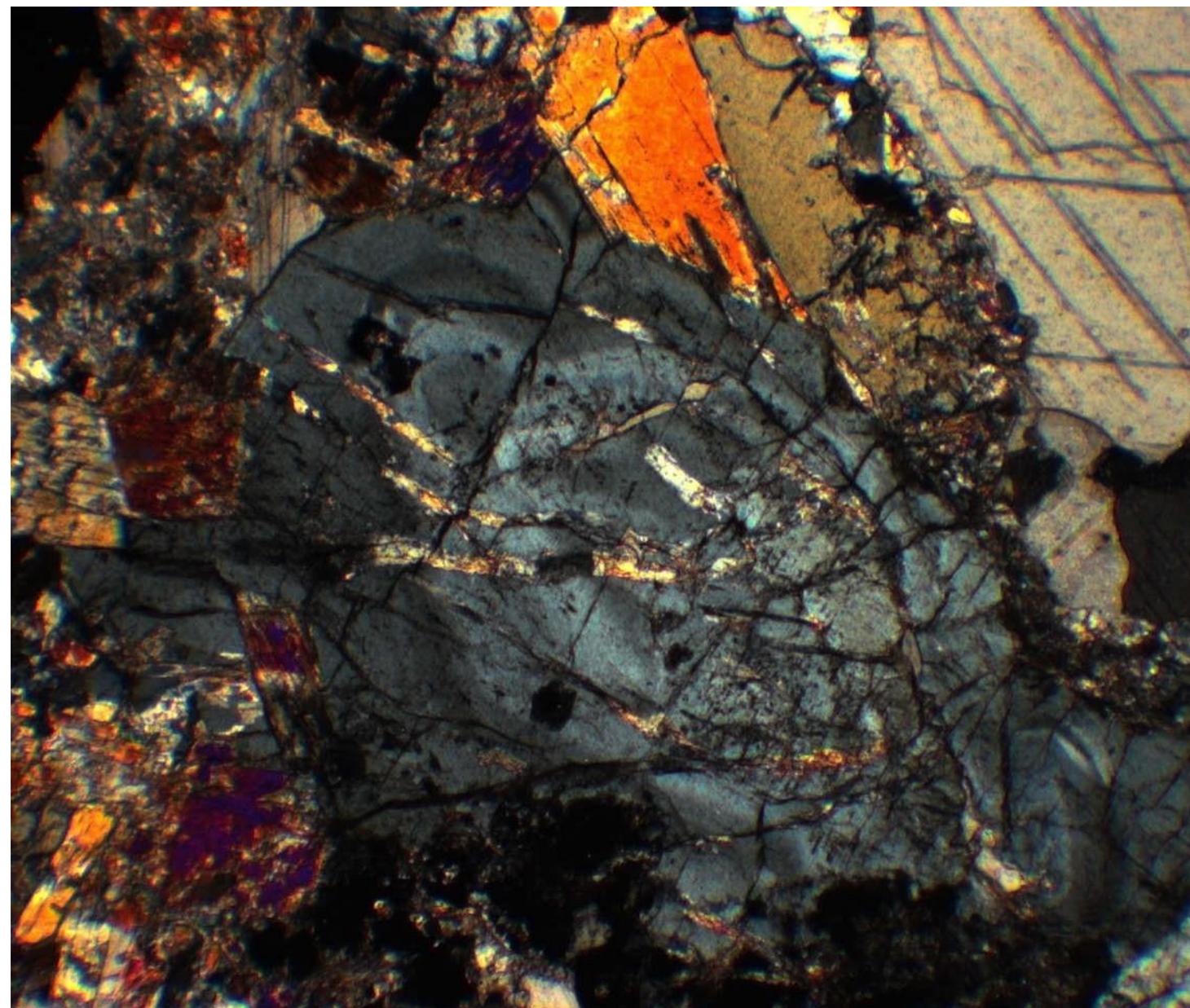
ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ



Шлиф.
Николи
x

Кальцит – везувиановые скарны. Турция

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ



Шлиф.
Николи
x

Колл. О.В.
Кононова
Фото Э.М.
Спиридонова

Контакт мраморов и диопсид - везувиановых скарнов. Тырны-Ауз

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

Везувиан - гроссуляр – волластонитовые скарны.
Южное Аксу. Северный Казахстан

107x93 мм



диопсид-
гроссуляровые
скарны

Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

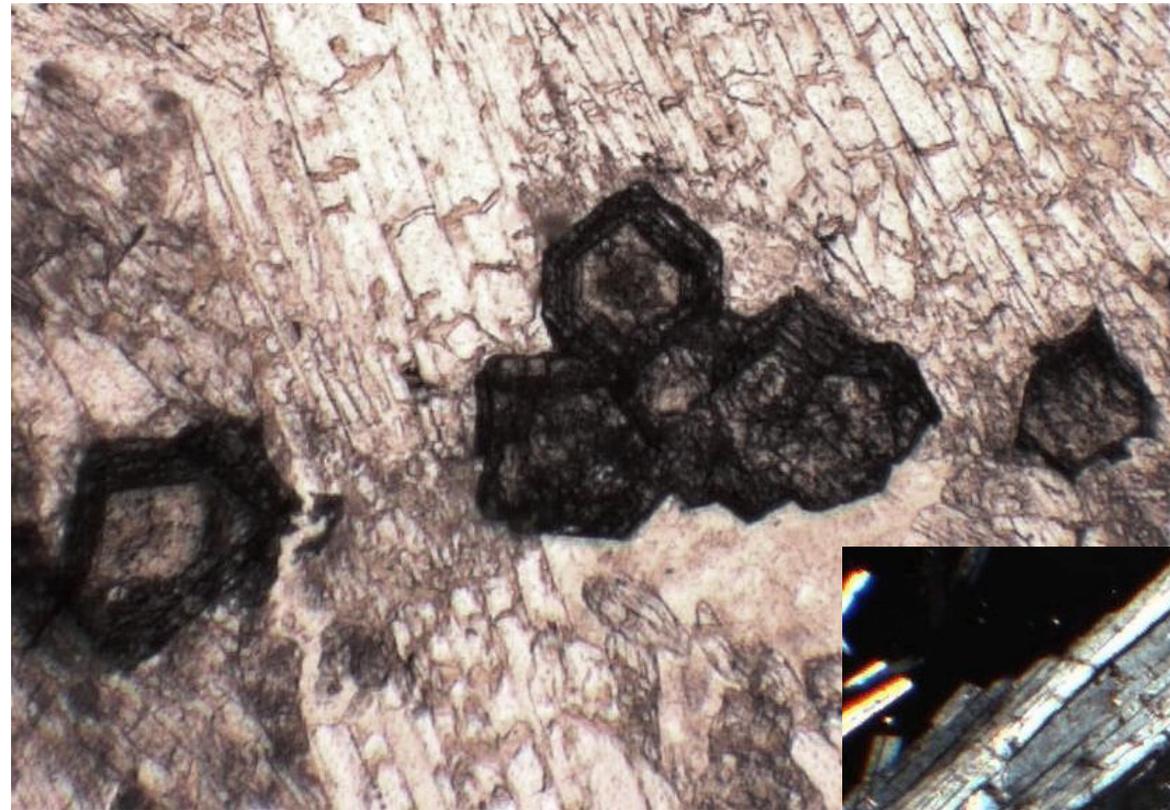
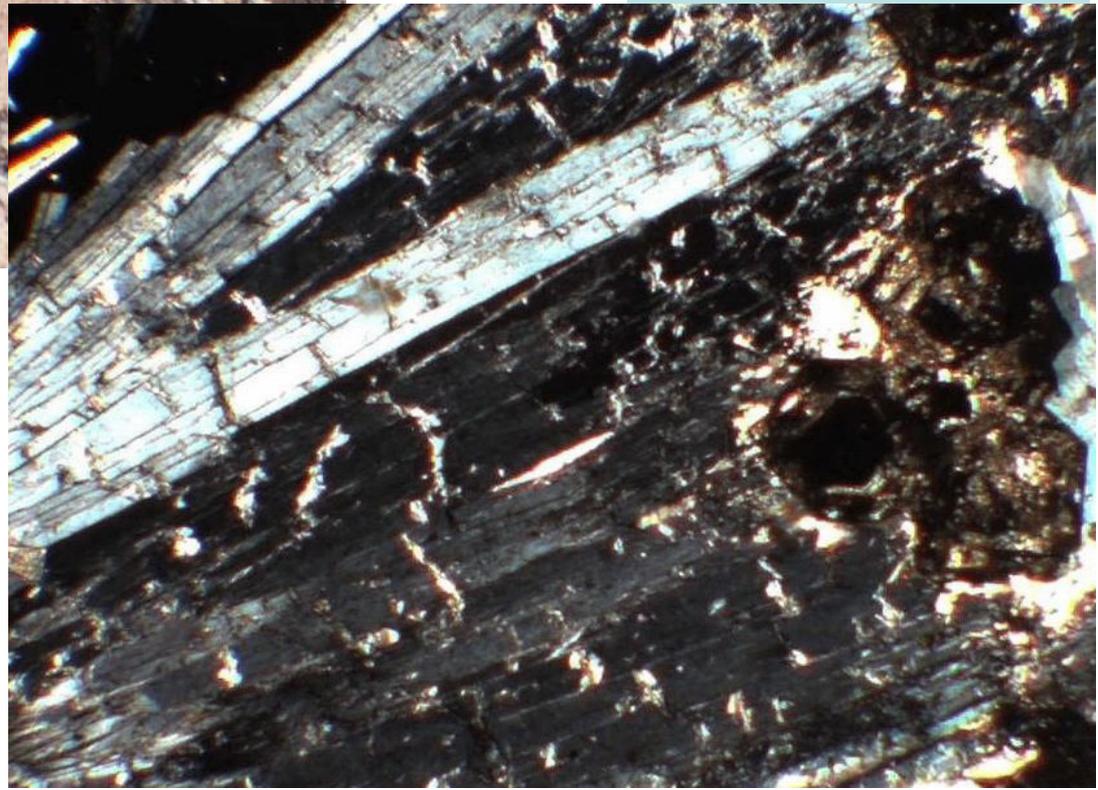
ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

Гроссуляр -
волластонитовые
скарны.
Ермаковское

Шлиф.
Николи х

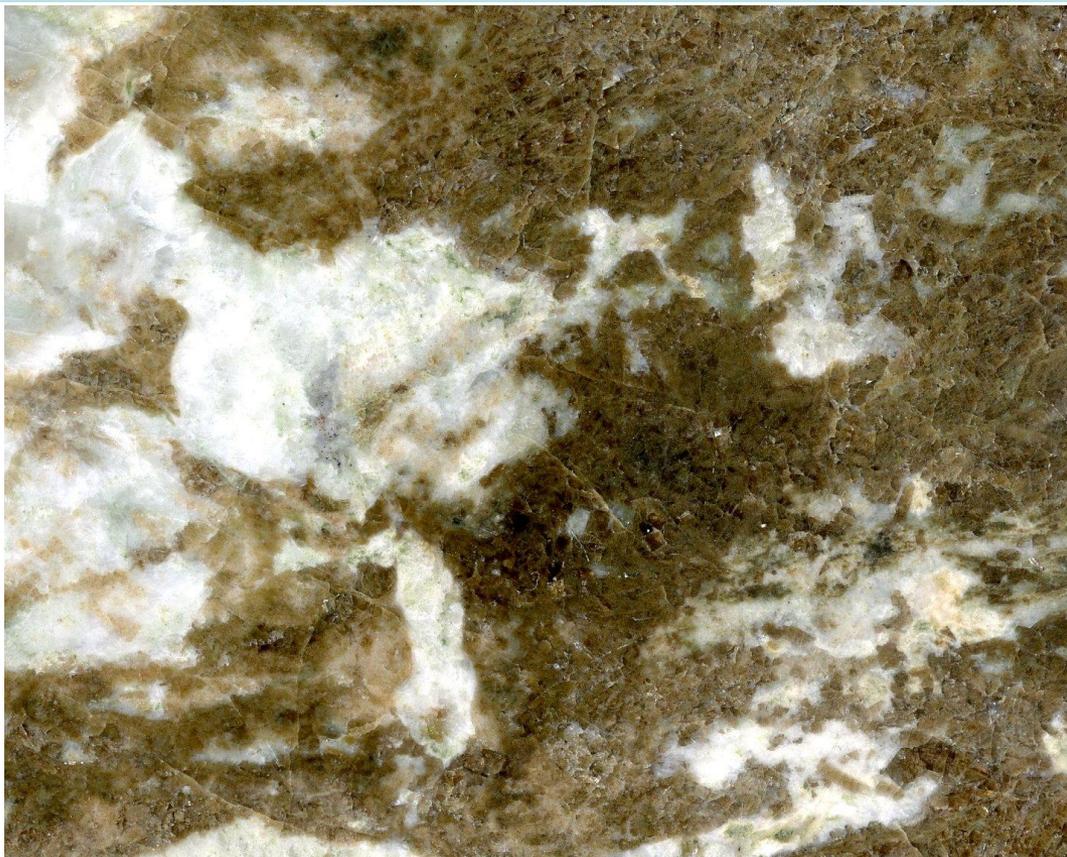
Шлиф при 1
николе

Колл. Е.П. Шпанова
Фото Э.М. Спиридонова



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

Гроссуляр – волластонит - везувиановые скарны



61x49 мм

114x75 мм



Тырны-Ауз, Северный Кавказ. Колл. О.В. Кононова. Фото ЭМС

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

Кальцит – ангидрит - везувиан - гроссуляровые скарны

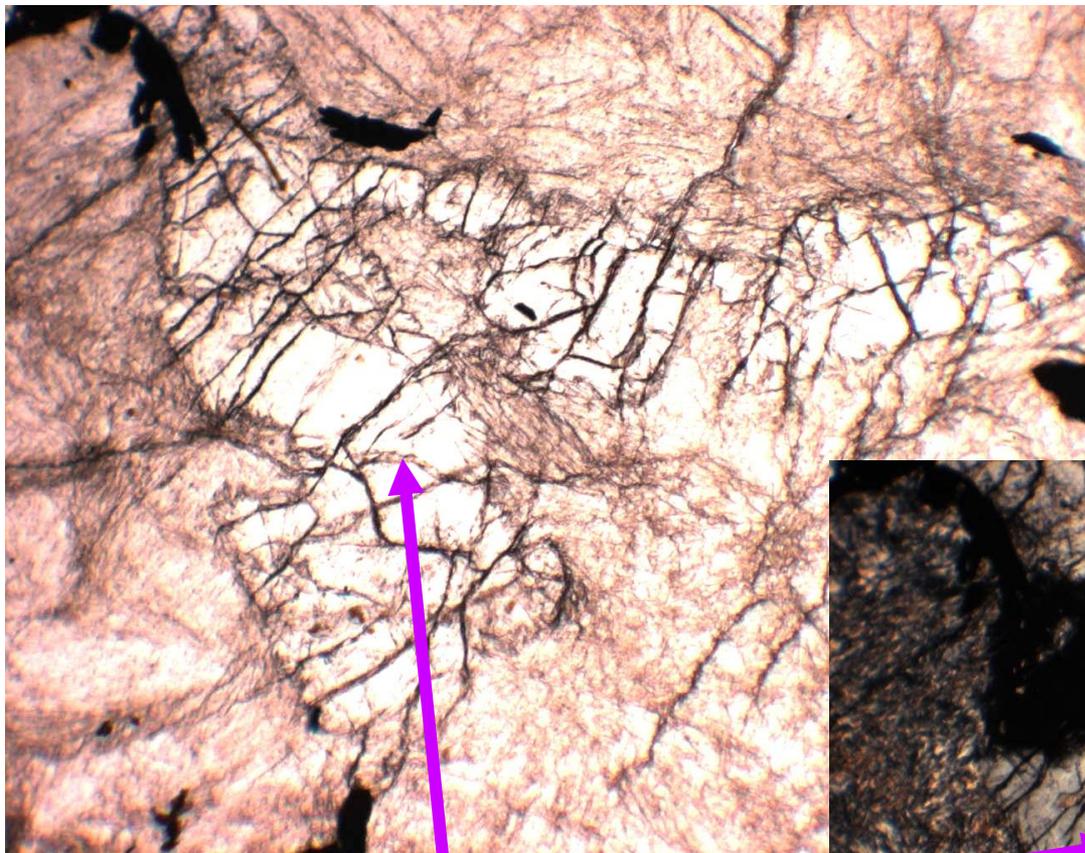
78x66 мм



Аксу, Северный Казахстан. Колл. и фото Э.М. Спиридонова

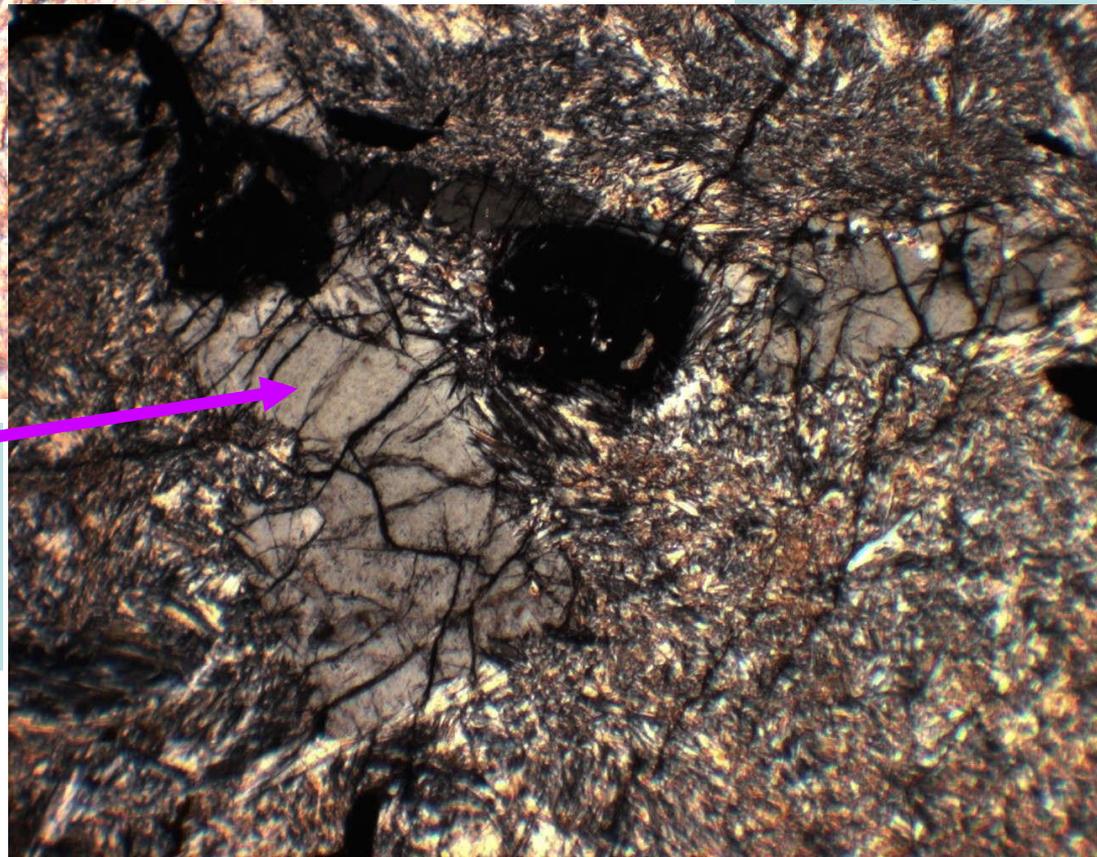
ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Гроссуляр – везувиан
- волластонитовые
скарны. Тырны-Ауз,
Северный Кавказ

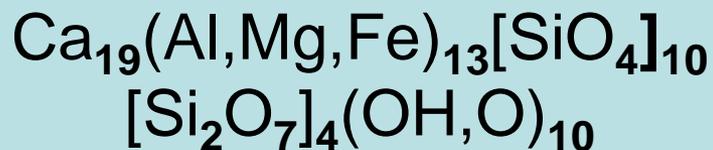


Шлиф
при 1
никеле

Шлиф.
Николи х



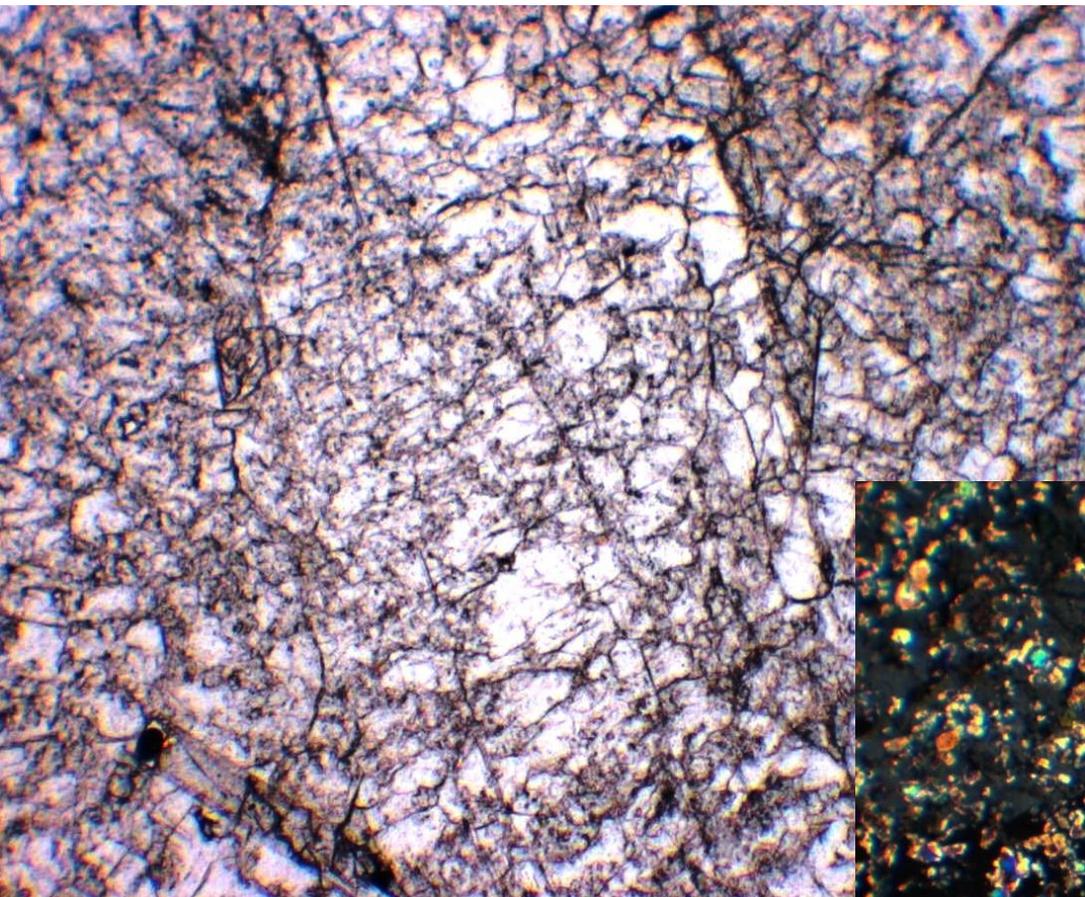
Везувиан



Колл. О.В. Кононова
Фото Э.М. Спиридонова

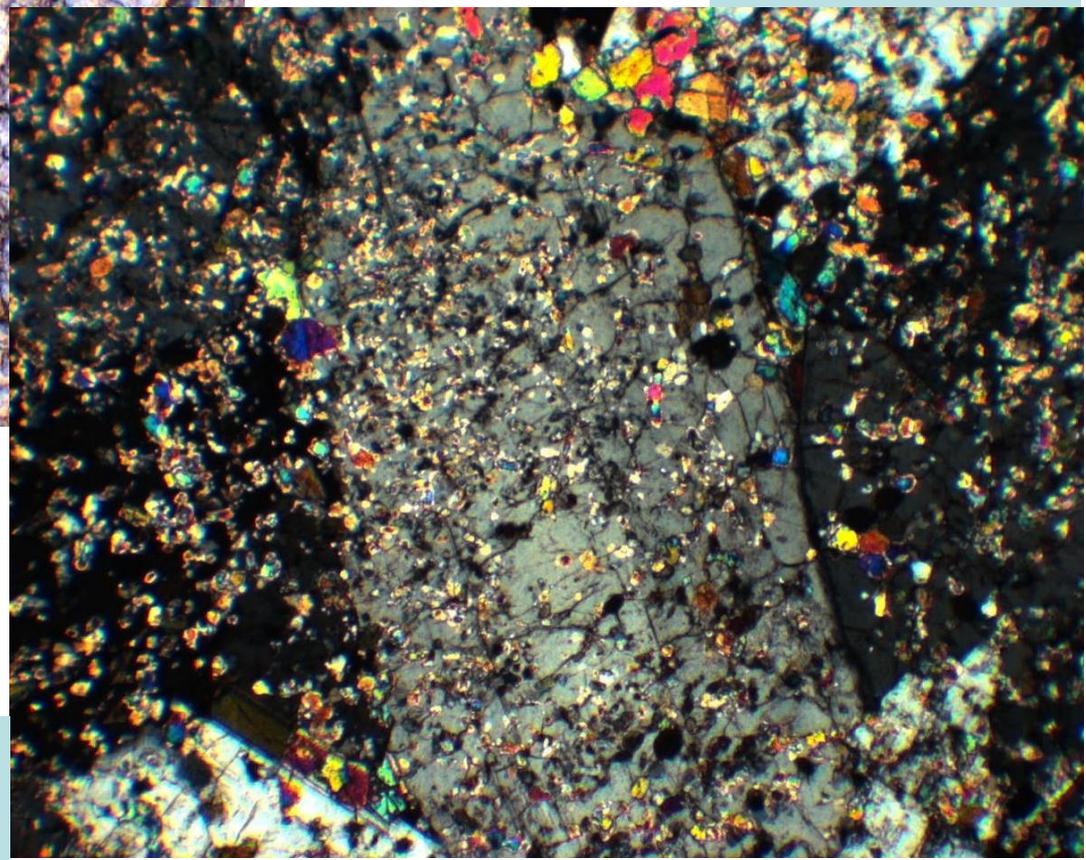
ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Гроссуляр - диопсид -
везувиановые
скарны. Тырны-Ауз,
северный Кавказ

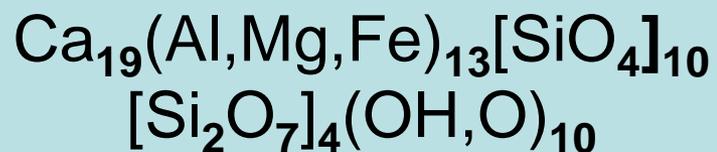


Шлиф
при 1
никеле

Шлиф.
Николи х



Везувиан



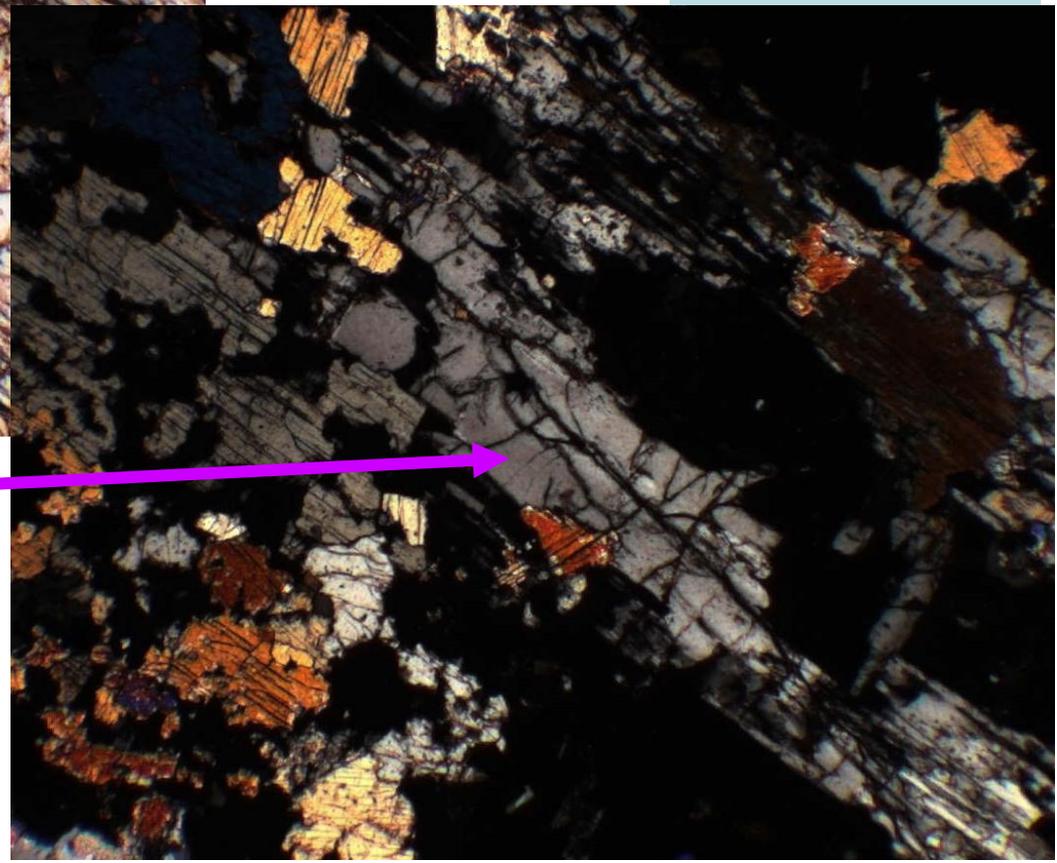
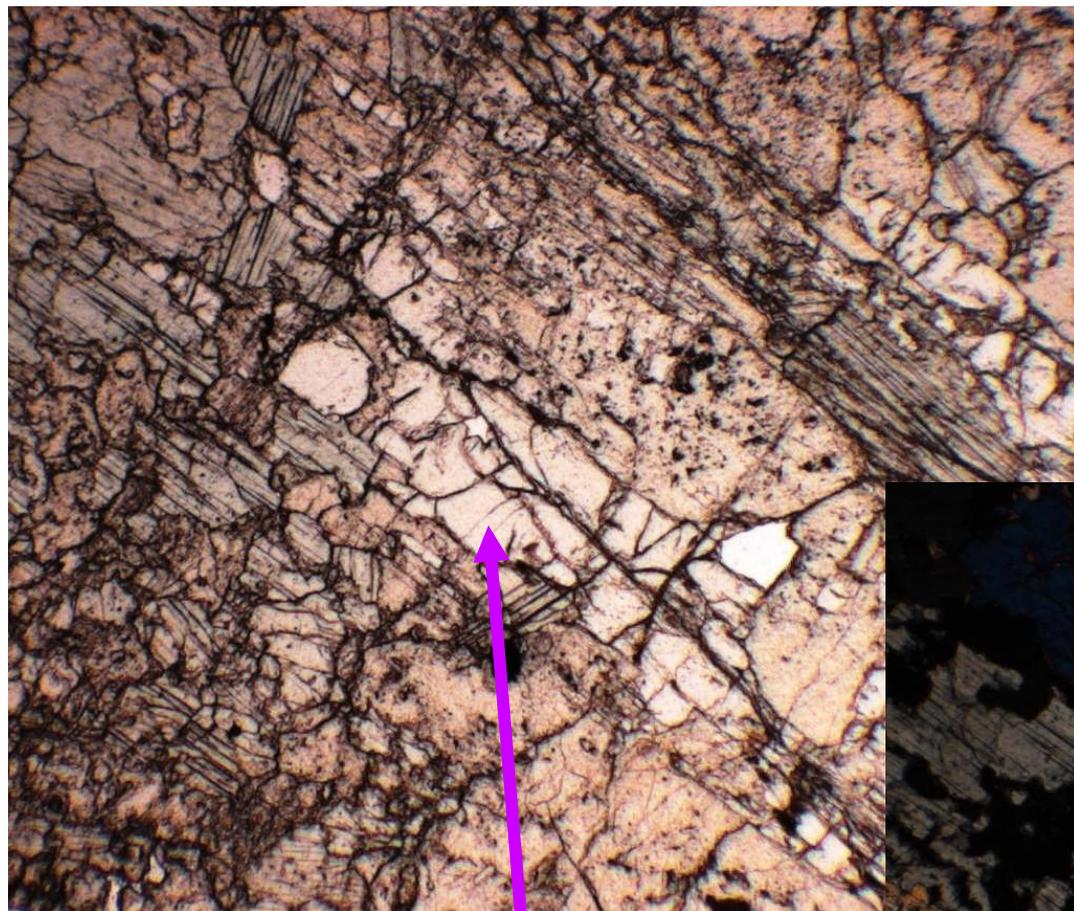
Колл. О.В. Кононова
Фото Э.М. Спиридонова

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

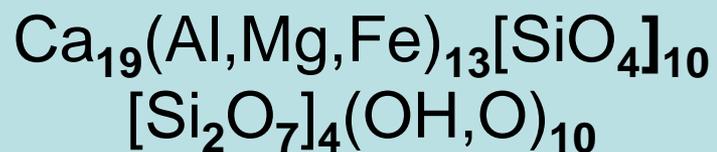
Диопсид – везувиан -
гроссуляровые
скарны. Тырны-Ауз,
северный Кавказ

Шлиф
при 1
нике

Шлиф.
Николи х



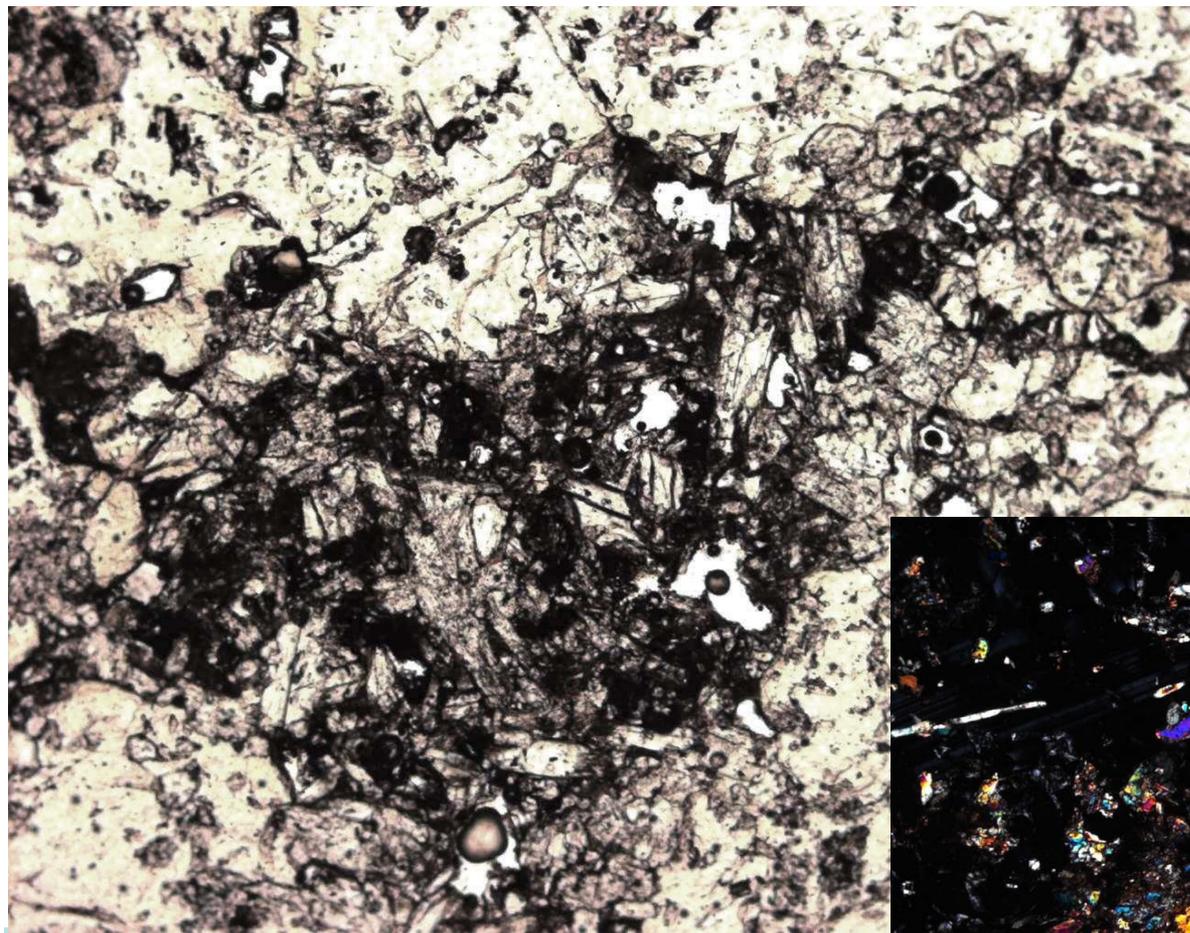
Везувиан



Колл. О.В. Кононова
Фото Э.М. Спиридонова

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

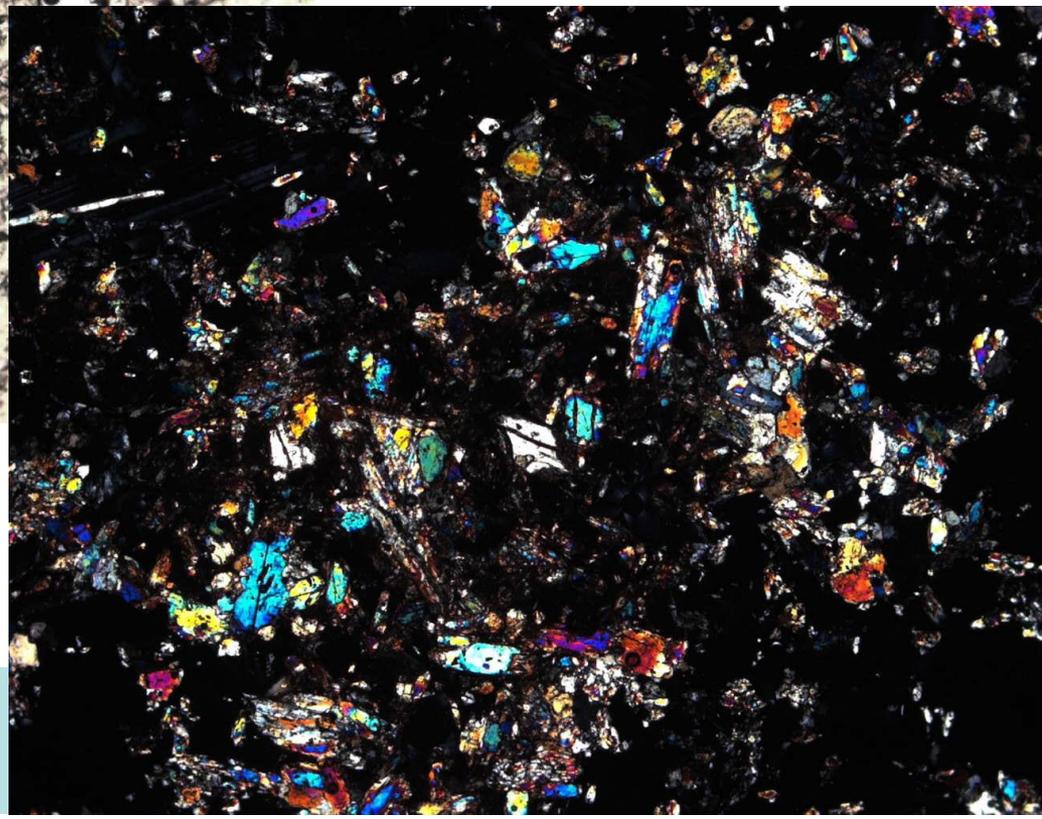
Мелкозернистые
гроссуляр-
диопсидовые
скарны.
Коршуновское,
Восточно-Сибирская
платформа



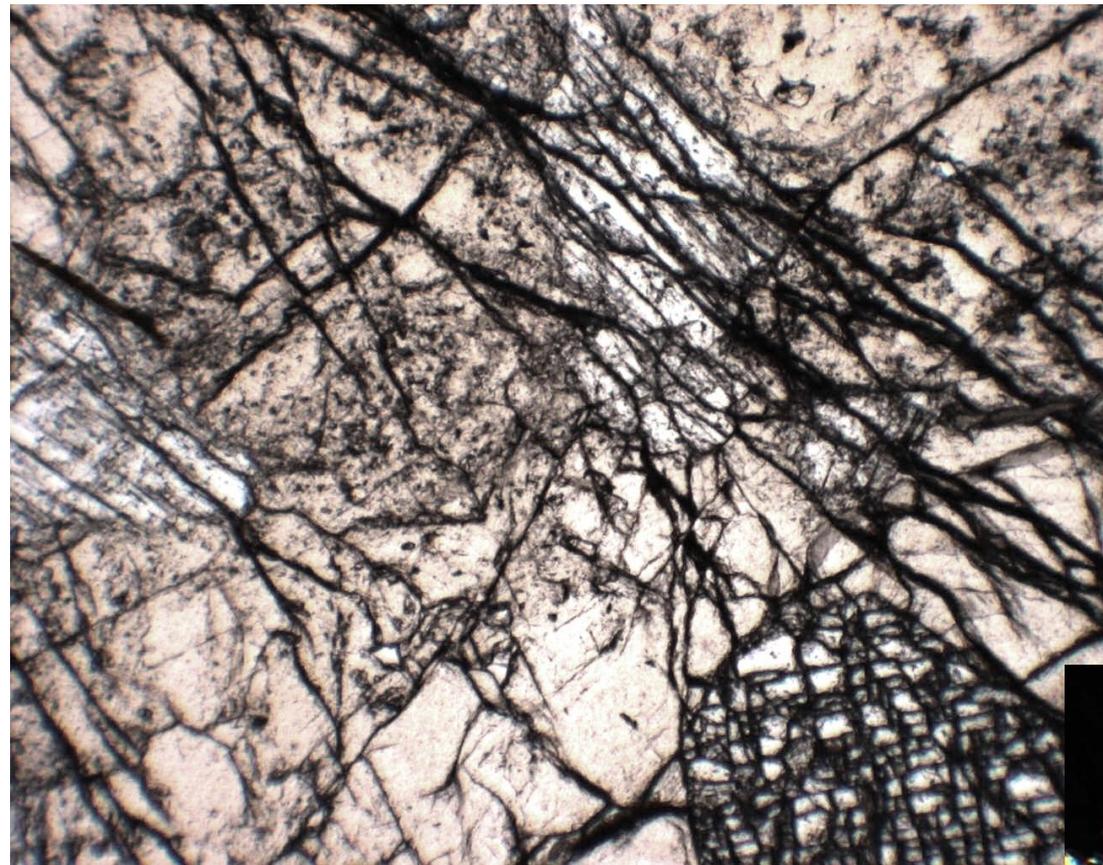
Шлиф при 1 николе

Колл. и фото Э.М. Спиридонова

Шлиф.
Николи х



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ



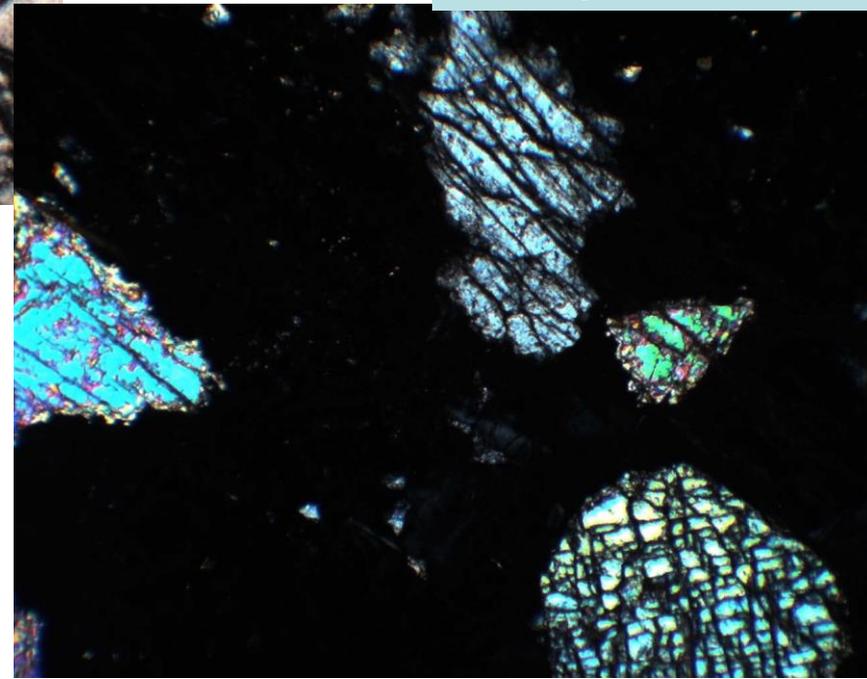
Шлиф при 1 николе

Тырны-Ауз, Северный Кавказ

Колл. О.В. Кононова
Фото Э.М. Спиридонова

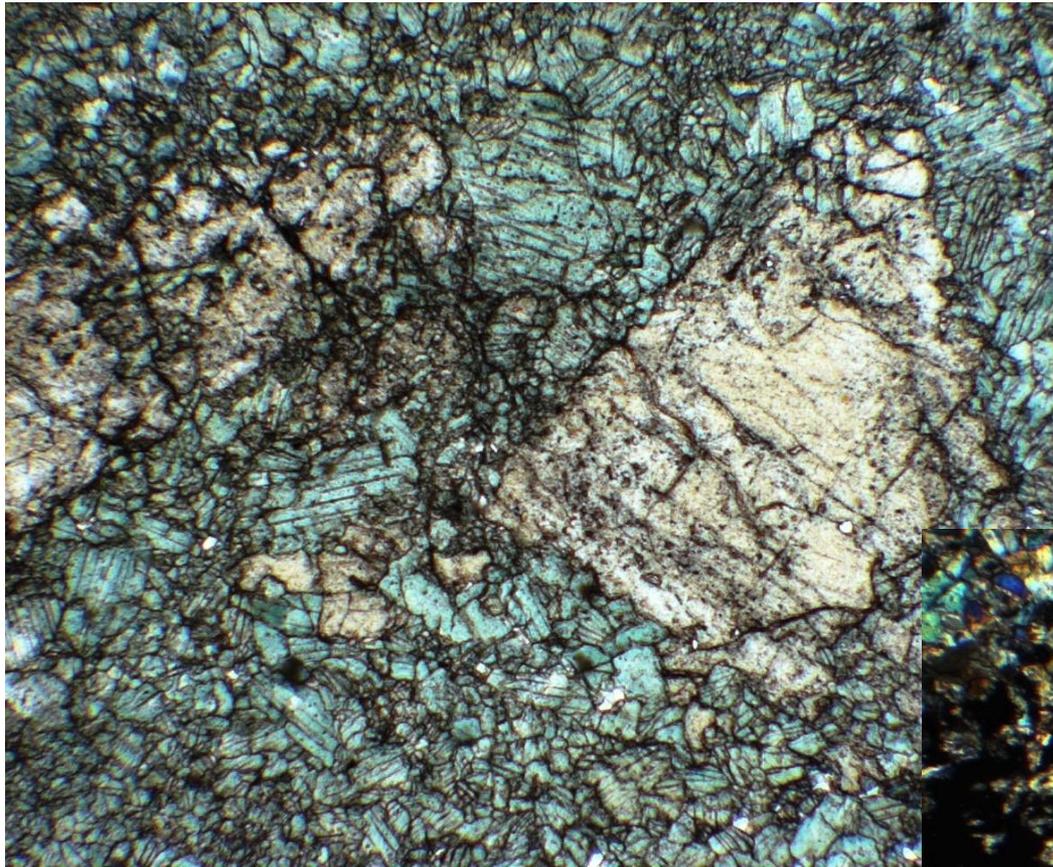
Клинопироксен
(диопсид-салит) –
гранатовые
(андрадит-гроссуляр)
скарны.
Гранат изотропный

Шлиф. Николи х

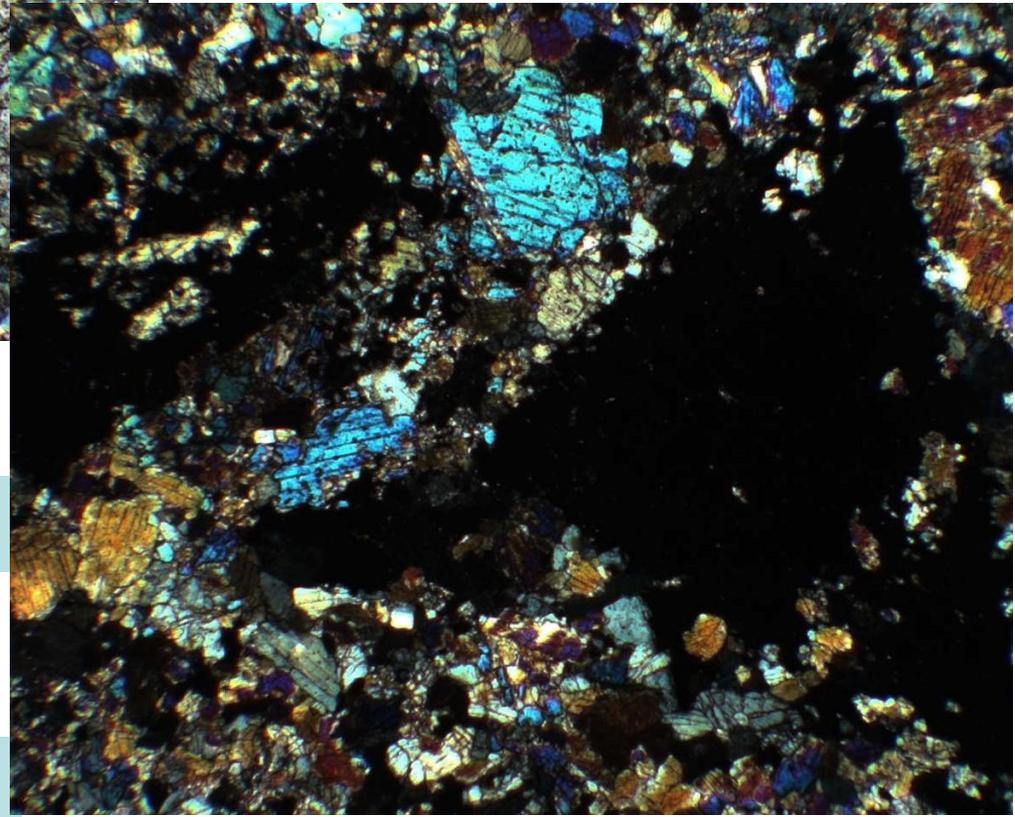


ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

Клинопироксен
(салит) –
гранатовые
(андрадит-гроссуляр)
скарны.
Гранат изотропный



Шлиф при 1 николе



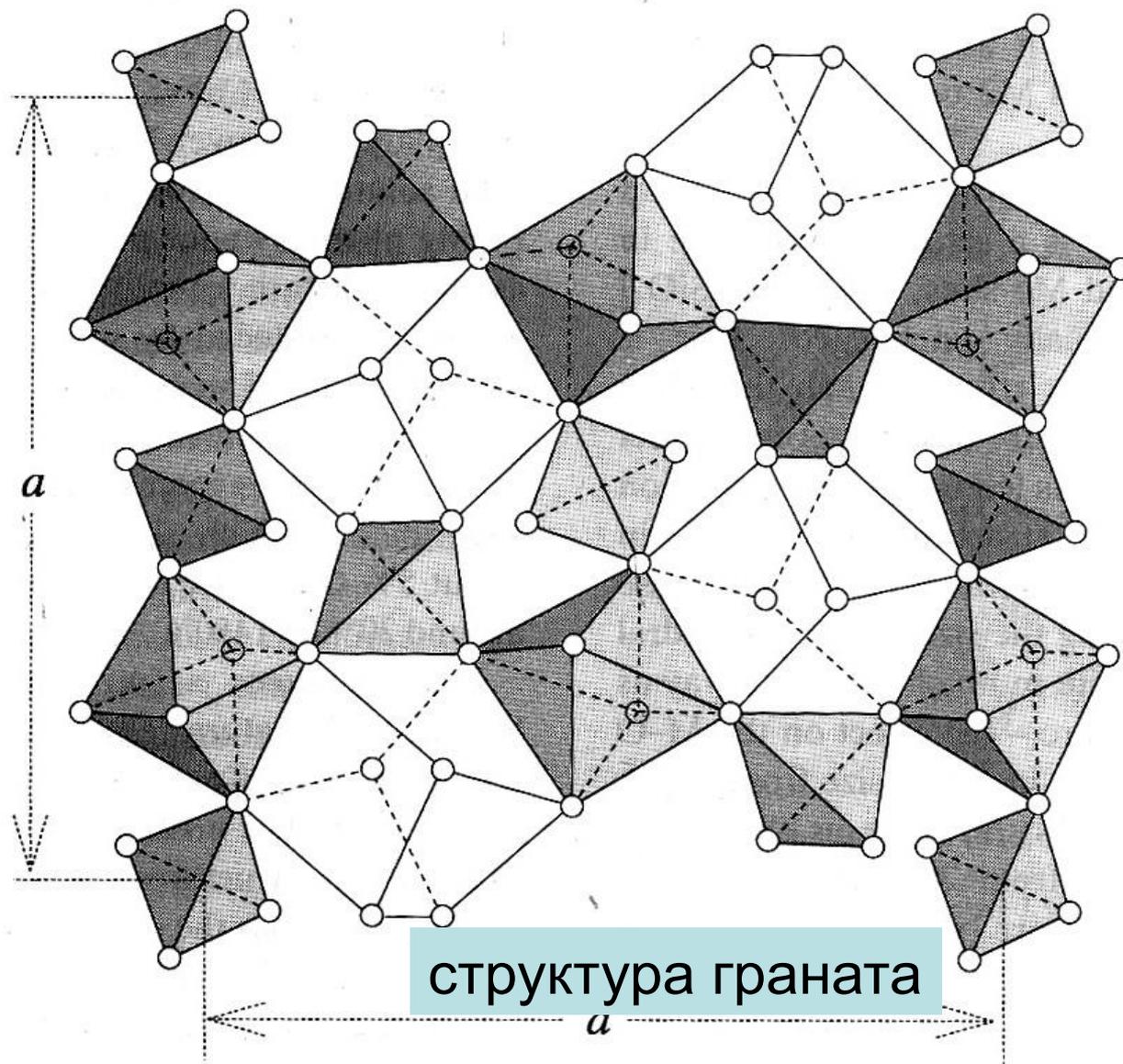
Шлиф. Николи х

Тырны-Ауз, Северный Кавказ

Колл. О.В. Кононова
Фото Э.М. Спиридонова

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

Гранат гроссуляр $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ – андрадитового $\text{Ca}_3\text{Fe}^{3+}_2[\text{SiO}_4]_3$ ряда, безводный, практически без Ti, Cr, V



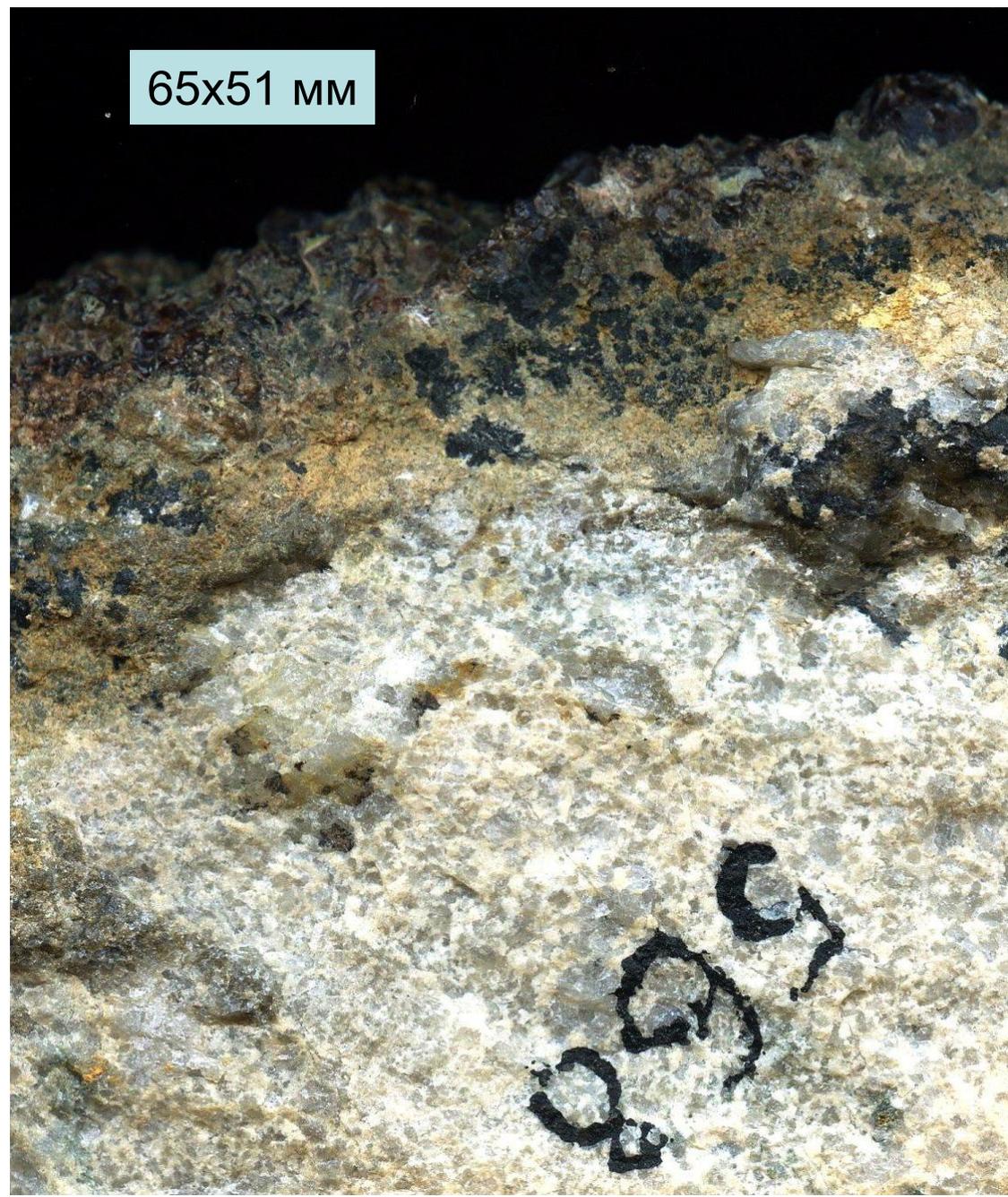
гроссуляр –
аплом –
андрадит

Клинопироксен
диопсид
 $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ –
геденбергит
 $\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ –
джохансенит
 $\text{CaMn}[\text{Si}_2\text{O}_6]$,
практически
без Al, Ti, Cr, V

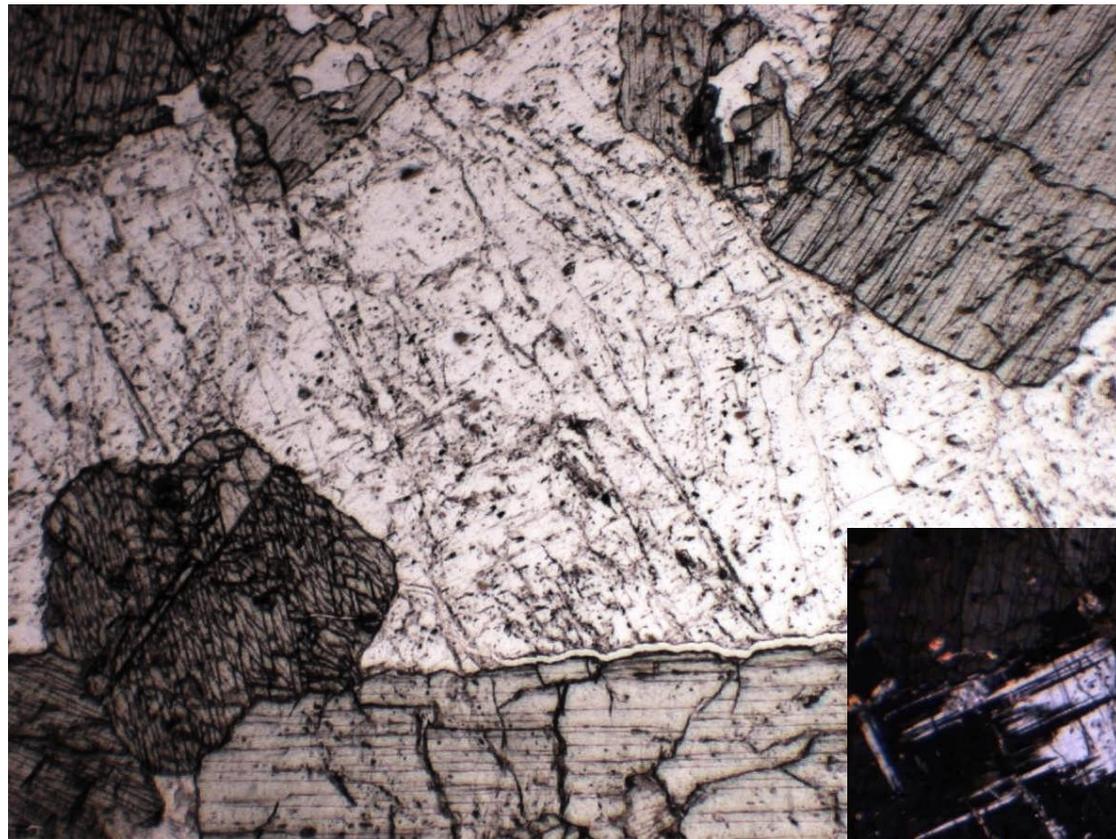
ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

Контакт белёсых
диопсид – андезиновых
эндоскарнов и
салит-гранатовых
экзоскарнов.
Магнитогорск. Южный
Урал

Колл. и фото
Э.М. Спиридонова



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ



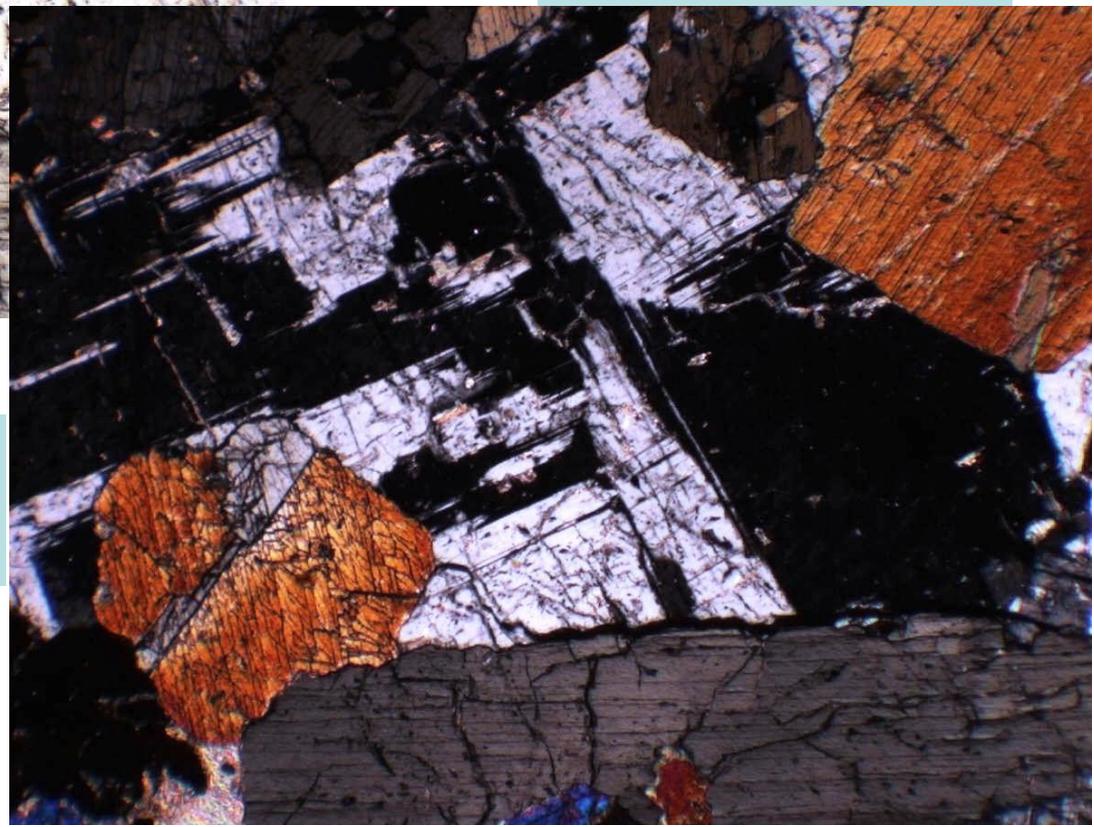
Шлиф при 1 николе

Тырны-Ауз, Северный
Кавказ

Колл. О.В. Кононова
Фото Э.М. Спиридонова

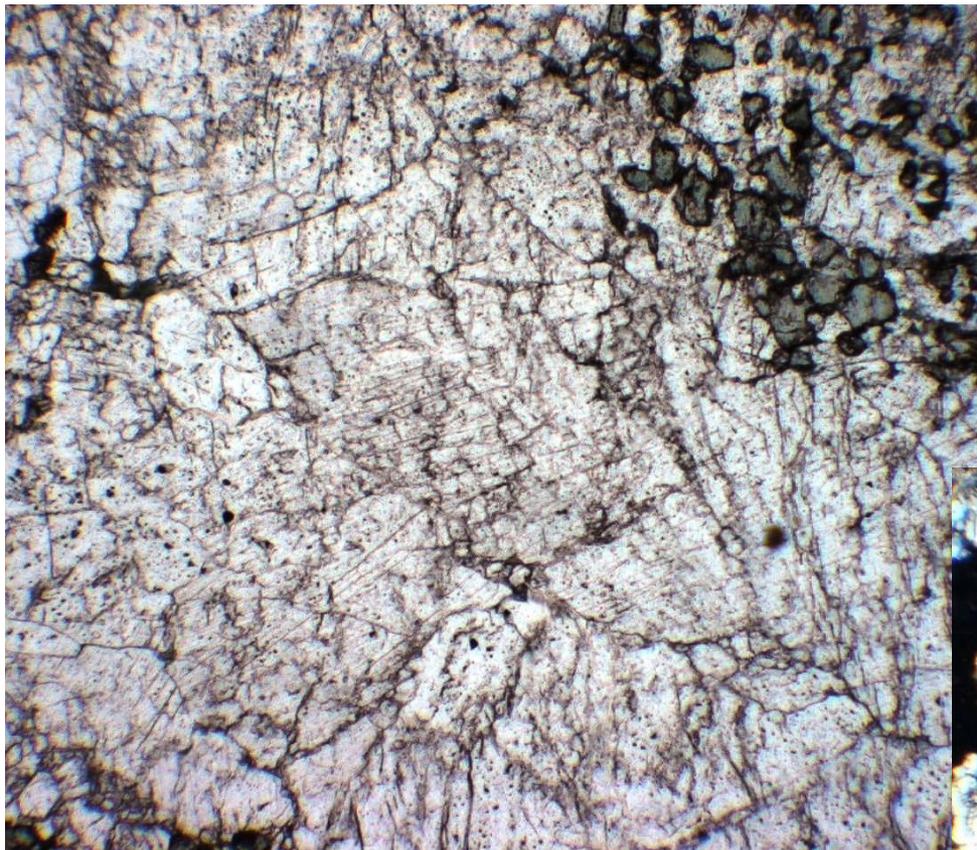
Клинопироксен
(диопсид-салит) –
плагиоклазовые
(Са андезин)
эндоскарны

Шлиф. Николи х



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

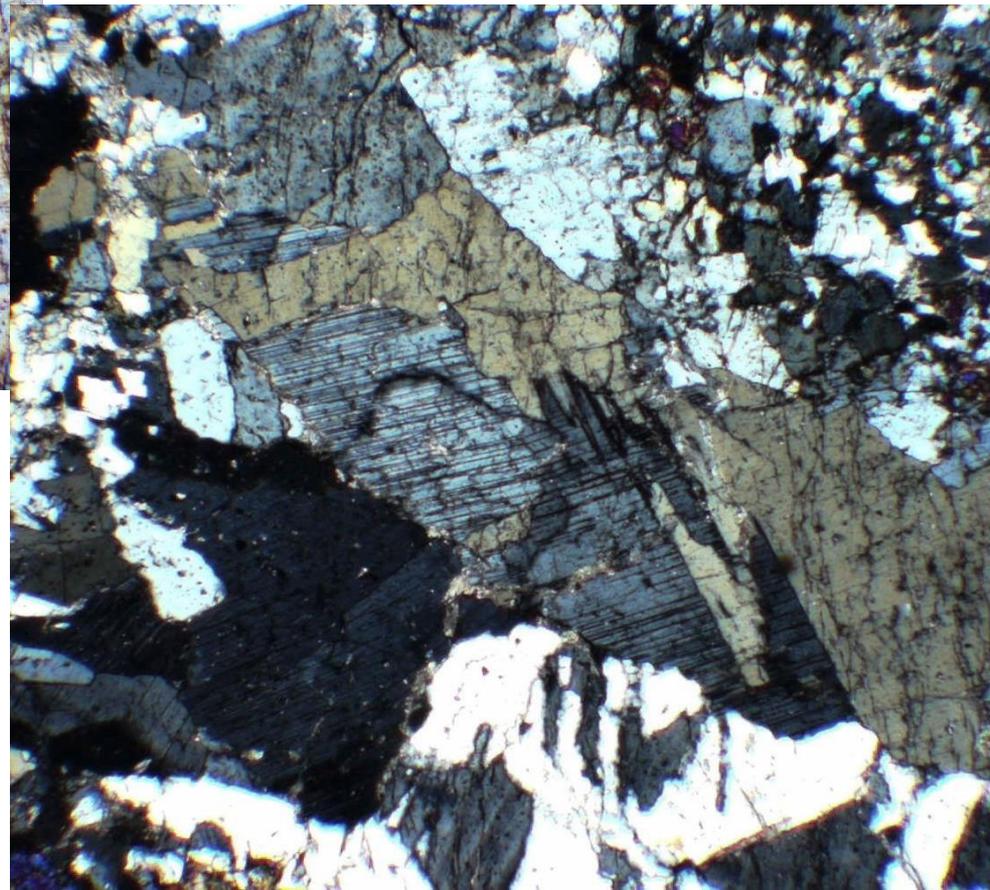
Лейкократовые
клинопироксен (салит) –
плагиоклазовые
(андезин-лабрадор)
эндоскарны



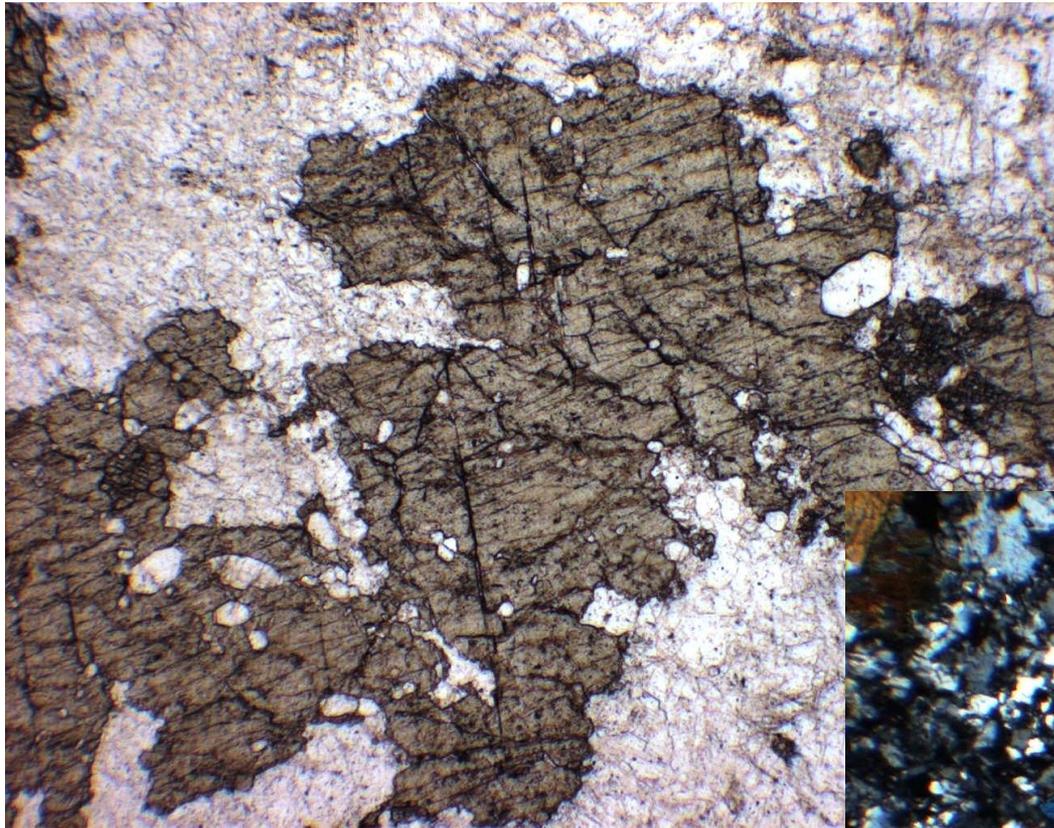
Шлиф при 1 николе

Тырны-Ауз,
Северный Кавказ

Шлиф. Николи х



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ



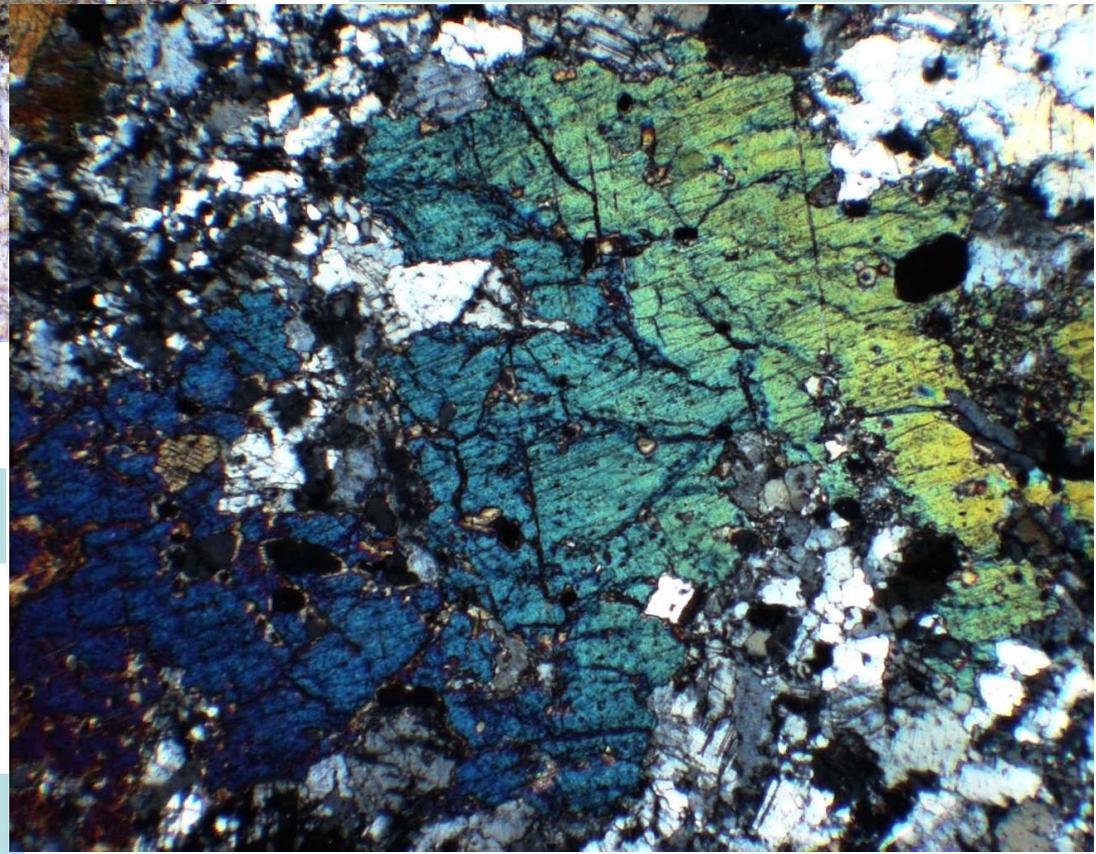
Меланократовые
клинопироксен
(ферросалит) –
плагиоклазовые
(андезин)
эндоскарны

Шлиф при 1 николе

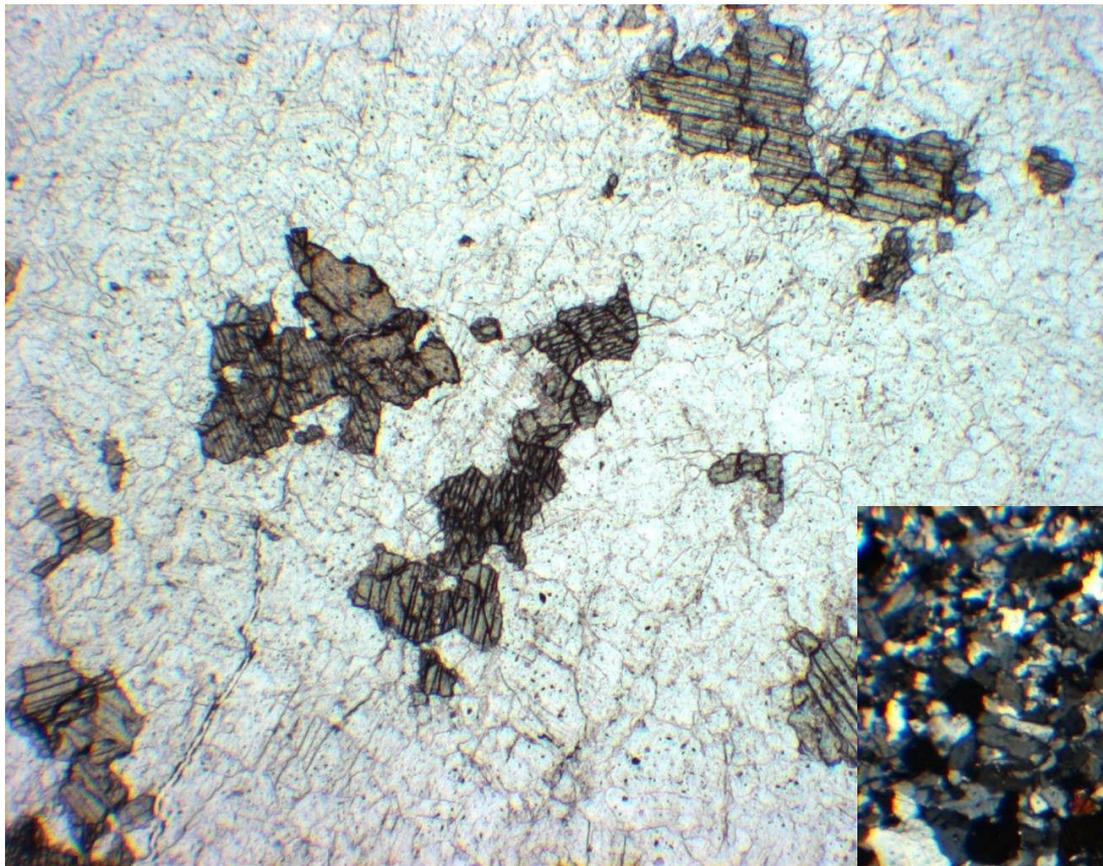
Тырны-Ауз, Север. Кавказ

Колл. О.В. Кононова
Фото Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

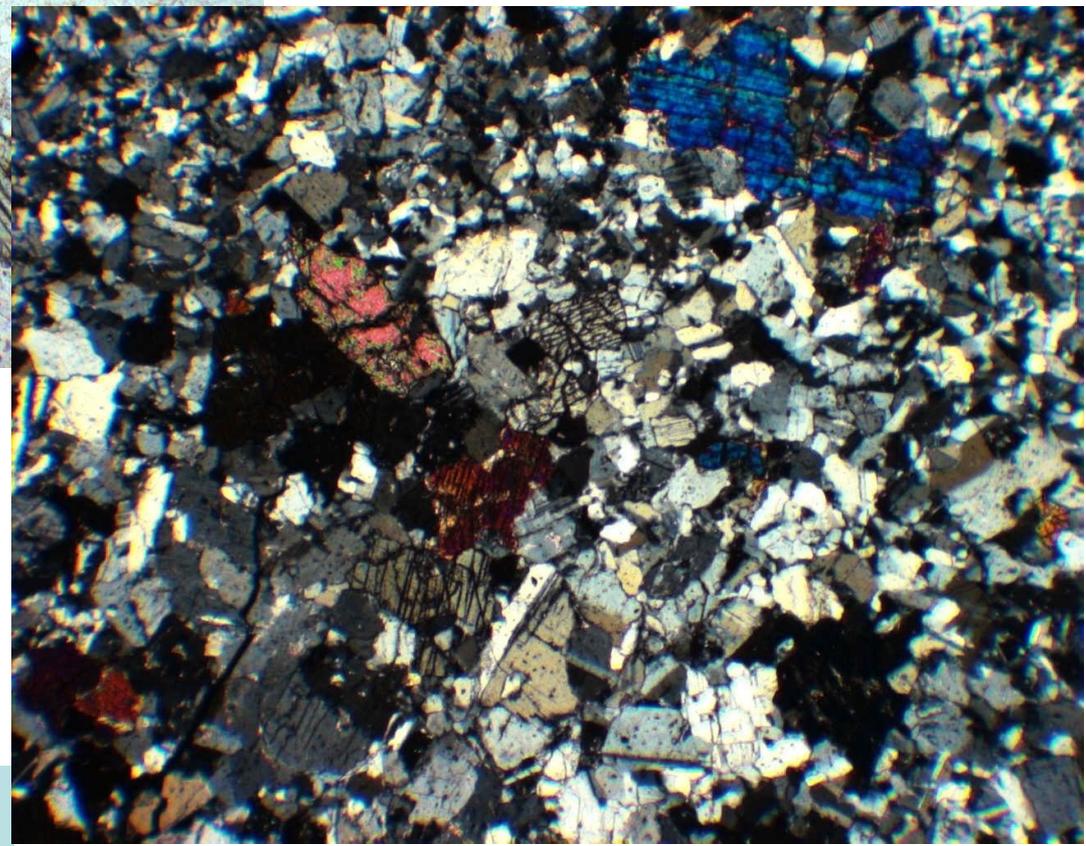


Шлиф при 1 николе

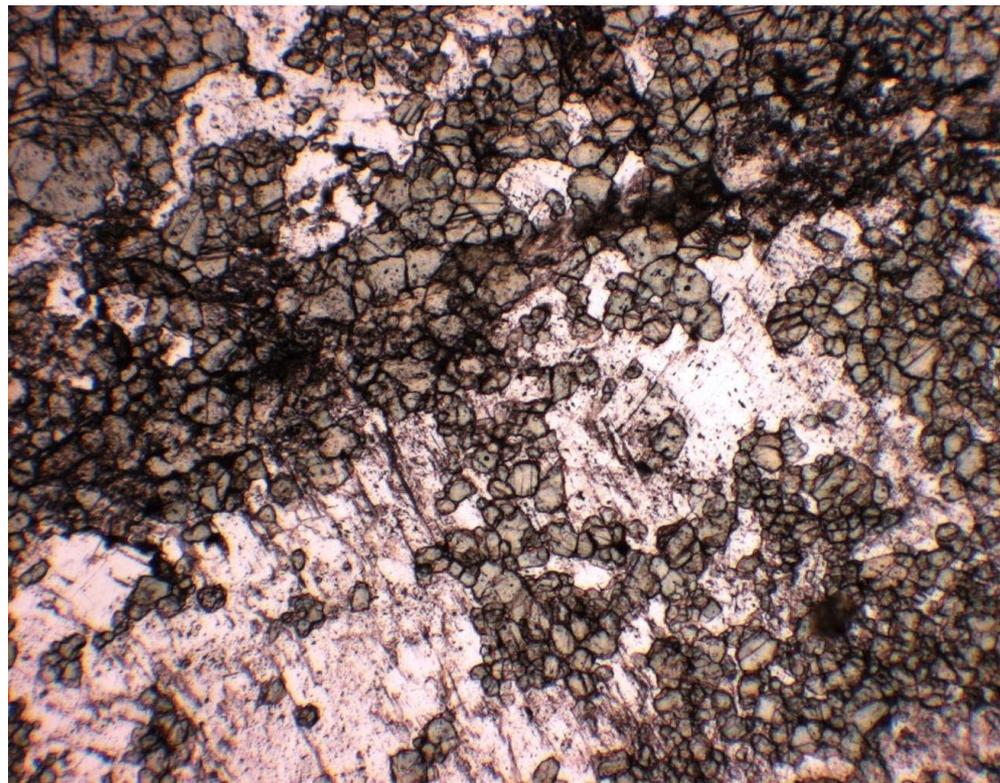
Тырны-Ауз,
Северный Кавказ

Шлиф. Николи х

Лейкократовые
сфен - салит –
плагноклазовые
(лабрадор)
эндоскарны

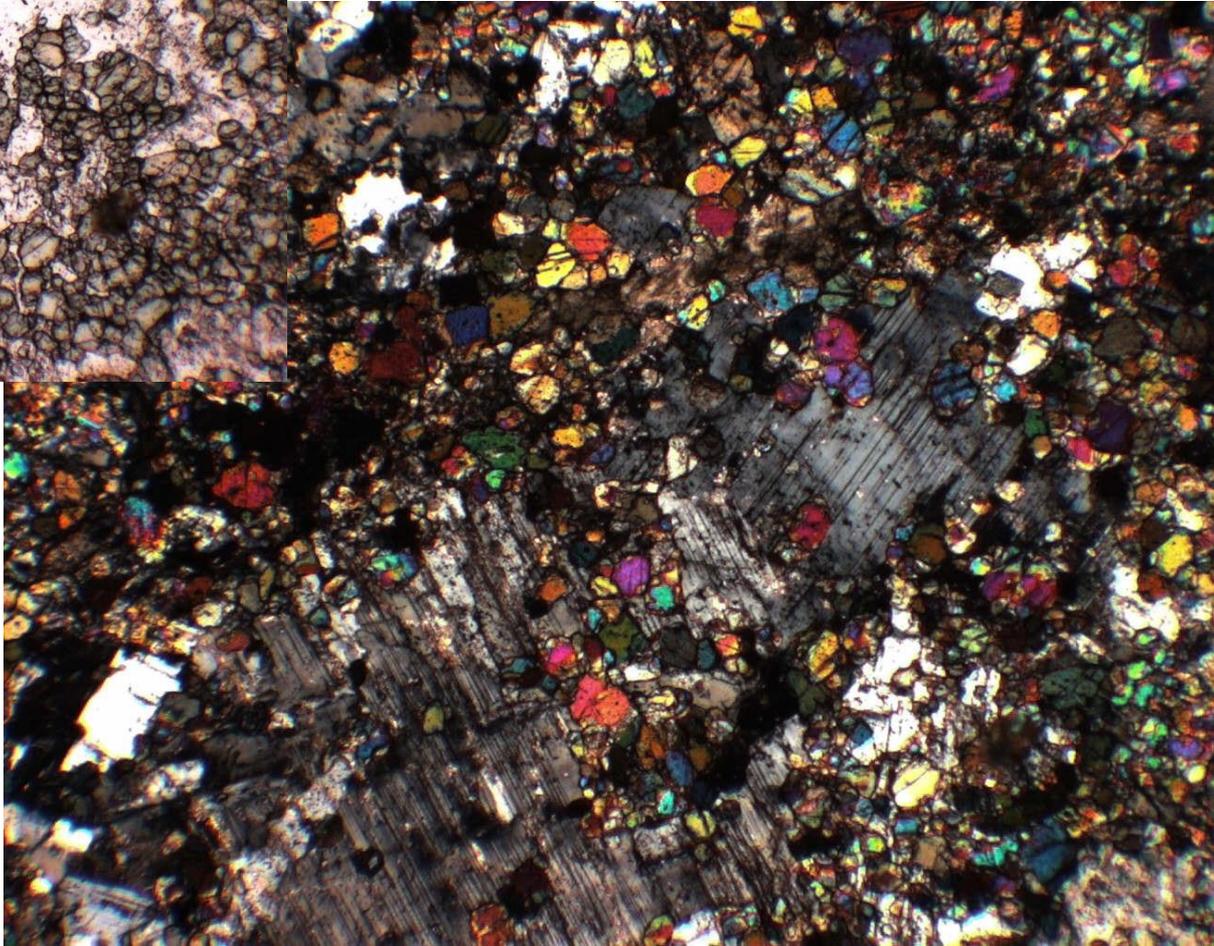


ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ



Сфен - андезин -
салитовые
эндоскарны

Шлиф. Николи x

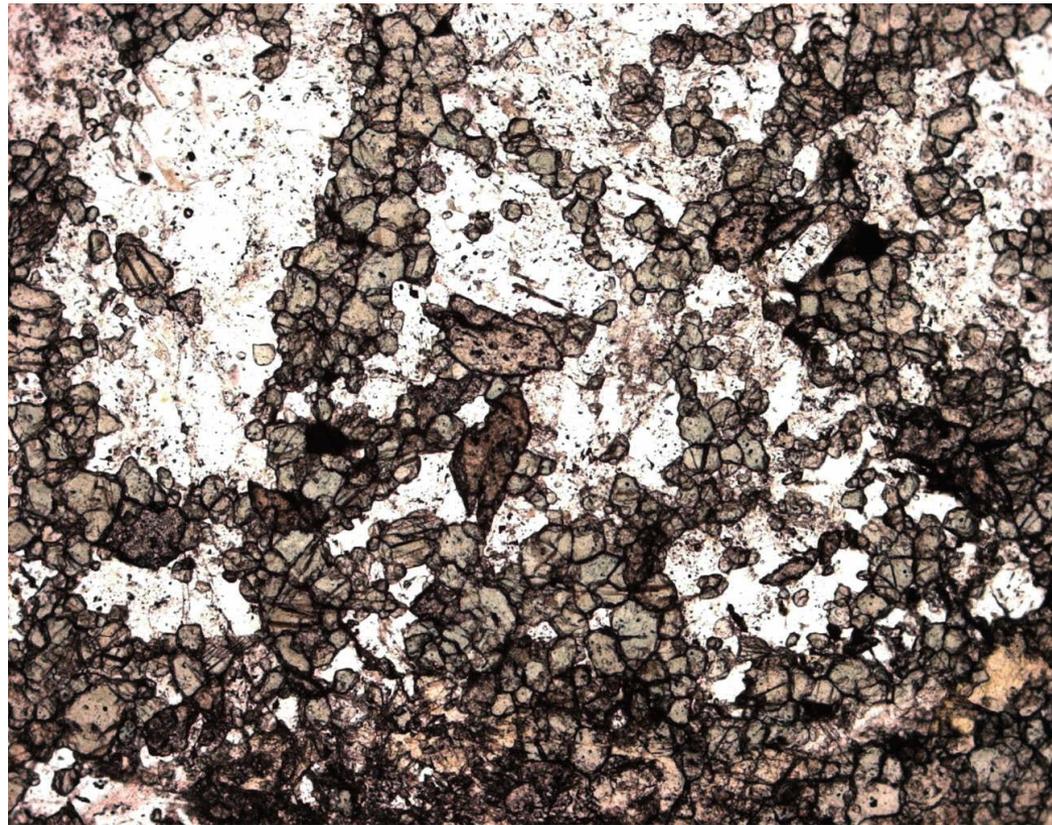


Шлиф при 1 николе

Тырны-Ауз,
Северный Кавказ

Колл. О.В. Кононова
Фото Э.М. Спиридонова

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

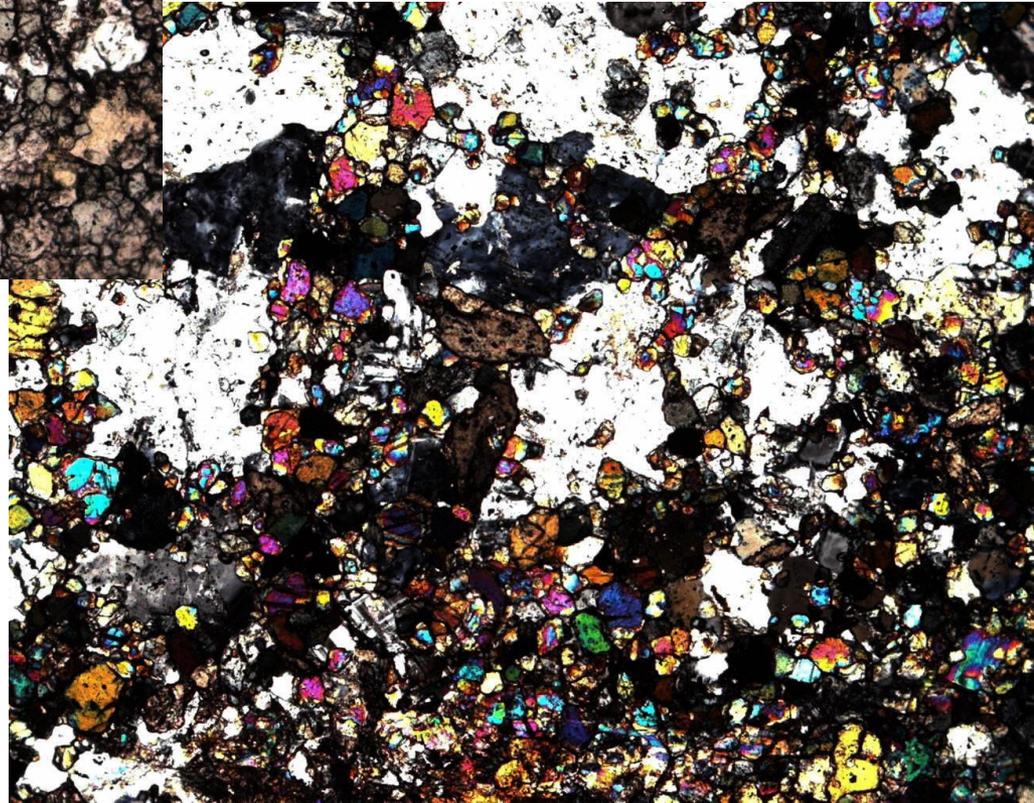


Сфен - олигоклаз –
кварц - салитовые
эндоскарны

Шлиф при 1 николе

Тырны-Ауз,
Северный Кавказ

Шлиф. Николи х



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

Кварц-
клинопироксен
(салит) –
плагиоклазовые
(олигоклаз)
эндоскарны

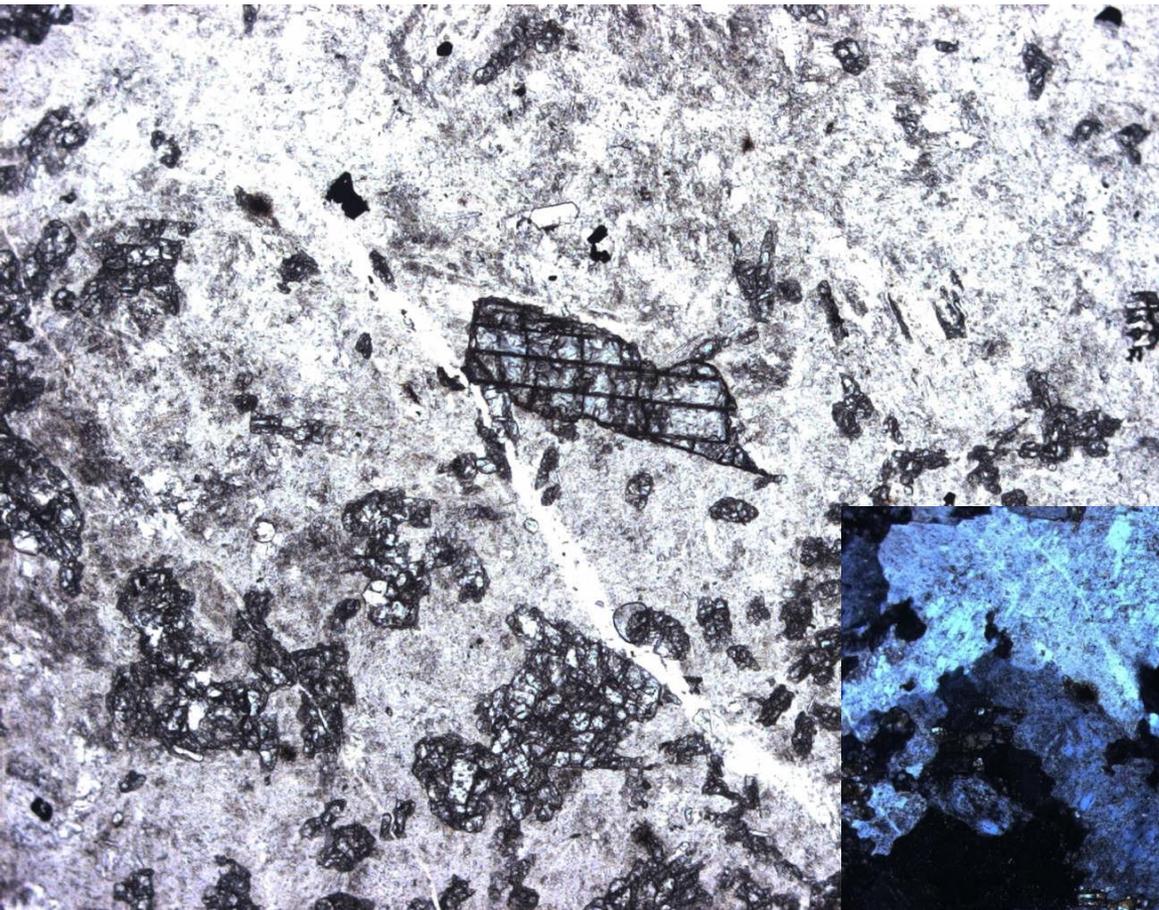
Тырны-Ауз,
Северный
Кавказ



Шлиф. Николи х

Колл. О.В. Кононова
Фото Э.М. Спиридонова

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

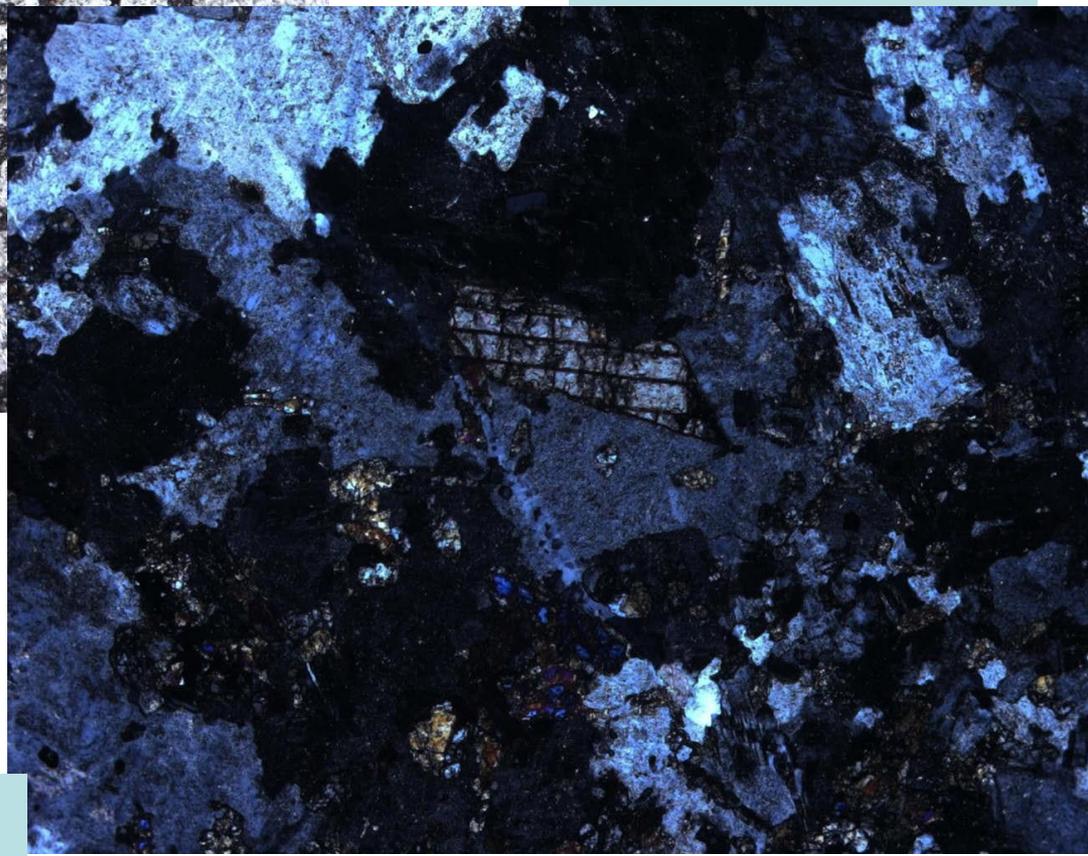


Шлиф при 1 николе

Тардан, Тува

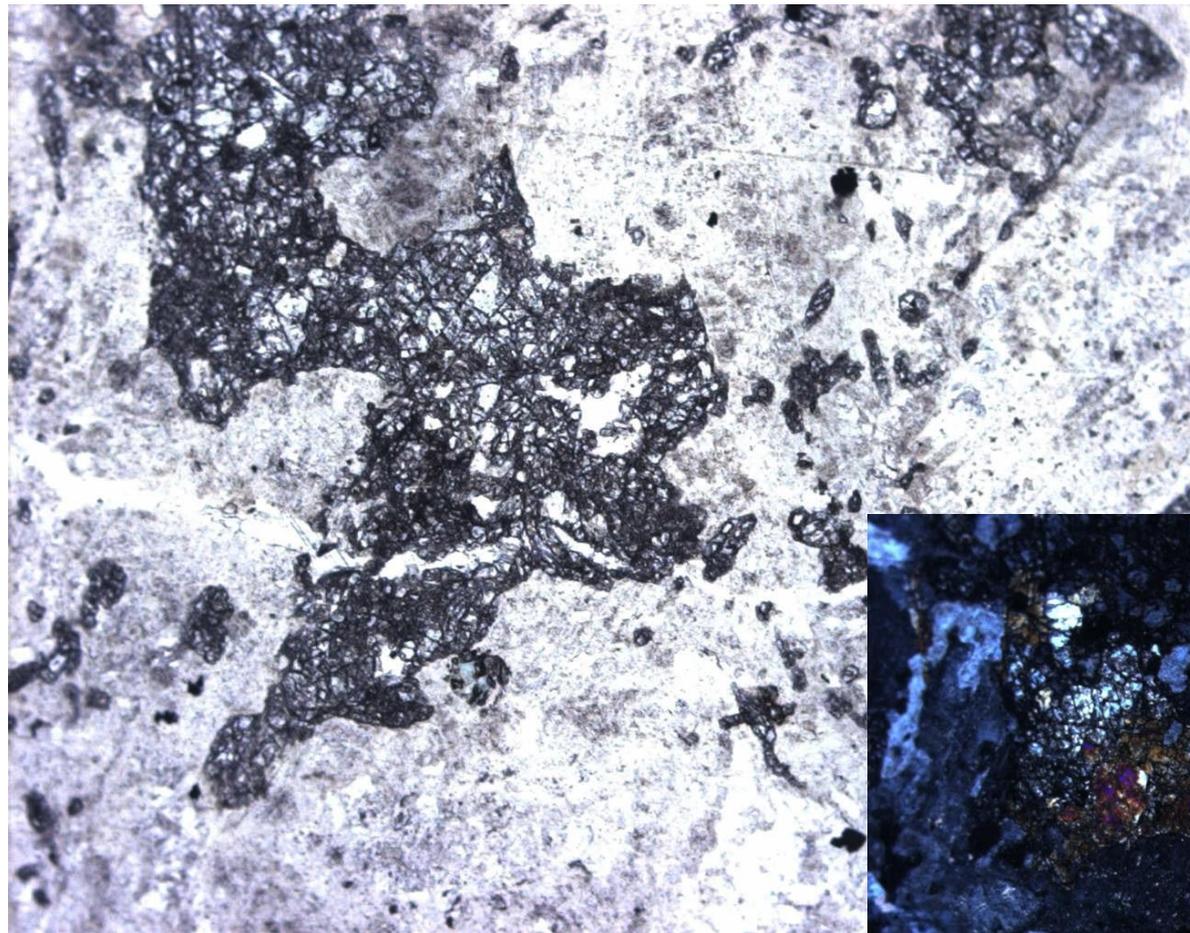
Сфен - диопсид –
олигоклазовые
эндоскарны

Шлиф. Николи х

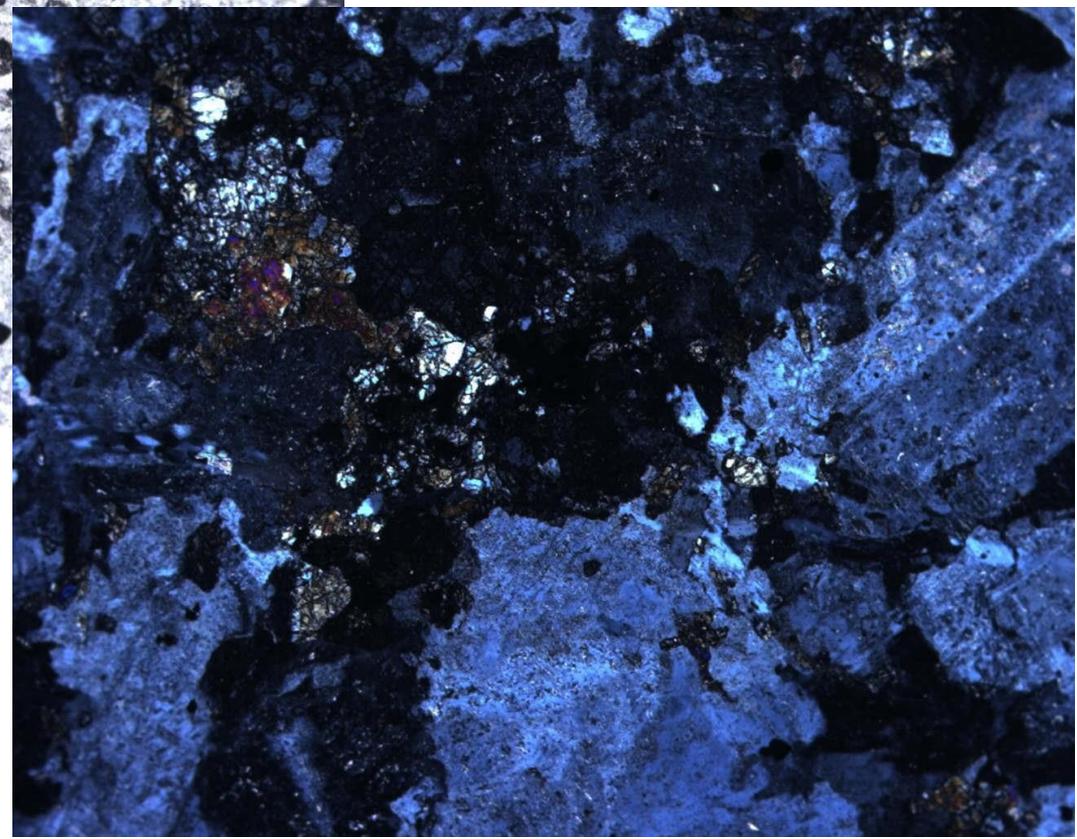


Колл. и фото Э.М. Спиридонова

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ



Сфен - диопсид –
олигоклазовые
эндоскарны



Шлиф при 1 николе

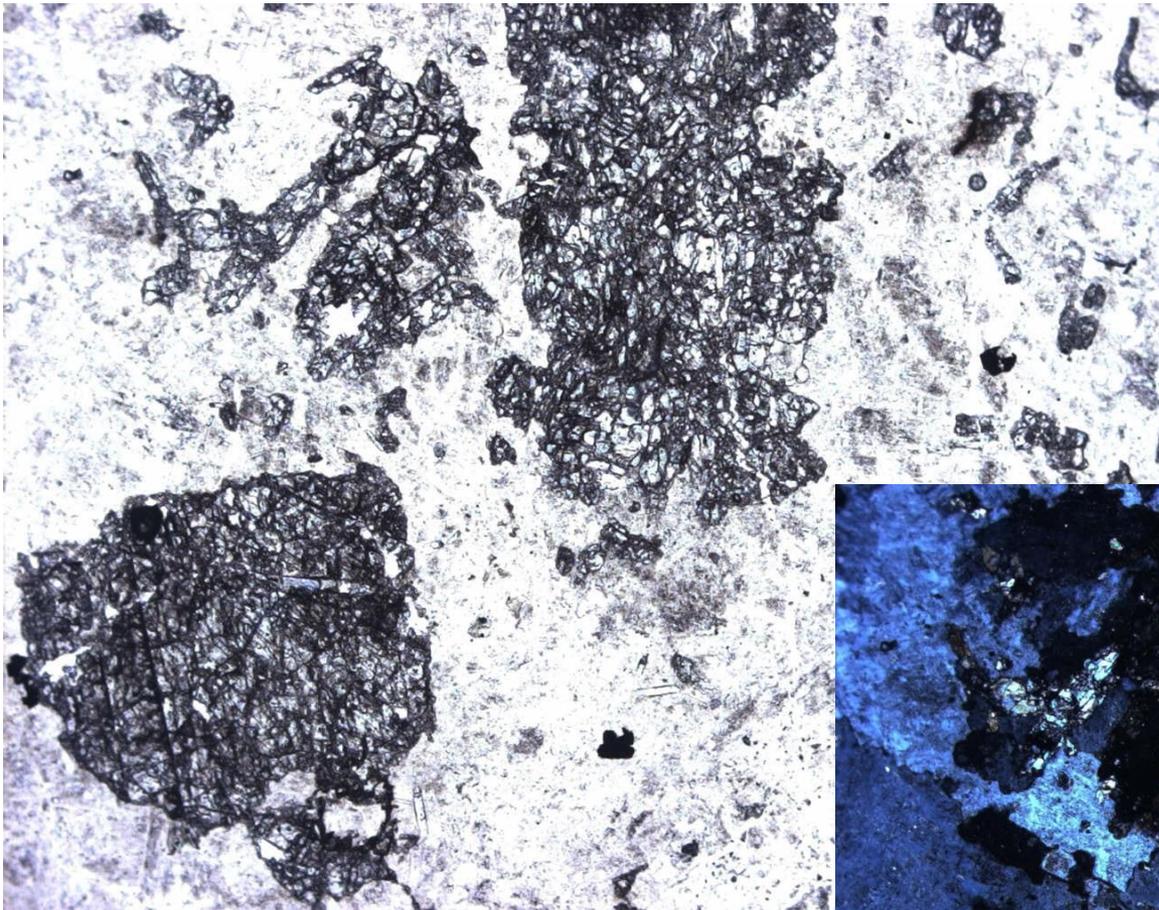
Тардан, Тува

Шлиф. Николи х

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

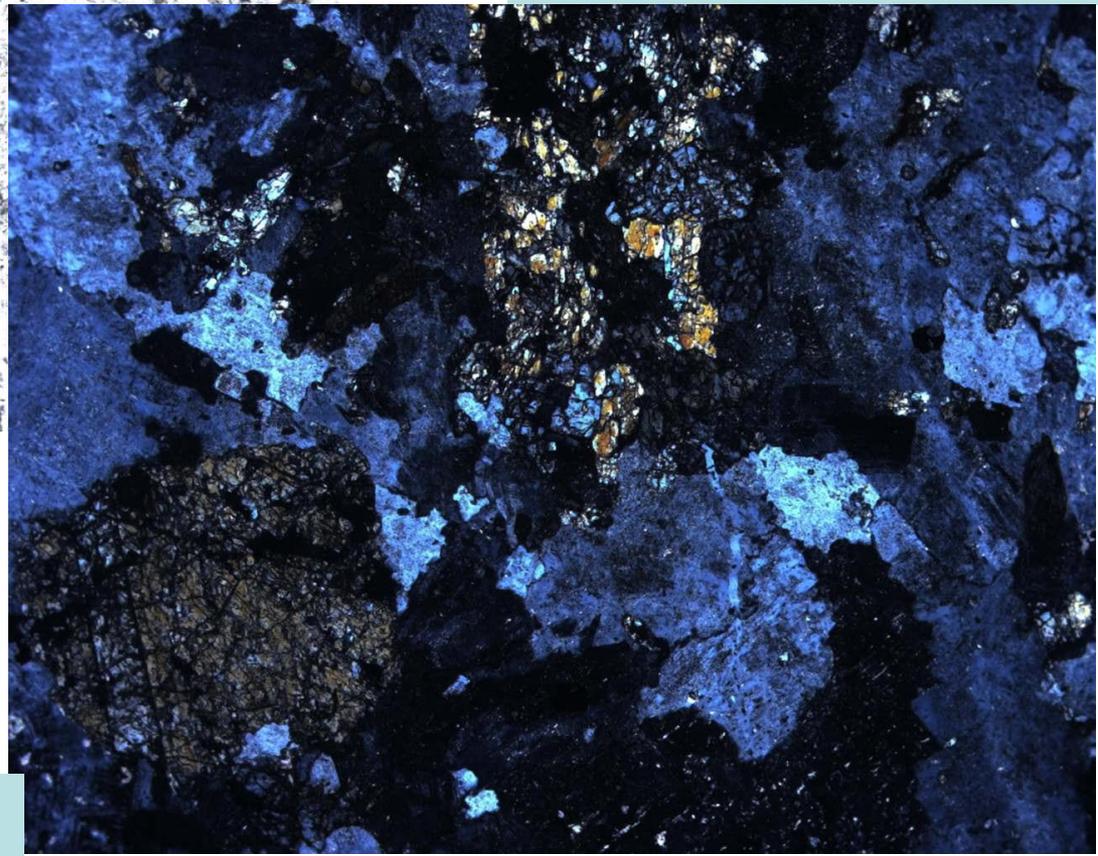
Сфен - диопсид –
олигоклазовые
эндоскарны

Шлиф. Николи х



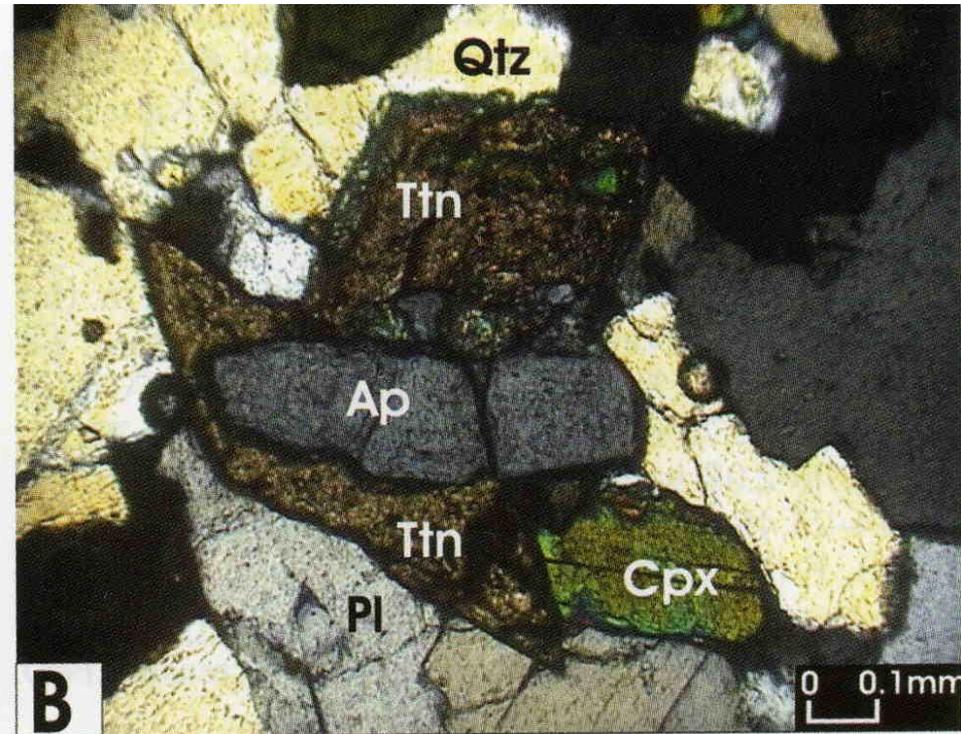
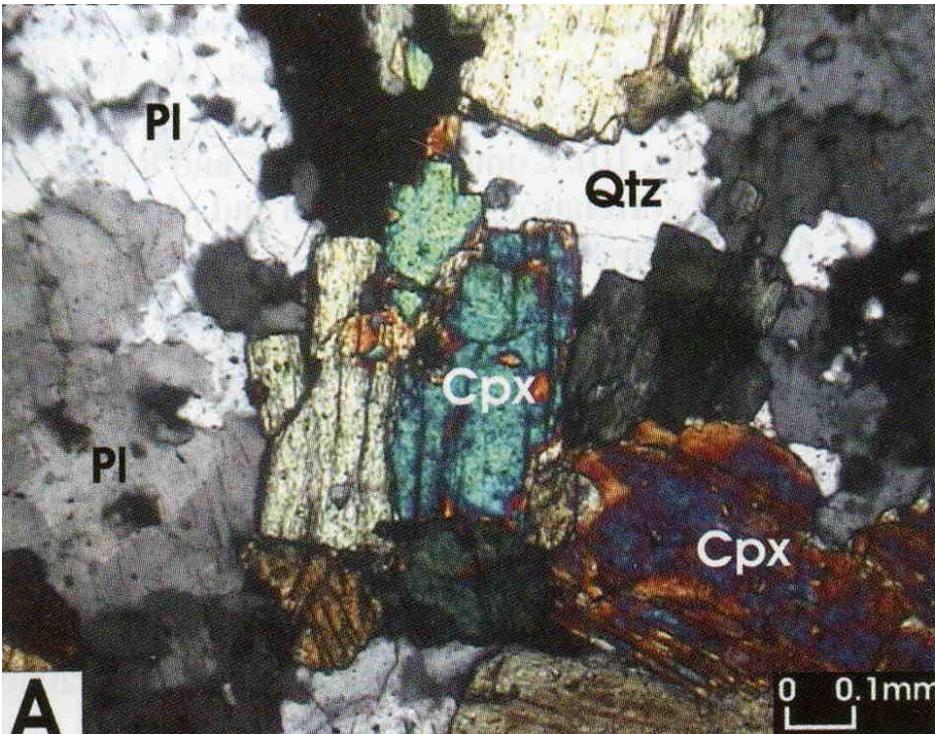
Шлиф при 1 николе

Тардан, Тува



Колл. и фото Э.М. Спиридонова

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ



Шлифы. Николи х

Эндоскарны
сфен – кварц - салит – олигоклазовые
с апатитом и магнетитом.
Турция

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

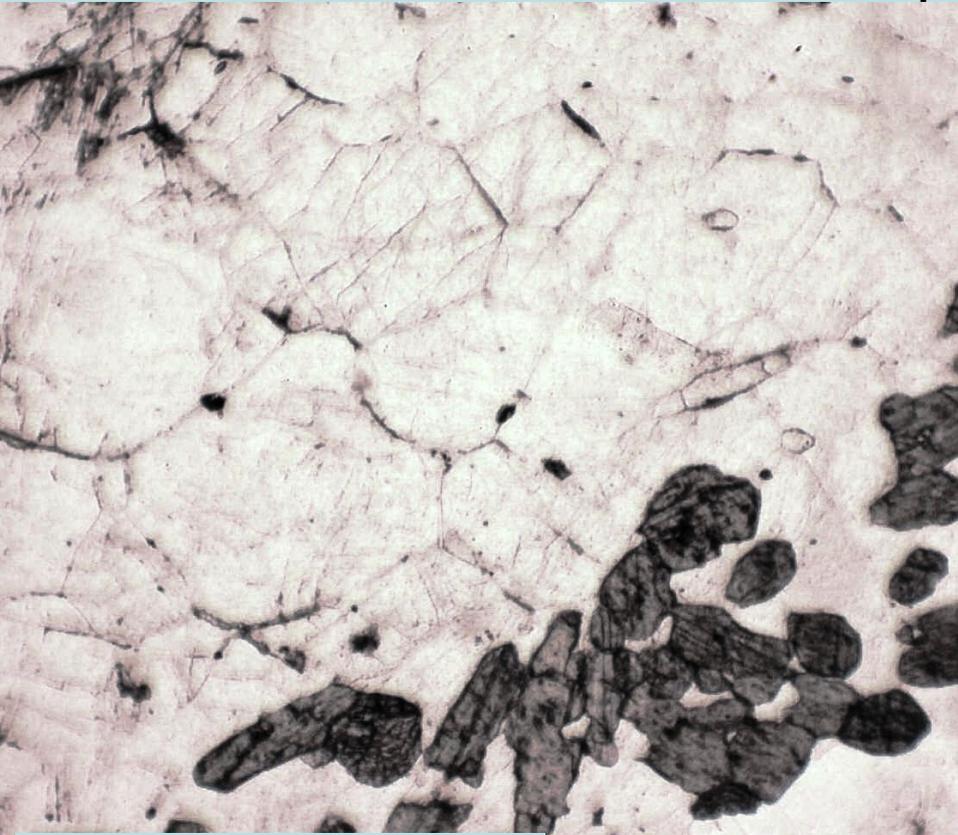
РАННИЕ

ПОВЫШЕННОЙ

ЩЁЛОЧНОСТИ

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

В эндоскарнах повышенной щёлочности вместо плагиоклаза развит скаполит

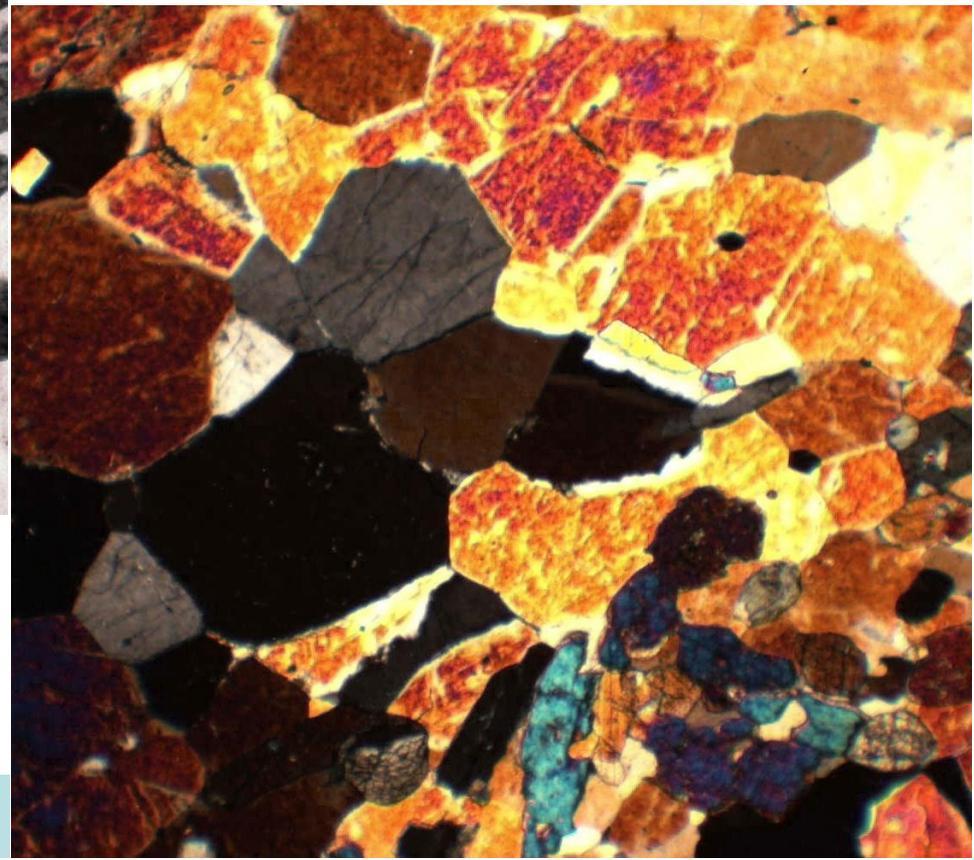


Шлиф при 1 николе

Колл. Е.П. Шпанова
Фото Э.М. Спиридонова

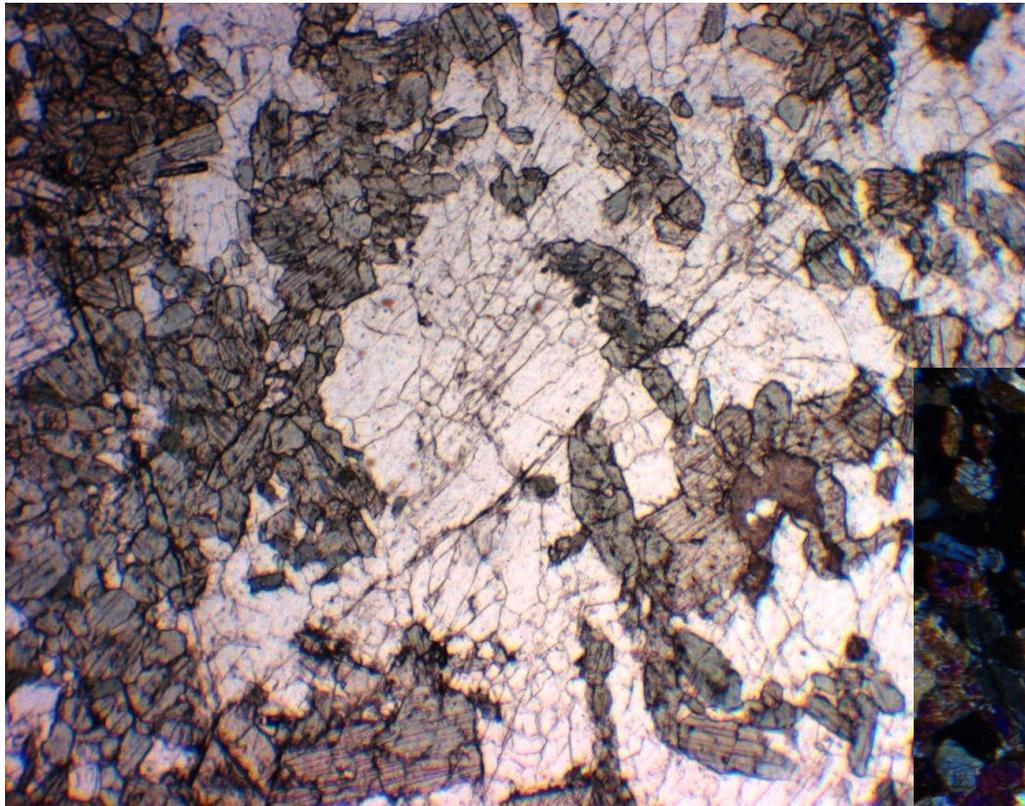
Шлиф. Николи х

Салит – скаполитовые
эндоскарны.
Ермаковское, Забайкалье



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

В эндоскарнах повышенной щёлочности вместо плагиоклаза развит скаполит

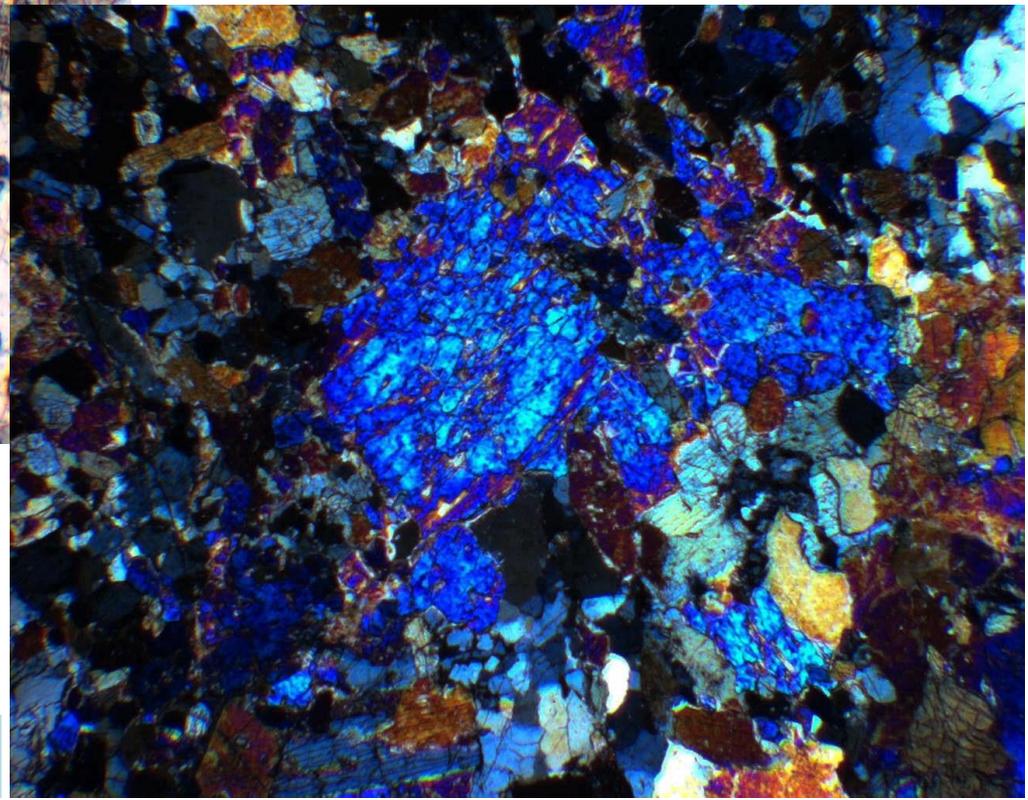


Салит – скаполитовые
эндоскарны.
Ермаковское, Забайкалье

Шлиф при 1 николе

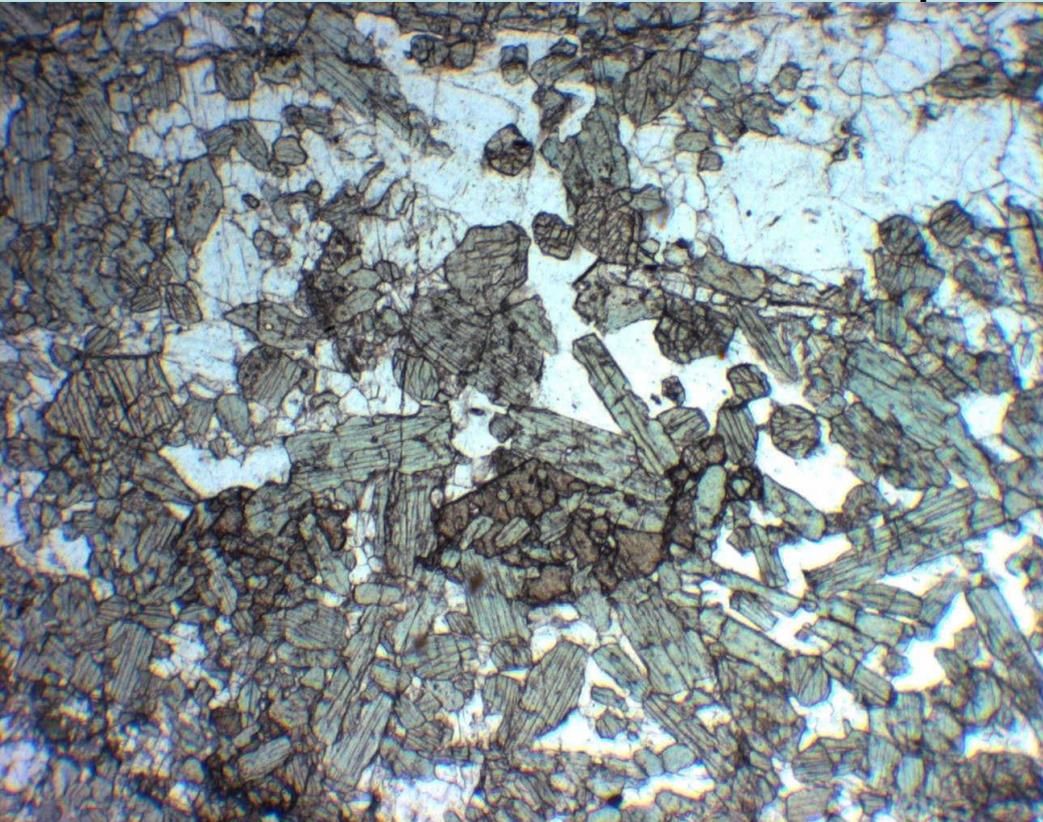
Колл. Е.П. Шпанова
Фото Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

В эндоскарнах повышенной щёлочности вместо плагиоклаза развит скаполит

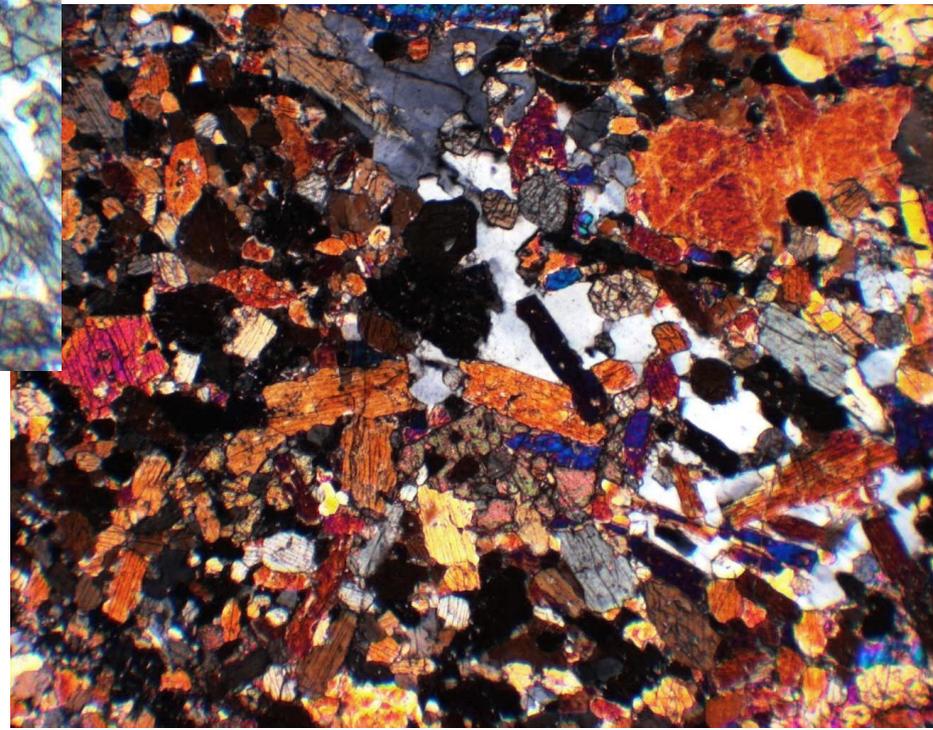


Шлиф при 1 николе

Колл. Е.П. Шпанова
Фото Э.М. Спиридонова

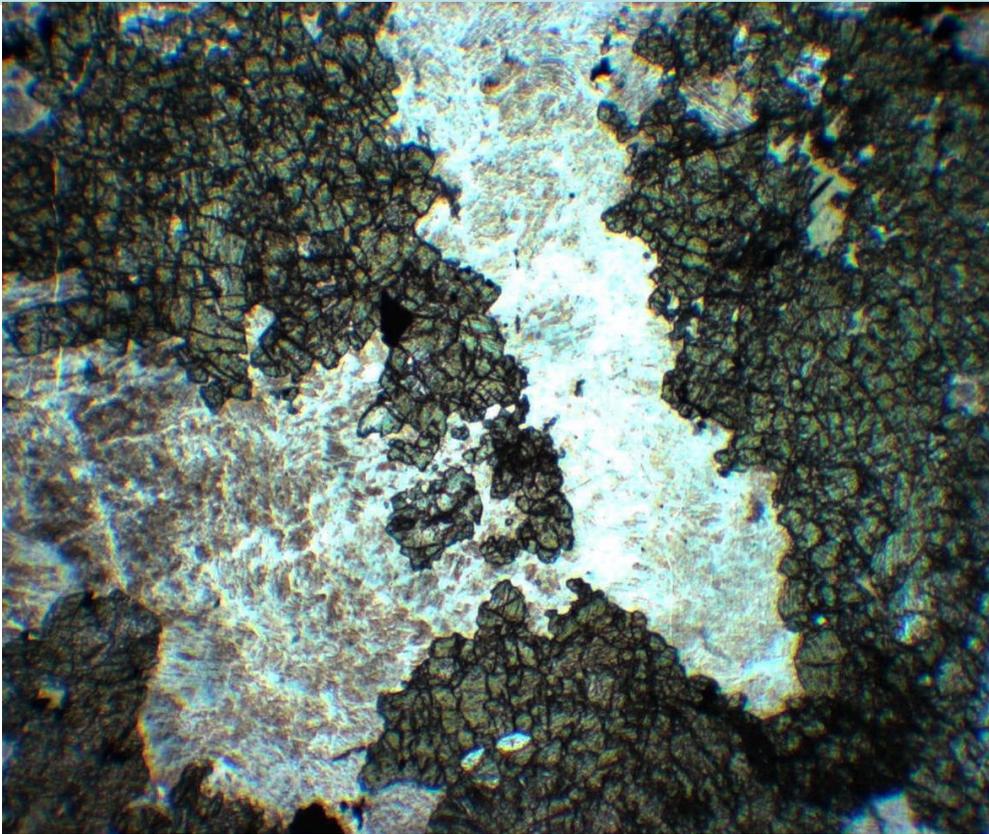
Шлиф. Николи х

Кварц-сфен-
салит – скаполитовые
эндоскарны.
Ермаковское, Забайкалье



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ РАННИЕ

В эндоскарнах весьма повышенной щёлочности вместо плагиоклаза развит калишпат

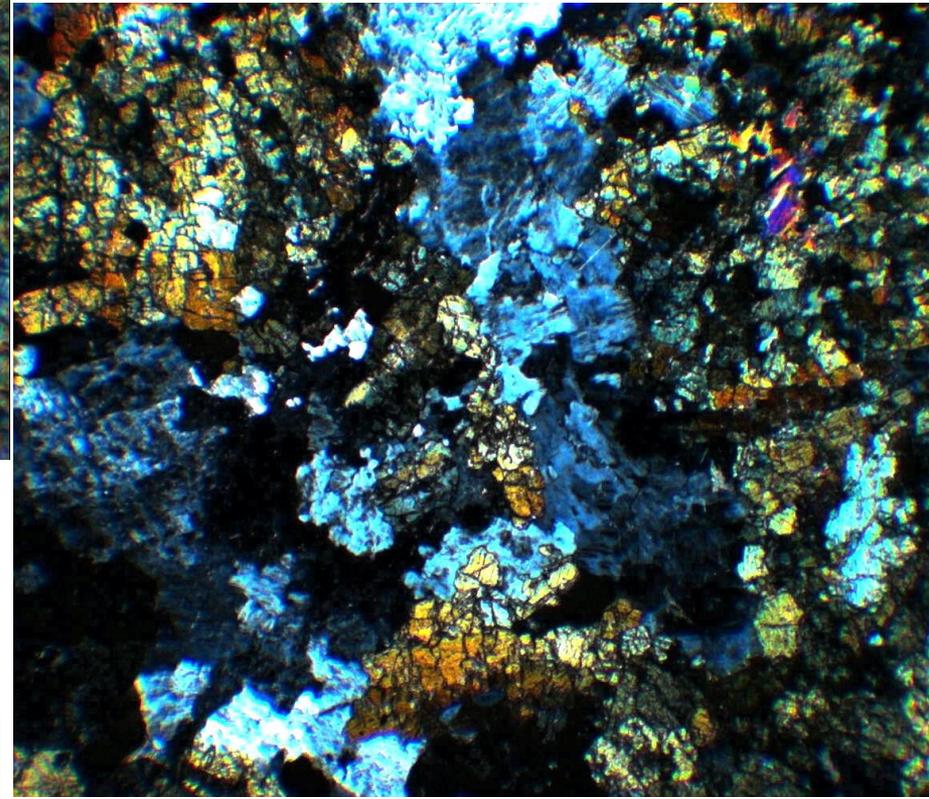


Шлиф при 1 николе

Колл. Е.П. Шпанова
Фото Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х

Ферросалит –
калишпатовые
эндоскарны.
Ермаковское, Забайкалье



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

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

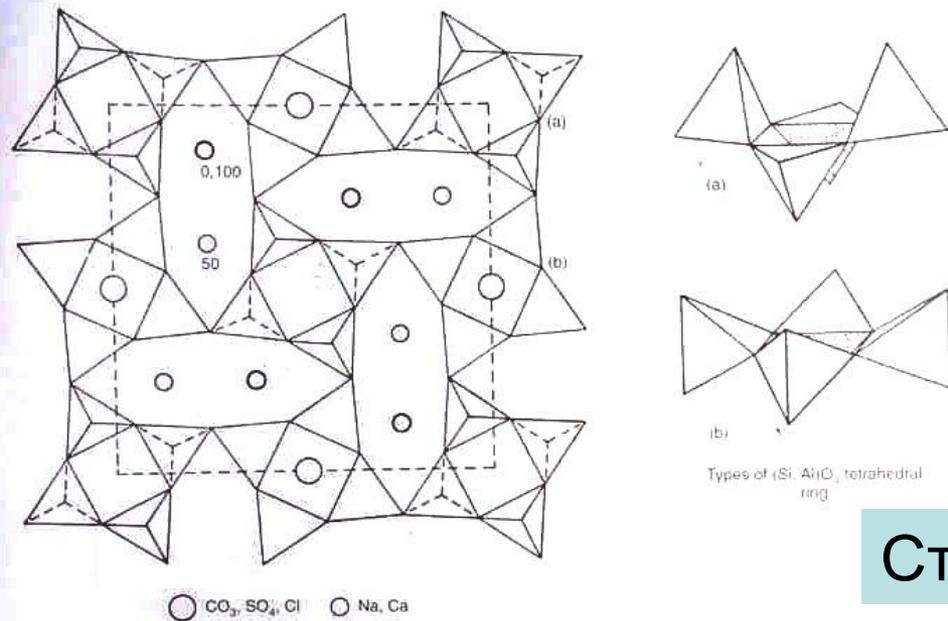


Fig. 11.86 The structural scheme of scapolite.

Структура скаполита

Скаполит – один из характерных минералов эндоскарнов повышенной щёлочности и после скарновых жил. 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...). Скаполиты богатые хлором – индикаторы крупномасштабного скарнового магнетитового оруденения

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Гнёзда поздних андрадитовых скарнов среди ранних м/кр

Хову-Аксы, Тува



Фото

Э.М. Спиридонова

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Салит – андрадитовые скарны на ранних м/кр скарнах

андрадит

аплом

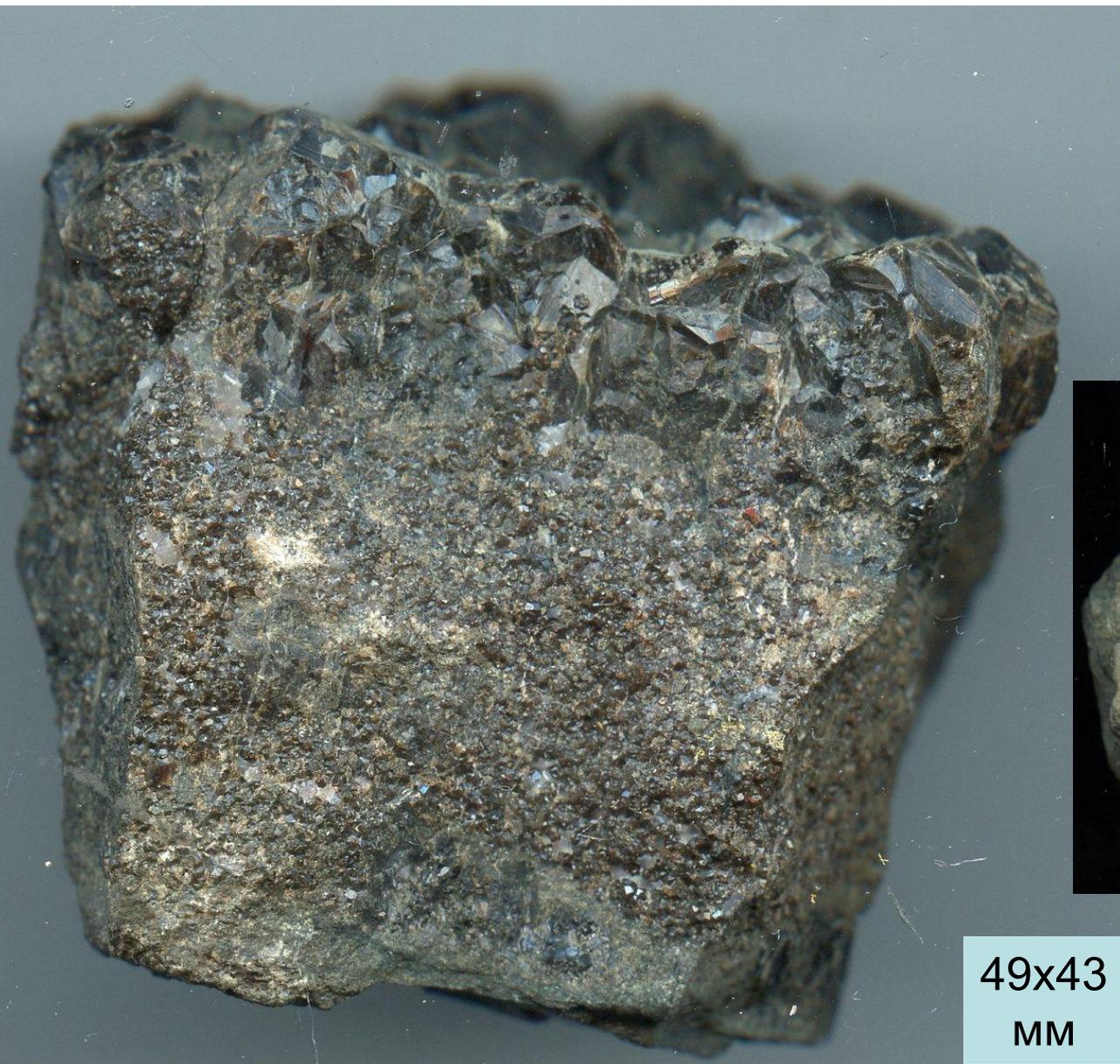
Дашкесан,
Азербайджан

73x46
мм

Фото
Э.М. Спиридонова

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Кальцит – андрадитовые скарны на ранних м/кр скарнах



49x43
мм

Хову-Аксы,
Тува

55x51 мм



Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Щётки кристаллов андрадита

Синереченское, Приморье



350x200
MM

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Щётки кристаллов андрадита



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Щётки кристаллов андрадита

Банат,
Румыния

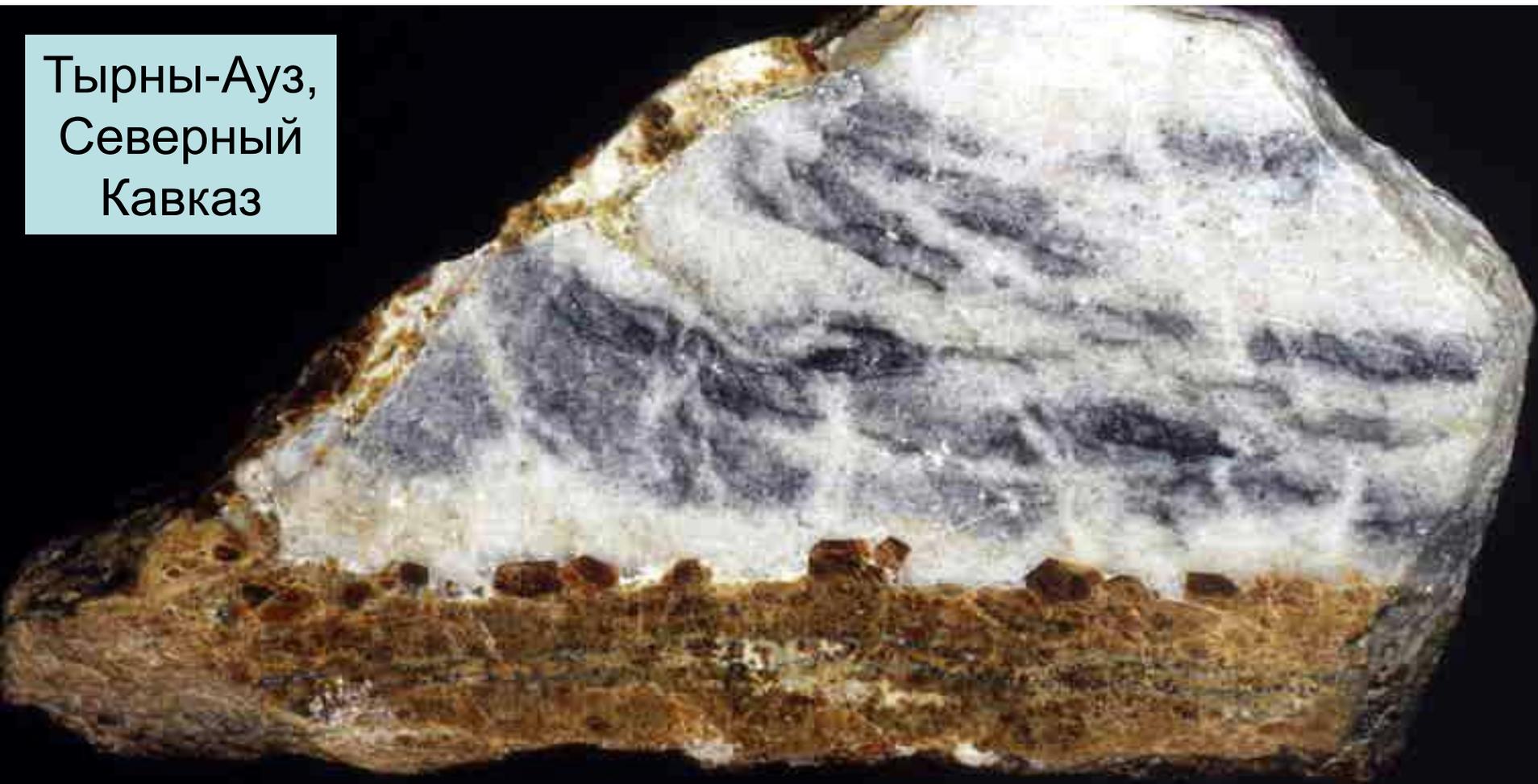
65 мм



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Инфильтрационные жильные андрадитовые скарны с ореолами осветления в кальцитовых мраморах

Тырны-Ауз,
Северный
Кавказ



Колл. О.В. Кононова, фото Э.М. Спиридонова

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Щётки кристаллов везувиана

85 мм



Fassa,
Trentino-Alto Adige,
Италия

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Кристаллы андрадита на пластине геденбергита



Huanggang,
Китай

63 мм

Кварц-ферросалитовые
скарны. 178x59 мм.
Чорух-Дайрон, Ср. Азия

Ферросалит
+ андрадит



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Агрегаты кристаллов геденбергита

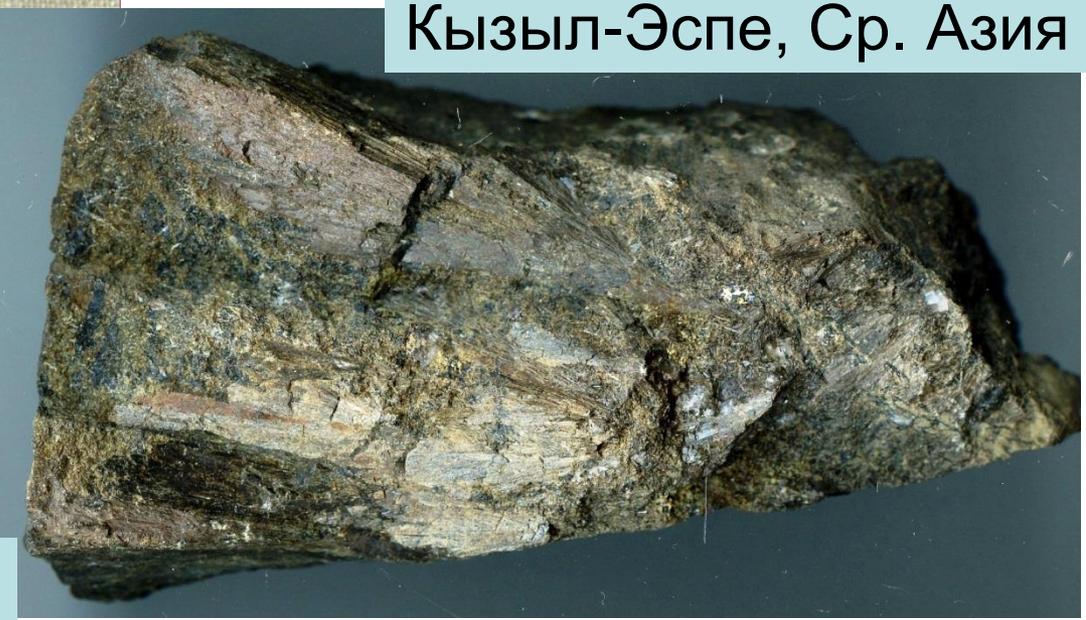
66x45 мм



Кызыл-Эспе, Ср. Азия

Nordmarken,
Vermland,
Швеция

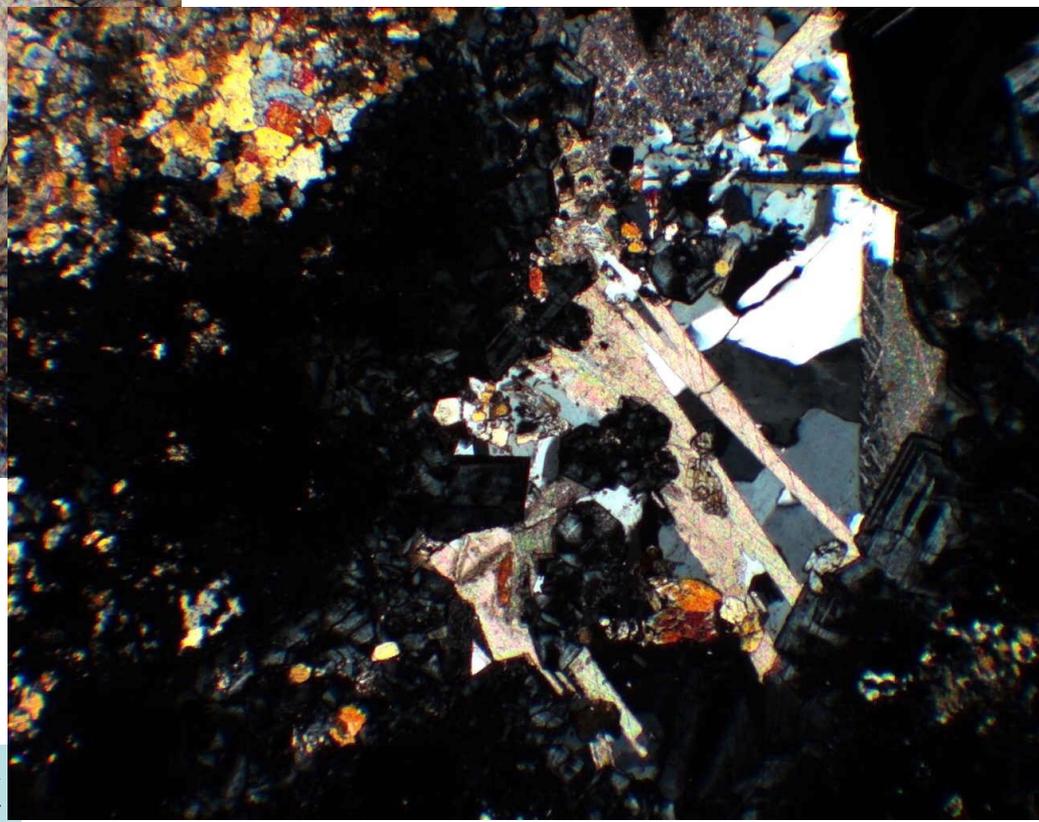
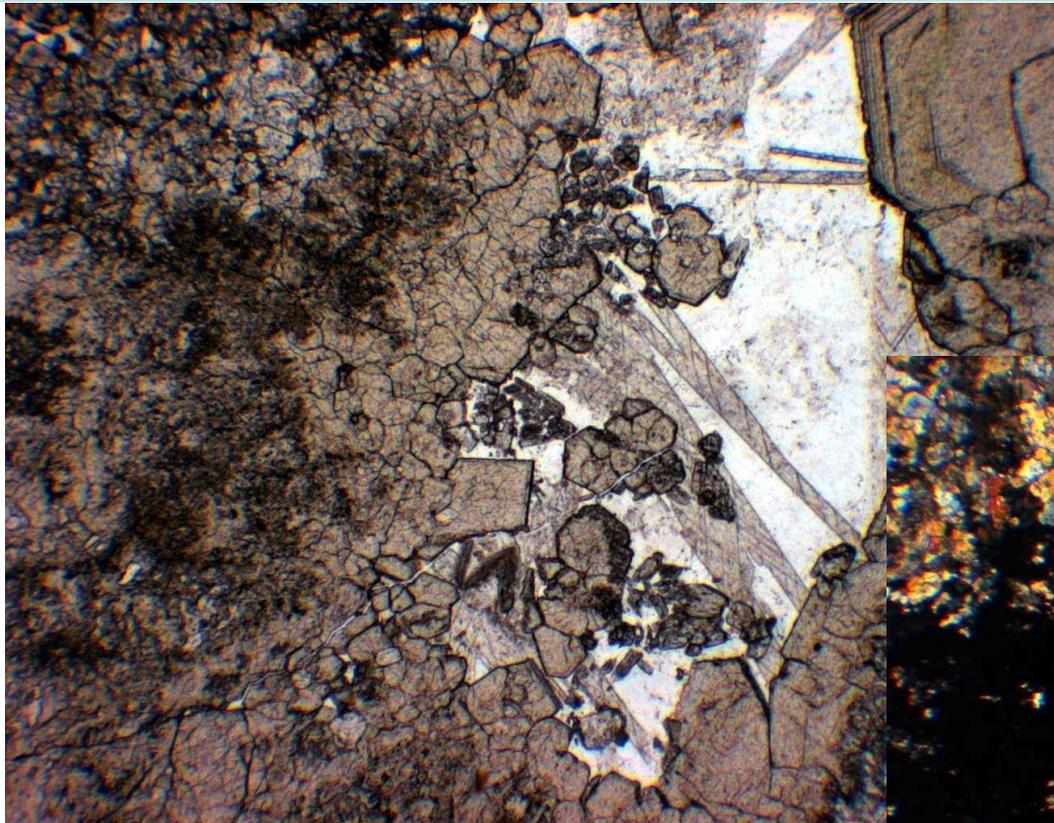
121x64 мм



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Кварц - геденбергит – кальцит - апломовые скарны.
Гранат нормальный и аномальный

Тырны-Ауз,
Сев. Кавказ



Шлиф при 1 николе

Колл. О.В. Кононова,
фото

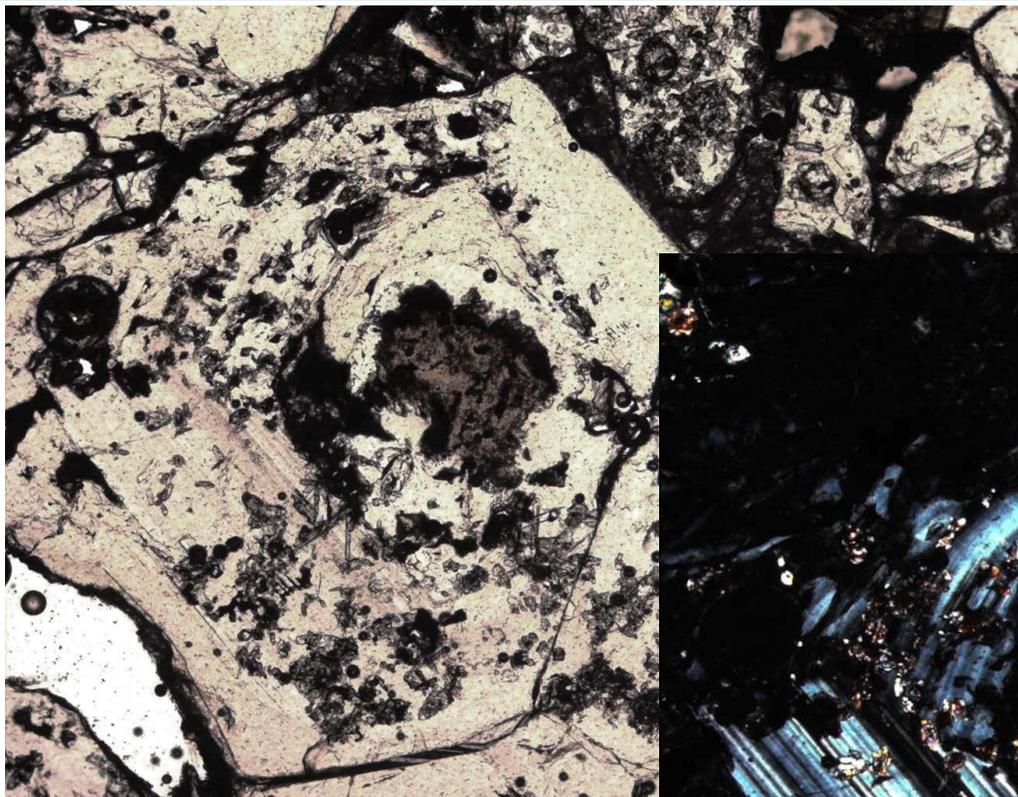
Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Диопсид – апломовые скарны. Гранат аномальный

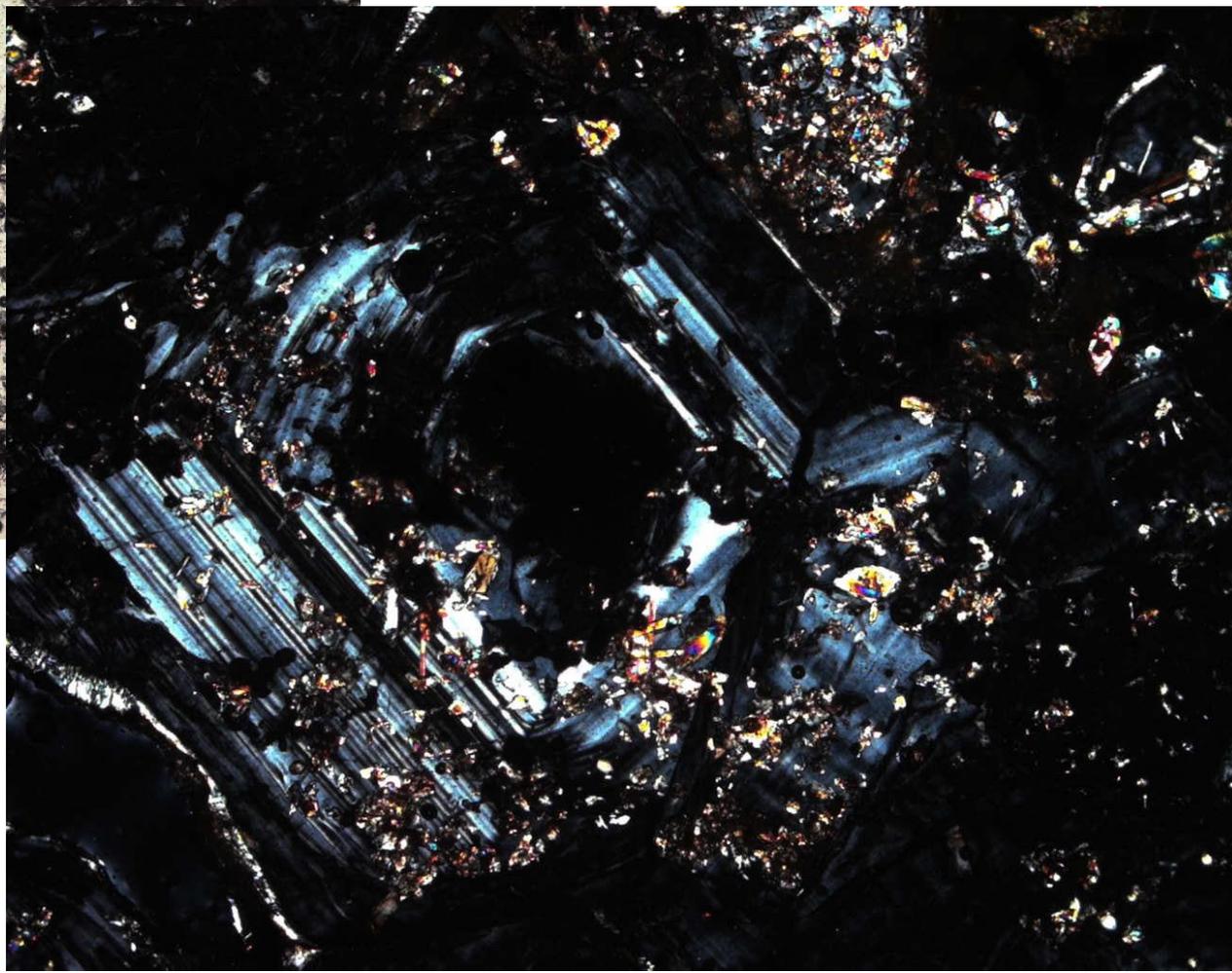
Коршуновское, Восточно-Сибирская платформа



Шлиф при 1 николе

Колл. и фото
Э.М. Спиридонова

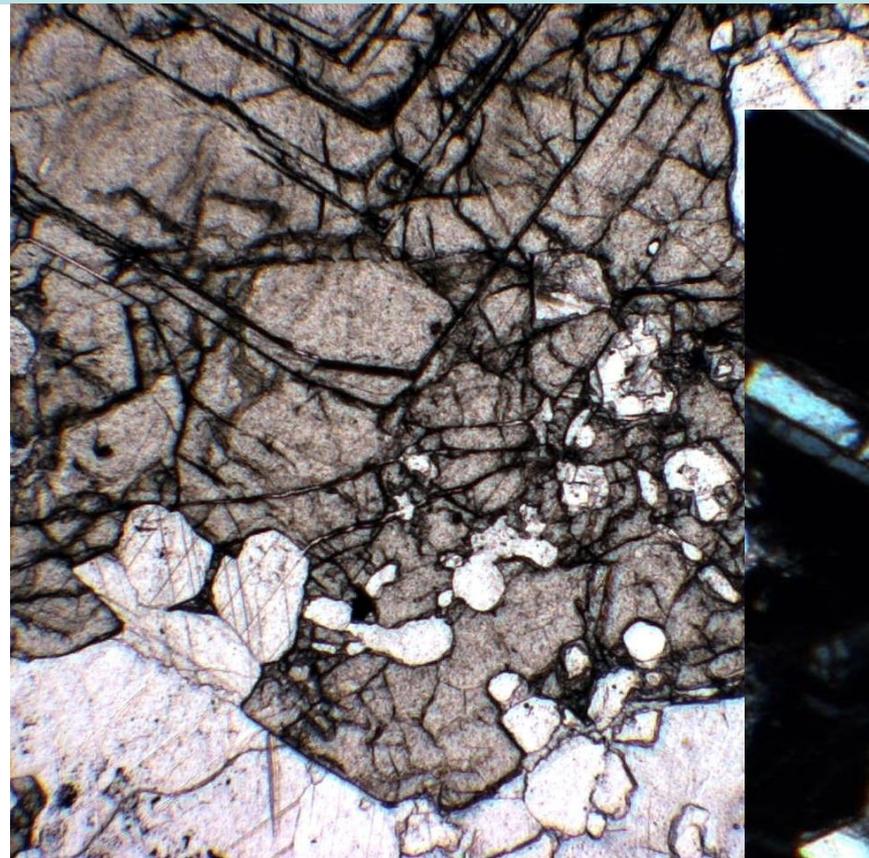
Шлиф. Николи х



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Скарны с аномальным гроссуляром-андрадитом

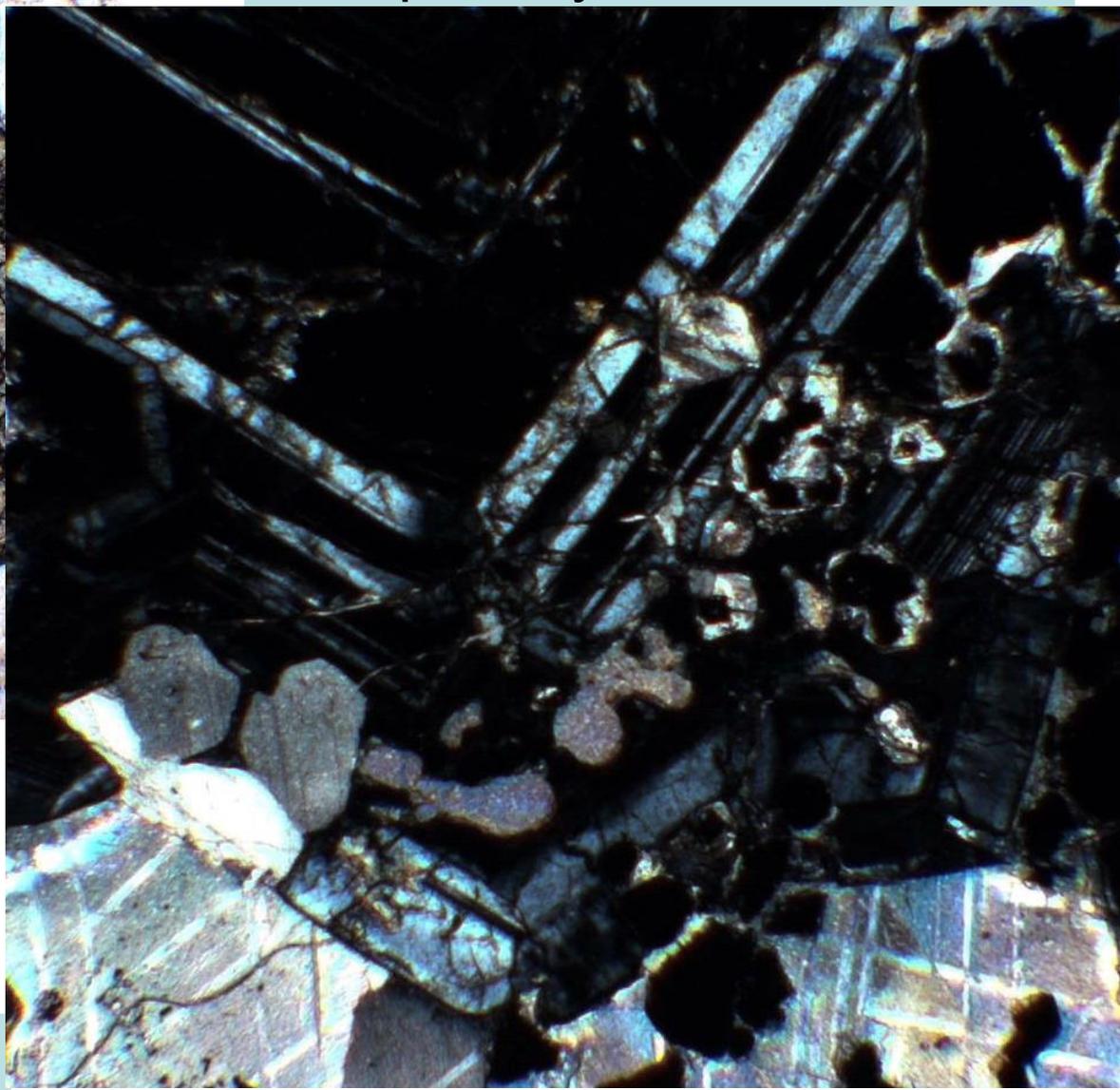
Тырны-Ауз, Сев. Кавказ



Шлиф при 1 николе

Колл. О.В. Кононова,
фото
Э.М. Спиридонова

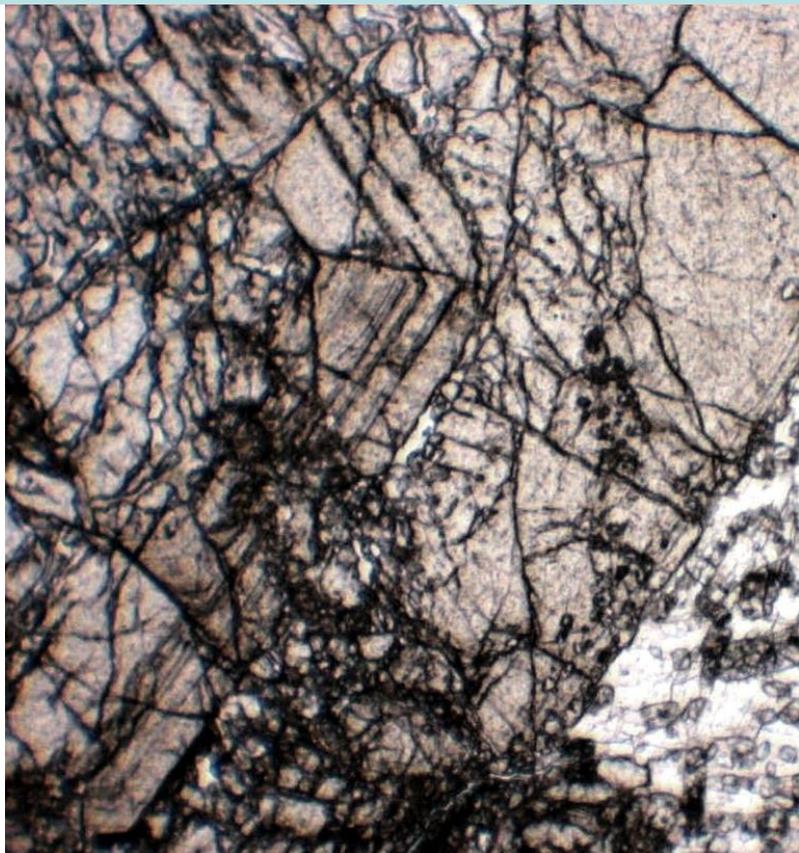
Шлиф. Николи х



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Скарны с аномальным гроссуляр-андрадитом

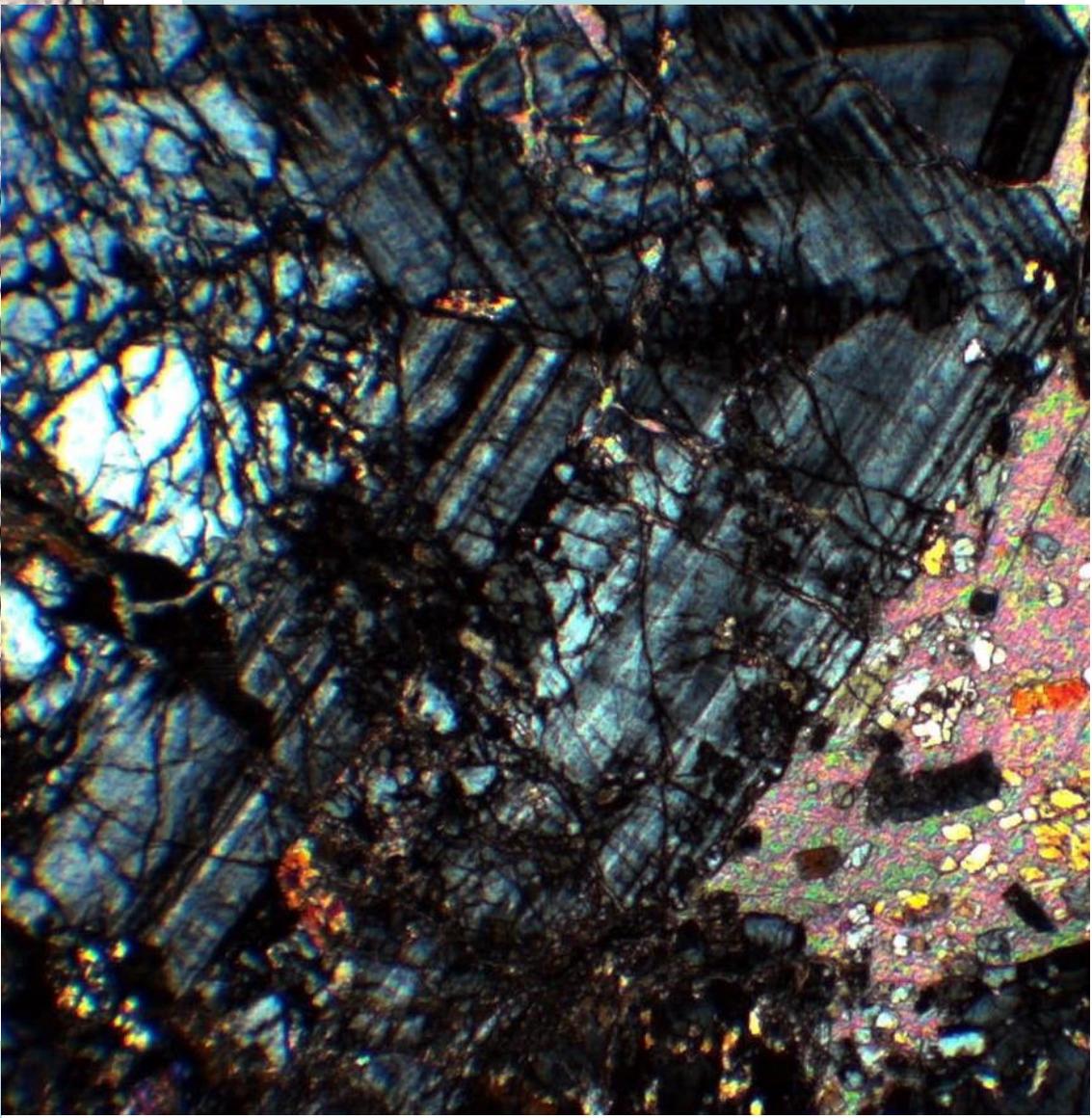
Тырны-Ауз, Сев. Кавказ



Шлиф при 1 николе

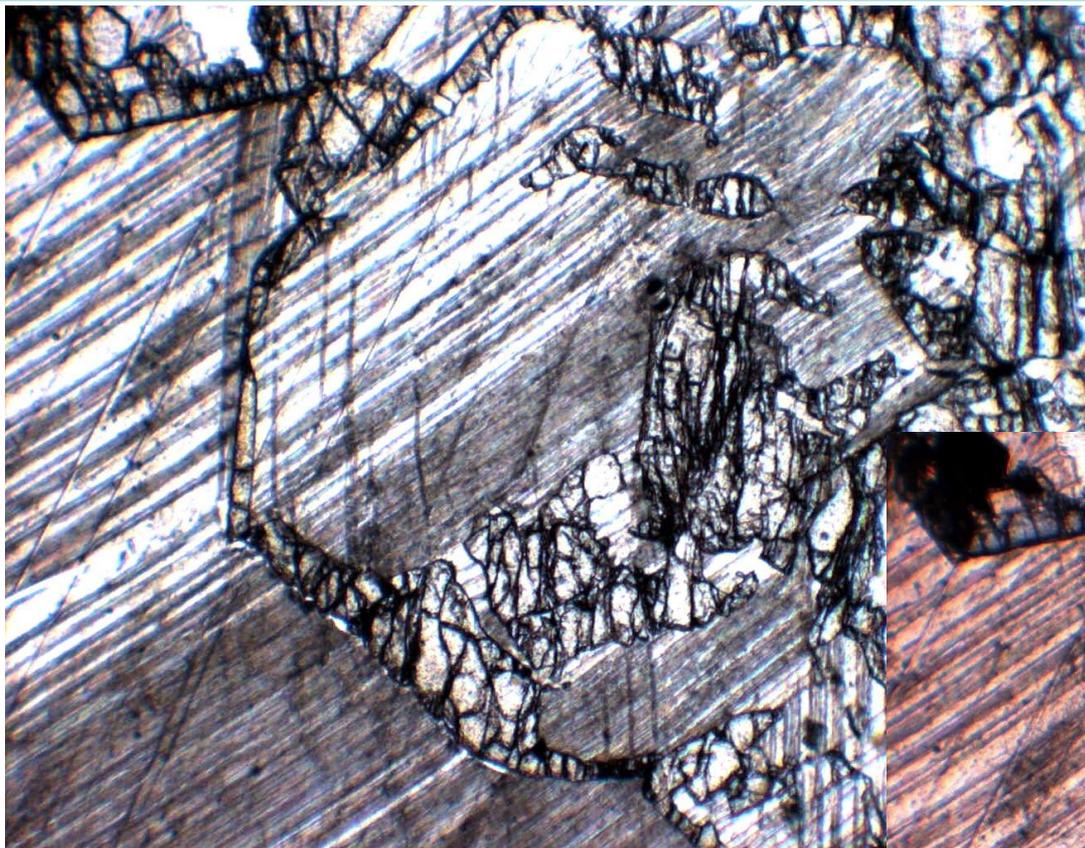
Колл. О.В. Кононова,
фото
Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х

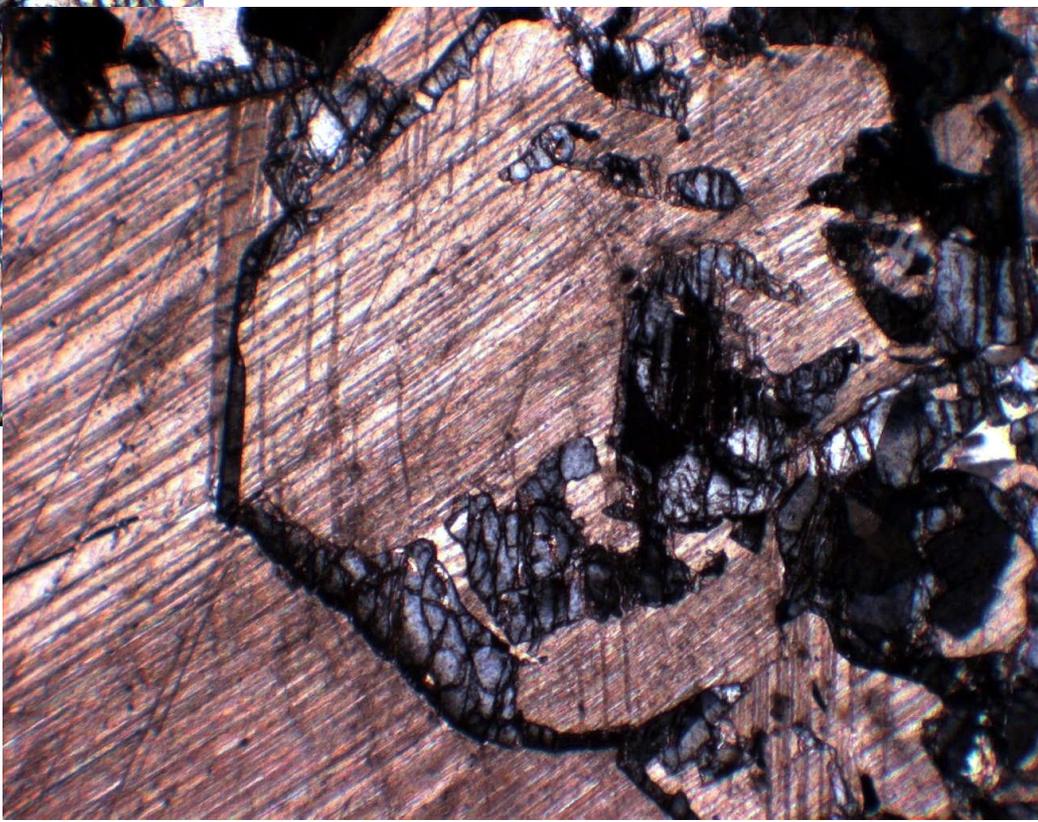


ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Скарны с «футлярами» аномального гроссуляр-андрадита



Тырны-Ауз,
Северный Кавказ



Шлиф при 1 николе

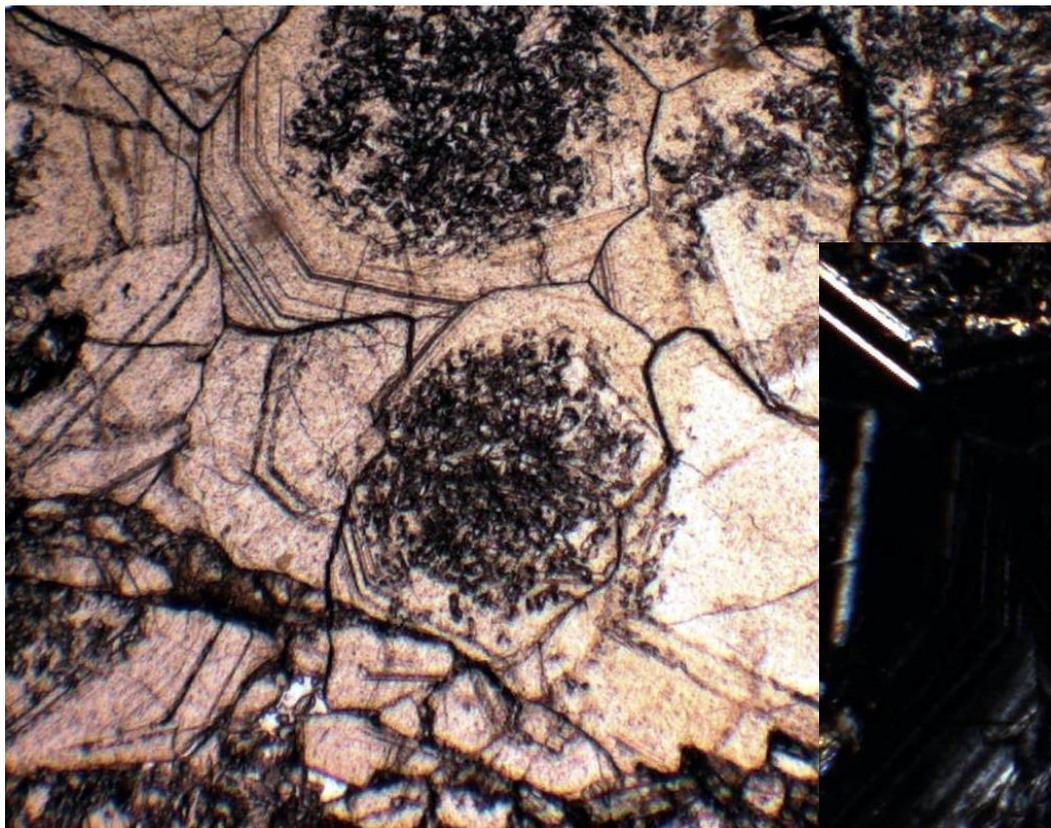
Колл. О.В. Кононова,
фото
Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Скарны с аномальным гроссуляром-андрадитом

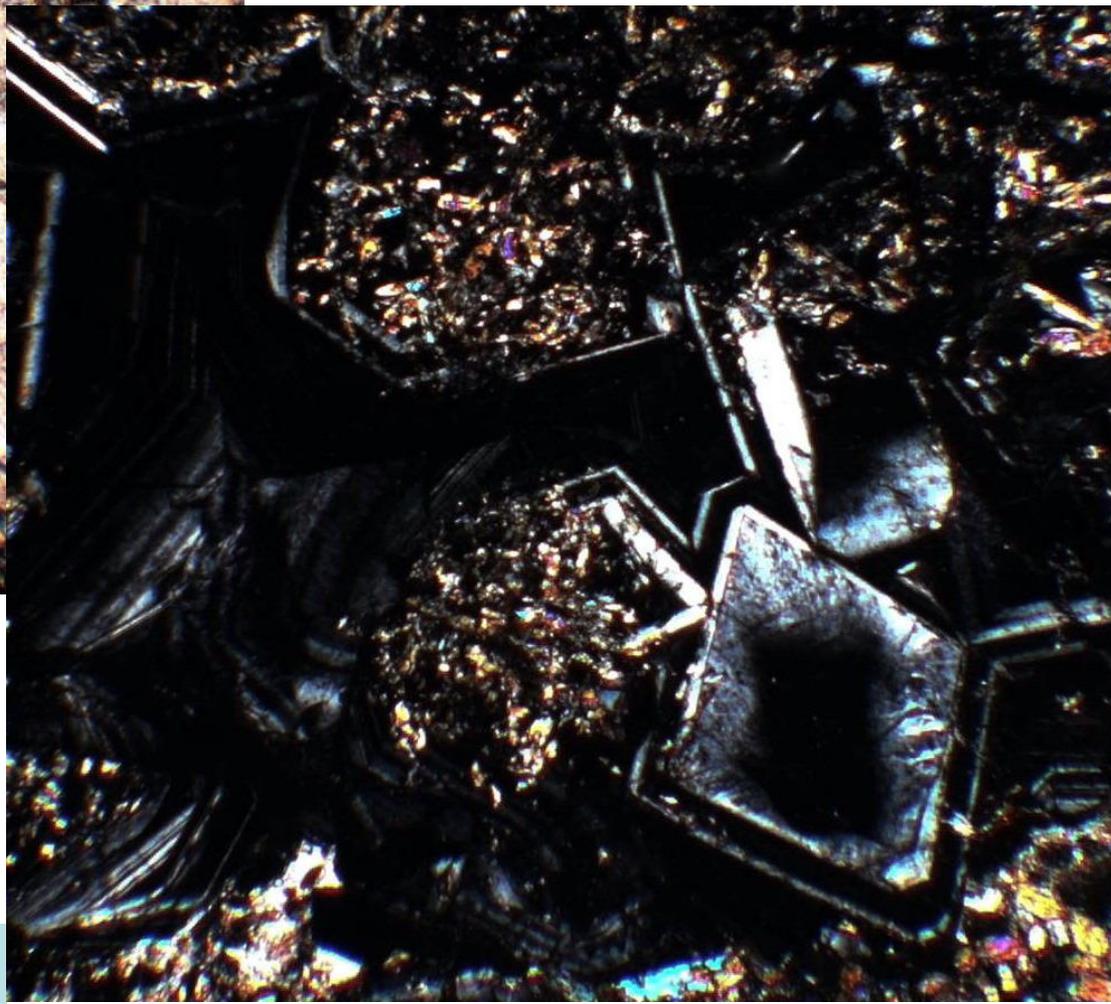
Тырны-Ауз, Сев. Кавказ



Шлиф при 1 николе

Колл. О.В. Кононова,
фото
Э.М. Спиридонова

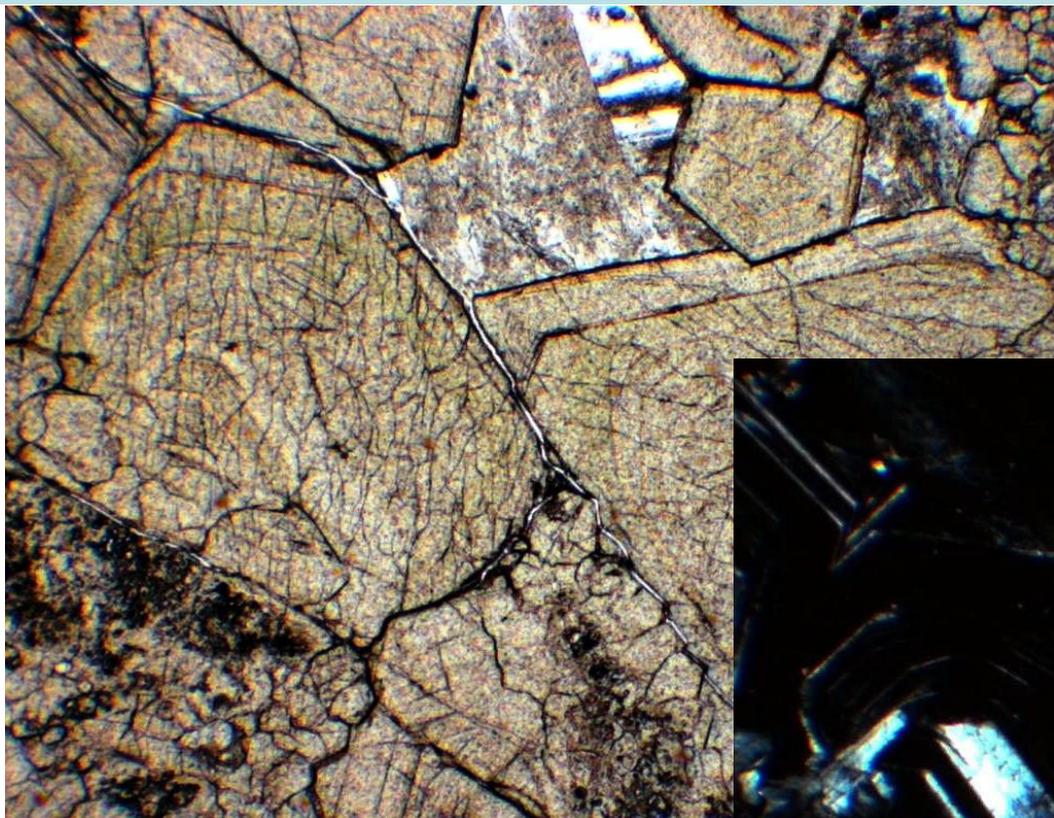
Шлиф. Николи х



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Скарны с аномальным Al-андрадитом

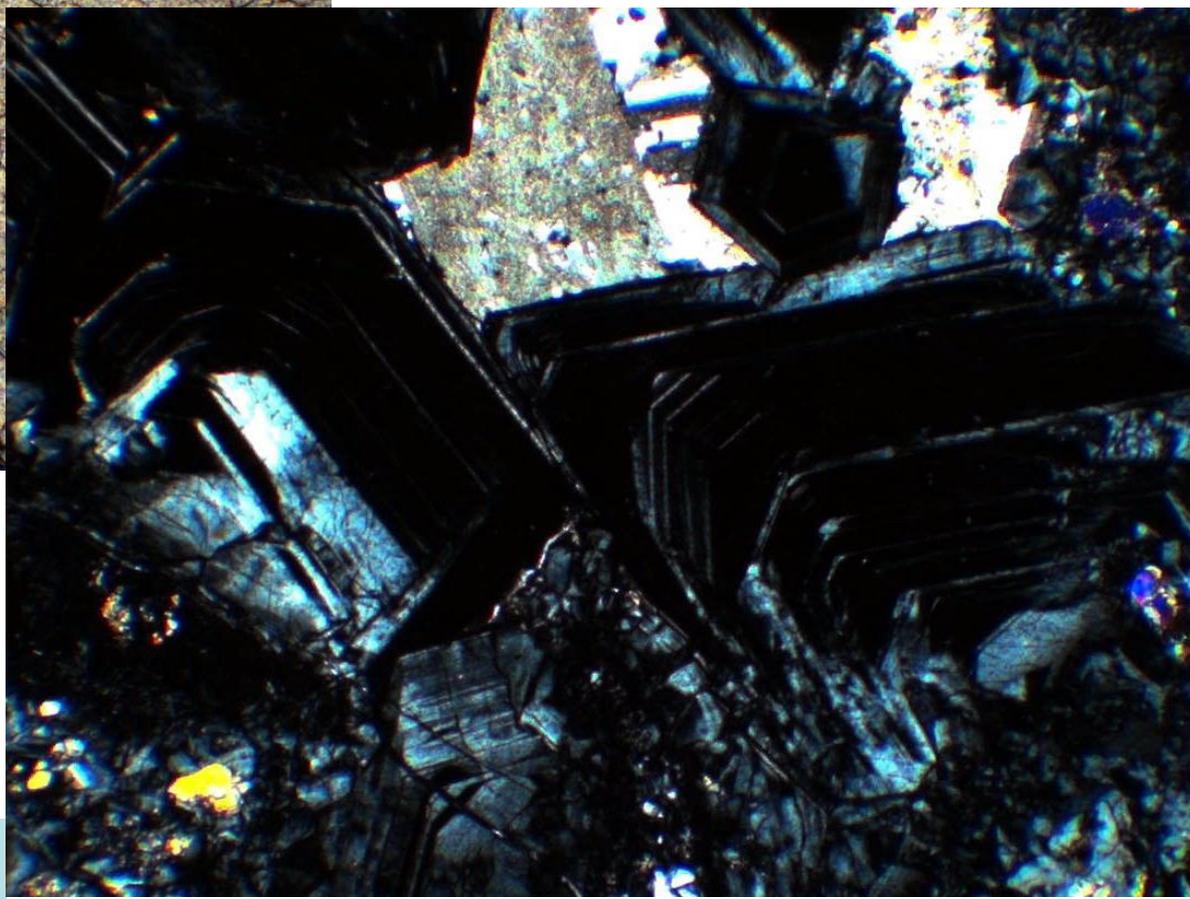
Тырны-Ауз, Сев. Кавказ



Шлиф при 1 николе

Колл. О.В. Кононова,
фото
Э.М. Спиридонова

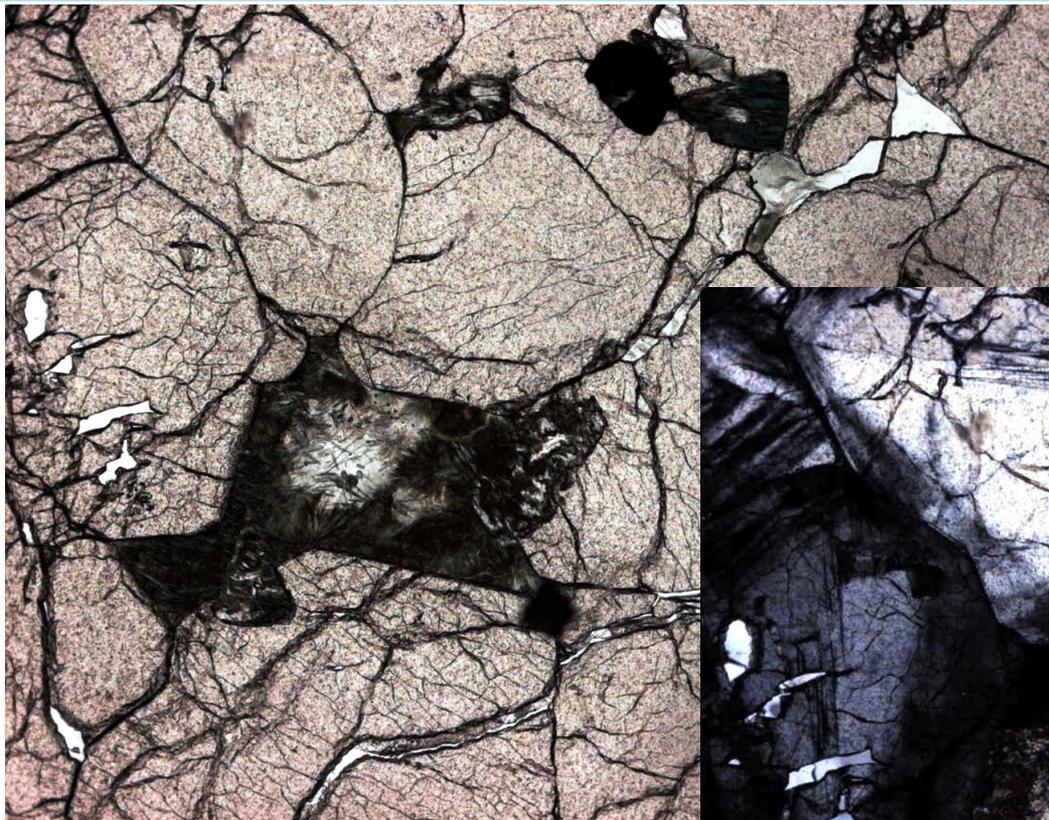
Шлиф. Николи х



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Скарны с аномальным секториальным гроссуляр-андрадитом

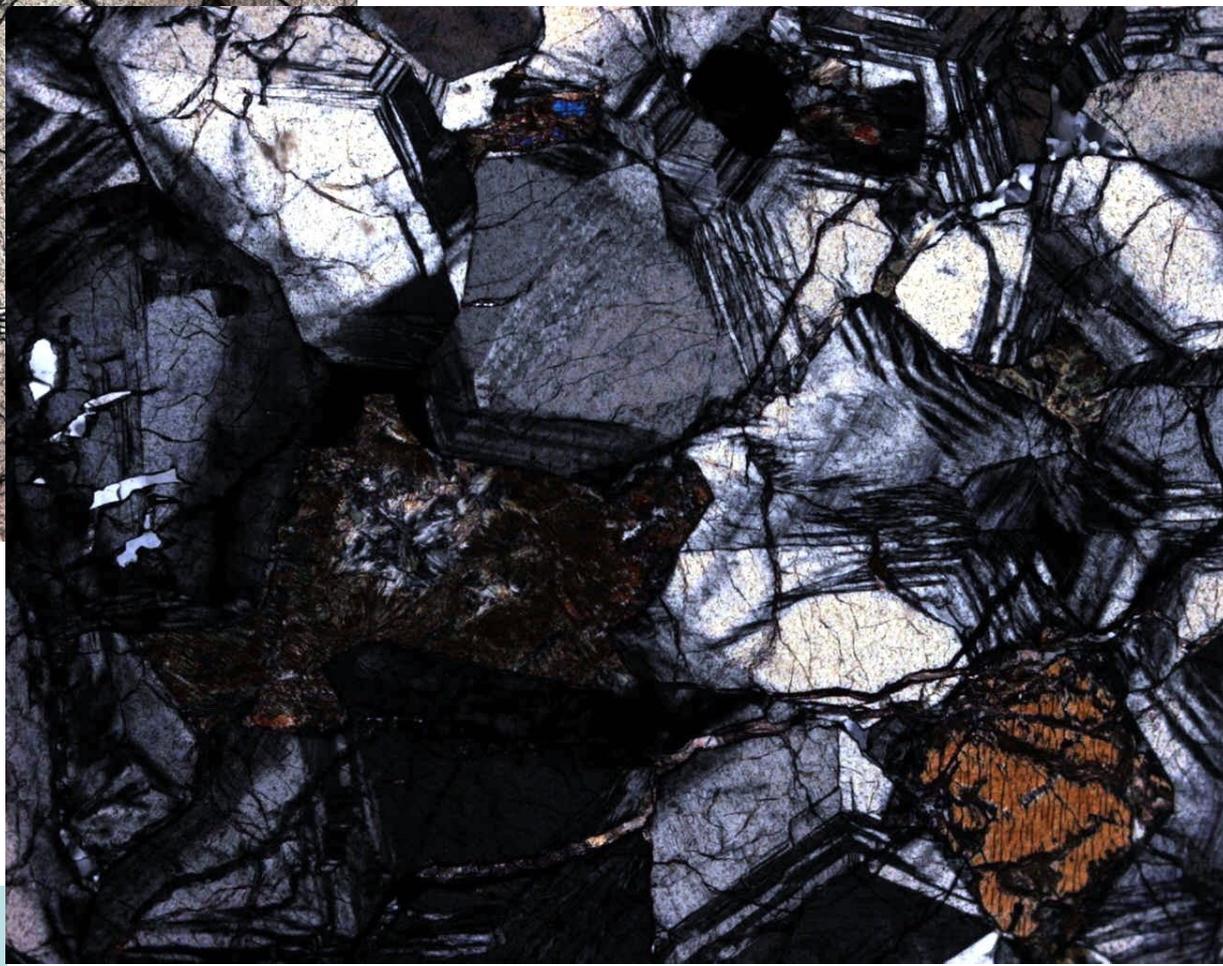
Тырны-Ауз, Сев. Кавказ



Шлиф при 1 николе

Колл. О.В. Кононова,
фото
Э.М. Спиридонова

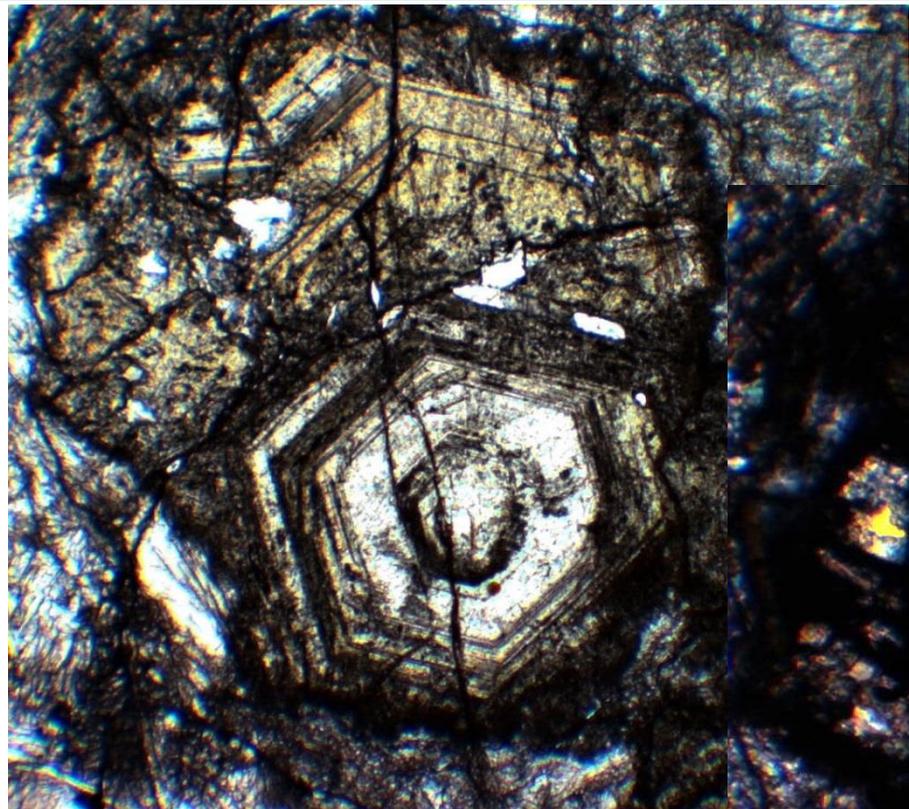
Шлиф. Николи х



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Скарны с аномальным сектор.-зон. гроссуляр-андрадитом

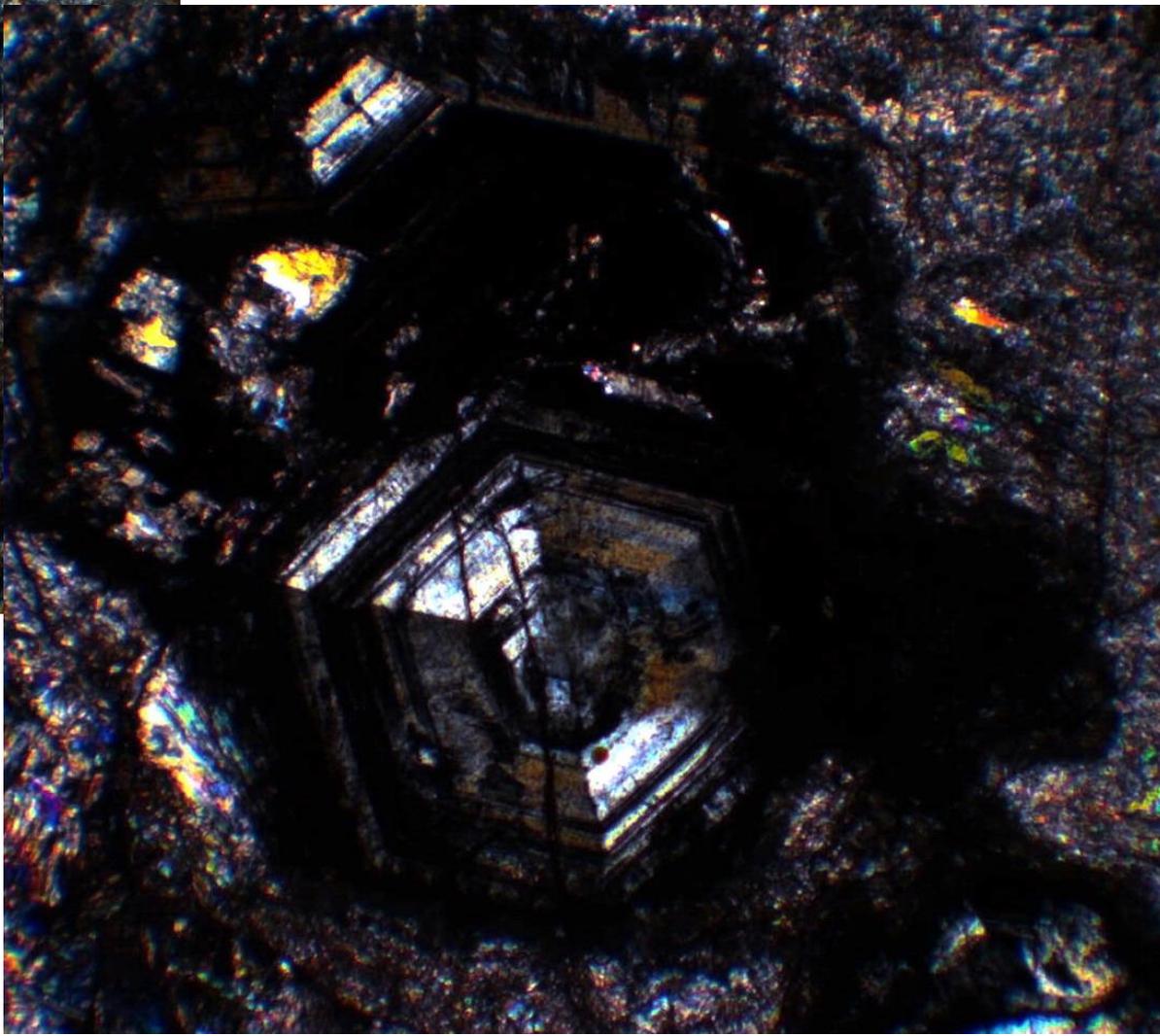
Тырны-Ауз, Сев. Кавказ



Шлиф при 1 николе

Колл. О.В. Кононова,
фото
Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х



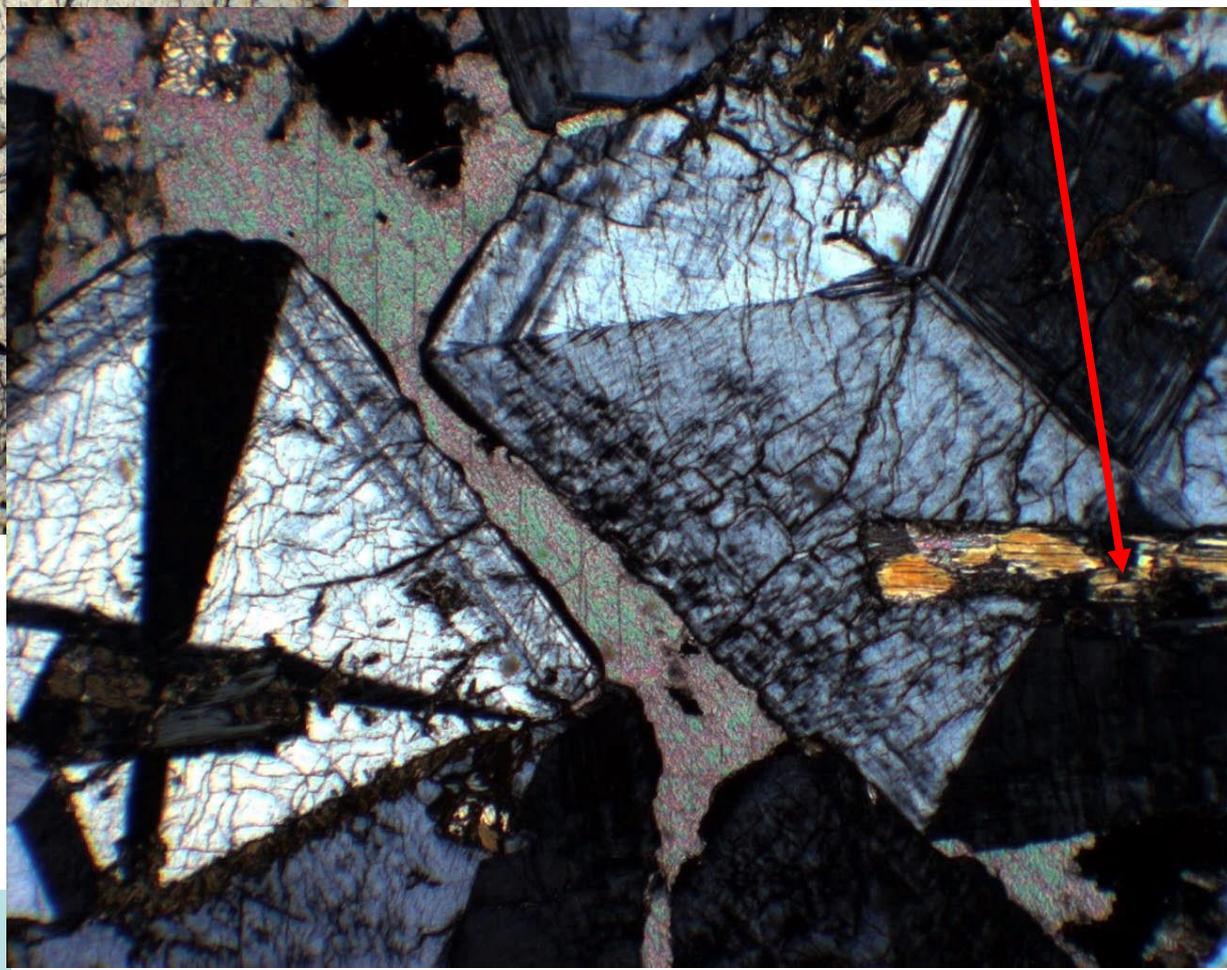
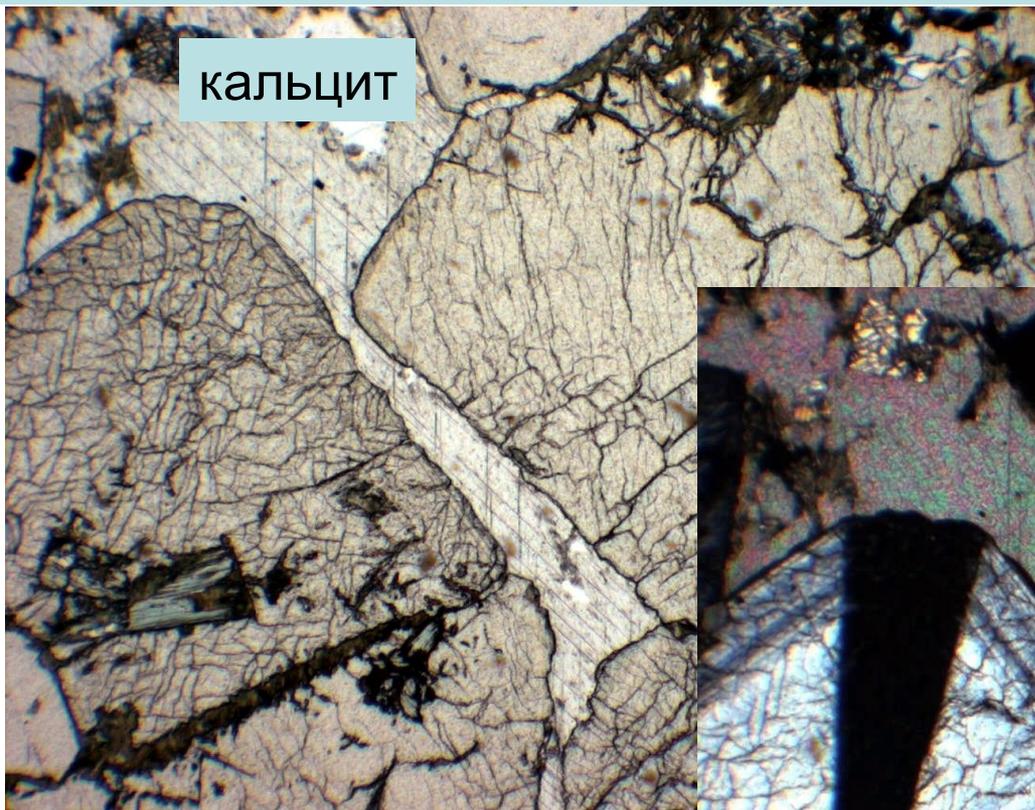
ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Скарны с аномальным сектор.-зон. гроссуляр-андрадитом

Тырны-Ауз, Сев. Кавказ

кальцит

ферросалит



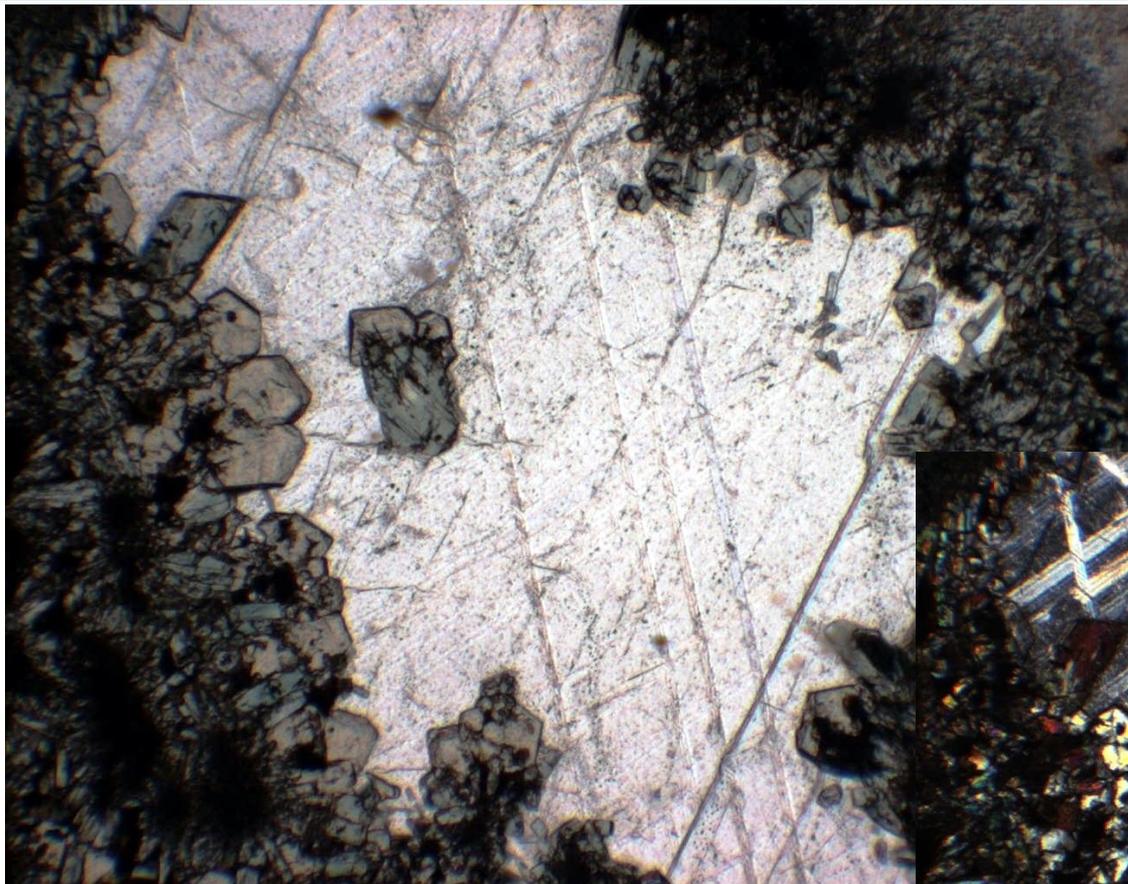
Шлиф при 1 николе

Колл. О.В. Кононова,
фото
Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Геденбергит–кальцит-апломовые скарны. Гранат аномальный

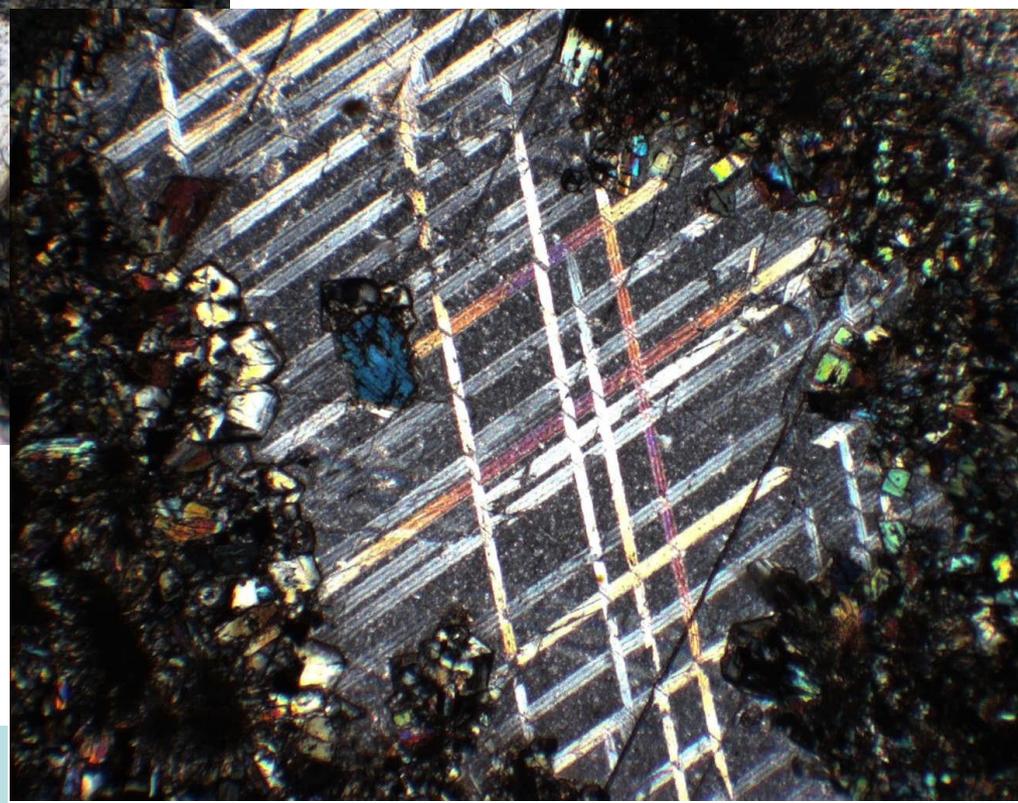


Тырны-Ауз,
Сев. Кавказ

Шлиф при 1 николе

Колл. О.В. Кононова,
фото
Э.М. Спиридонова

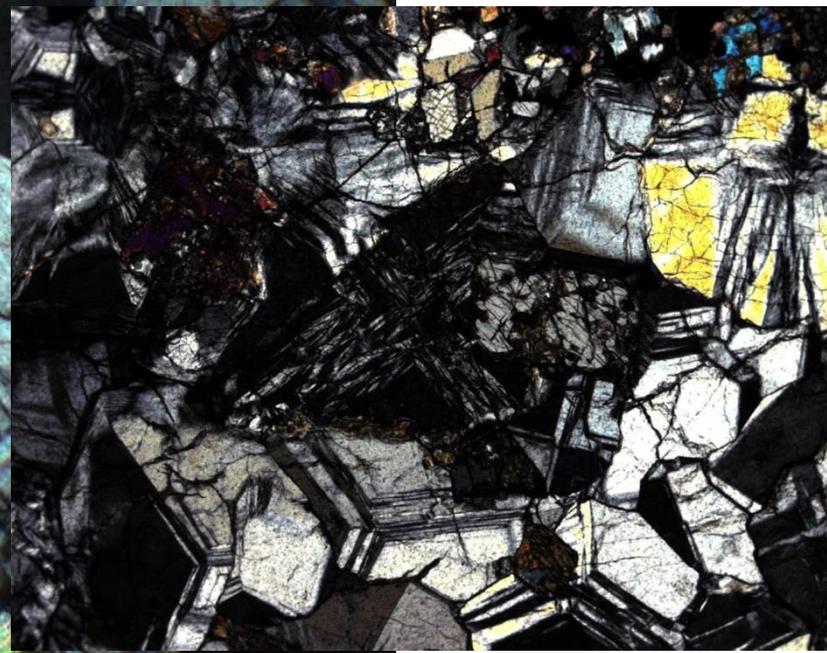
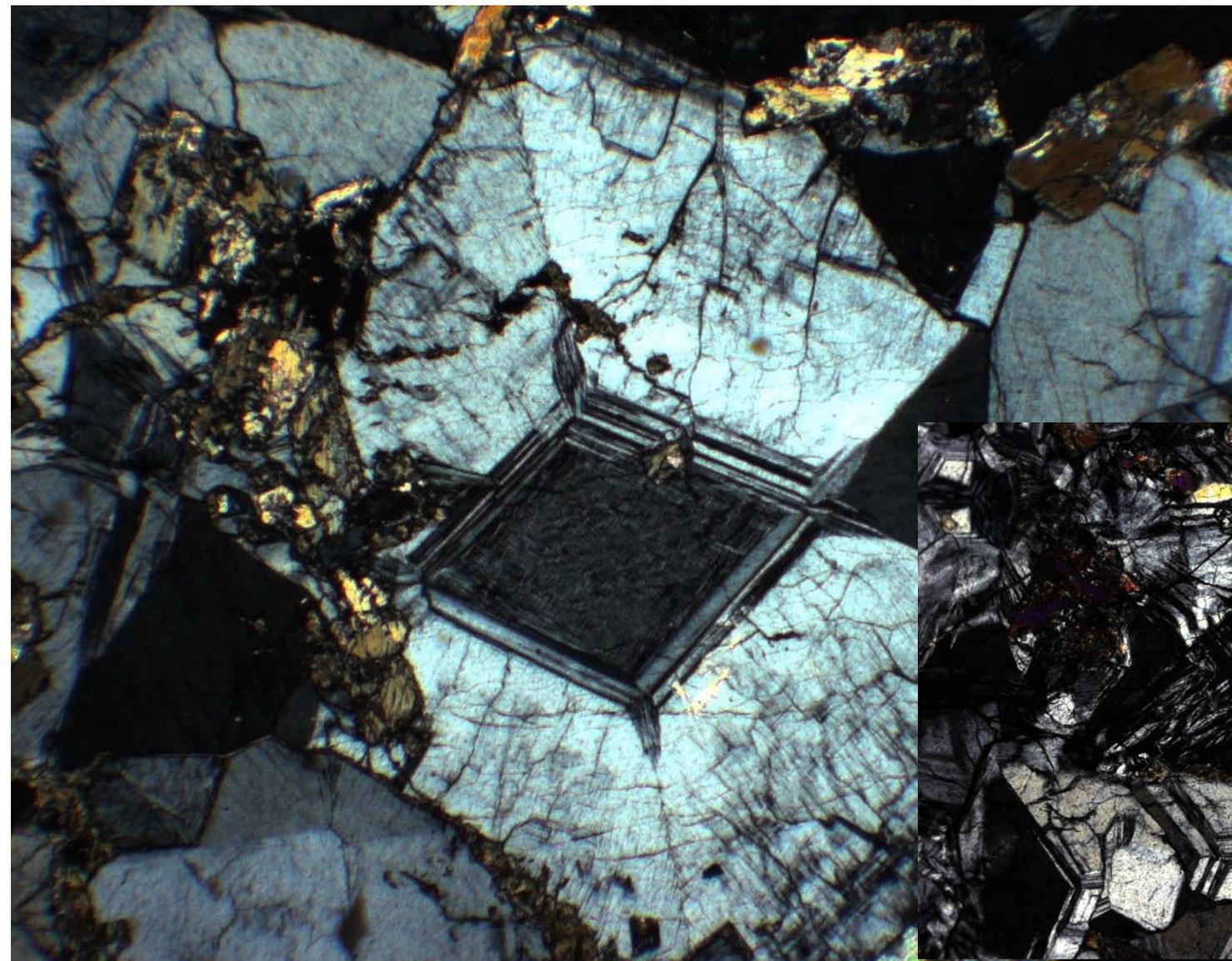
Шлиф. Николи х



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Скарны с аномальным сектор.-зон. гроссуляр-андрадитом

Тырны-Ауз,
Северный
Кавказ

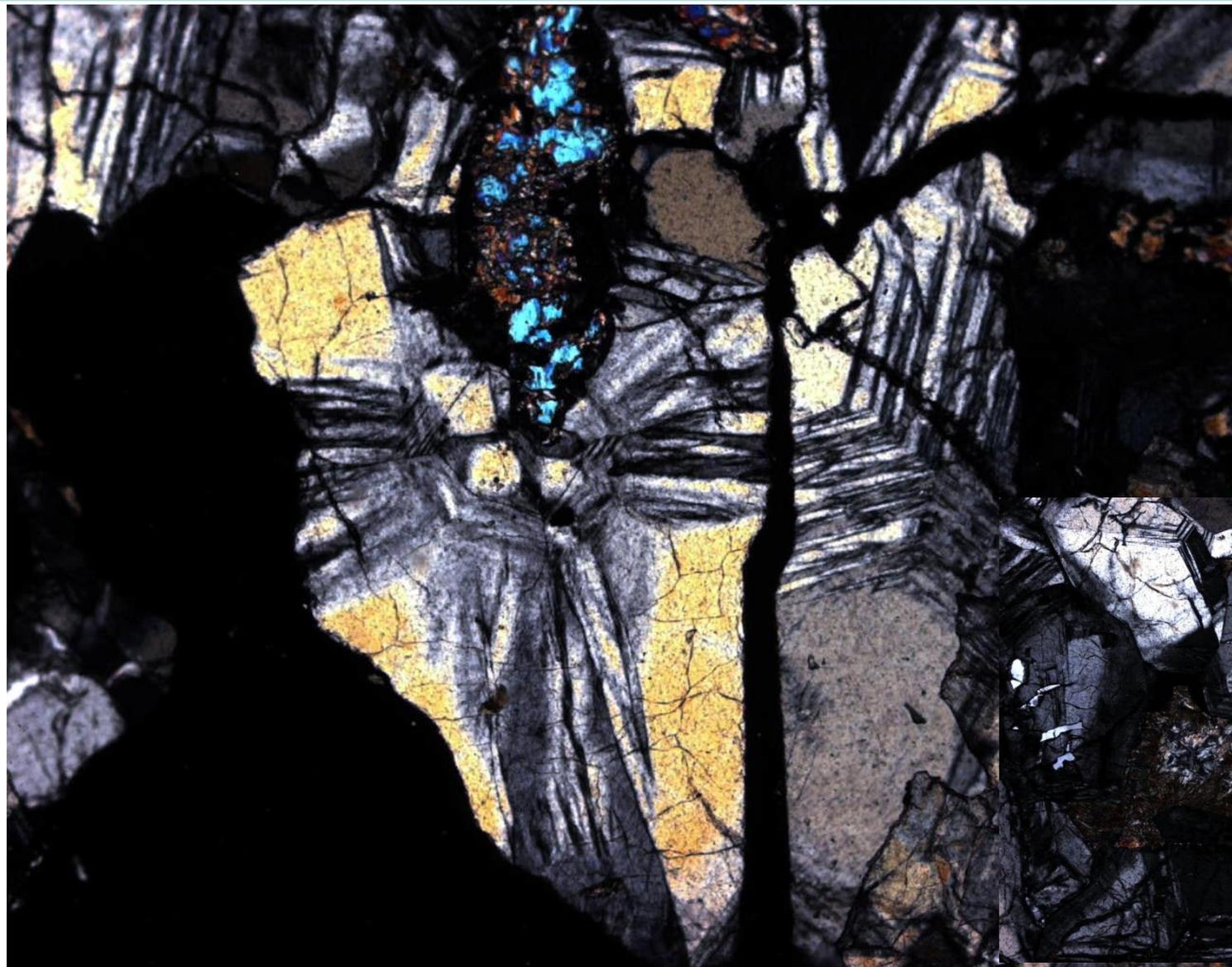


Шлифы. Николи х

Колл. О.В. Кононова, фото Э.М. Спиридонова

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

Скарны с аномальным сектор.-зон. гроссуляр-андрадитом



Тырны-Ауз,
Северный
Кавказ

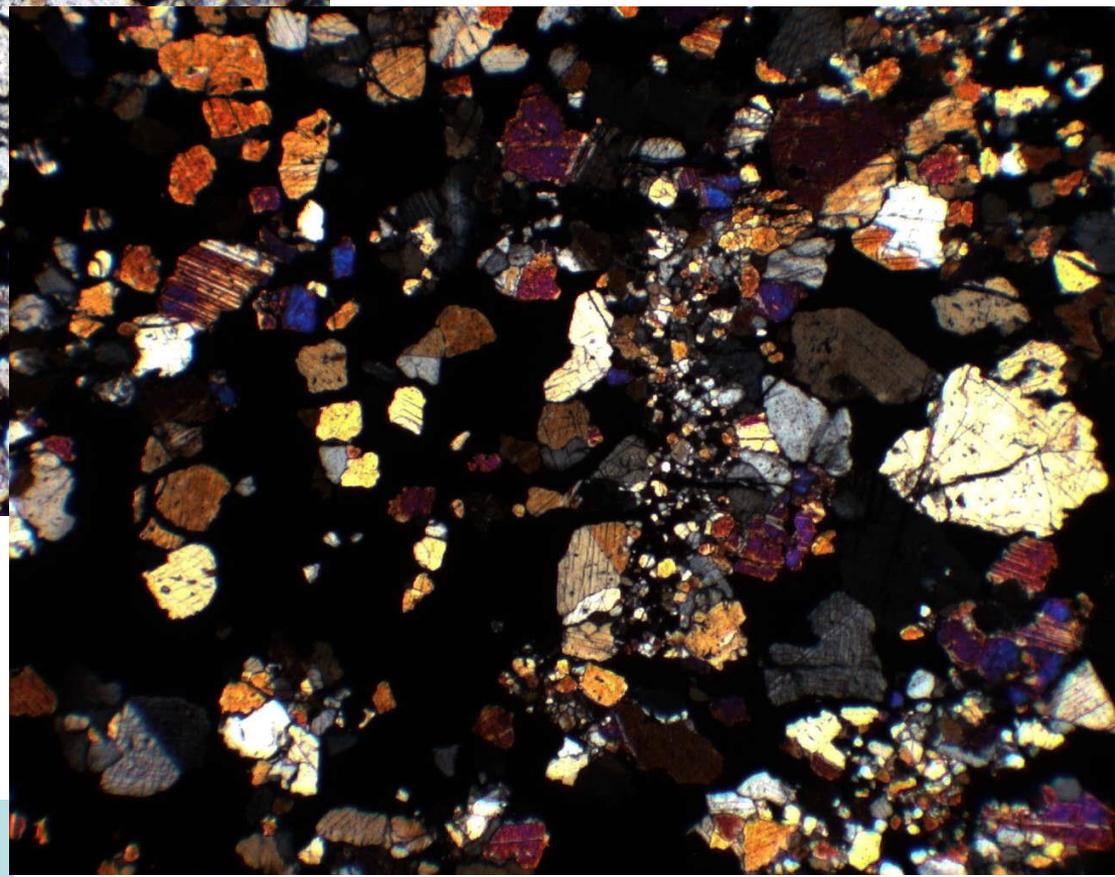
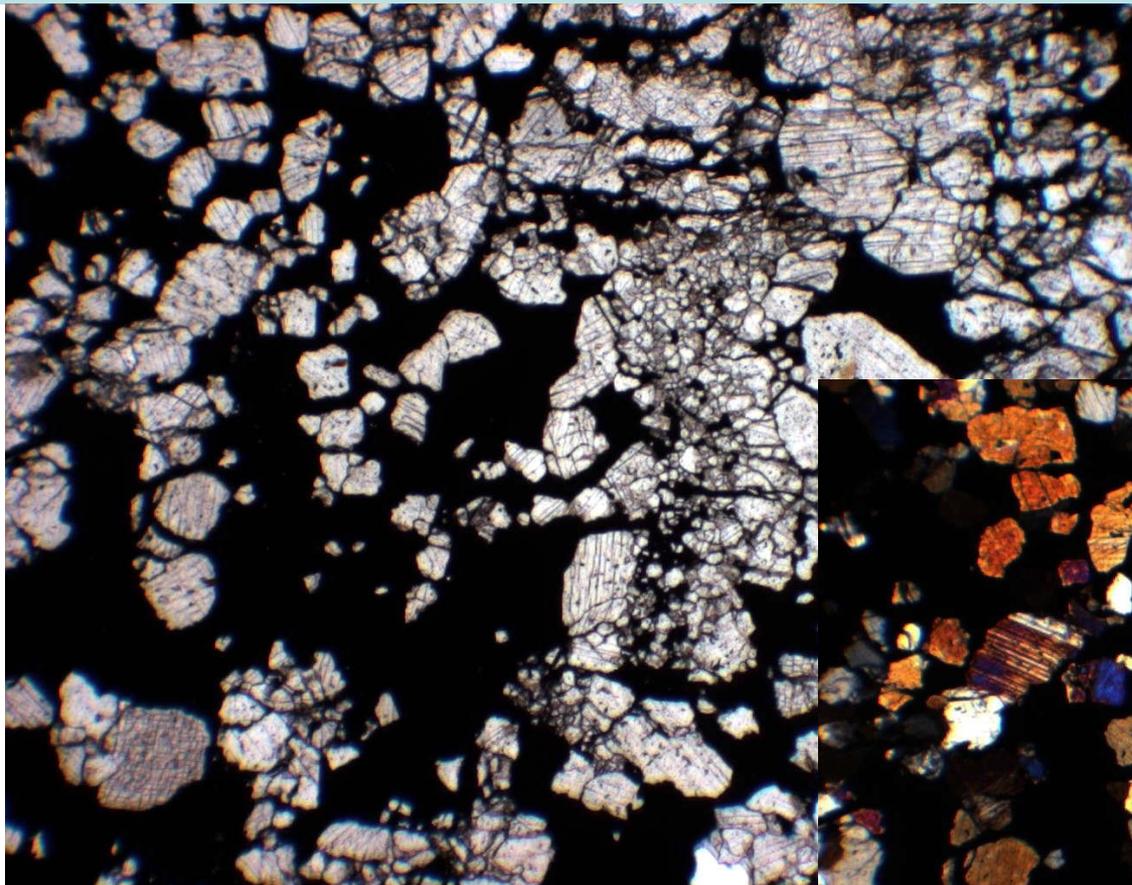
Шлифы. Николи х

Колл. О.В. Кононова, фото Э.М. Спиридонова

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

магнетит - клинопироксеновые

Тырны-Ауз,
Сев. Кавказ



Шлиф при 1 николе

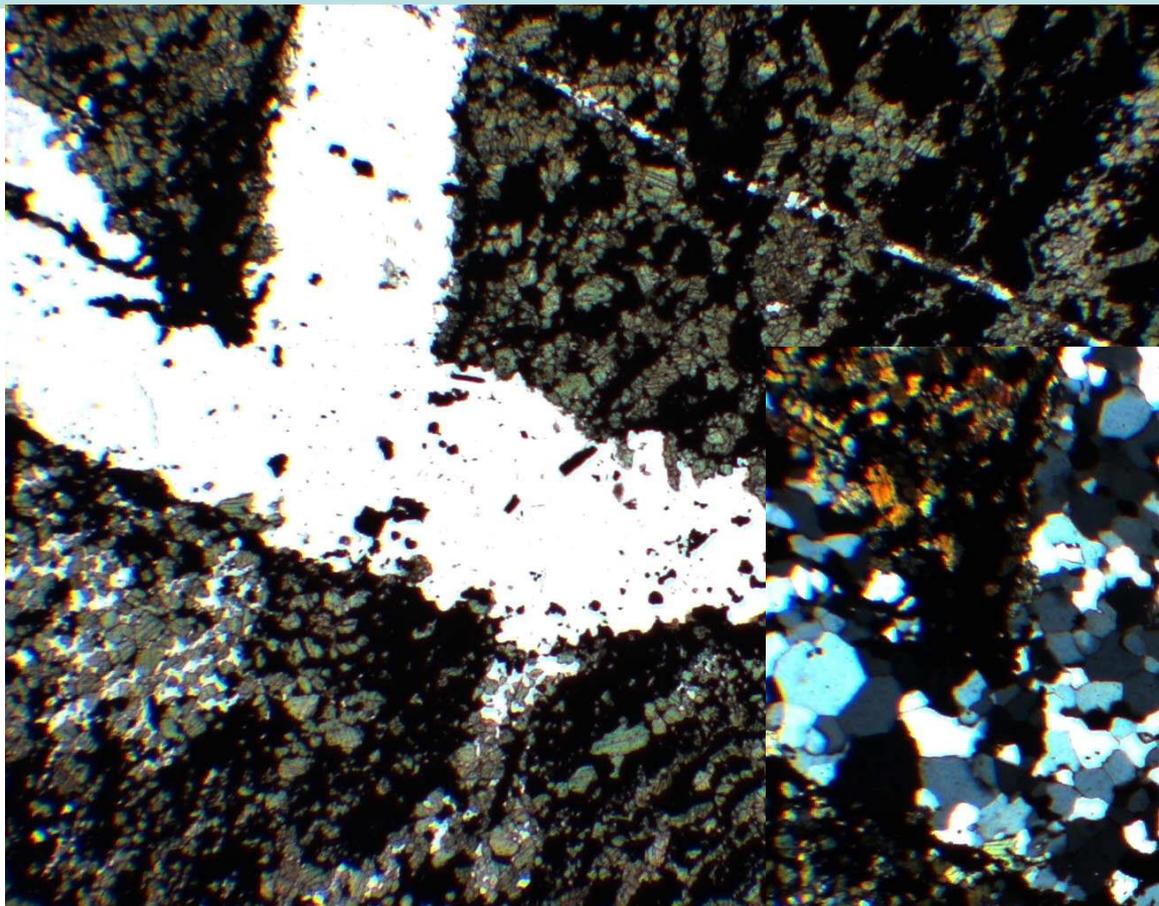
Колл. О.В. Кононова,
фото

Э.М. Спиридонова

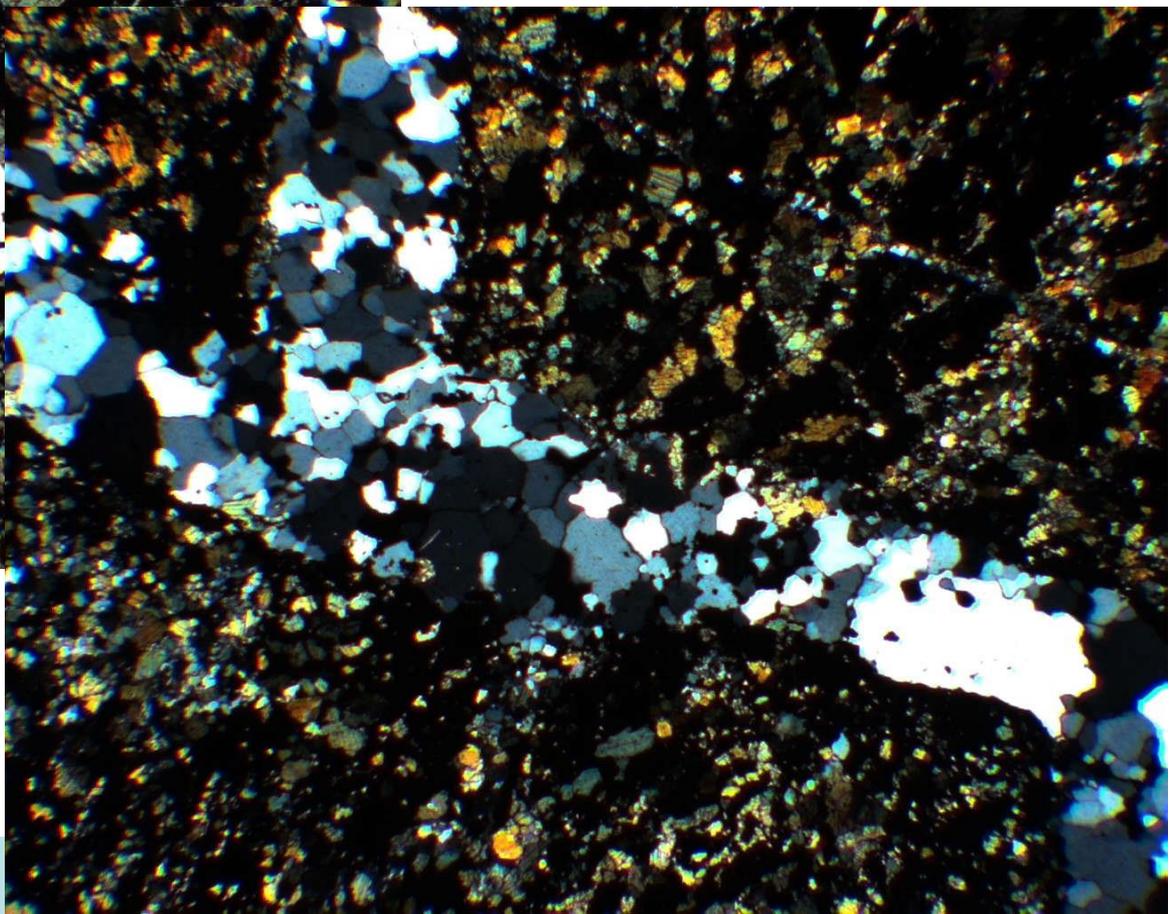
Шлиф. Николи х

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

кварц - магнетит – ферросалитовые с прожилками кварца



Тырны-Ауз,
Сев. Кавказ



Шлиф при 1 николе

Колл. О.В. Кононова,
фото

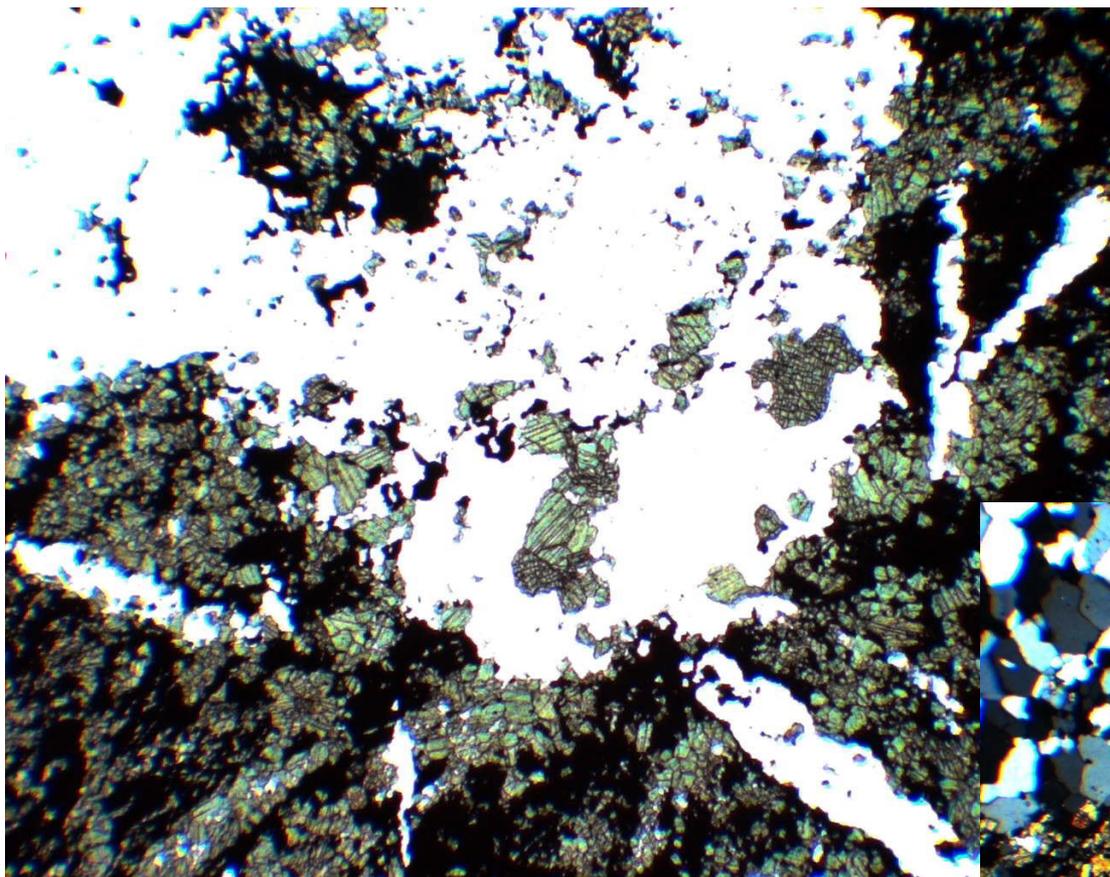
Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

кварц - магнетит – ферросалитовые с прожилками кварца

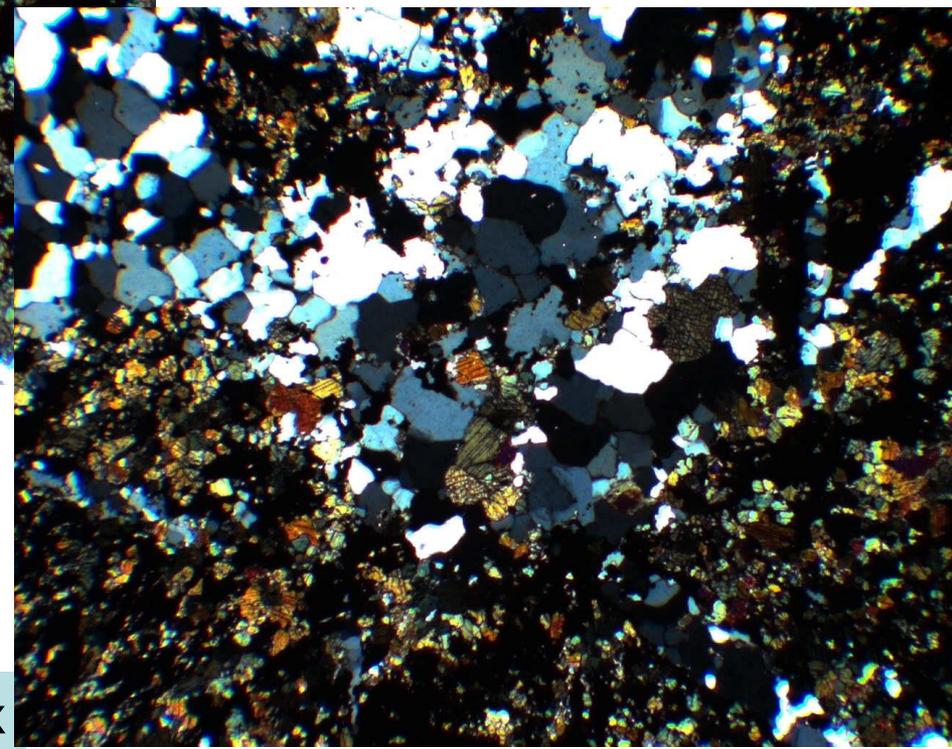
Тырны-Ауз,
Сев. Кавказ



Шлиф при 1 николе

Колл. О.В. Кононова,
фото
Э.М. Спиридонова

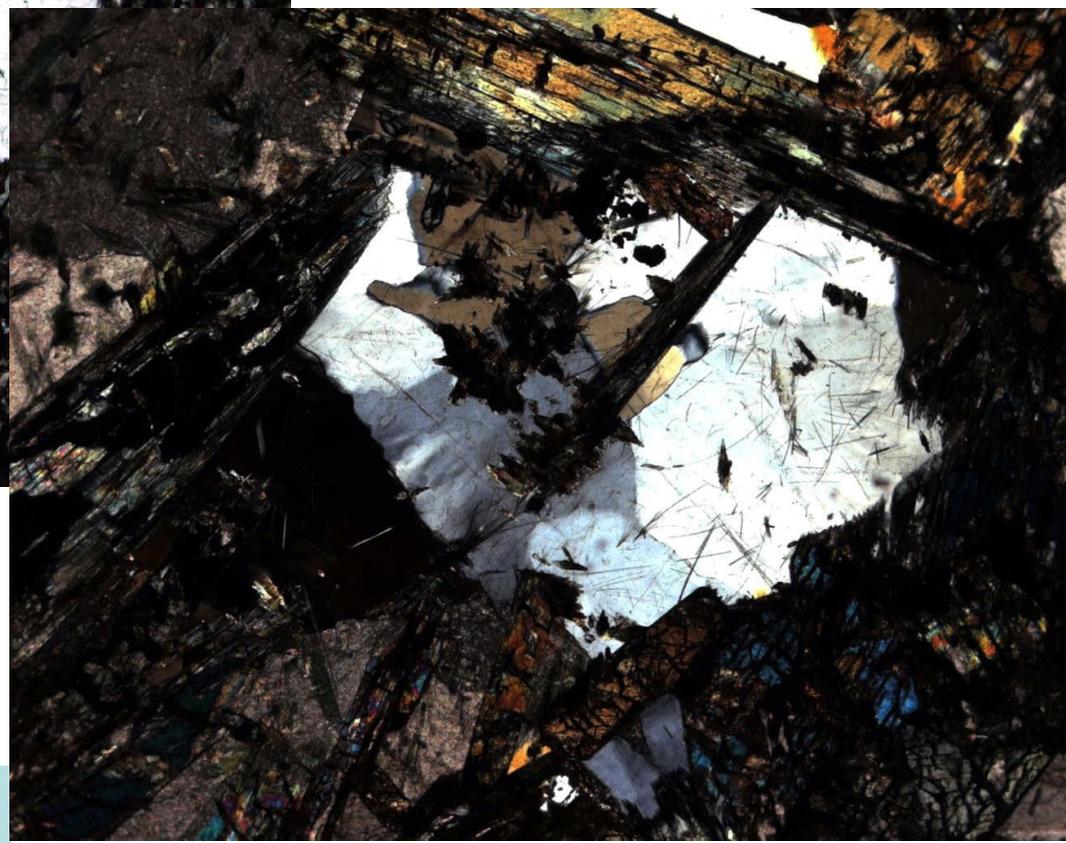
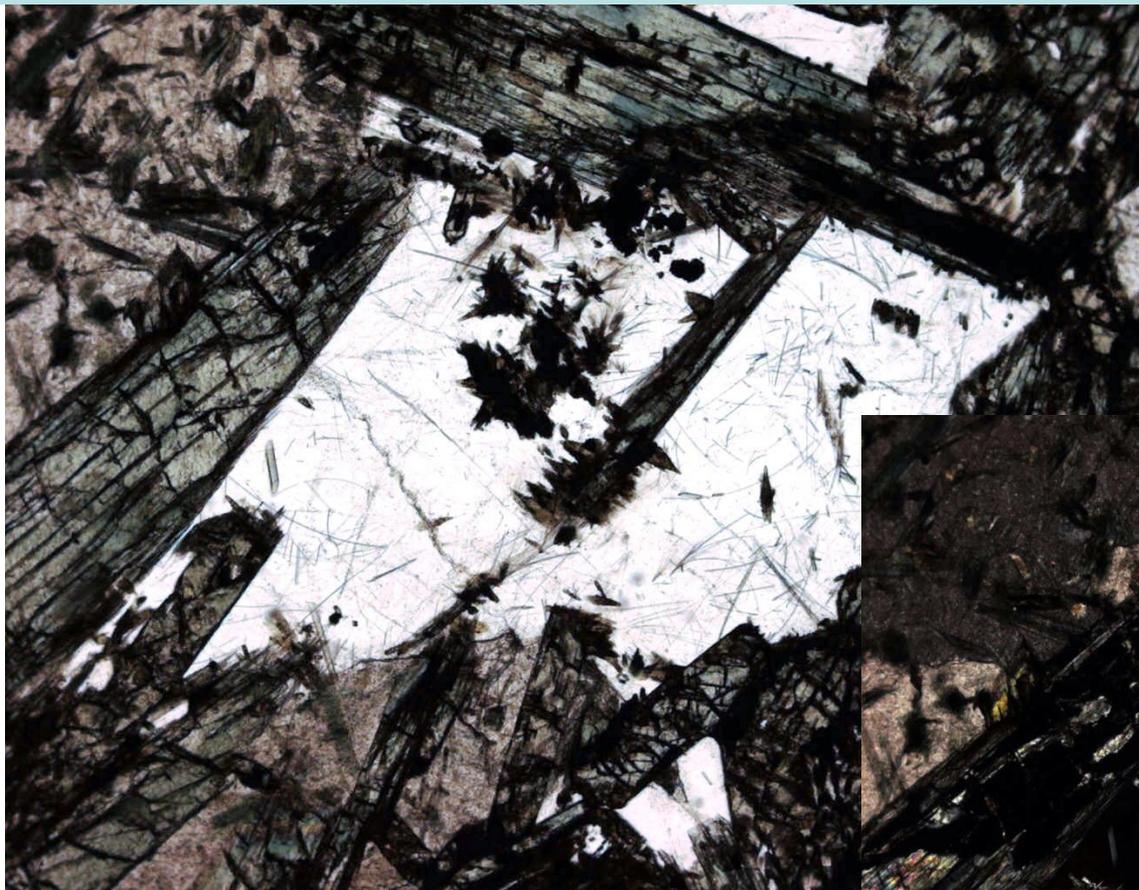
Шлиф. Николи х



ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

кварц - кальцит – ферросалитовые

Тырны-Ауз,
Сев. Кавказ



Шлиф при 1 николе

Колл. О.В. Кононова,
фото

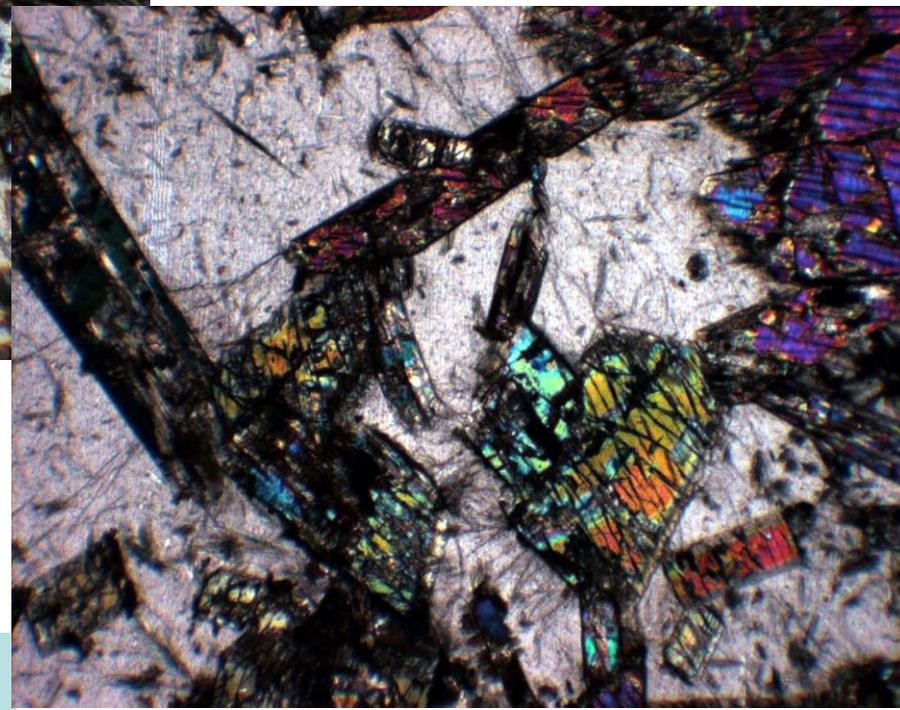
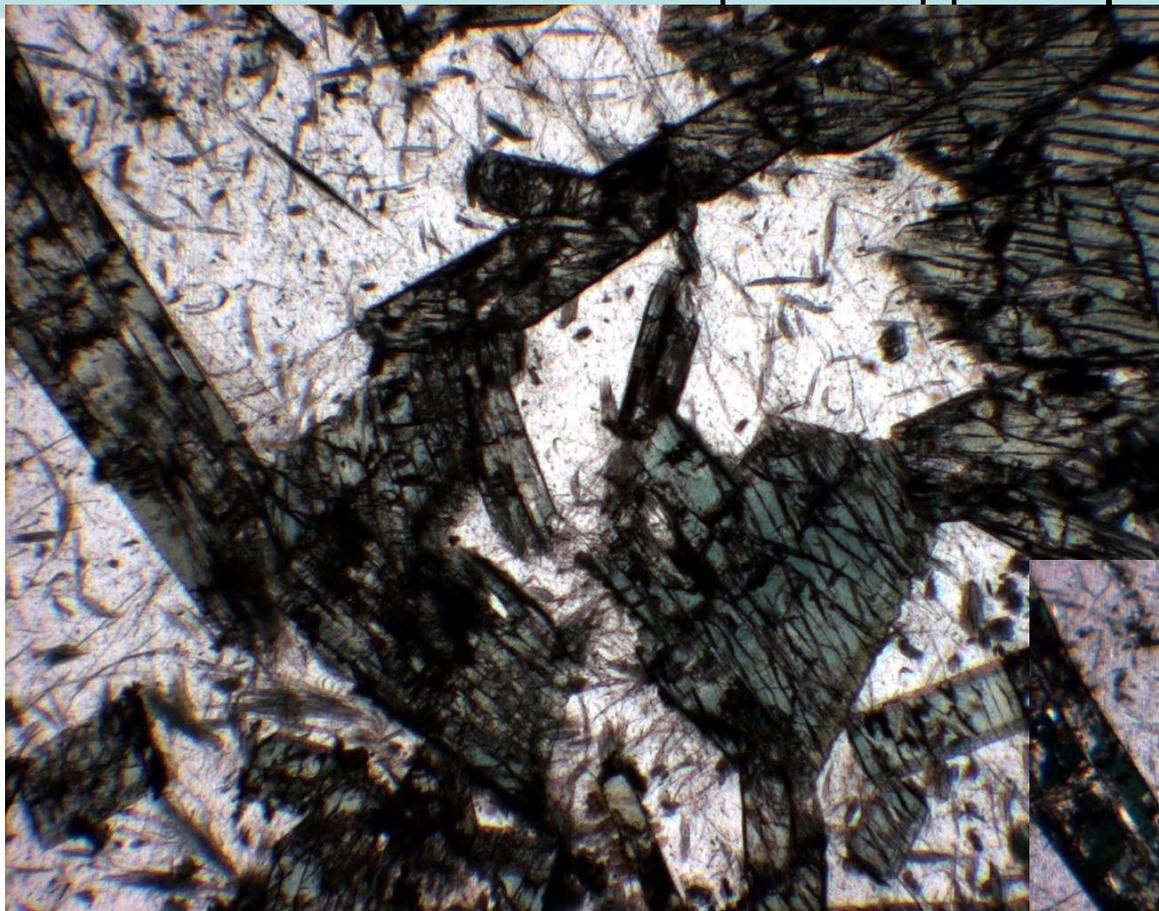
Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи х

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

кальцит – геденбергитовые

Тырны-Ауз,
Сев. Кавказ



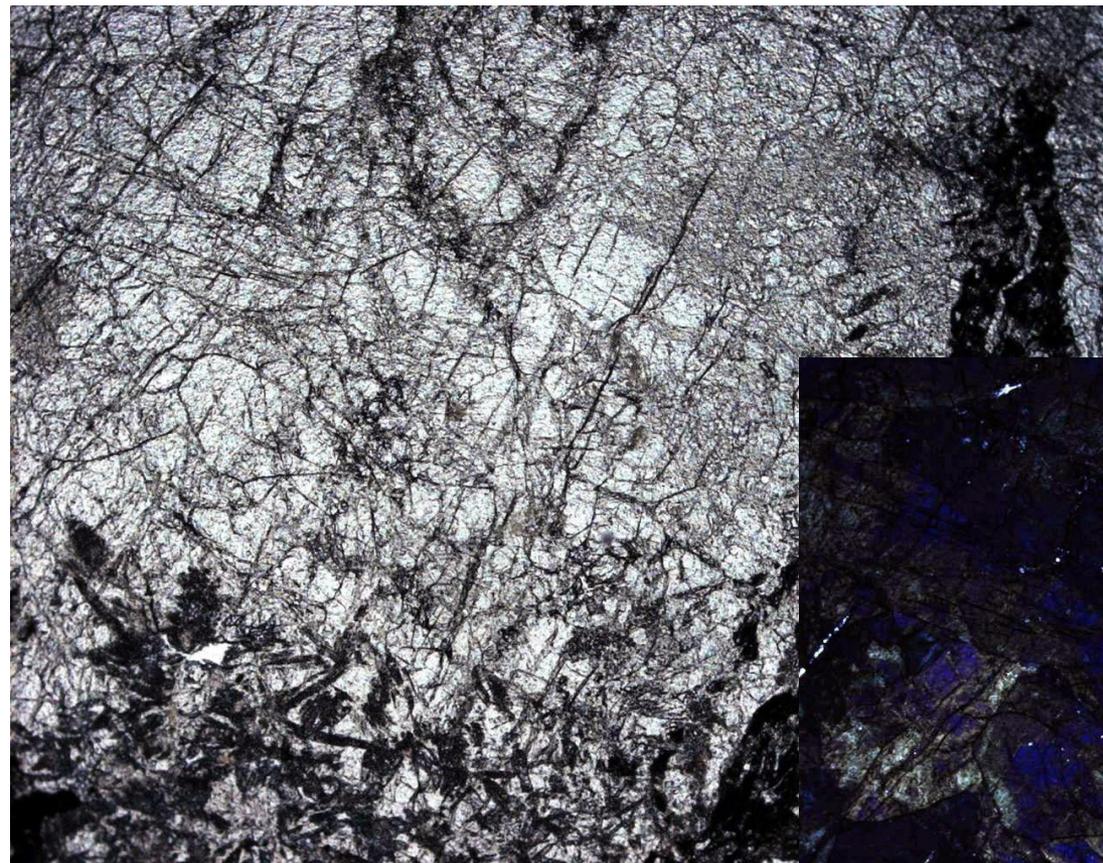
Шлиф при 1 николе

Колл. О.В. Кононова,
фото
Э.М. Спиридонова

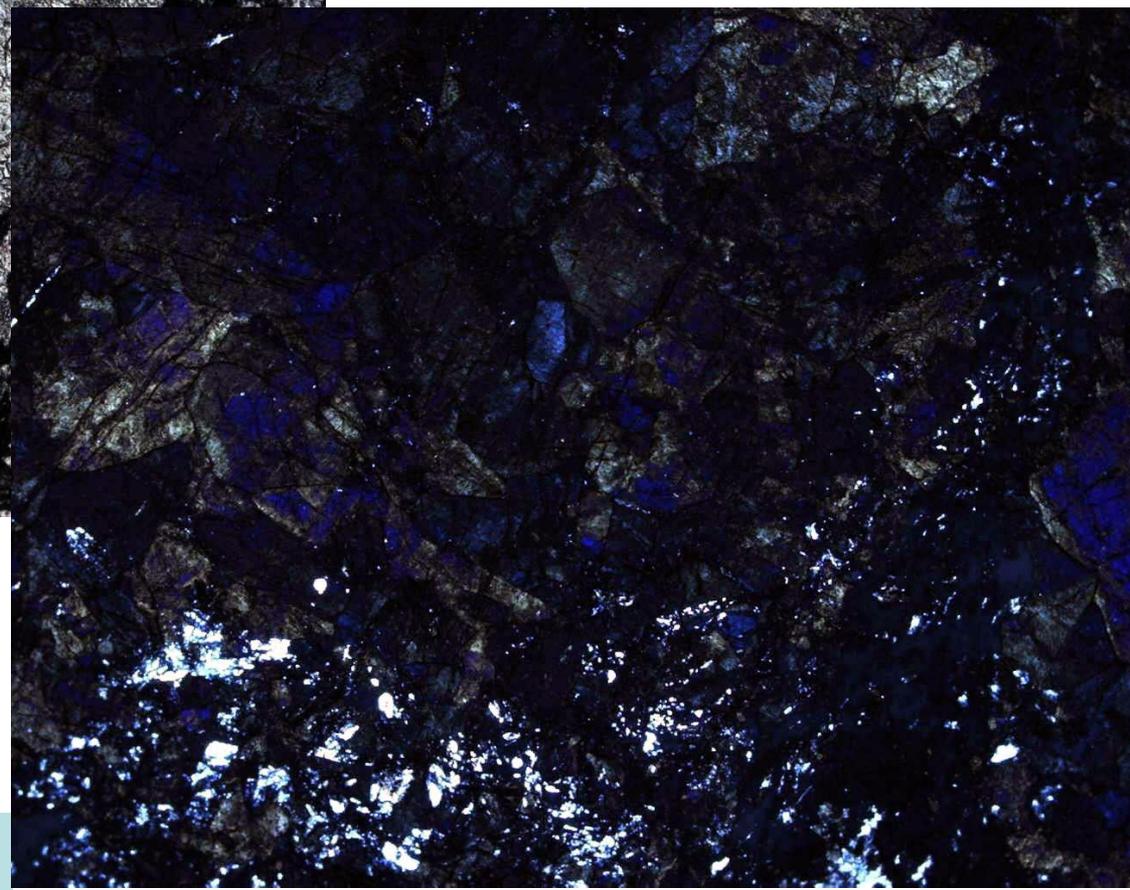
Шлиф. Николи х

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

везувиановые. Везувиан с аномальными интерф. окрасками



Тырны-Ауз,
Сев. Кавказ



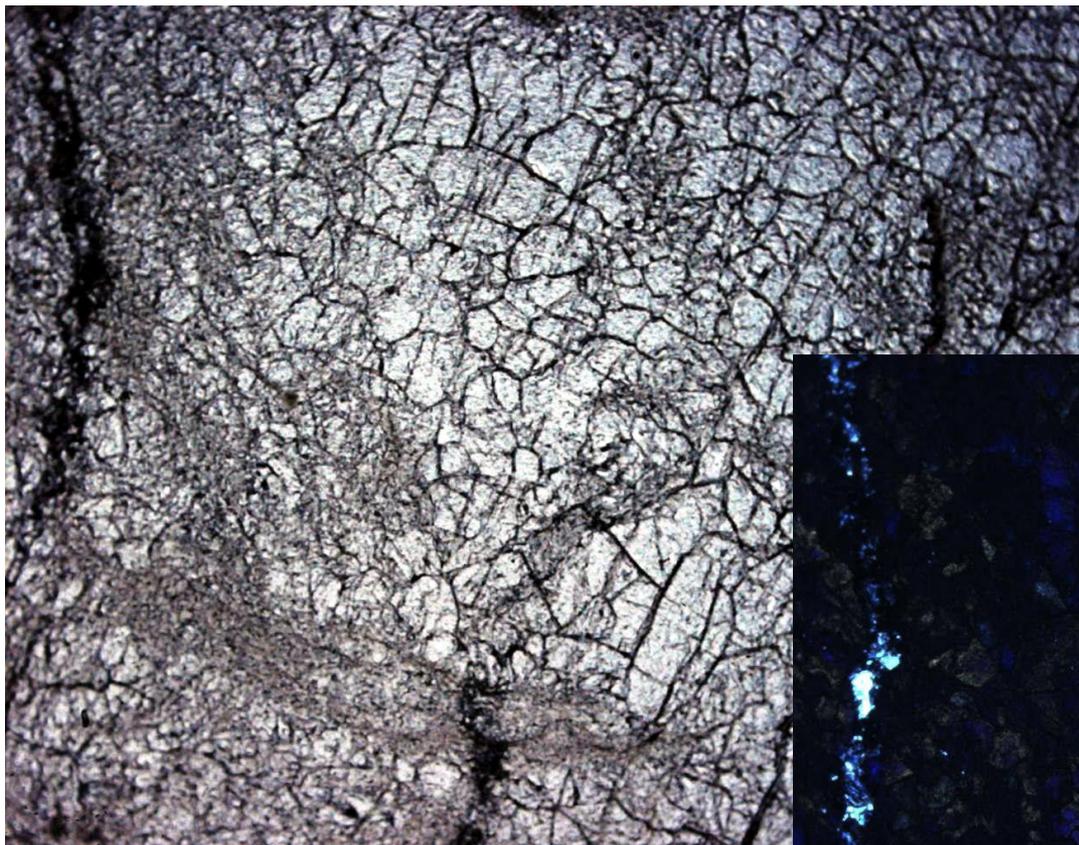
Шлиф при 1 николе

Колл. О.В. Кононова,
фото
Э.М. Спиридонова

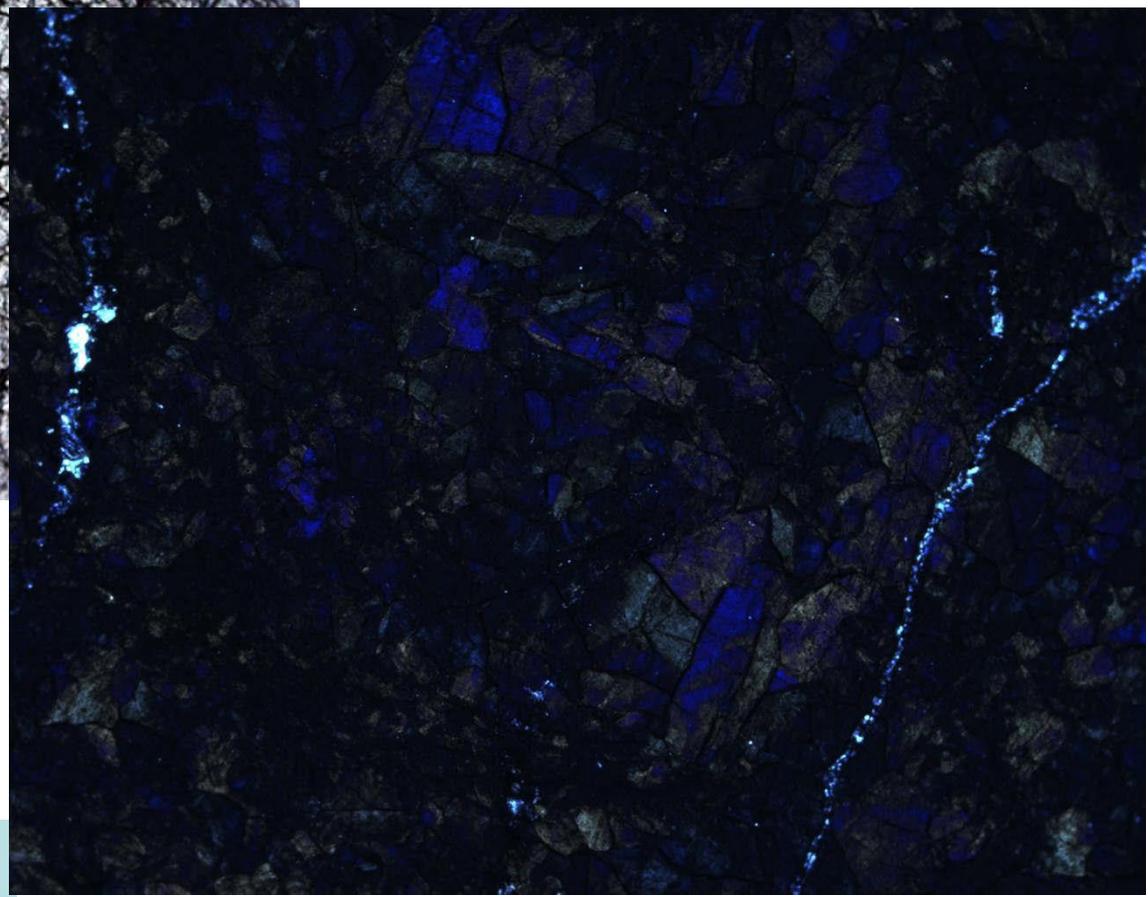
Шлиф. Николи х

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

везувиановые. Везувиан с аномальными интерф. окрасками



Тырны-Ауз,
Сев. Кавказ



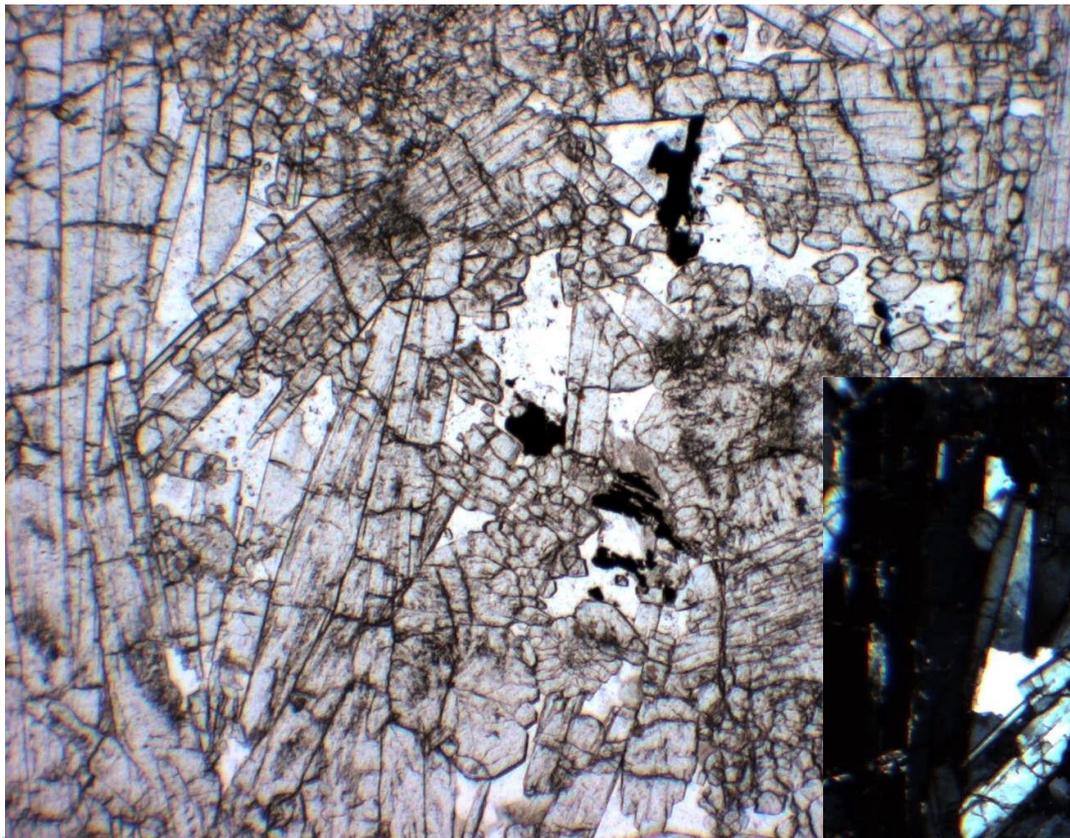
Шлиф при 1 николе

Колл. О.В. Кононова,
фото
Э.М. Спиридонова

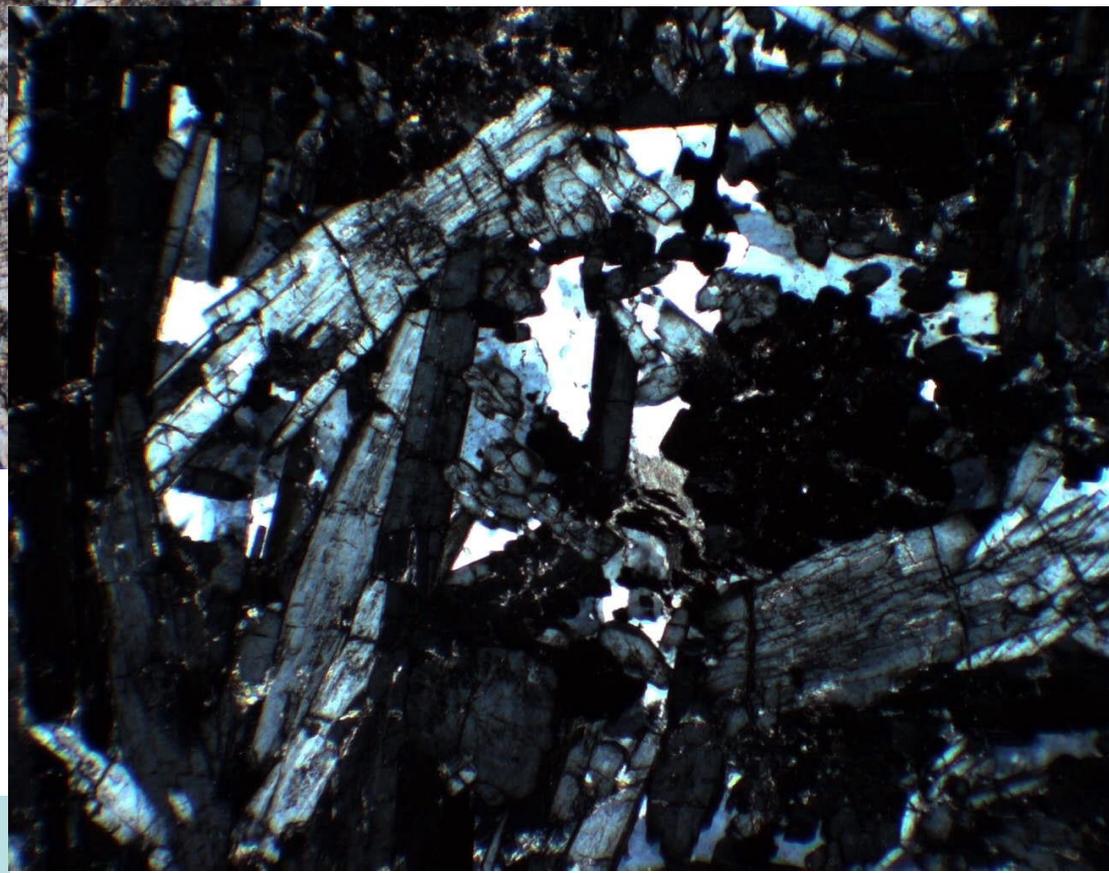
Шлиф. Николи х

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

везувиановые. Везувиан с аномальными интерф. окрасками



Тырны-Ауз,
Сев. Кавказ



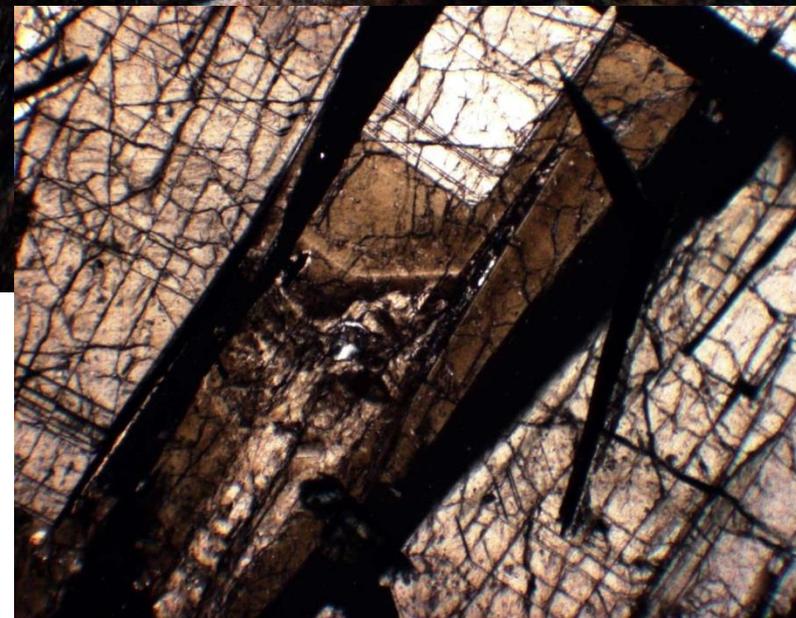
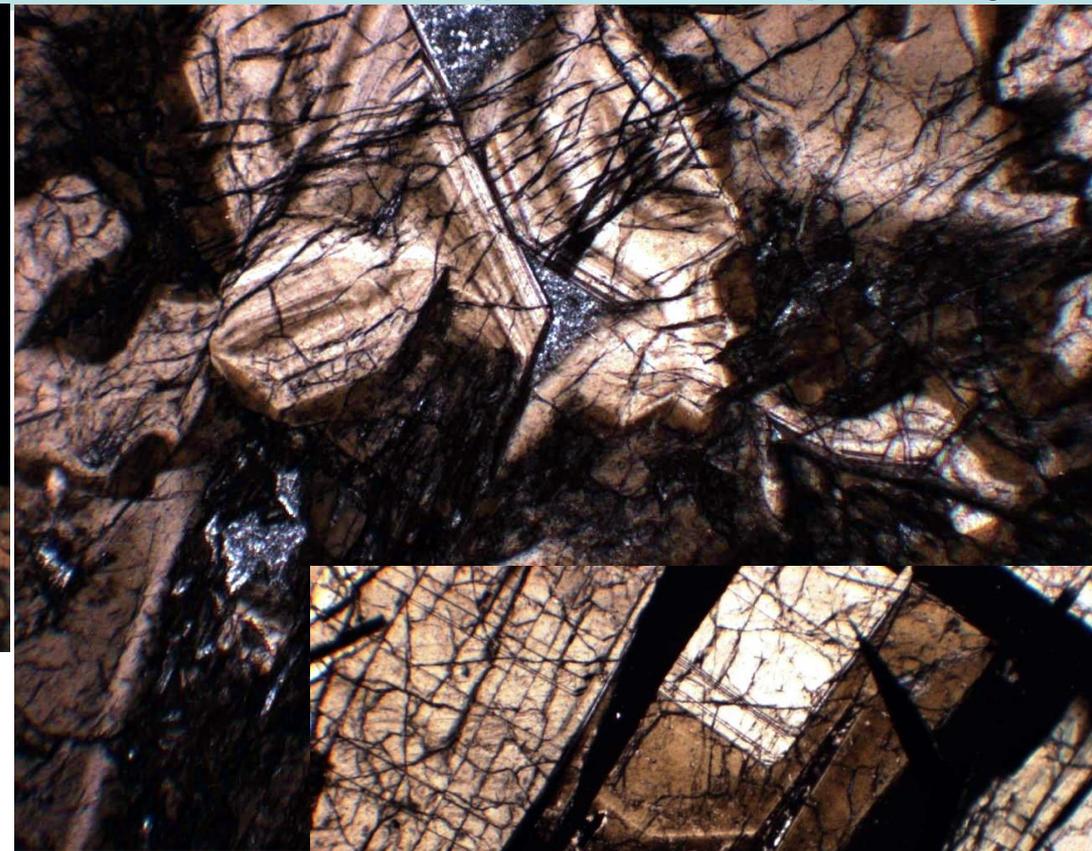
Шлиф при 1 николе

Колл. О.В. Кононова,
фото
Э.М. Спиридонова

Шлиф. Николи x

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

везувиановые. Везувиан с дымчатой окраской. Тырны-Ауз



Шлифы при 1 никеле

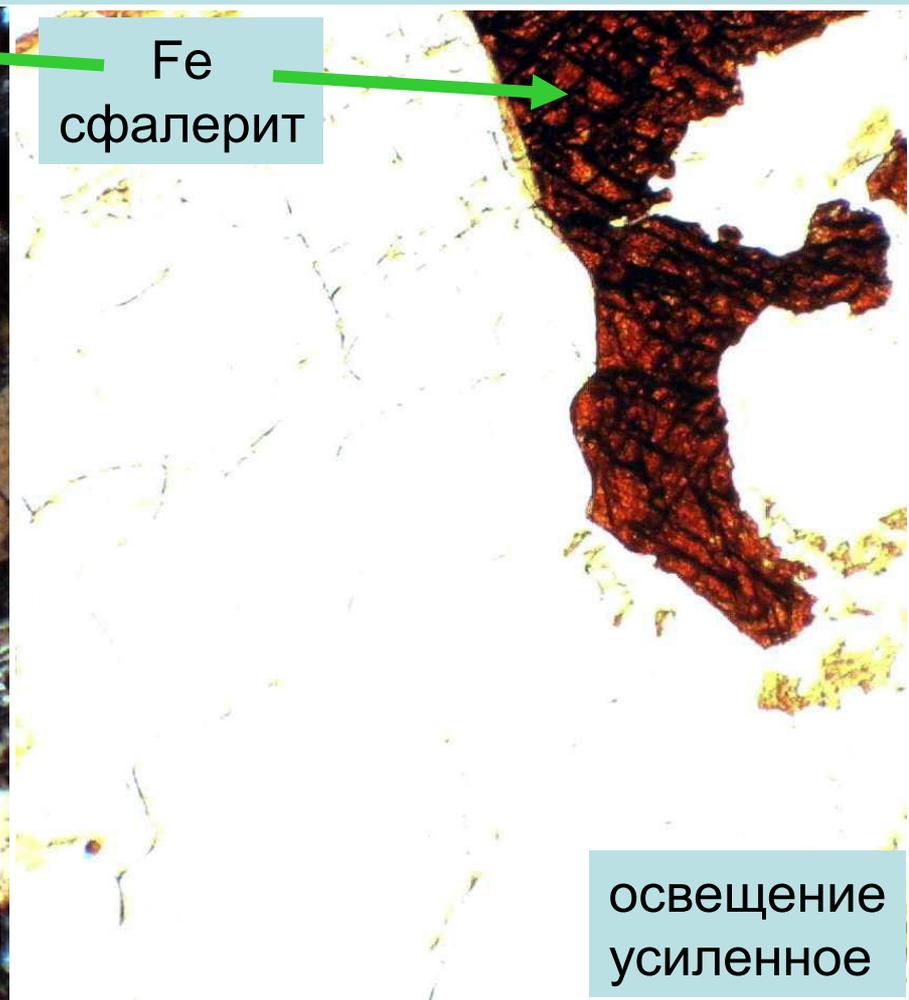
Колл. О.В. Кононова, фото Э.М. Спиридонова

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

везувиановые. Везувиан с дымчатой окраской. Тырны-Ауз



освещение
обычное



Fe
сфалерит

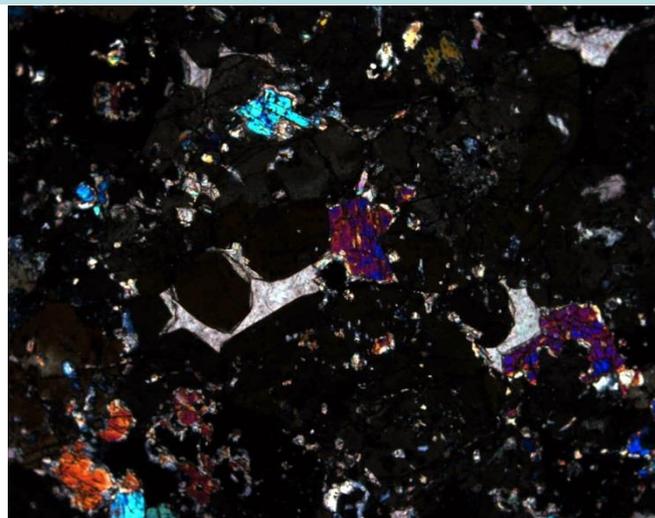
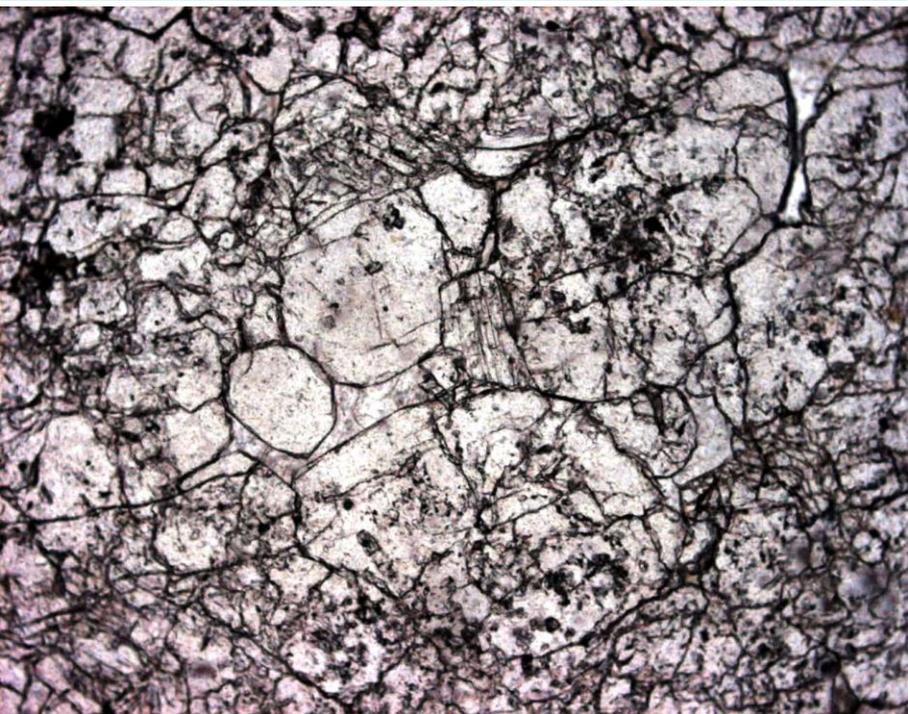
освещение
усиленное

Шлиф при 1 николе

Колл. О.В. Кононова, фото Э.М. Спиридонова

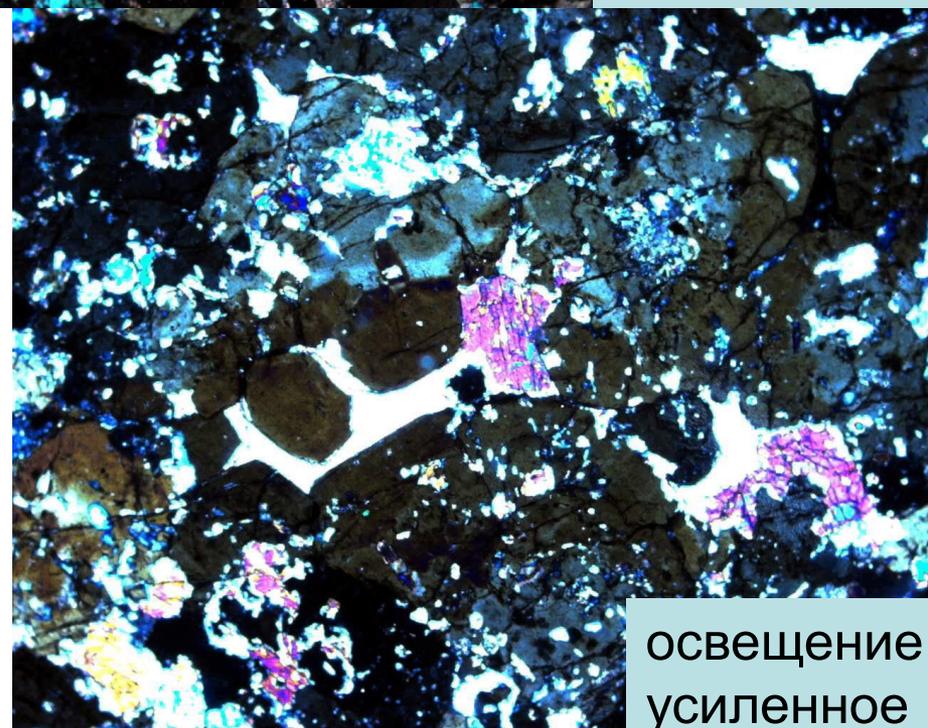
ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

везувиановые. Везувиан с аномальными интерф. окрасками



освещение
обычное

Шлиф.
Николи х



освещение
усиленное

Шлиф при 1 николе

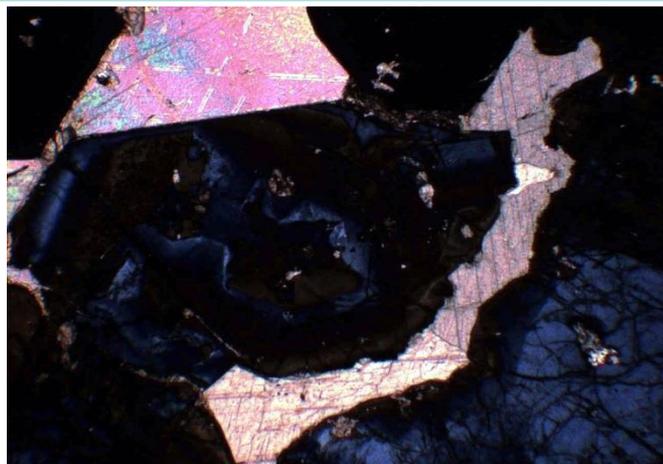
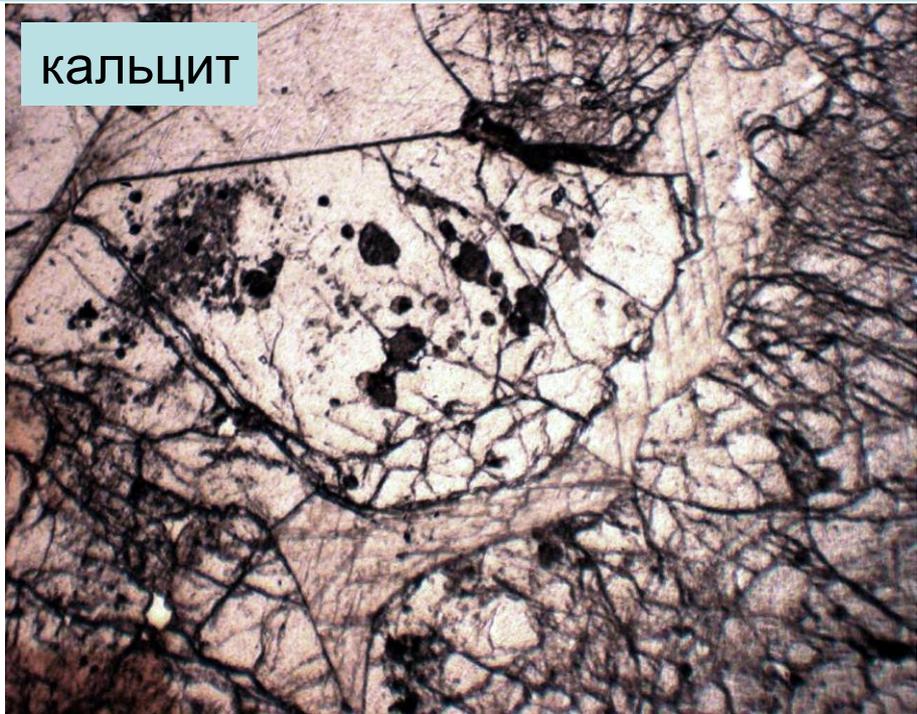
Тырны-Ауз, Сев. Кавказ

Колл. О.В. Кононова,
фото Э.М. Спиридонова

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ ПОЗДНИЕ

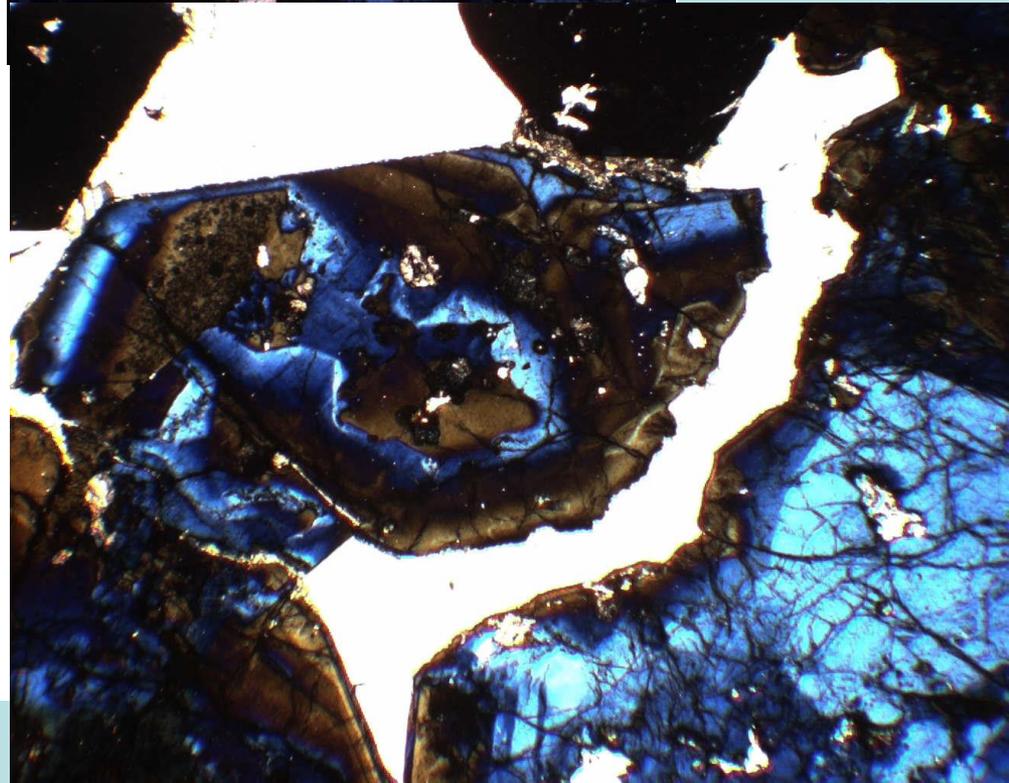
везувиановые. Везувиан с аномальными интерф. окрасками

кальцит



освещение
обычное

Шлиф.
Николи х



Шлиф при 1 николе

Тырны-Ауз, Сев. Кавказ

Колл. О.В. Кононова,
фото Э.М. Спиридонова

освещение усиленное

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

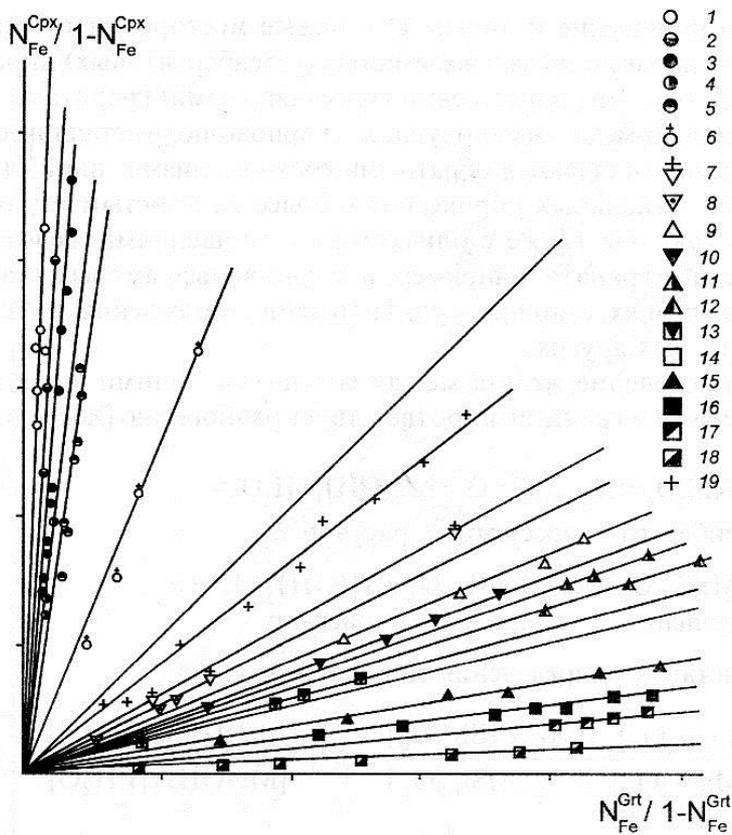


Рис. 16.9. Диаграмма сосуществующих составов пироксена и граната для различных месторождений в известковых скарнах

1 – вольфрамовое месторождение Ингичке, Узбекистан; 2 – вольфрамовое месторождение Фуюгатин, Япония [Yto, 1962]; 3 – вольфрамово-полиметаллическое с SnO_2 месторождение Майхура, Таджикистан; 4 – вольфрамово-полиметаллическое с SnO_2 месторождение Лост Ривер, Аляска [Dobson, 1982]; 5 – молибденово-вольфрамовое месторождение Тырныауз, Россия; 6 – вольфрамовое месторождение с полиметаллами и золотом, Британская Колумбия, Канада [Ettlinger and Roy, 1983]; 7 – медные месторождения с золотом, Британская Колумбия, Канада [Ettlinger and Roy, 1983]; 8 – медное с W месторождение Дарьинское, Россия [Индукаев, 1980]; 9 – полиметаллическое месторождение Эмпайр, Нью-Мехико [Burton et al., 1982]; 10 – Турьинские медные месторождения [Подлесский, 1979]; 11 – полиметаллическое месторождение Кансай, Таджикистан; 12 – полиметаллическое месторождение Тамперико, Италия [Burton et al., 1982]; 13 – медно-железородные месторождения Милько-Тырново, Болгария [Васильев и др., 1964]; 14 – Горноблагодатское и Высокогорское железистые месторождения, Россия [Подлесский, 1979]; 15 – полиметаллическое месторождение Алтын-Топкан, Таджикистан; 16 – железородные месторождения Горной Шории, Россия; 17 – железородное с ильваитом и сфалеритом месторождение Керней, Нью-Мехико [Burton et al., 1982]; 18 – железородные месторождения района Фудшай, Китай [Zhao-Yiming et al., 1982]; 19 – другие скарновые проявления

Два типа
парагенезов
клинопироксен – гранат:

1. Ферригранат
существенно андрадитового состава
+ мало

железистый клинопироксен
(повышенная щелочность и $f \text{O}_2$)

2. Ферроклинопироксен
существенно геденбергитового
состава и глинозёмистый гранат –
аплом и гроссуляр
(повышенная кислотность и
низкая $f \text{O}_2$)

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Равновесия:

с волластонитом,
грандитовыми
гранатами –
гроссуляром и
андрадитом,
анортитом

Taylor, Liou, 1979

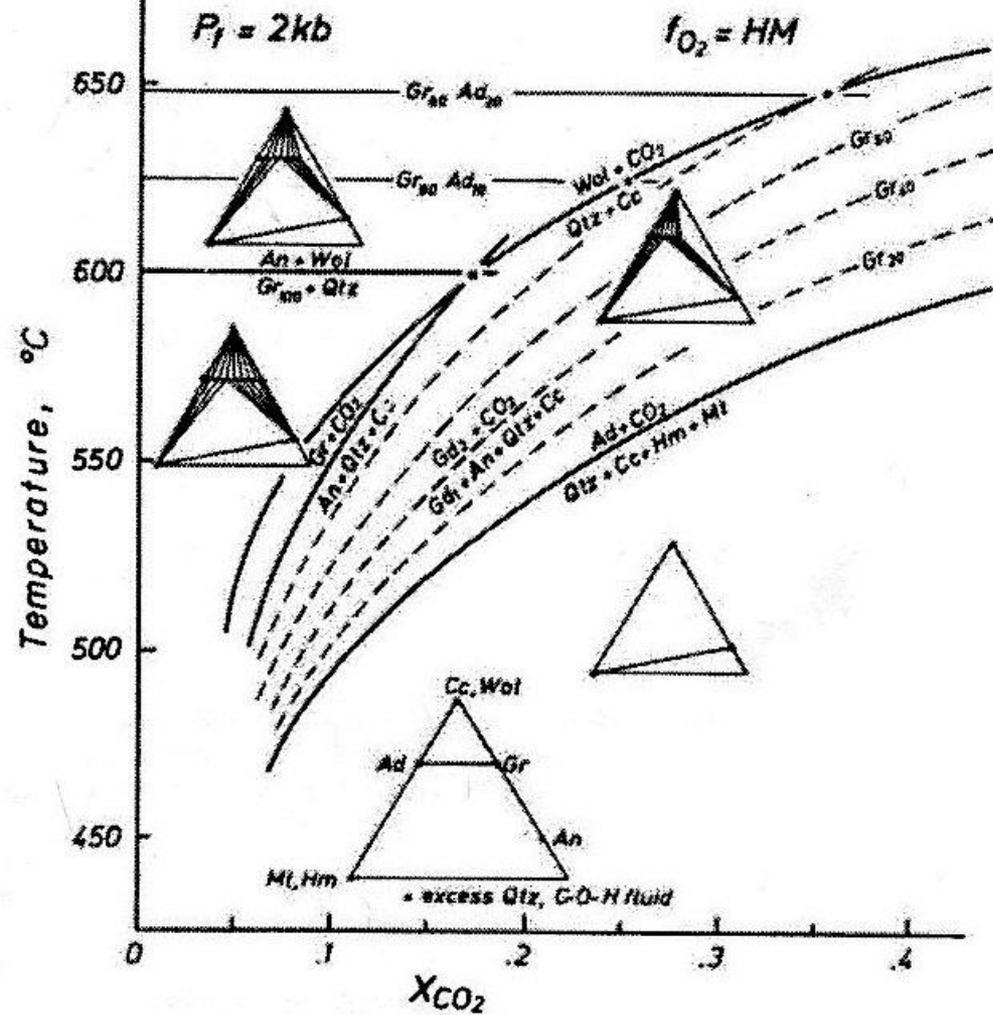


Fig. 5. T - X_{CO_2} diagram comparing the stability limits of grossular and andradite. The equilibria involving An-Qtz-Cc-Gr (7) and Qtz-Cc-Wol (6) are from Gordon and Greenwood (1971) and Greenwood (1967), respectively. The reaction $Gr_{100} + Qtz = An + Wol$ (8) is from Newton (1966), and the temperatures of this reaction with addition of Fe^{3+} to grossular were calculated as discussed in text. Reactions involving two grandite garnets are shown by dashed lines in increments of 0.20 mole fraction of the garnet end members.

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Равновесия:
с
волластонитом,
грандитовыми
гранатами –
гроссуляром и
андрадитом,
геденбергитом,
магнетитом,
анортитом

Taylor, Liou, 1979

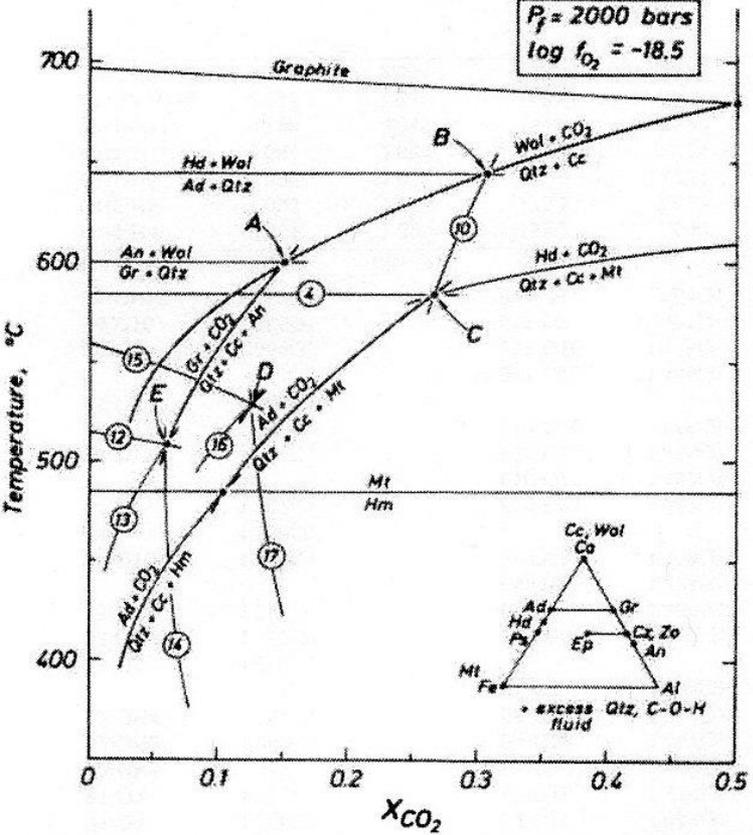


Fig. 6. T - X_{CO_2} diagram at $P_{fluid} = 2000$ bars for $\log f_{O_2} = -18.5$, i.e. slightly above the NNO buffer for the temperature range shown. Reactions (12)–(14) involve zoisite (clinzoisite) and reactions (15)–(17) epidote and are discussed in the text, along with invariant points A–D. Reaction (4) and the reaction involving Ad–Qtz–Hd–Wol were determined by Gustafson (1974) and Liou (1974), respectively. The Qtz–Cc–Wol, Gr–Qtz–An–Wol, and An–Qtz–C–Gr equilibria are from Greenwood (1967a), Newton (1966), and Gordon and Greenwood (1971), respectively. Zoisite-bearing reactions (12)–(14) are from Gordon and Greenwood (1971) and Johannes and Orville (personal communication, 1974). Reactions (15)–(17) involve epidote and are discussed in the text. The positions of the equilibria involving Ad–Qtz–Cc–Mt, Ad–Qtz–Cc–Hm, and Hd–Qtz–Cc–Hm were calculated using data in Table 4 (this paper), Robie and Waldbaum (1968), and Burnham and Wall (personal communication, 1974). The graphite boundary was located using data in Skippen (1971) and the Hm–Mt boundary from the expression for the HM buffer given in Huebner (1971).

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Равновесия: с волластонитом, грандитовыми гранатами –
гроссуляром и андрадитом, геденберgitом, магнетитом, анортитом
Taylor, Liou, 1979

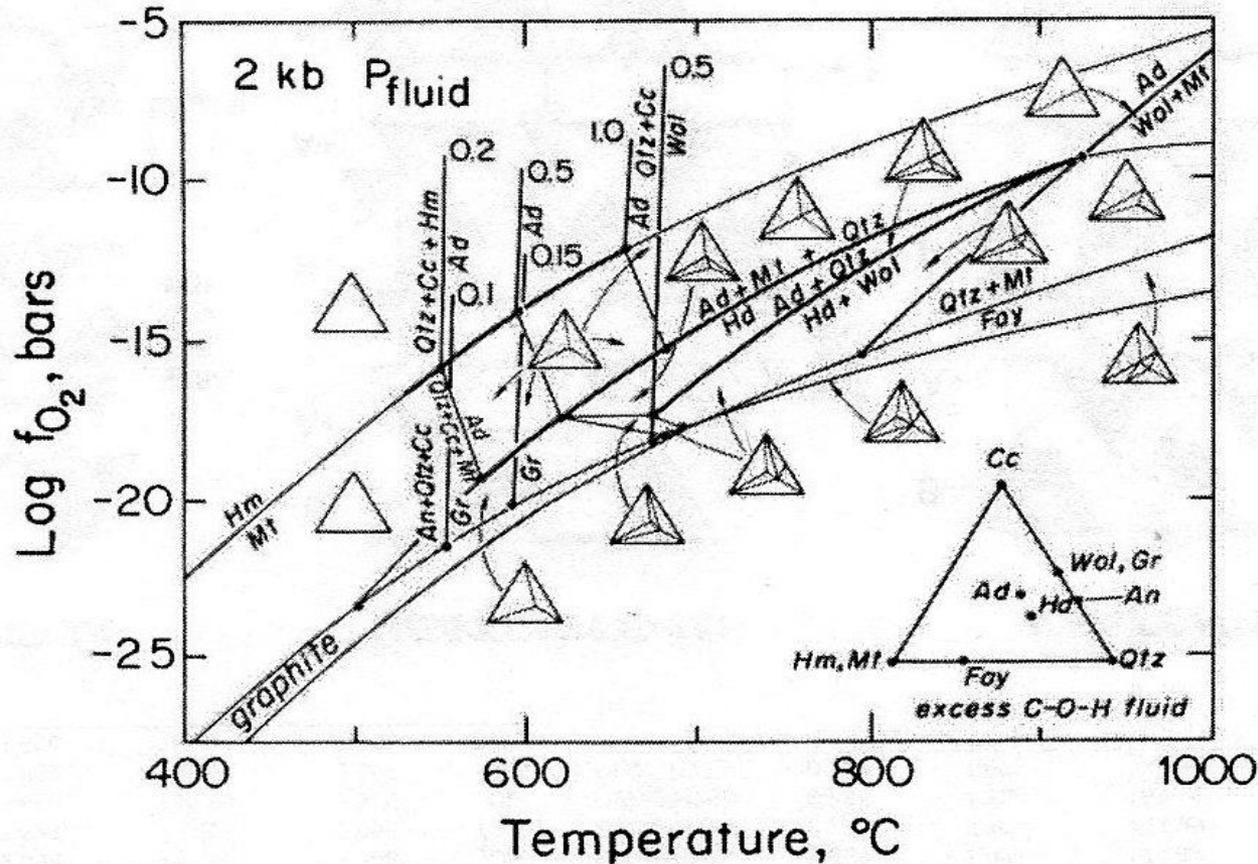


Fig. 7. $\log f_{O_2}$ - T diagram for several reactions in the system Ca-Fe-Si-O-H (modified after Liou, 1974). Reaction (7), $An + Qtz + Cc = Gr + CO_2$ (Gordon and Greenwood, 1971), is shown for comparison with reaction (1), $3 Qtz + 3 Cc + FeOx = Ad + 3 CO_2$. Mole fractions of CO_2 in C-O-H fluids are shown adjacent to garnet and wollastonite decarbonation reactions. Other reactions involving Gr and An, as well as several involving fayalite, are omitted for clarity. The slope for the reaction $3 Qtz + 3 Cc + \frac{1}{2} Mt + \frac{1}{2} O_2 = Ad + 3 CO_2$ is estimated from reconnaissance data of Gustafson (1971; see text). The Qtz-Cc-Wol reaction is from Greenwood (1967a), the Hd-Ad-Qtz-Mt, Ad-Wol-Mt, and Hd-Wol-Mt equilibria are from Gustafson (1974), and the Ad-Qtz-Hd-Wol equilibrium is from Liou (1974). The positions of the buffer curves were plotted from equations summarized in Huebner (1971).

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Равновесия: с волластонитом, андрадитом, геденбергитом и магнетитом. Moecher, Chou, 1990

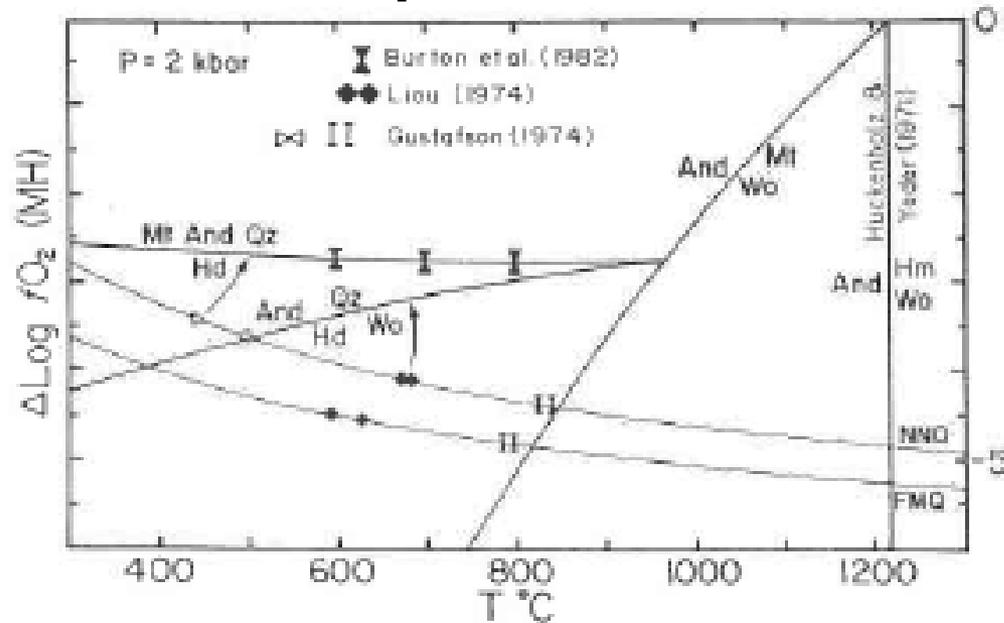


Fig. 1. Equilibria from previous experimental work at 2-kbar pressure [relative to magnetite-hematite (MH) buffer] relevant to the present study (from Moecher et al., 1988). The positions of the equilibria were calculated assuming they fit the results of Huckenholz and Yoder (1971) on $\text{And} = \text{Hm} + \text{Wo}$, the MH buffer calculated from the data of Robinson et al. (1982), and the results of Burton et al. (1982) on $\text{And} + \text{Mt} + \text{Qz} = \text{Hd} + \text{O}_2$. The calculated positions of $\text{And} = \text{Mt} + \text{Wo} + \text{O}_2$, $\text{And} + \text{Qz} = \text{Hd} + \text{Wo} + \text{O}_2$, and $\text{And} + \text{Mt} + \text{Qz} = \text{Hd} + \text{O}_2$ do not agree with reversals of Liou (1974) and Gustafson (1974) for the Ni-NiO (NNO) and fayalite-magnetite-quartz (FMQ) buffers (calculated positions of latter two reactions and corresponding reversals shown by arrows).

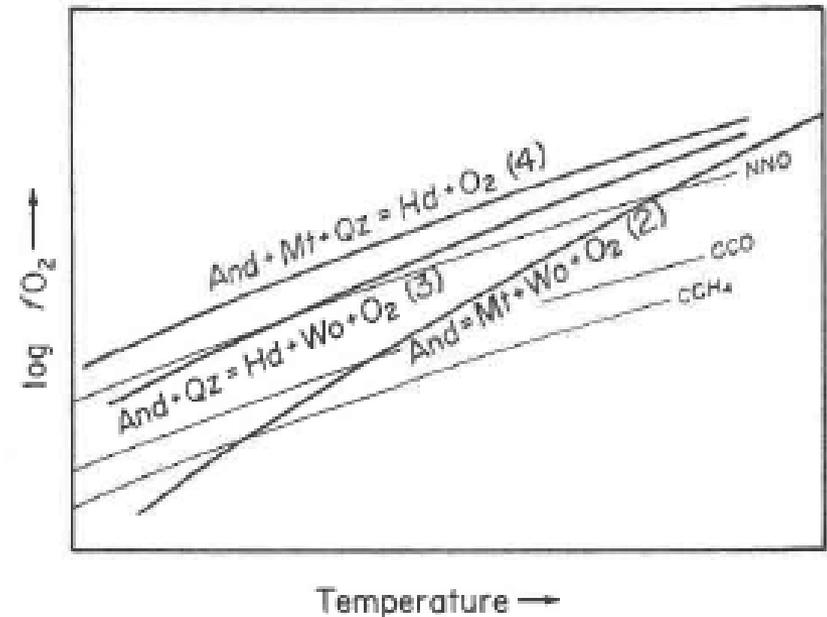


Fig. 3. Positions of the three equilibria investigated relative to O buffers used to generate H_2 . Equilibrium 2 intersects NNO, CCO, and CCH_4 at a relatively high angle, allowing reversal of temperature along an O buffer. Equilibrium 3 intersects NNO at a single temperature, and Equilibrium 4 does not intersect NNO in the temperature range investigated for this study. Equilibria 3 and 4 intersect a point on Equilibrium 2 at a high temperature, constraining the relative positions of Equilibria 3 and 4 in f_{O_2} - T space.

Moecher D.P. & Chou I-Ming, 1990.
Amer. Mineral. Vol. 75. P. 1327-1341

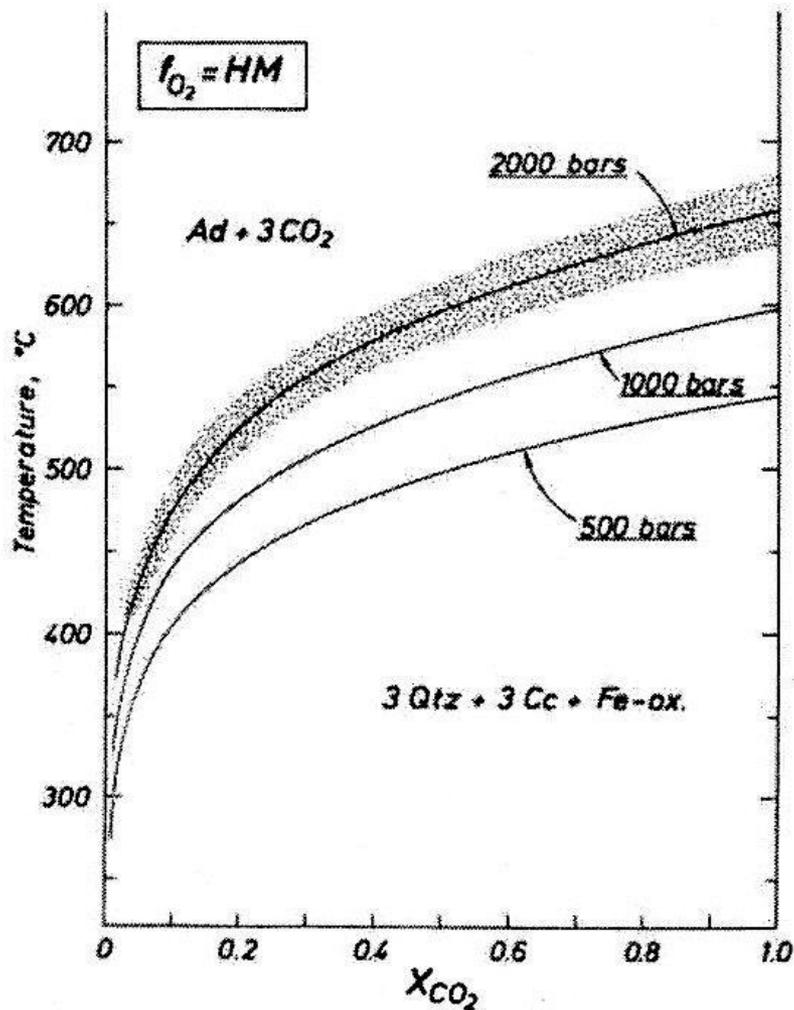


Fig. 4. T - X_{CO_2} diagram showing calculated curves at 2000, 1000, and 500 bars for the reaction $3 Qtz + 3 Cc + \frac{1}{4} Hm + \frac{1}{2} Mt + \frac{1}{8} O_2 = Ad + 3CO_2$ at f_{O_2} defined by the HM buffer. The uncertainty in X_{CO_2} and T due to the uncertainty in the calculated value of G_{Ad}^0 from the experimental data is shown by the stippled area for the 2000 bar curve; the experimental curve falls completely within the stippled area. The total uncertainty in T and X_{CO_2} for each calculated curve is somewhat larger, however, due to the uncertainty in thermodynamic data for other phases involved.

ИЗВЕСТКОВЫЕ СКАРНЫ

Равновесия:

гранат –
андрадит
и

магнетит (гематит)
с кварцем и кальцитом

Taylor, Liou, 1979