

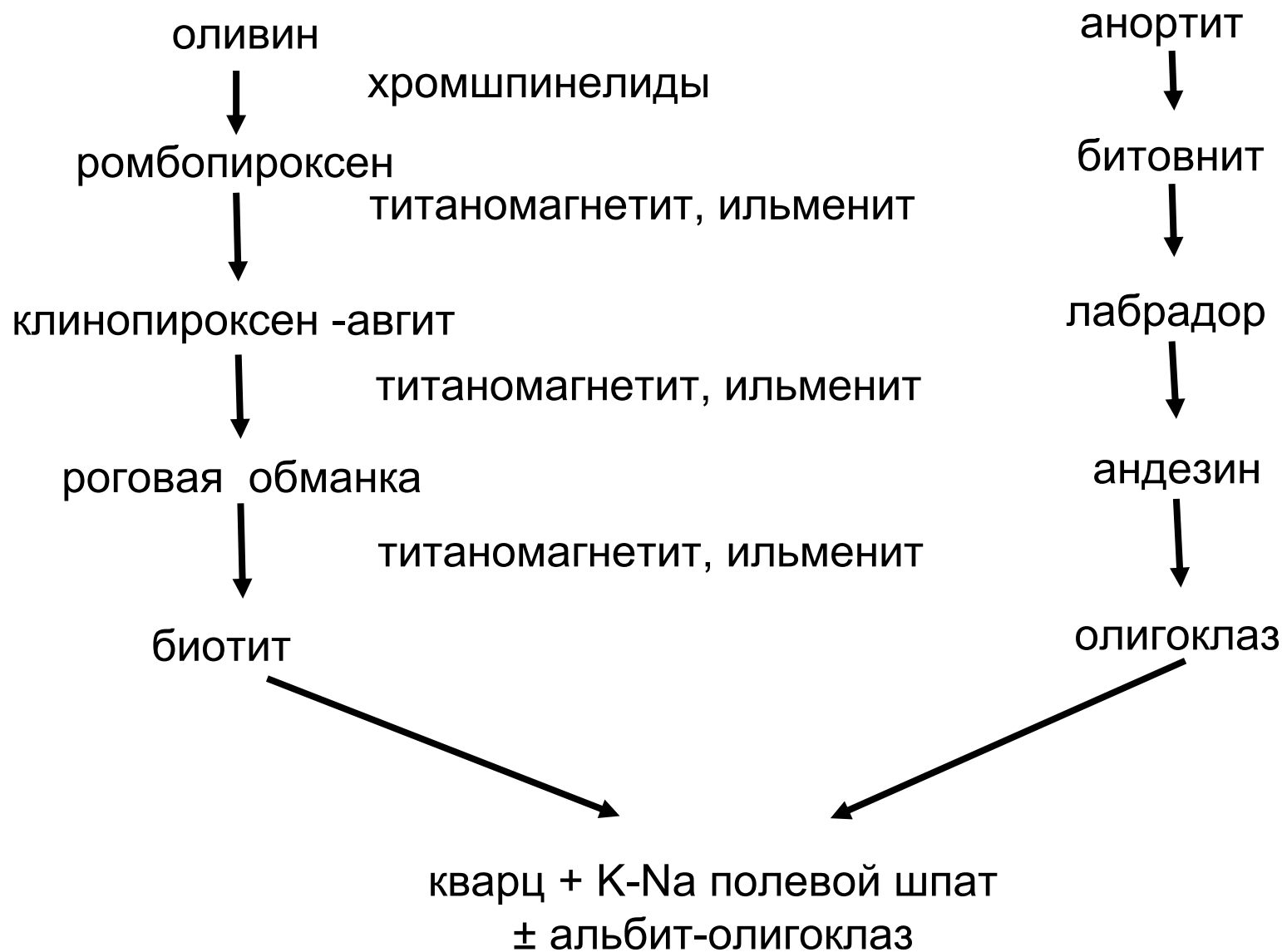
Э.М. Спиридонов

# Минералогенез

хромитоносных офиолитов –

альпинотипных гипербазитов

# Вилка Н.Л. Боуэна



Офиолитовая формация – принадлежность складчатых областей эвгеосинклинального типа. Это фрагменты земной коры океанского типа, которая формируется в срединно-океанских рифтах и в рифтах задуговых морских бассейнов (между вулканическими островными дугами и окраинно-континентальными морями).

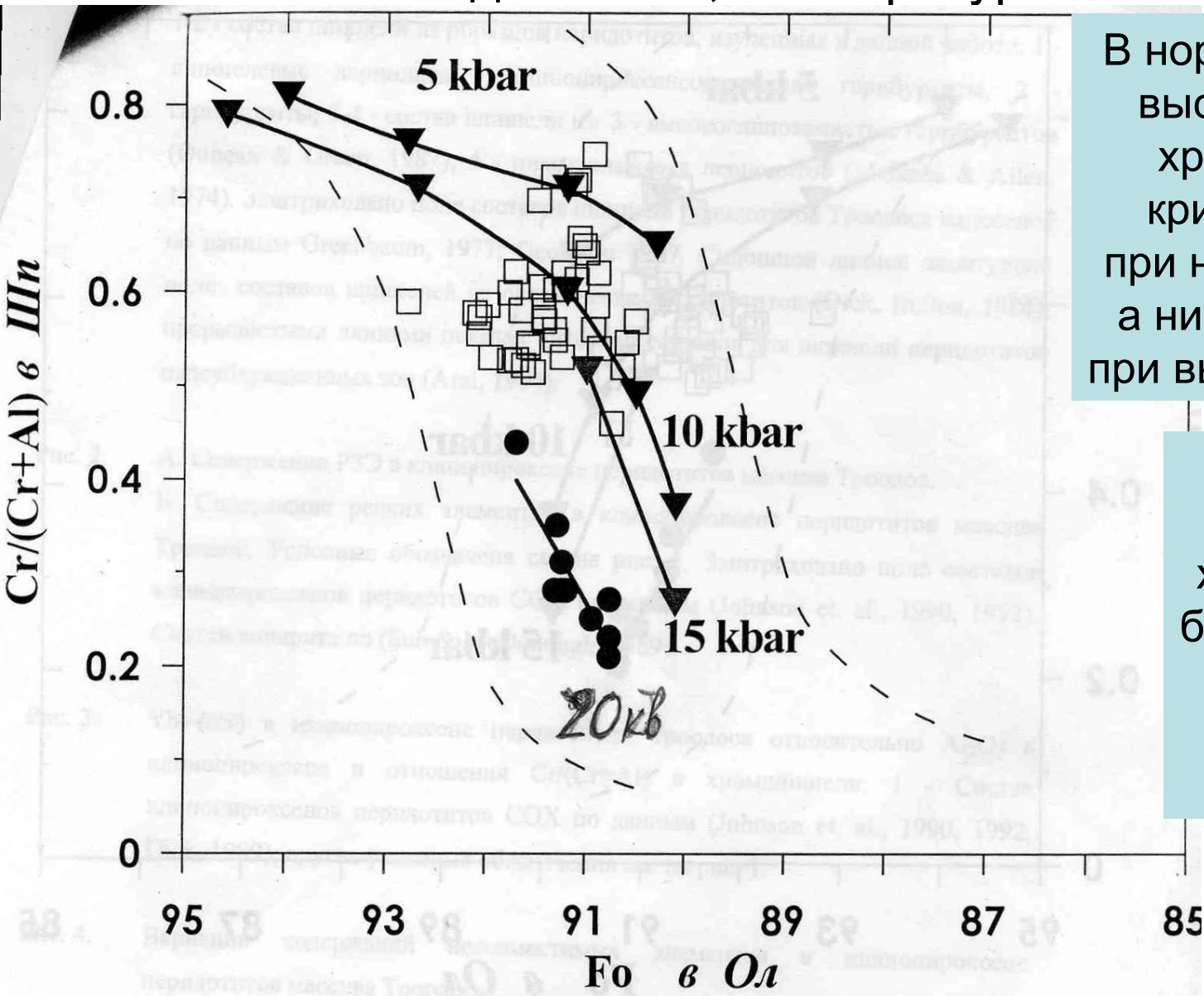
Полный разрез офиолитовой формации (сверху вниз):

1. толеитовые базальты типа MORB (часто подушечные, пиллоу-лавы) ± глубоководные кремнистые, углеродисто-кремнистые, глинисто-кремнистые породы (яшмоиды, фтаниты, лидиты...) с Fe-Mn конкрециями и линзами...;
2. комплекс параллельных даек толеитовых долеритов;
3. габбро и оливиновые габбро без роговообманковые;
4. клинопироксениты, оливиновые клинопироксениты, вебстериты;
5. лерцолиты (и трансформационные плагиоклазовые лерцолиты);
6. гарцбургиты с телами дунитов с подиформными залежами хромититов;
7. дуниты с подиформными залежами хромититов;
8. полосчатый дунит-гарцбургитовый комплекс;
9. тектонизированные перидотиты, преимущественно гарцбургитового состава.

Магматические породы 4- 8 в основном кумулятивные.

Обычно в составе офиолитов преобладают гарцбургиты и дуниты.

**Состав хромшпинелидов зависит от состава магм, фугитивности кислорода (содержания воды в расплавах), давления, температуры...**

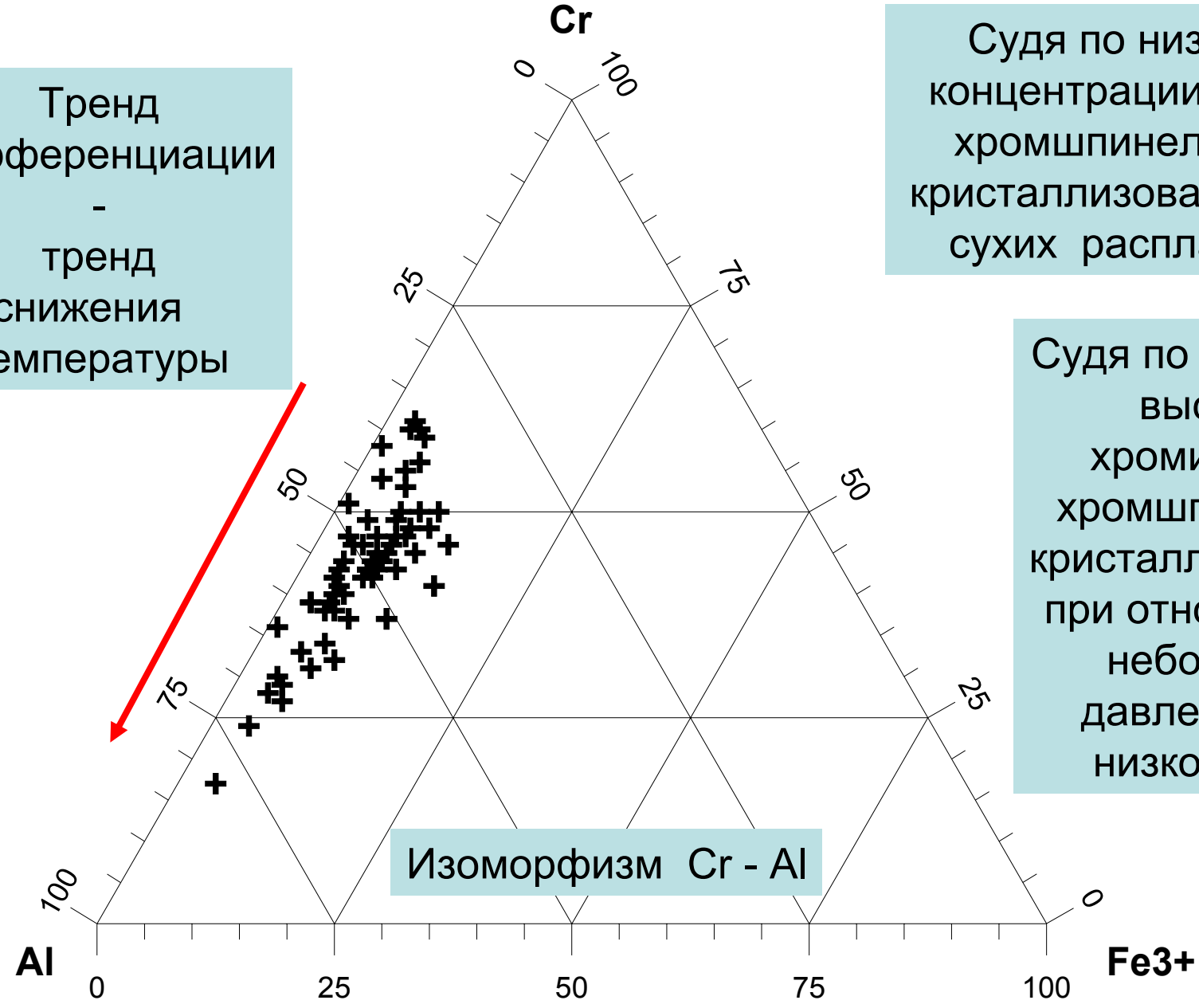




Тренд дифференциации -  
тренд снижения температуры

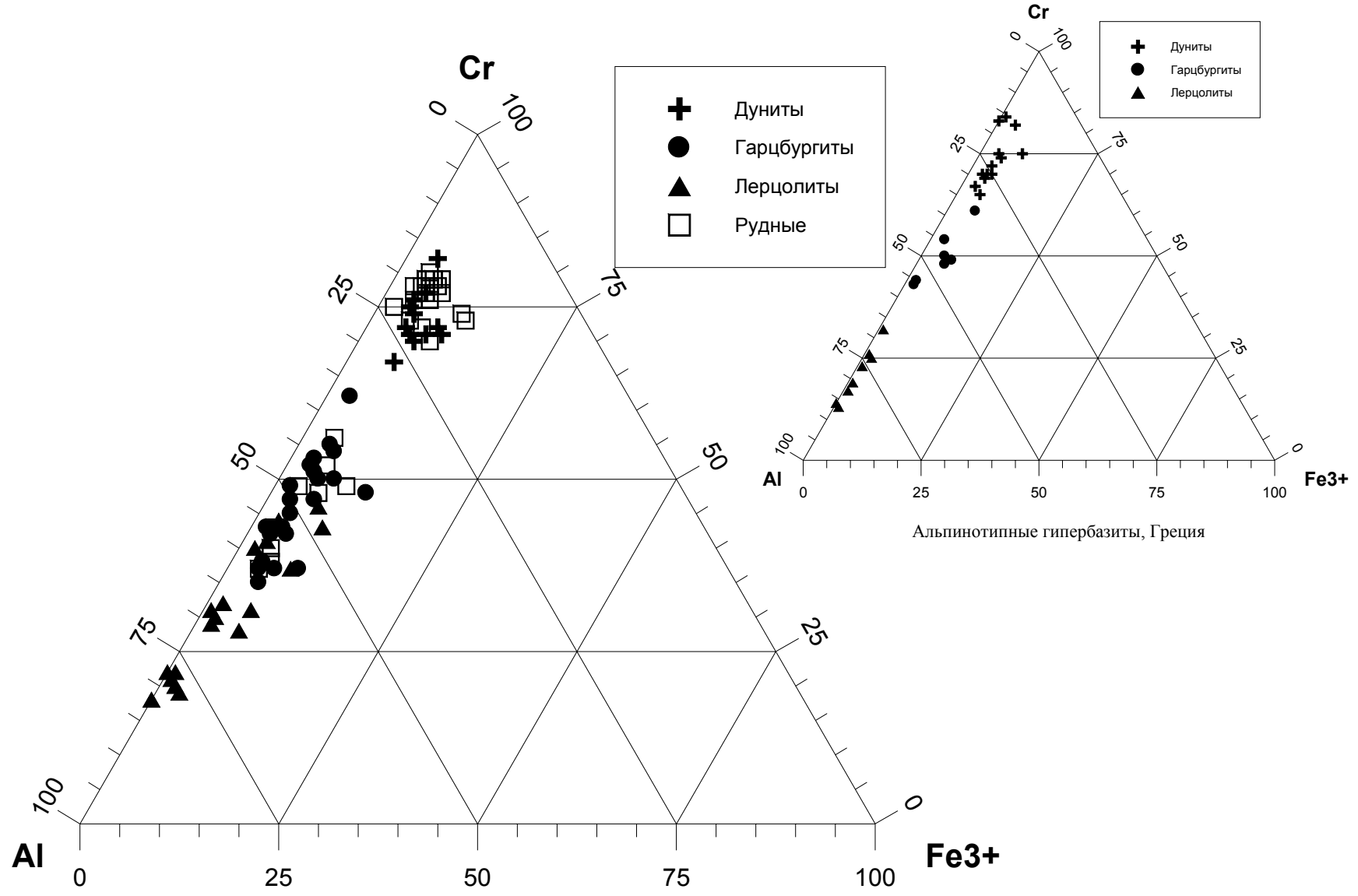
Судя по низкой концентрации  $Fe^{3+}$ , хромшпинелиды кристаллизовались в сухих расплавах

Судя по начальной высокой хромистости, хромшпинелиды кристаллизовались при относительно небольшом давлении и из низкоAl магм



Состав хромшпинелидов – алюмомагнезиохромита и хромшпинели толеитовых базальтов океанского дна MORB

# Хромшпинелиды альпинотипных перидотитов

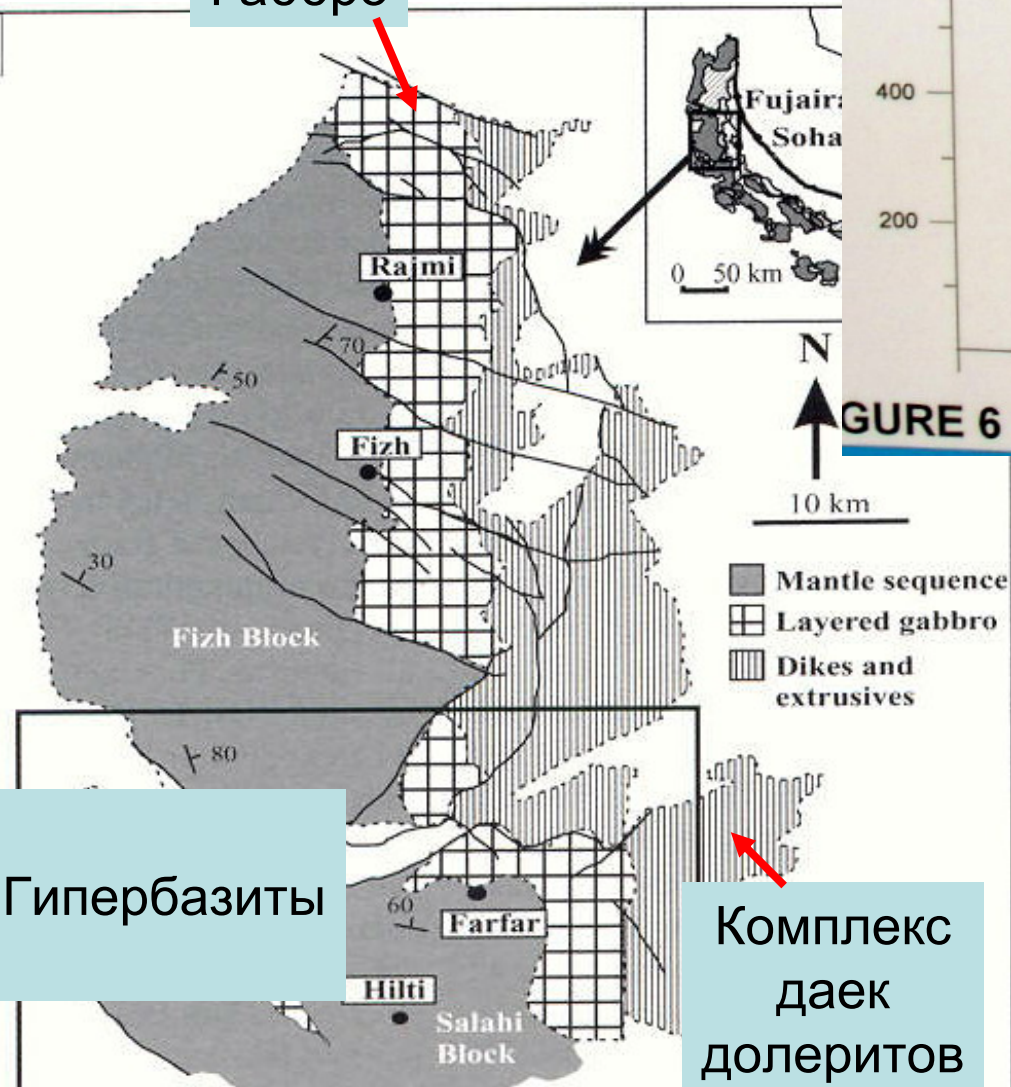


Альпинотипные гипербазиты Урала, Кемпирсай

Альпинотипные гипербазиты, Греция

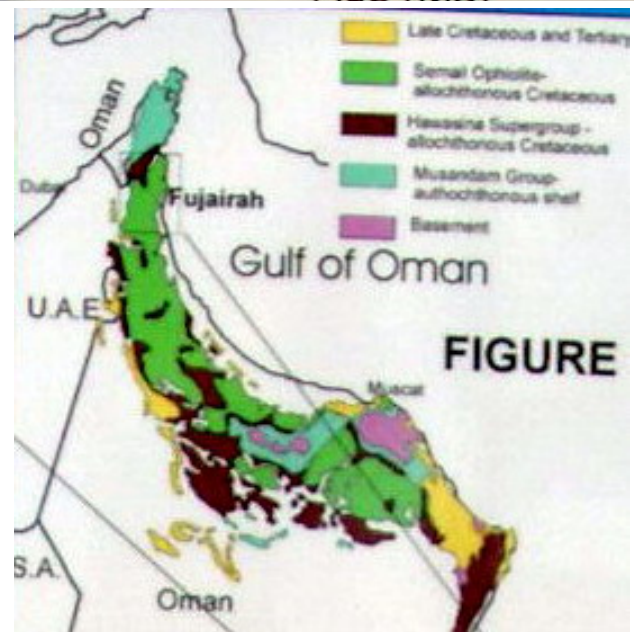
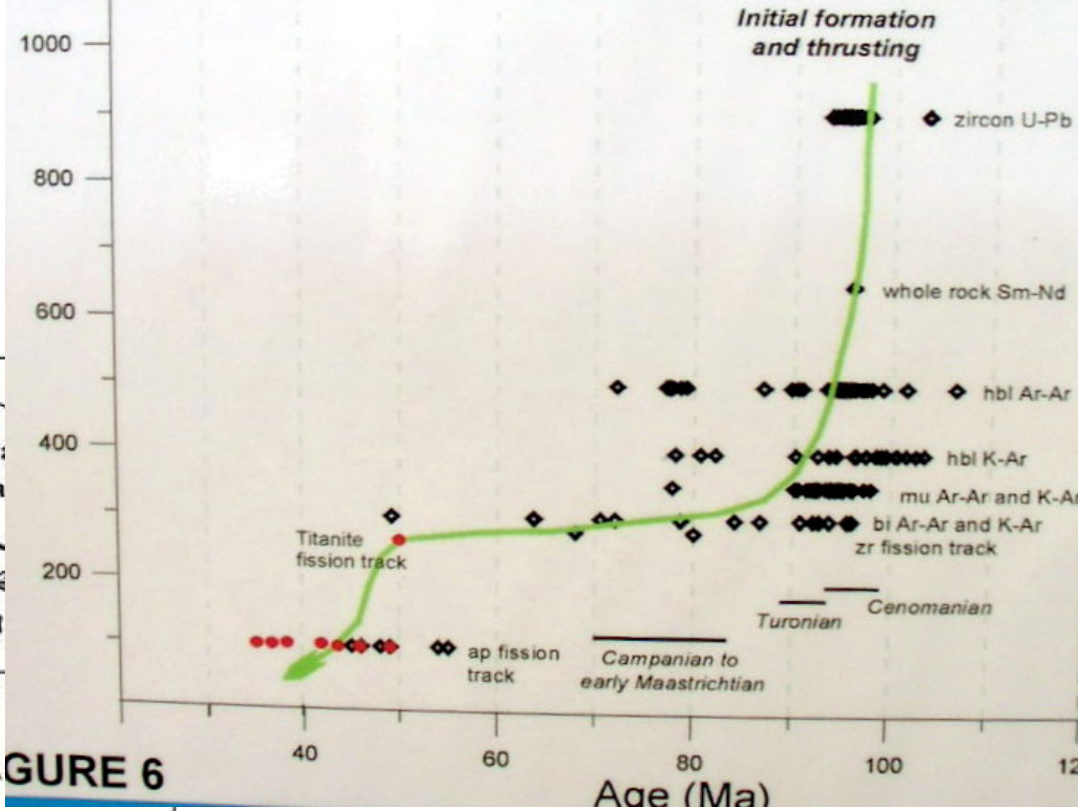
# Офиолиты Омана

Габбро



Гипербазиты

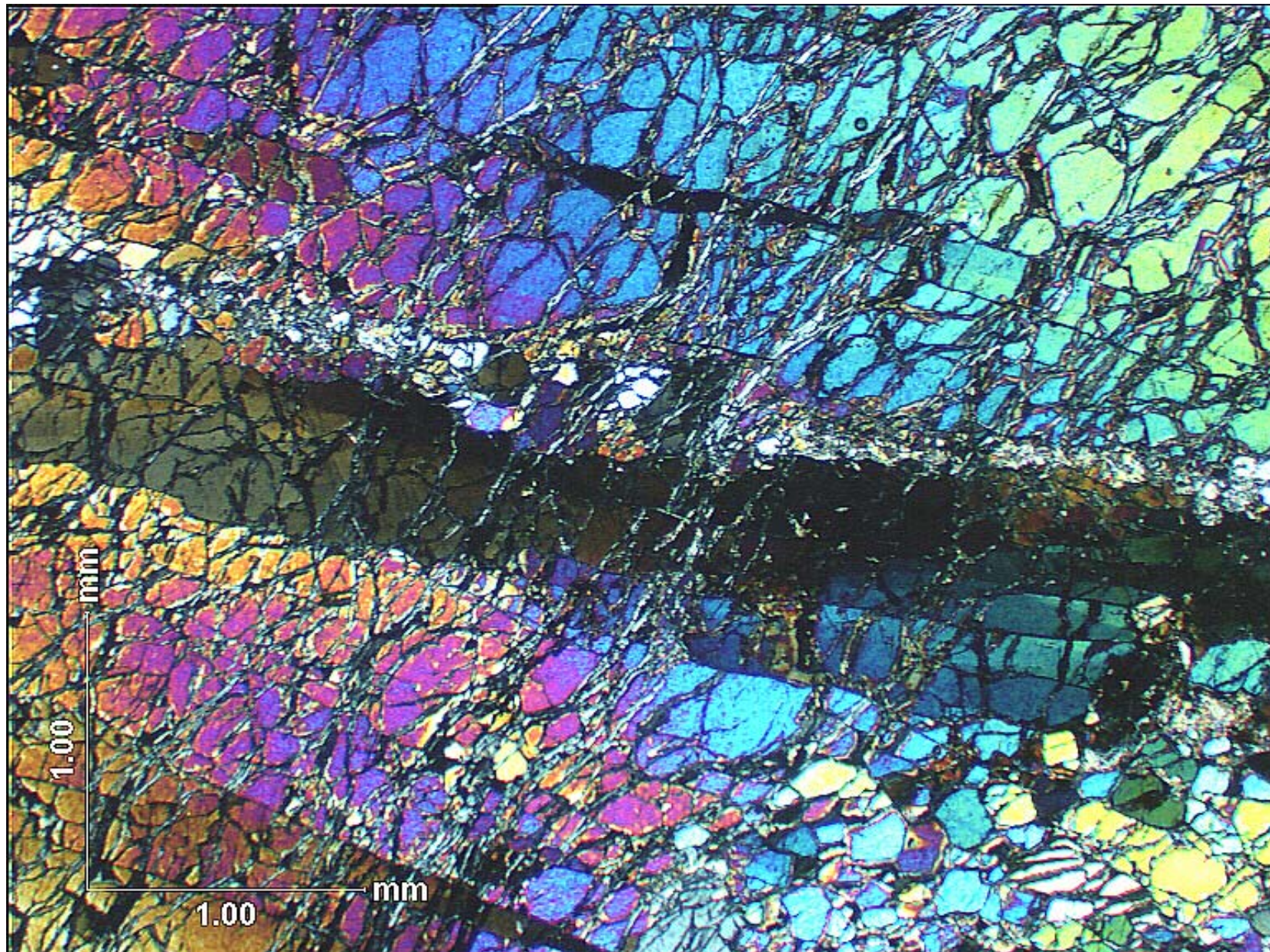
Комплекс даек долеритов





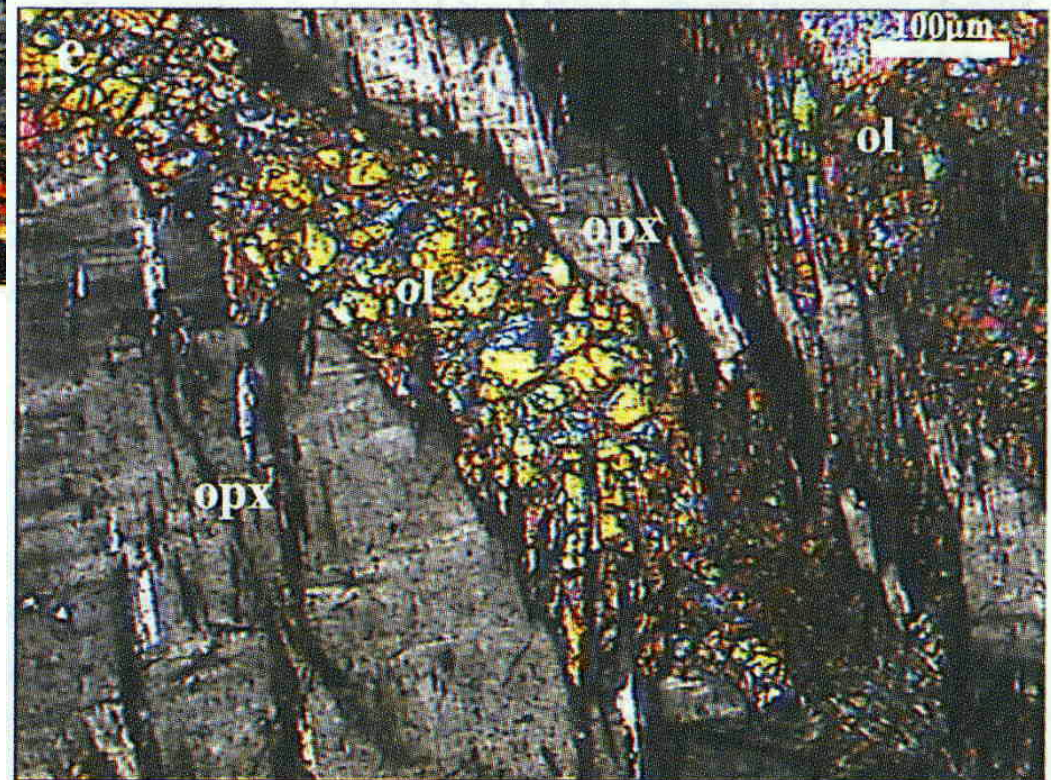
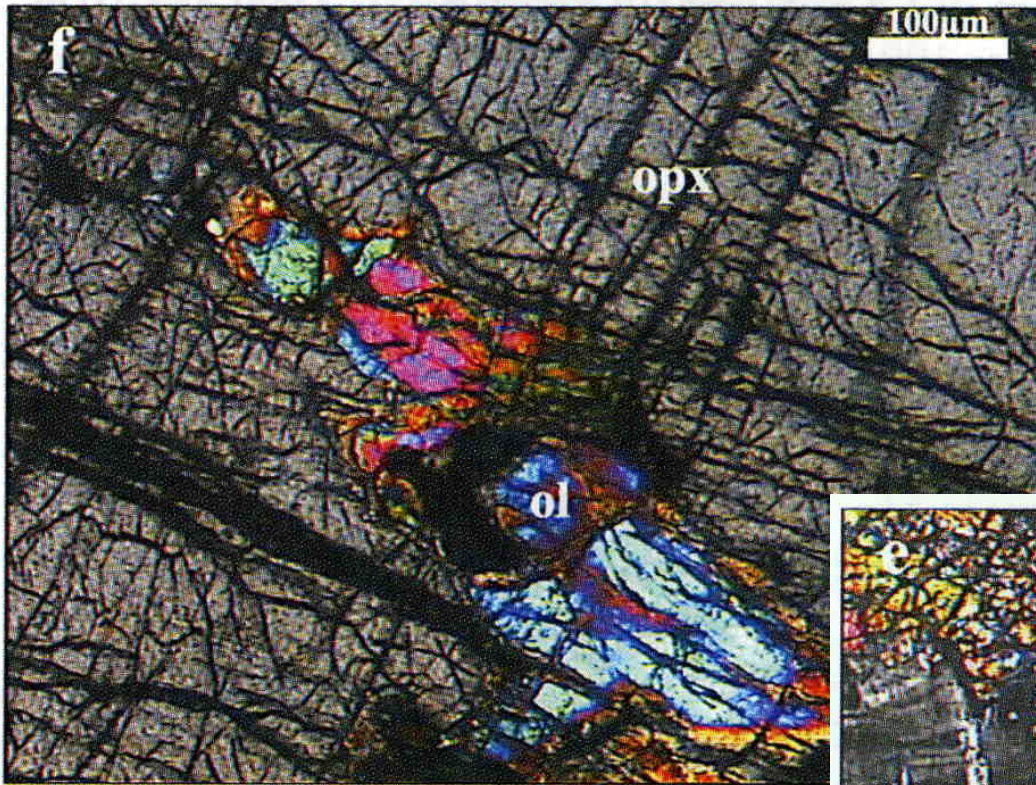
# Дуниты Приполярного Урала. Массив Рай-Из

## Оливин $Fo_{90}$ со спайностью





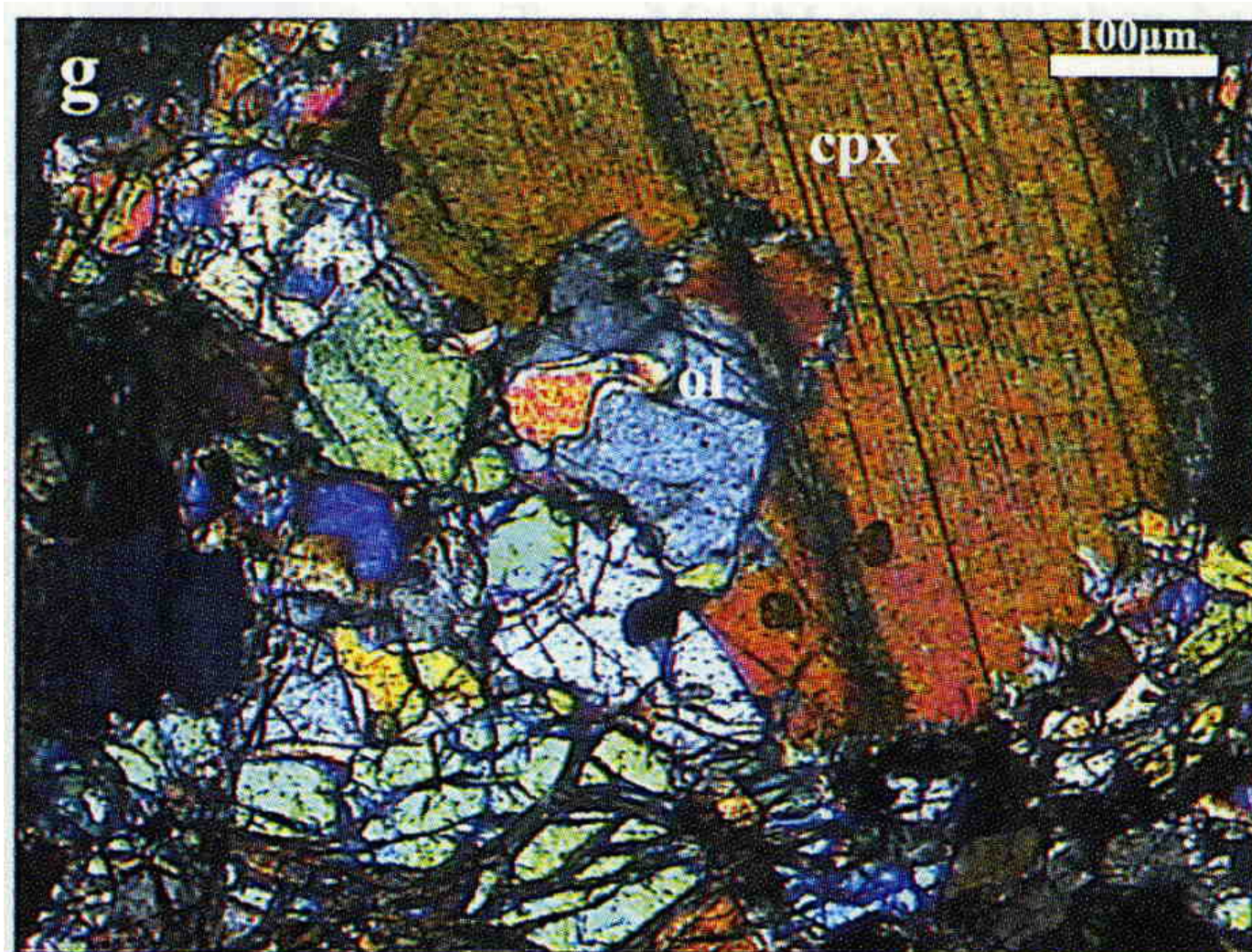
# Гарцбургиты Греции



Николи х



# Лерцолиты Греции

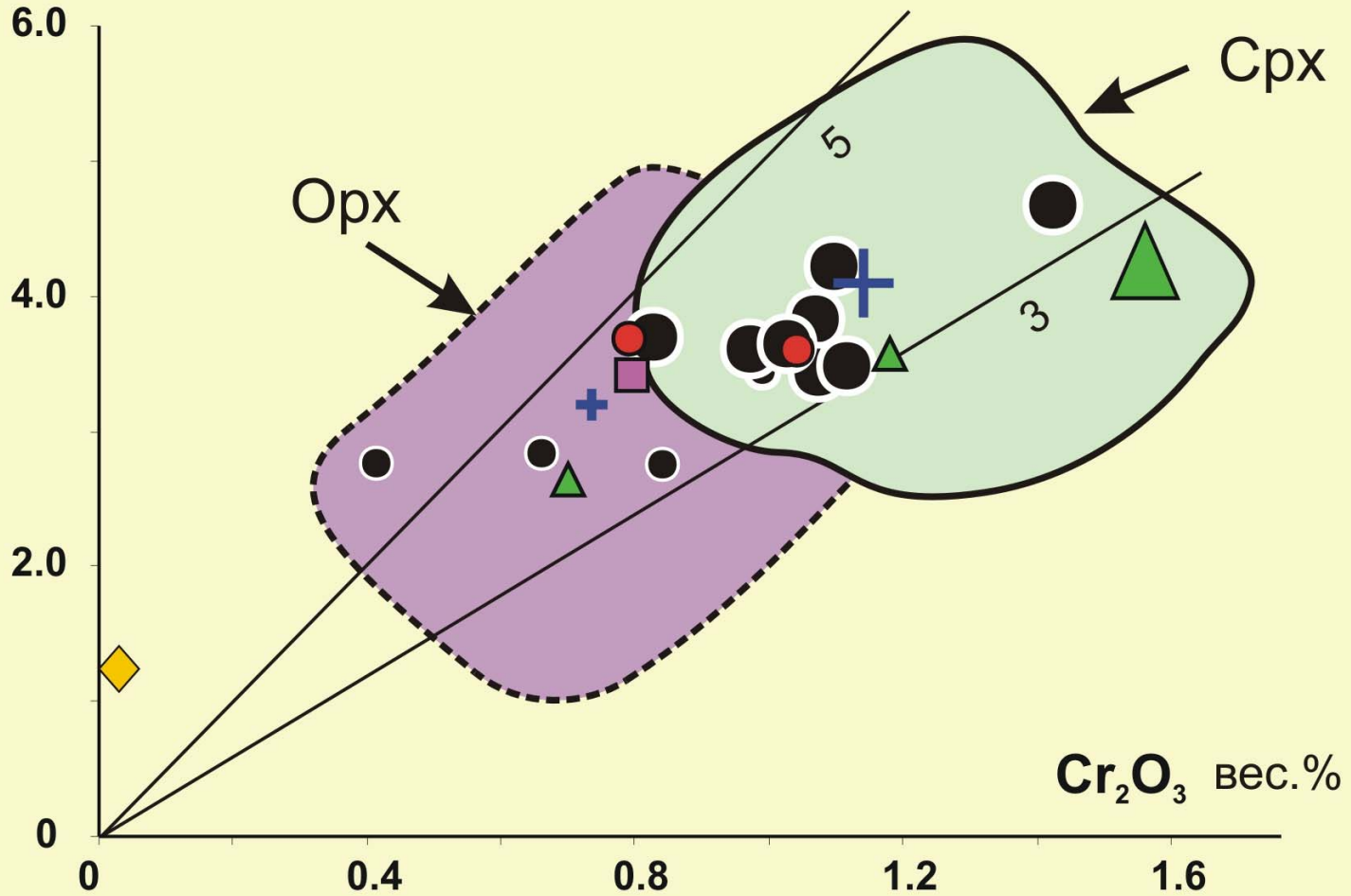


Николи  
Х

# Перидотиты Серра-Леоне

первичные = мантийные ассоциации

$\text{Al}_2\text{O}_3$  вес. %



# Минералы кумулятов

Оливин: железистый форстерит – магнезиальный хризолит  $\text{Fo}_{93-86}$ , обычно  $\text{Fo}_{91-89}$ , Ni 0.2-0.7 % (чаще 0.3-0.5%) и до 1 масс.%. Ni:Co ! – в гипербазитах около 30, в базитах около 10.

Ромбопироксен: хромисто-глинозёмистый железистый энстатит – магнезиальный бронзит  $\text{Ca}_{1.5-4} \text{Mg}_{85-89} \text{Fe}_{9-12}$ , в среднем  $\text{Ca}_3\text{Mg}_{87}\text{Fe}_{10}$

Клинопироксен: хромисто-глинозёмистый эндиопсид – низко железистый авгит, бедный Al и Ti.

Плагиоклаз – анортит, битовнит, бедные Sr.

Имеющиеся указания на находки алмазов не достоверны.



# Модель кристаллизации хромшпинелидов при раскислении магматических систем

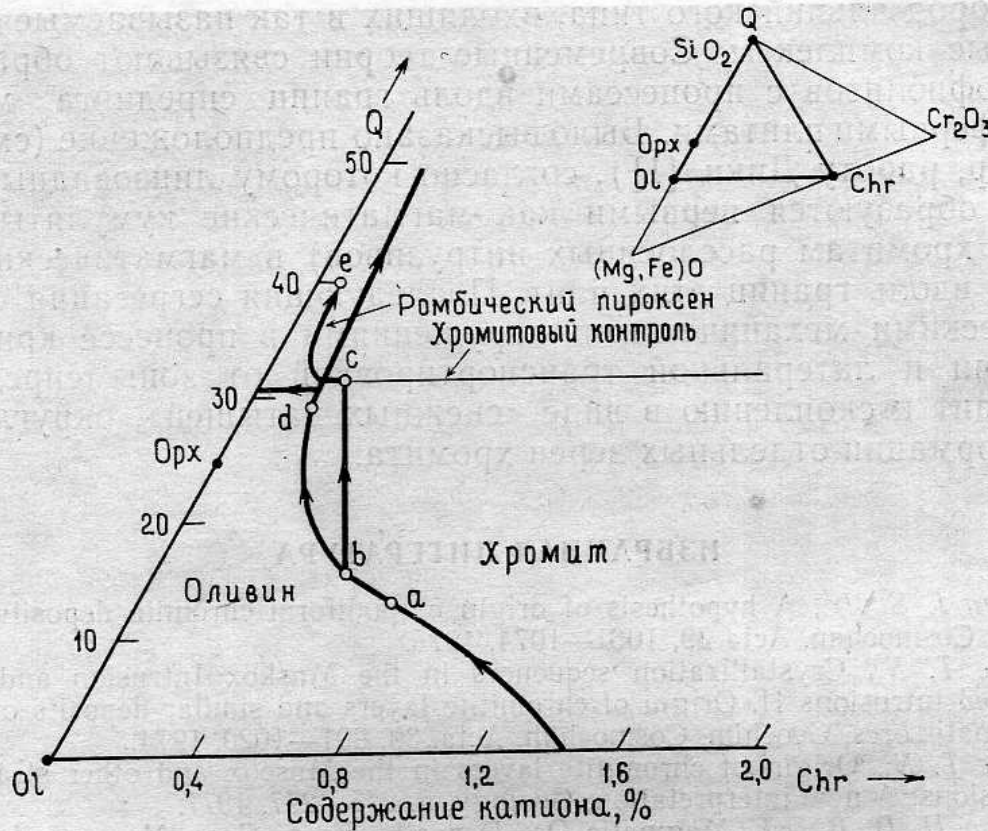


Рис. 9.4. Проекция части системы  $\text{SiO}_2\text{—Cr}_2\text{O}_3\text{—(Mg, Fe)O}$ , иллюстрирующая способ образования хромитовых пластов в стратиформных интрузивах. Совместная кристаллизация хромита и оливина из магмы, начинающаяся в точке *a*, будет нормально происходить по мере охлаждения расплава вдоль котектики *abd* и в результате будут образовываться небольшие и все уменьшающиеся количества хромита. Если же расплав после своего развития от *a* до *b* смешивается с другим, более богатым кремнеземом расплавом, то валовой состав жидкости будет смещаться в поле первичной кристаллизации хромита (точка *c*). Это вызовет кристаллизацию только хромита, который будет осаждаться в виде мономинерального пласта до тех пор, пока состав кристаллизующейся жидкости не будет снова изменяться по хромит-оливиновой и хромит-ортопироксеновой котектике (по Ирвину [3], использовано с разрешения ав-

Так образуются скопления хромшпинелидов среди анортозитов и пироксенитов в расслоенных интрузивах типа Бушвелда и обильные выделения хромшпинелидов в ромбопироксене – энстатите-бронзите среди хромититов любых типов

# Хромшпинелиды альпинотипных перидотитов

## Акцессорные

Обычно: алюмомагнезиохромит, магнезиохромит, хромшпинель, бедные  $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 5\%$ ,  $\text{MnO}$  и  $\text{TiO}_2 < 0.3-0.5\%$ .

Типичен изоморфизм Cr – Al. Типоморфна положительная корреляция хромистости ( $\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+}, \%)$ ) и железистости ( $\text{Fe}^{2+}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}, \%)$ ).

**Хромшпинелиды дунитов:** преобладают магнезиохромит и алюмомагнезиохромит ( $\text{Cr}_2\text{O}_3 > 50$  масс.%), ср. -  $\text{MnO}$  0.17%,  $\text{TiO}_2$  0.11%.

**Хромшпинелиды гарцбургитов:** преобладают алюмомагнезиохромит и хромшпинель, ср. -  $\text{MnO}$  0.18%,  $\text{TiO}_2$  0.09%.

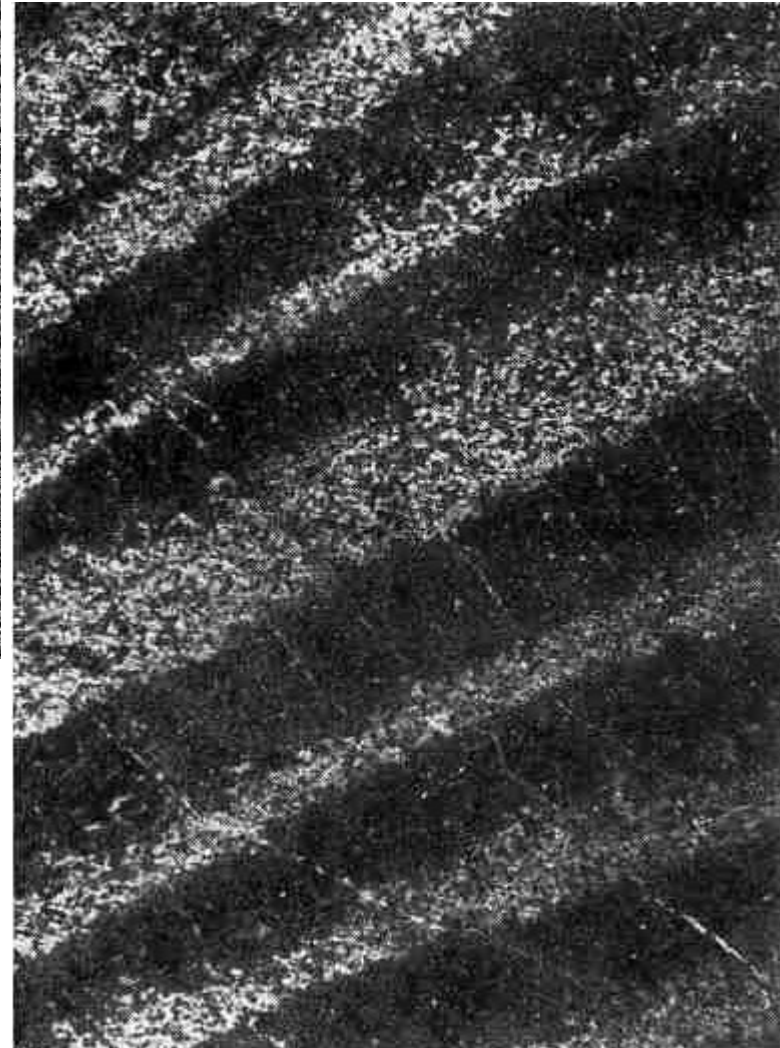
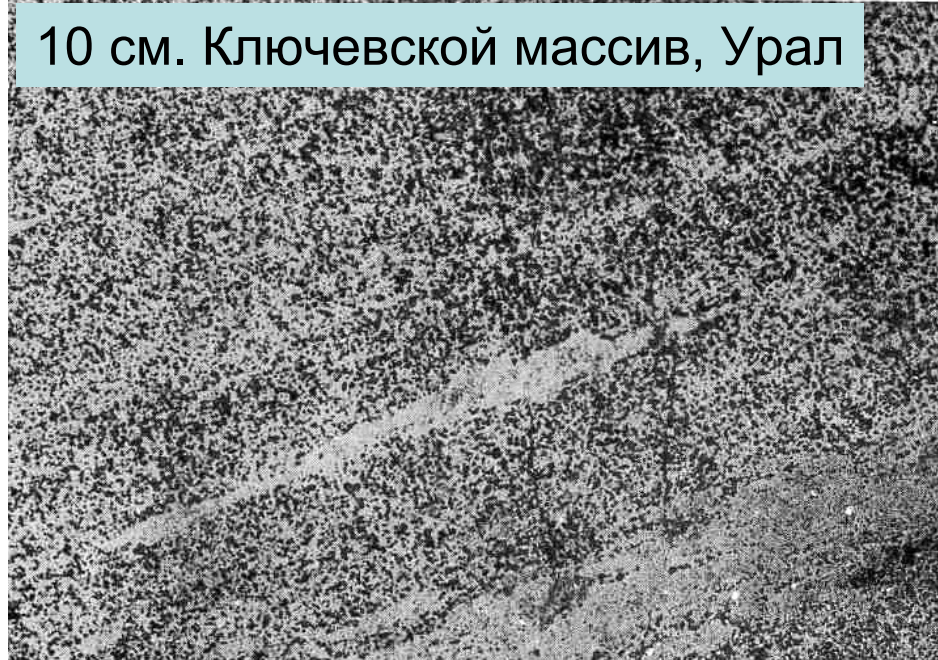
**Хромшпинелиды лерцолитов:** преобладает хромшпинель, ср. -  $\text{MnO}$  0.15%,  $\text{TiO}_2$  0.11%.



# Хромшпинелиды альпинотипных перидотитов

Оливин – хромшпинелидные кумуляты

10 см. Ключевской массив, Урал

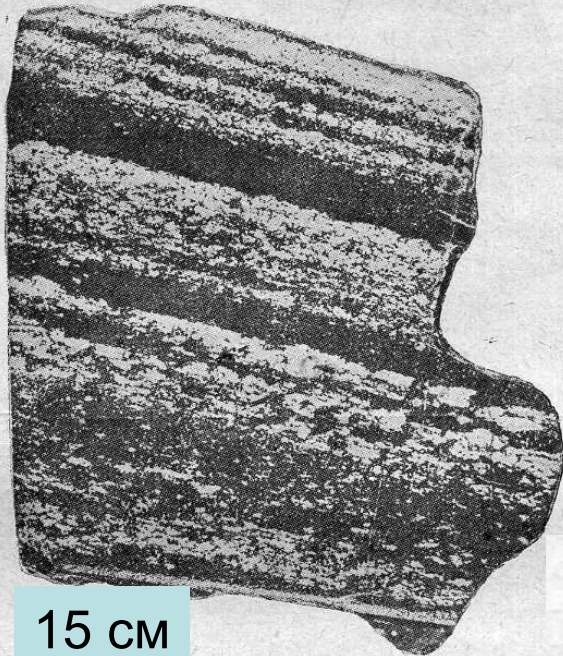


5 см. Ключевской массив, Урал

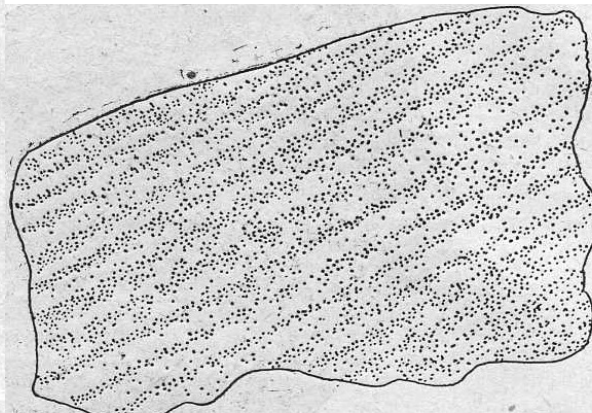


# Хромшпинелиды альпинотипных перидотитов

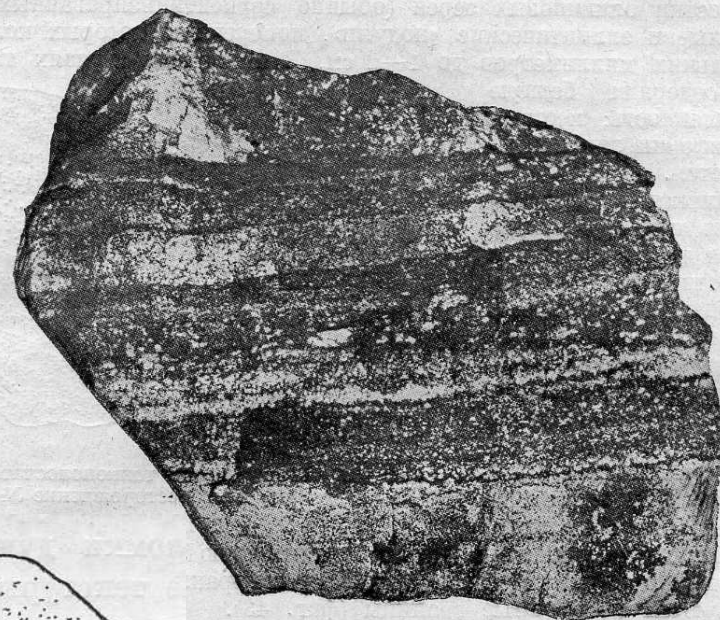
Оливин – хромшпинелидные кумуляты. Хабаровинский, Южный Урал



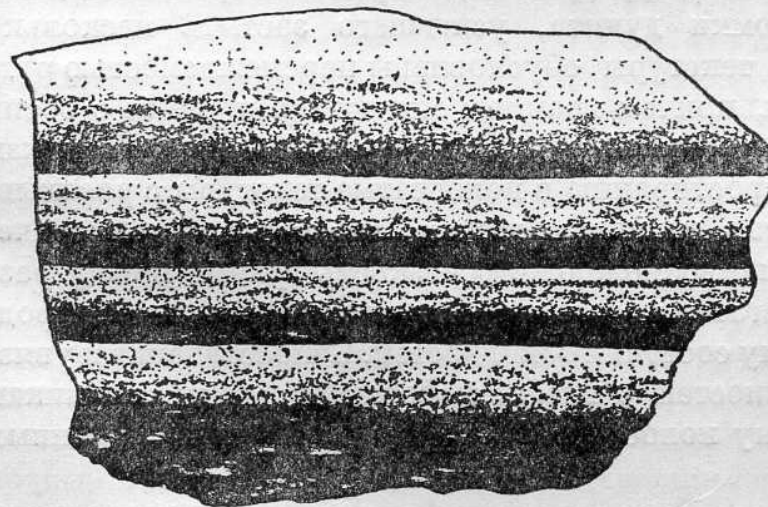
15 см



Фиг. 37. Вкрапленник тонкополосчатой текстур  
 $\frac{1}{5}$  нат. вел. Месторождение № 1



Вкрапленник ленточной текстур.  
ат. вел. Месторождение № 1



Фиг. 52. Полосчатая текстура руды из Хабаровинского месторождения № 5—1

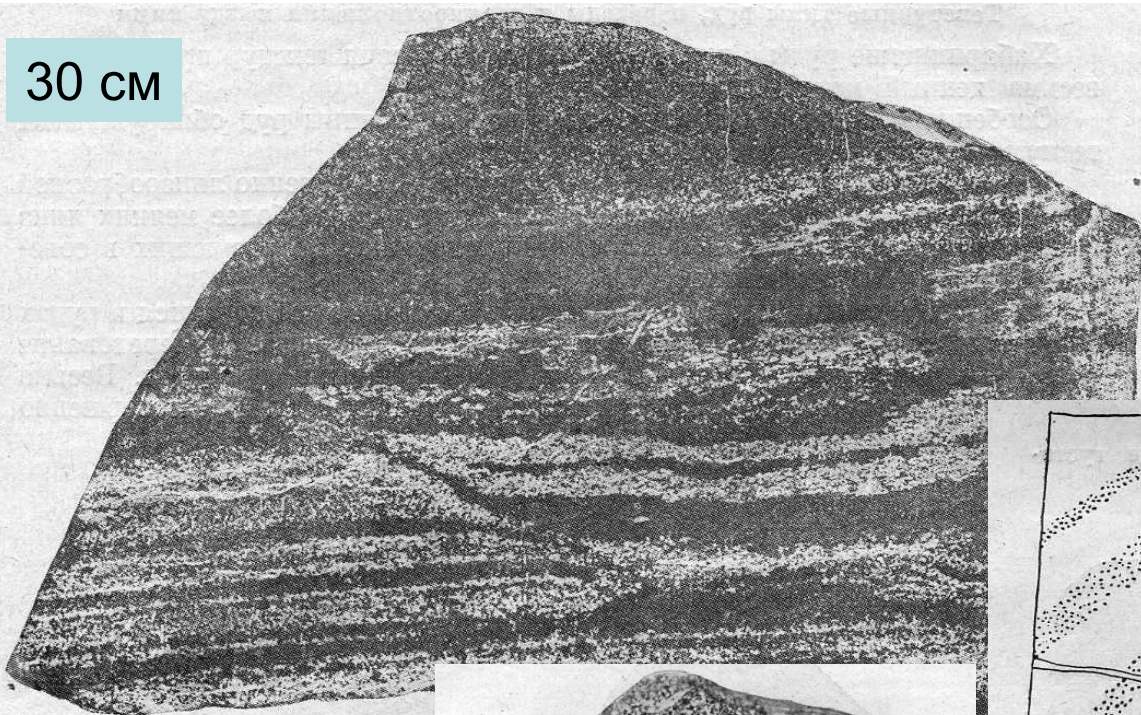
Рудные полоски с одной стороны имеют резкую границу, с другой — постепенно переходят во вкрапленность. Зарисовка в натуральную величину



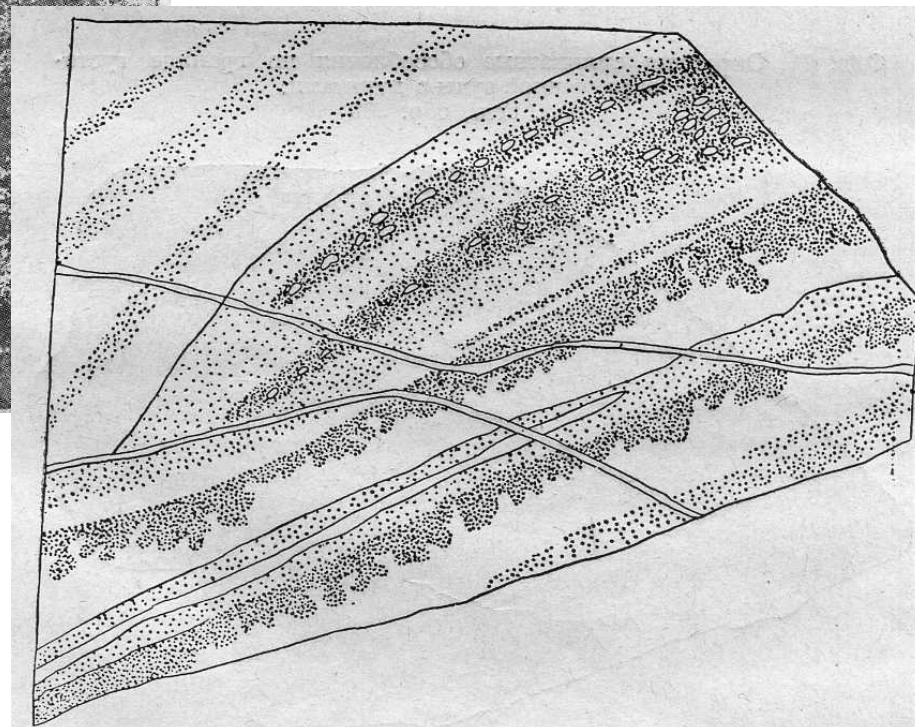
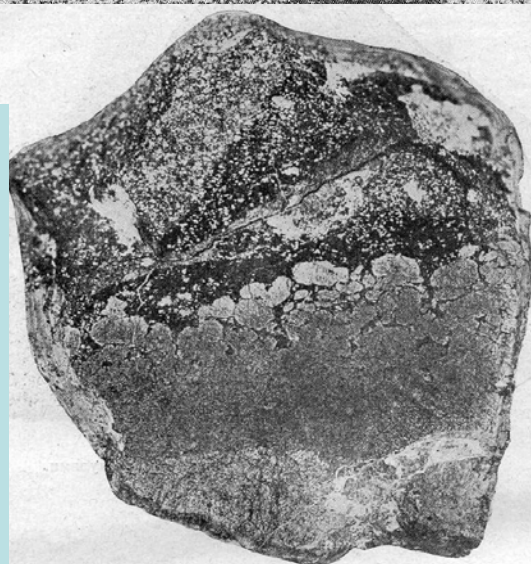
# Хромшпинелиды альпинотипных перидотитов

Оливин – хромшпинелидные кумуляты. Хабаровинский, Южный Урал

30 см



Скопление  
овоидов  
оливина  
на контакте  
дунитов и  
густовкрапл.  
руд

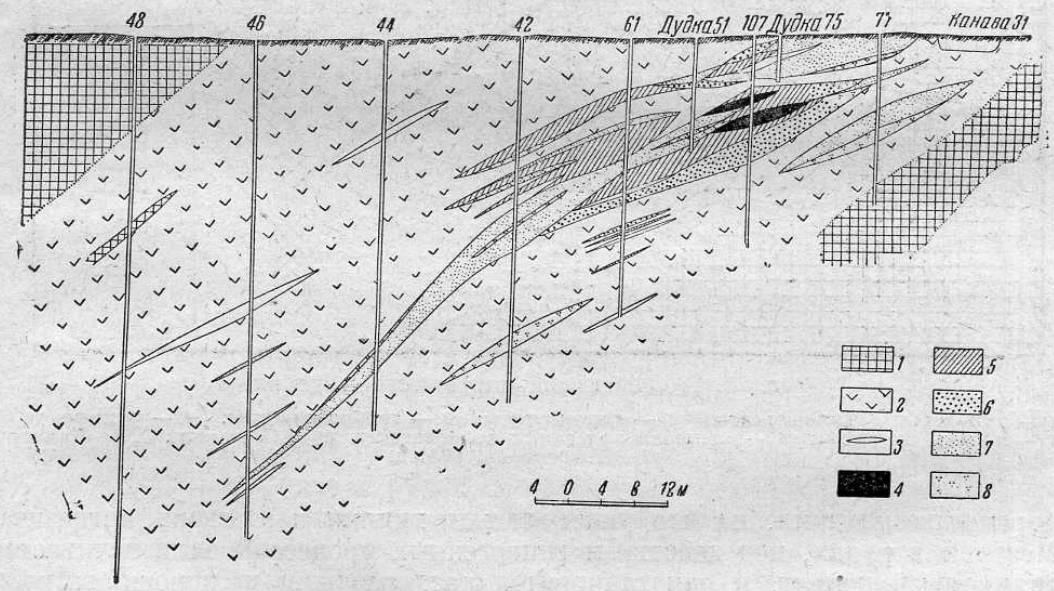
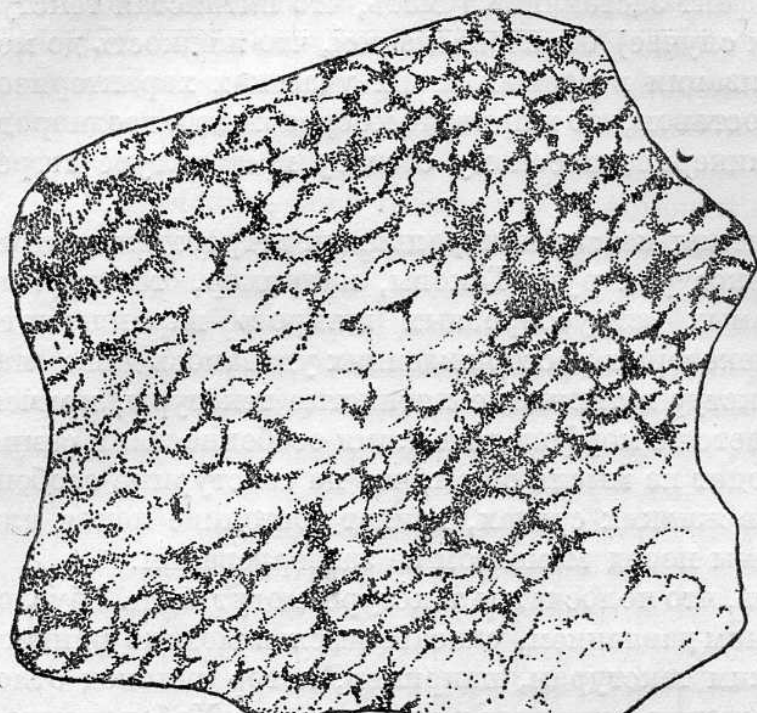


Фиг. 43. Фестончатые очертания рудных полосок по границе с полосками дунитов. Зарисовка западной стенки карьера 2с.  
 $\frac{1}{20}$  нат. вел.



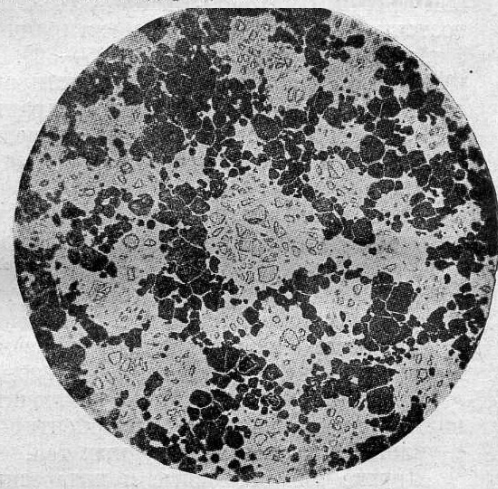
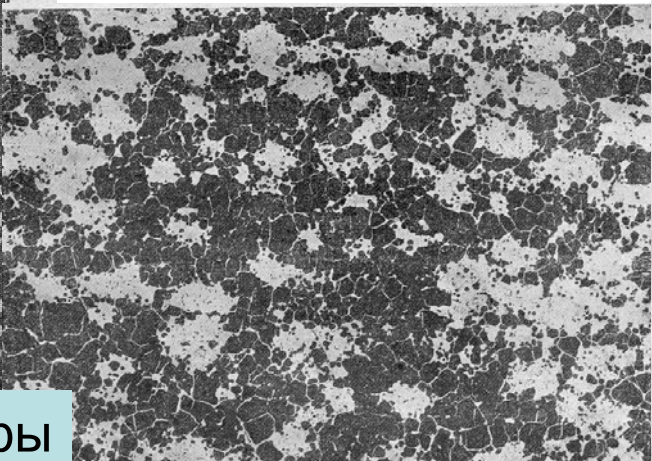
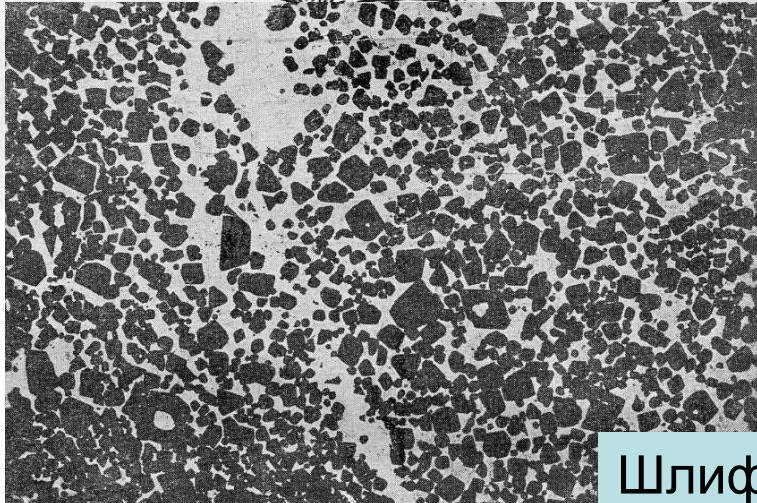
# Хромшпинелиды альпинотипных перидотитов

Оливин – хромшпинелидные кумуляты. Хабаровинский, Южный Урал



Фиг. 21. Геологический разрез XI—XI вквост простирания рудных тел месторождения № 5/II

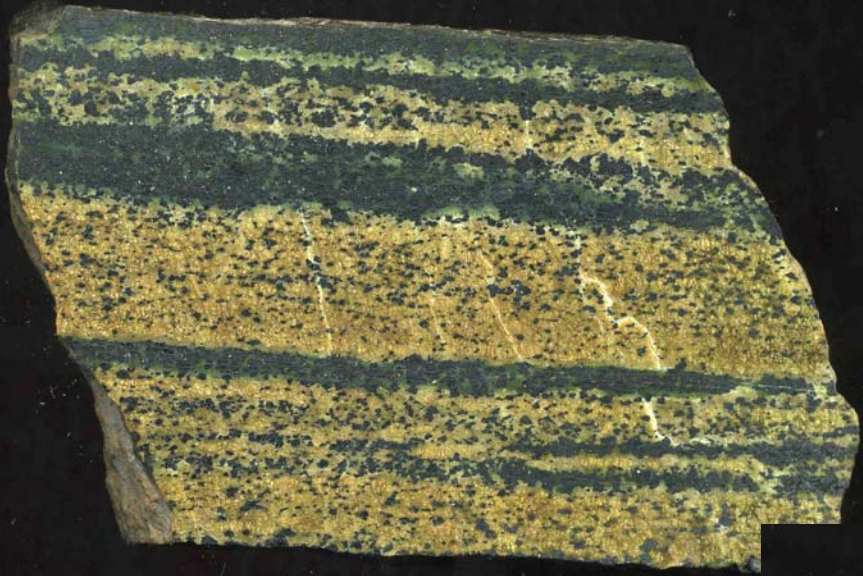
1 — пироксениты; 2 — дунитовые серпентиниты; 3 — магнезит; 4 — сплошная руда; 5 — богатый вкрапленник; 6 — средний вкрапленник; 7 — бедный вкрапленник; 8 — весьма бедный вкрапленник. Составили С. А. Кашин и В. Л. Федоров, 1937 г.



Шлифы

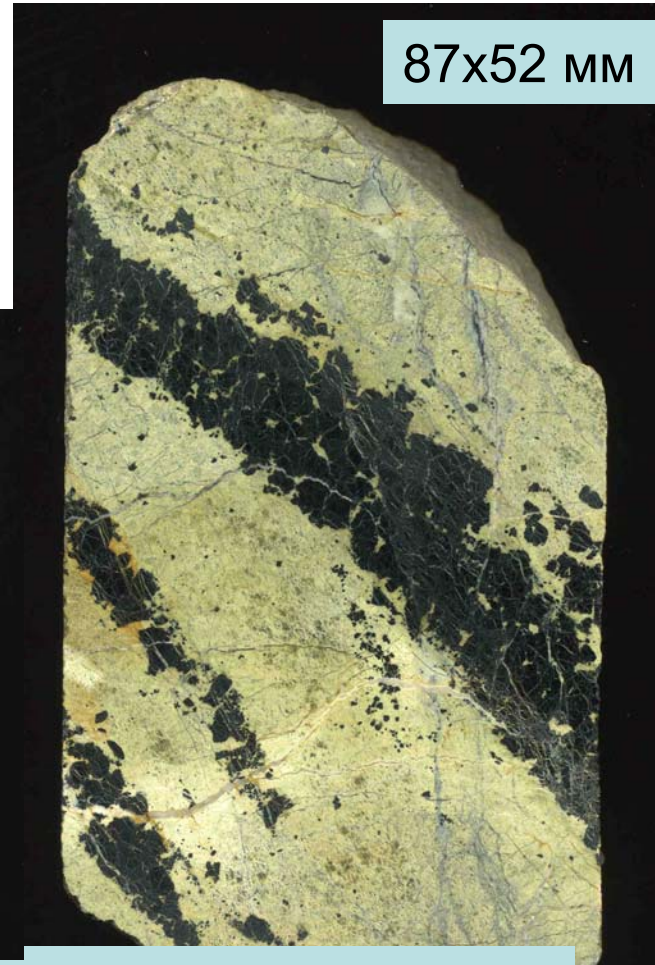


# Хромшпинелиды альпинотипных перидотитов



92x57 мм

Хромшпинелид-оливиновые  
кумуляты  
Ниниха, Македония



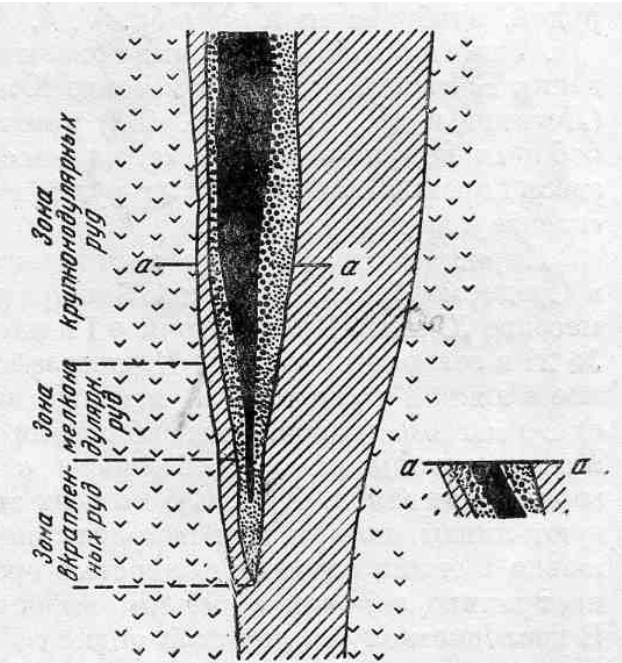
87x52 мм

Донское, Кемпирсай, Ю. Урал



# Хромшпинелиды альпинотипных перидотитов

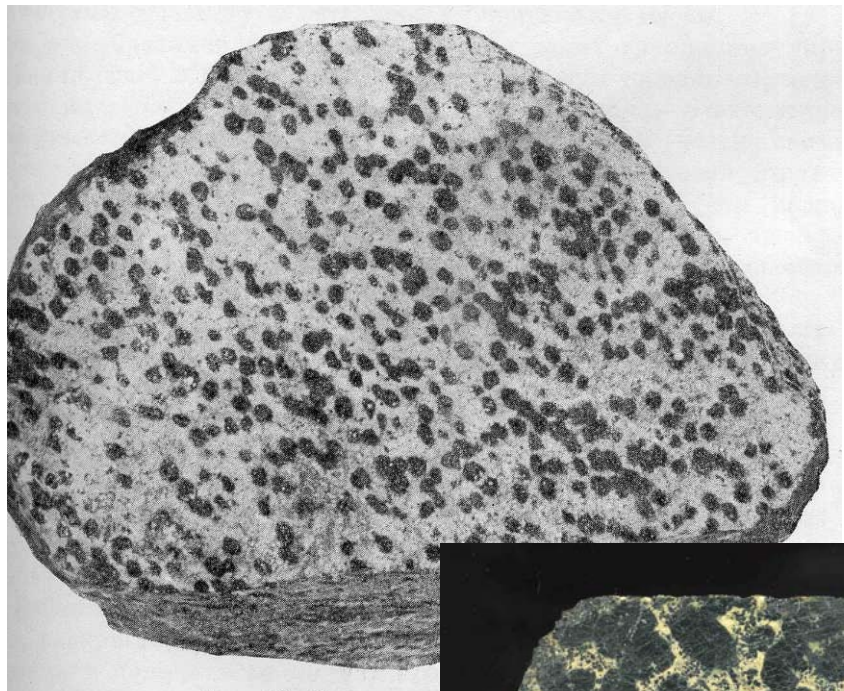
## Кумулятивные текстуры



- |  |   |  |   |
|--|---|--|---|
|  | 1 |  | 2 |
|  | 3 |  | 4 |
|  | 5 |  | 6 |

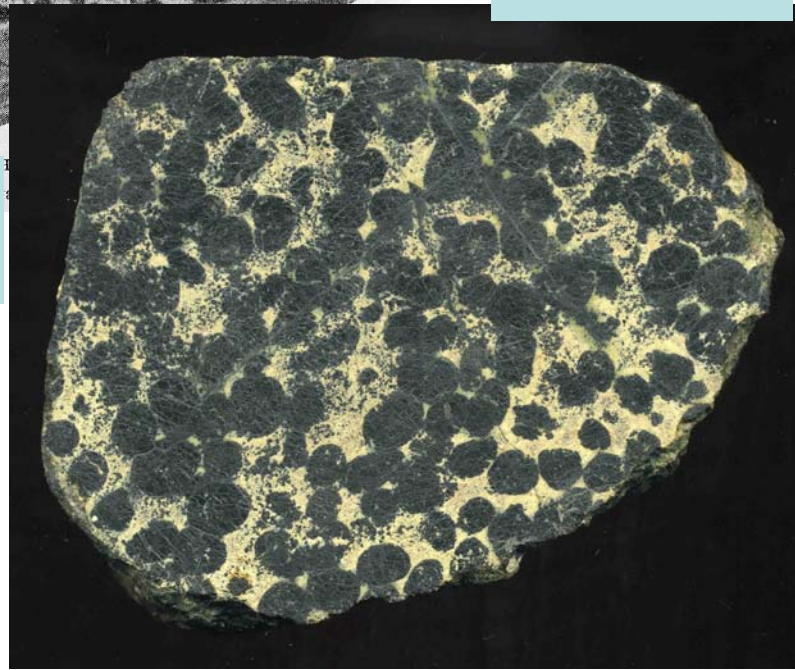
Ф и г. 27. Схематический план месторождения «Шарышкинская разведка» в массиве Средний Крака. Тектонические нарушения элиминированы. Составил Г. А. Соколов (1936)

1 — серпентинизированный перидолит; 2 — дунитовый серпентинит; 3 — массивные руды; 4 — крупнонодулярные руды; 5 — мелконодулярные руды; 6 — вкрапленные мелкозернистые руды



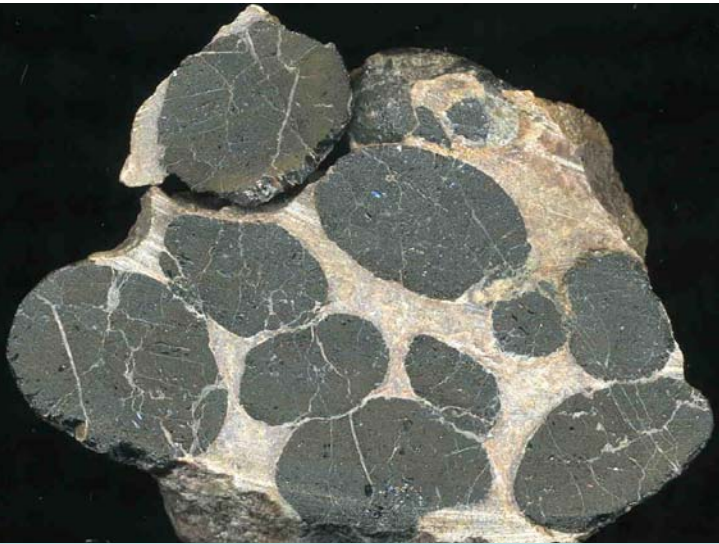
127x99 мм

Халиловский массив, Урал





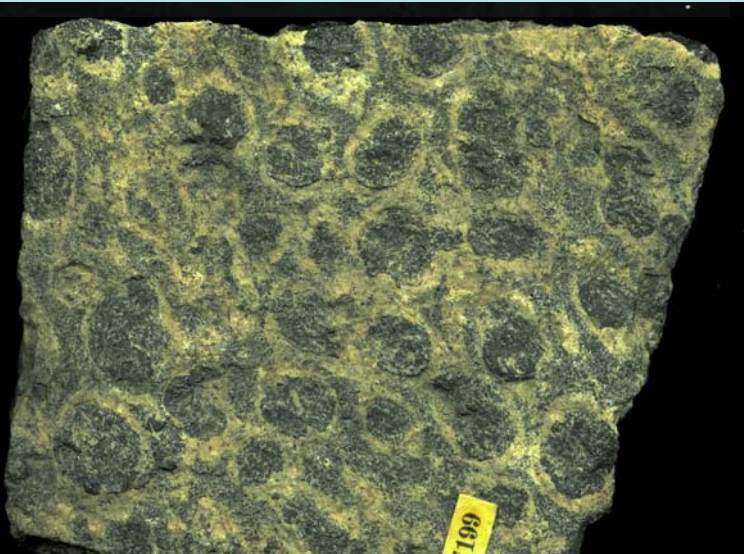
# Хромшпинелиды альпинотипных перидотитов Рудные - нодулярные



75x57 мм. Район Златоуста. Ю. Урал



64x50 мм. Кемпирсай, Ю. Урал



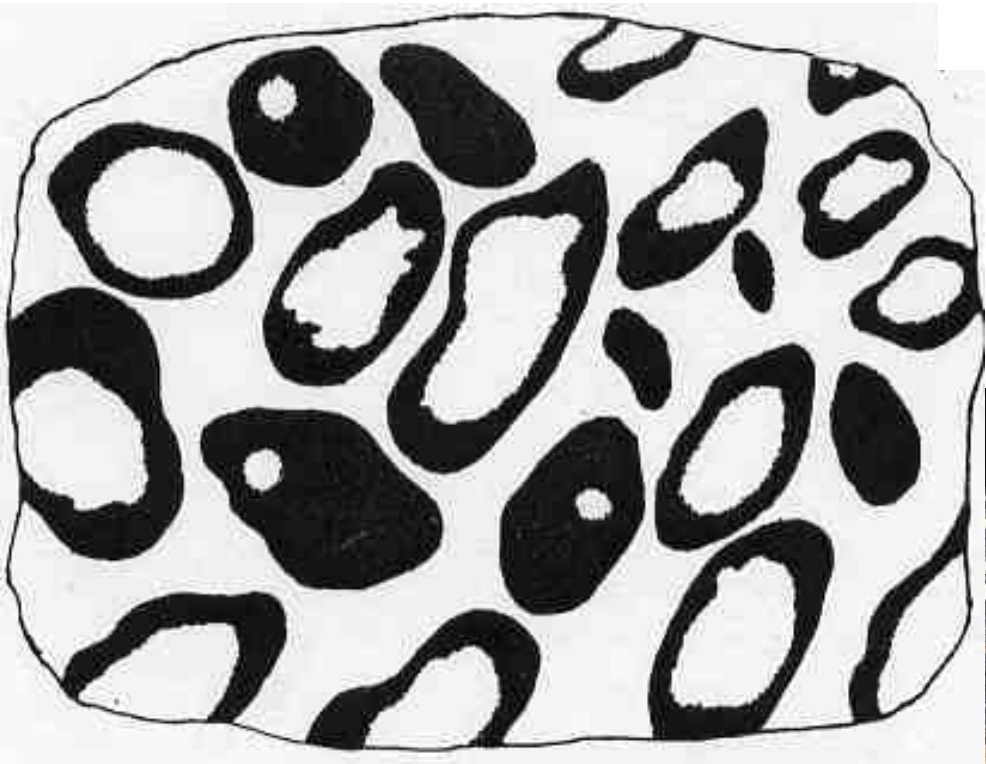
82x69 мм.  
Район Екатеринбурга, Ср. Урал



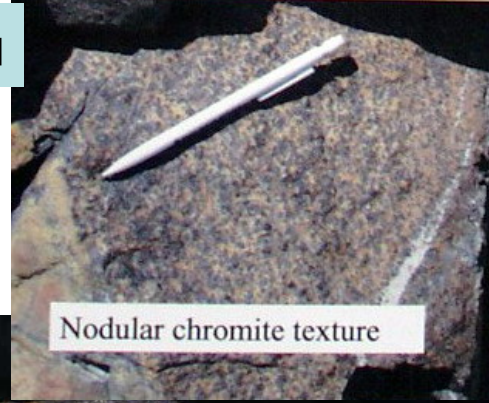
89x33 мм  
Кемпирсай



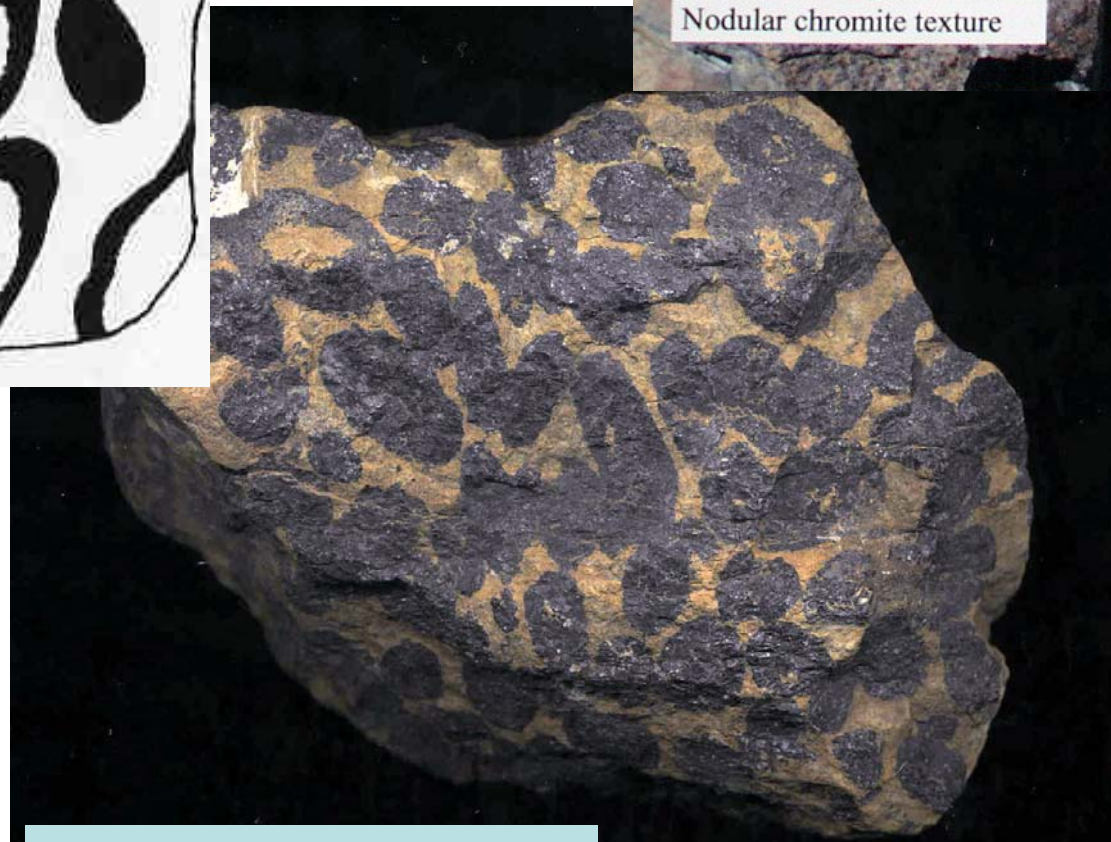
# Хромшпинелиды альпинотипных перидотитов Рудные - нодулярные



Оман



140 мм. Шорджинское,  
Севанский пояс, Армения



88x69 мм. Кемпирсай



6 см

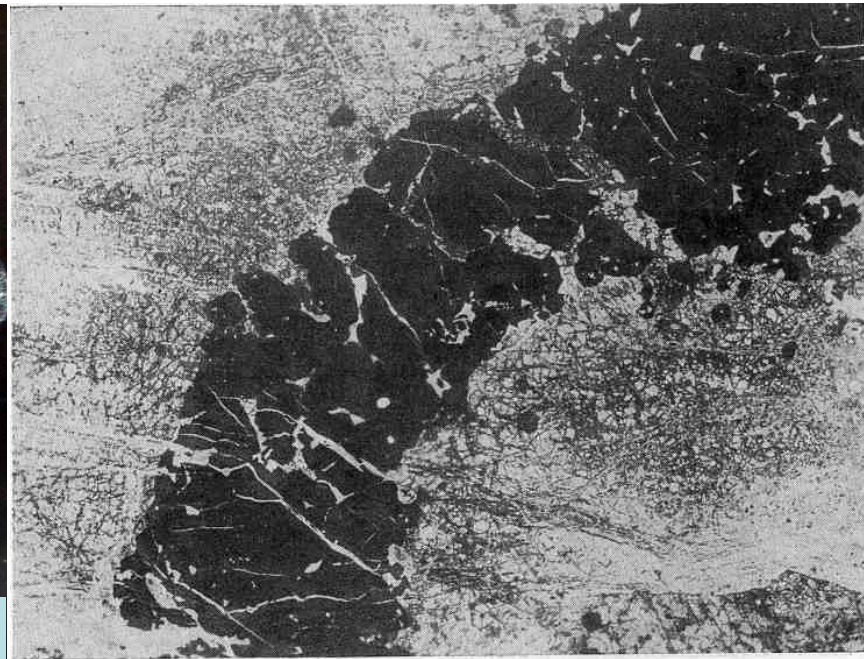
Кипр. Troodos



# Хромшпинелиды альпинотипных перидотитов Рудные - нодулярные



Овоиды оливин-хромшпинелиды.  
Ипягский массив, Азербайджан

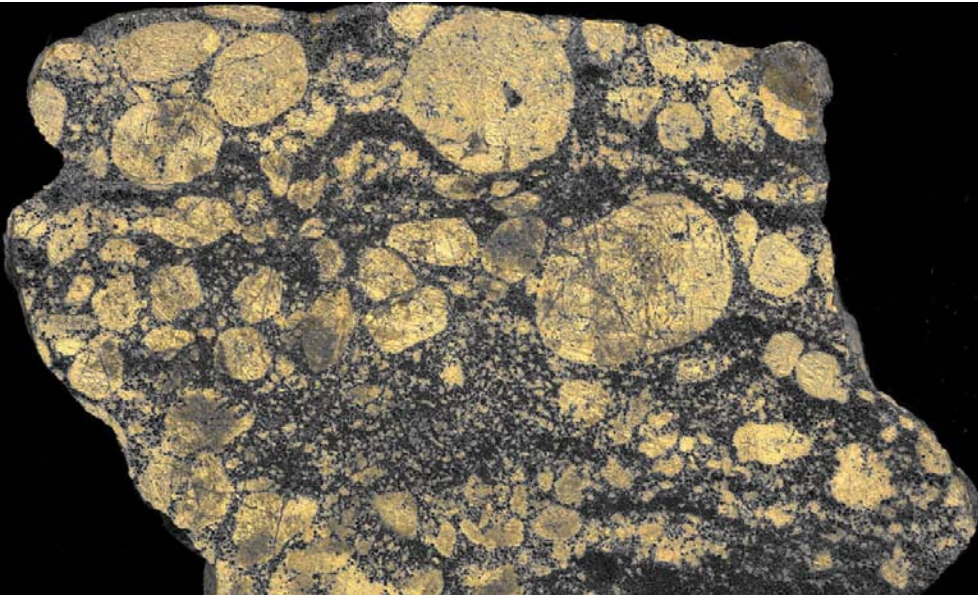


*Фиг. 2—* Часть нодули с силикатным ядром. Последнее сложено частично серпентинизированным оливином. Гипидiomорфные отношения между оливином и хромшпинелидом на границе ядра с оболочкой. Месторождение Ипяг. Колл. А. Г. Бетехтина. Лин. увел. 8



# Хромшпинелиды альпинотипных перидотитов

Рудные - орбикулярные



89x74 мм. Хабаровинский, Ю. Урал



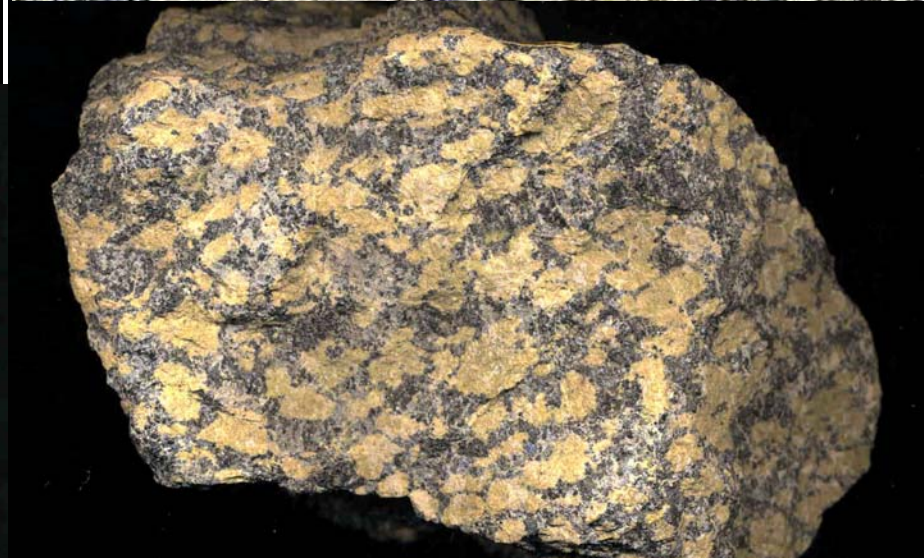
42x30 мм. Хабаровинский



82x41 мм.

Верхняя Тура, Средний Урал.

98x64 мм





# Хромшпинелиды альпинотипных перидотитов

## Рудные - орбикулярные



Кипр

5 см

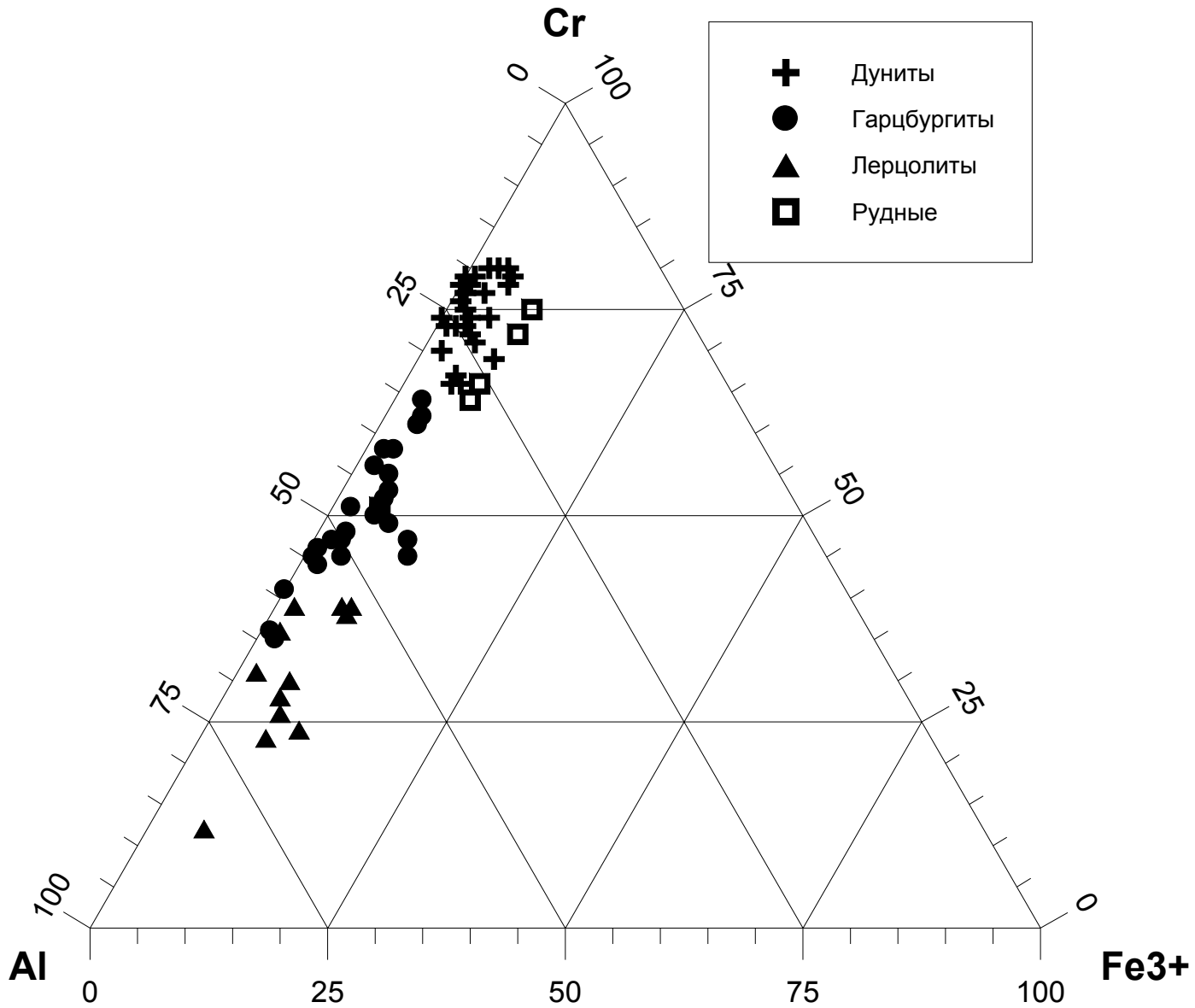


112x61 мм. Радушa, Скопье,  
Македония



MM-55142. 96x78 мм.  
Радушa, Скопье, Македония

# Хромшпинелиды альпинотипных перидотитов



Альпинотипные гипербазиты, Армения, Шорджинский (Севан. Пояс)

# Месторождения хромшпинелидов в альпинотипных перидотитах Полярного Урала. Массив Рай-Из

Дуниты: оливин Fo<sub>92</sub>, NiO 0.4 %

хромшпинелиды 0.016-0.5 мм (0.05-0.14 мм)

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 44%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 7%, MgO 6%

Вкрапленные руды: оливин Fo<sub>96</sub>, NiO 0.5 %

хромшпинелиды 0.016-6.0 мм (0.5-1.5 мм)

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 58%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 8%, MgO 12%

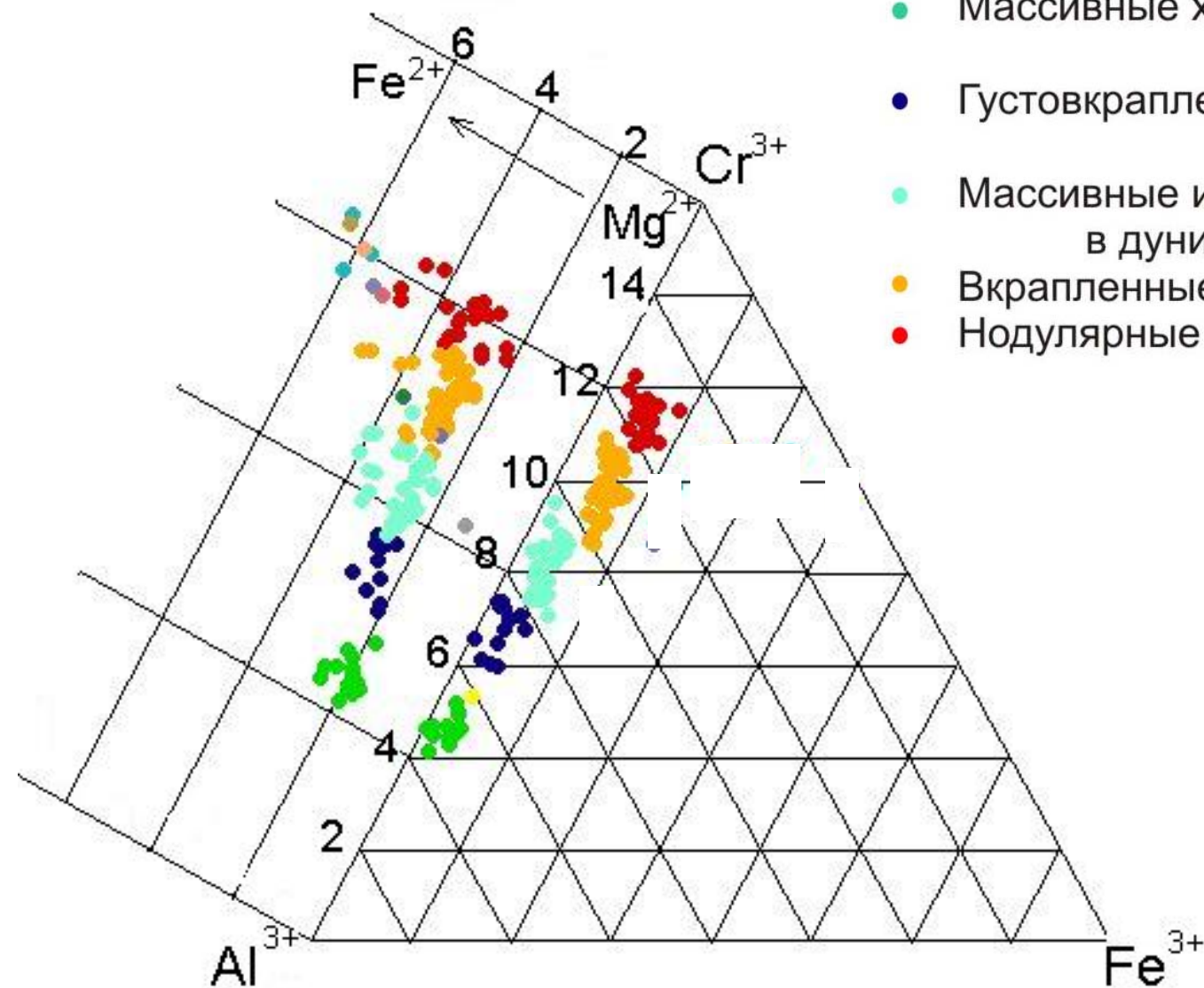
Сплошные руды: оливин Fo<sub>98</sub>, NiO 1.2 %

хромшпинелиды 2-20 мм (3-5 мм)

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 59%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 9%, MgO 15%

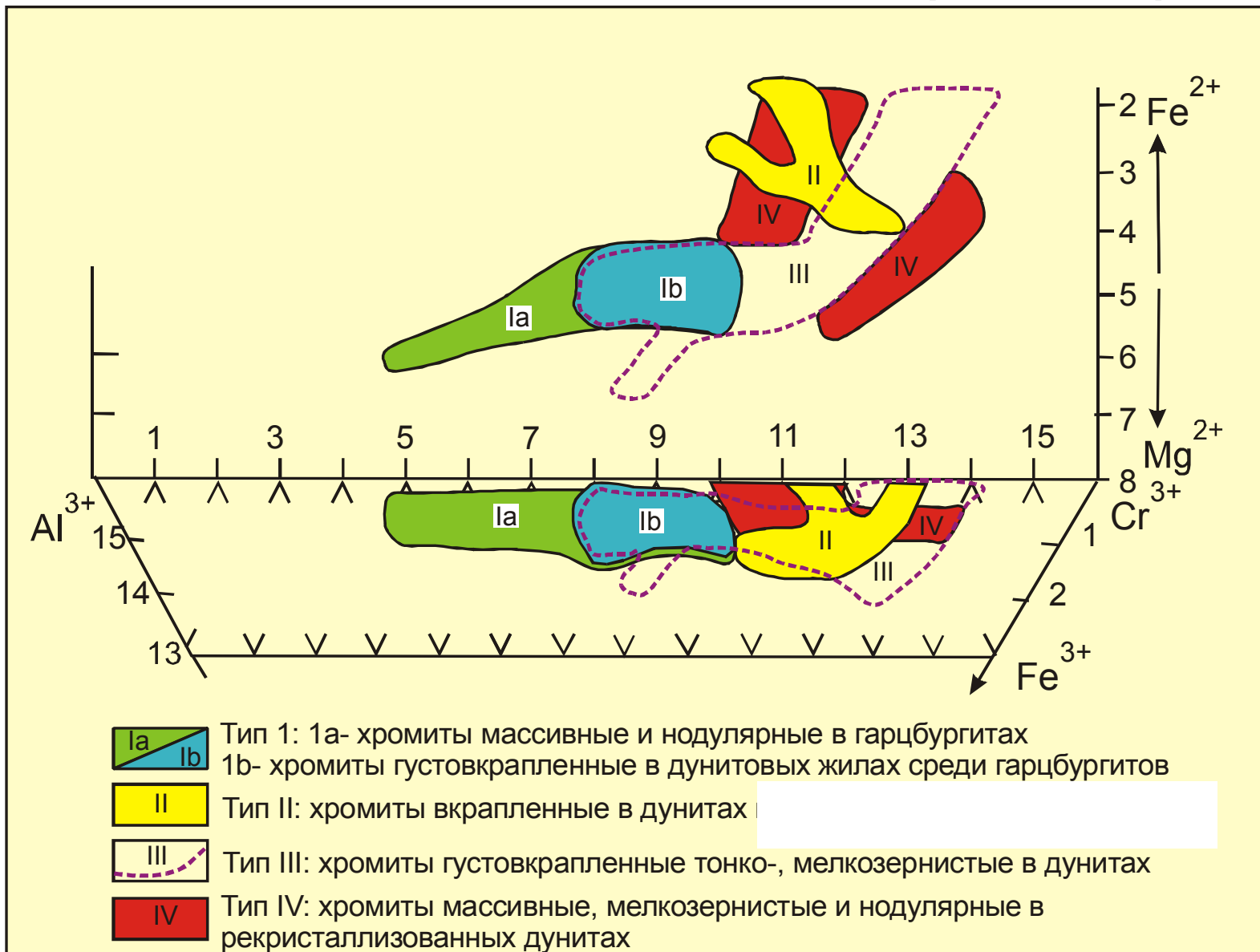
# Хромшпинелиды альпинотипного массива Сыумкеу, Полярный Урал

- Массивные хромиты в перцолитах
- Густовкрапленные хромиты в гарцбургитах
- Массивные и вкрапленные хромиты в дунитах среди гарцбургитов
- Вкрапленные хромиты в дунитах
- Нодулярные и вкрапленные хромиты в дунитах





# Хромшпинелиды альпинотипного Войкаро-Сыньинского массива, Полярный Урал



# Хромшпинелиды альпинотипных перидотитов Полярного Урала



Подиформные  
хромититы в  
дунитах



**Альпинотипные перидотиты. Полярный Урал.  
Линза нодулярных хромититов в дунитах**

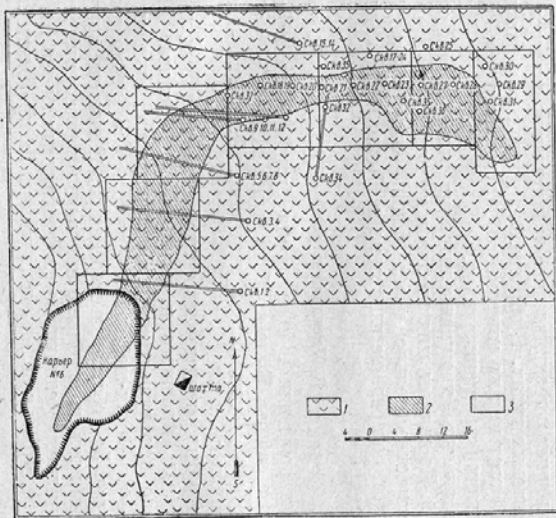




# Месторождения хромшпинелидов в альпинотипных перидотитах

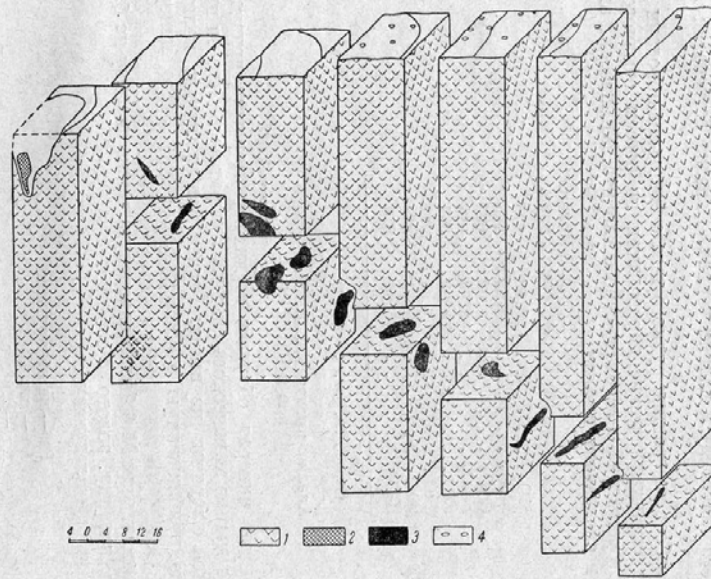
М-ние № 6. Халиловский массив. Урал

М-ние № 114



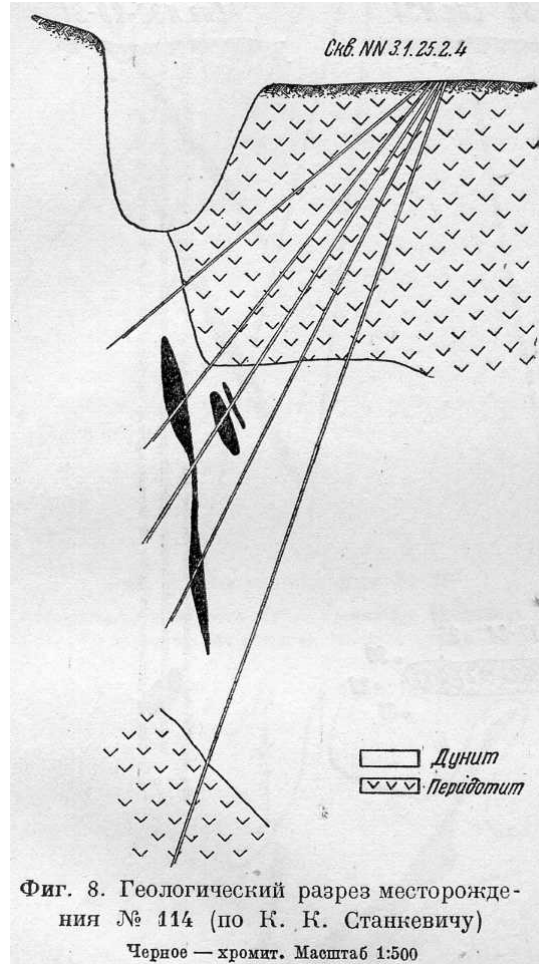
Фиг. 23. План месторождения № 6

1 — перидотит; 2 — проекция столбообразного рудного тела на горизонтальную поверхность; 3 — точки заложения буровых скважин



Фиг. 24. Блок-диаграмма столбообразного рудного тела в месторождении № 6

1 — перидотит; 2 — разрезы рудного тела в карьере; 3 — руда; 4 — точки заложения буровых скважин



Фиг. 8. Геологический разрез месторождения № 114 (по К. К. Станкевичу)

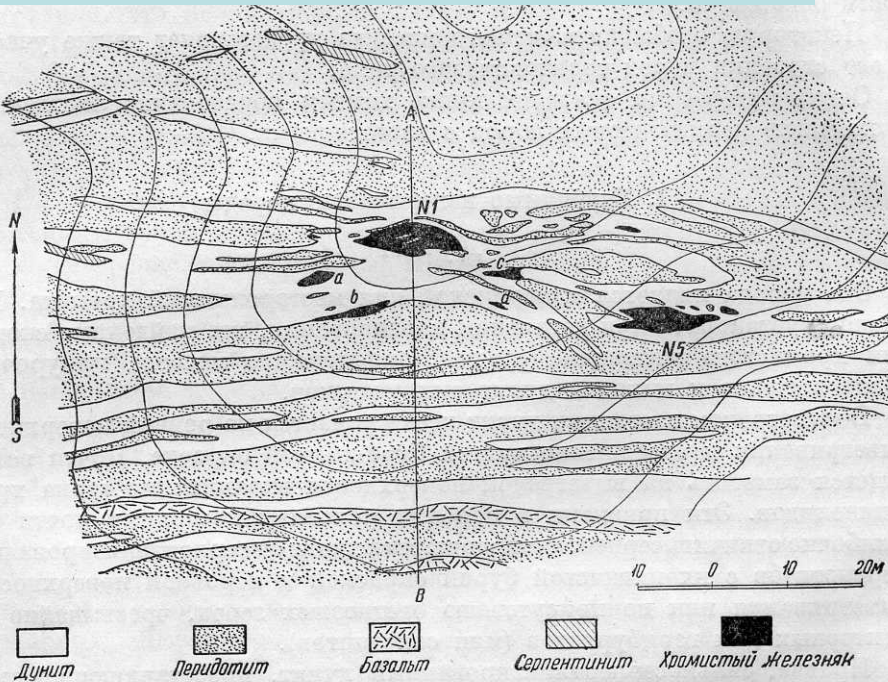
Черное — хромит. Масштаб 1:500

Подиформные (ленто- и линзообразные) залежи сплошных и густо вкрапленных магнезиохромитовых руд в телах дунитов среди дунит-гарцбургитового комплекса

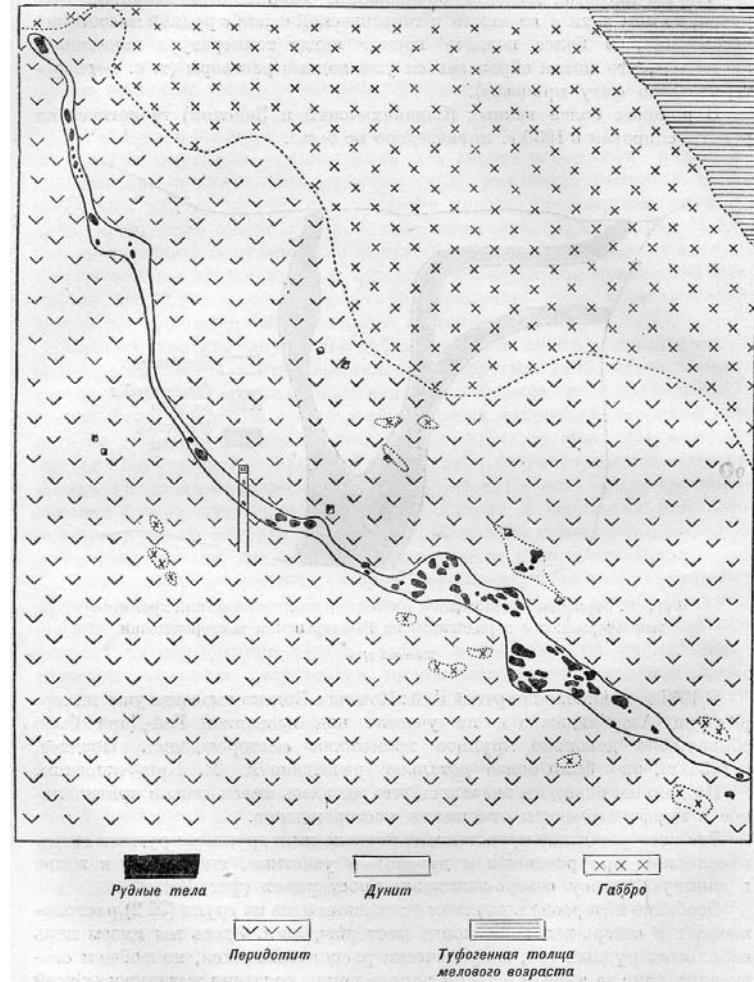


# Месторождения хромшпинелидов в альпинотипных перидотитах

## Шорджинский массив, Армения



Фиг. 3. Детальная геологическая карта района месторождений № 1 и 5

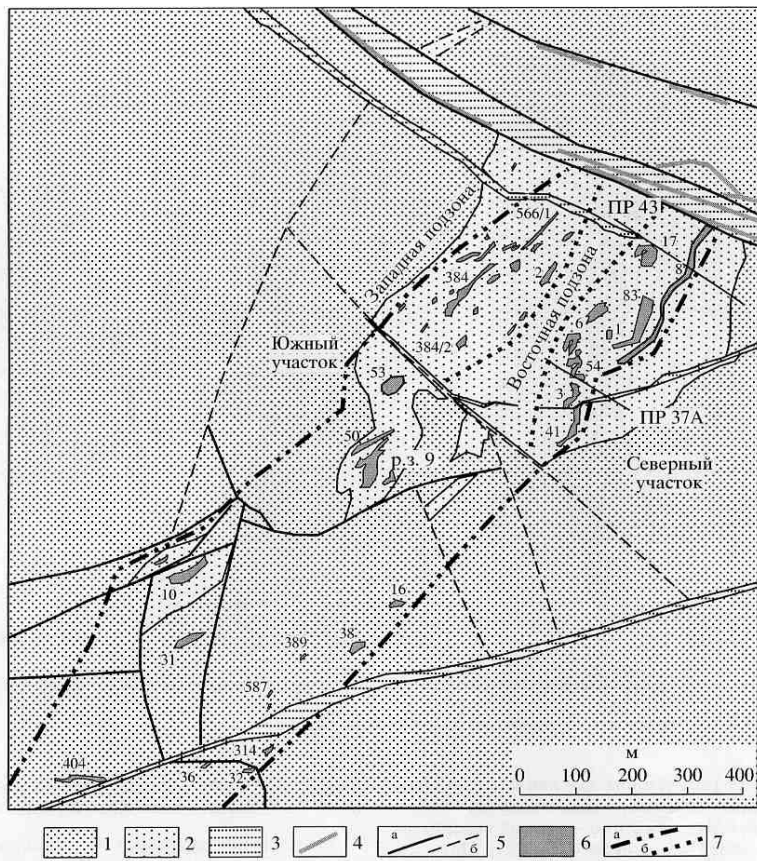


## Гей-Дара. Нагорный Карабах

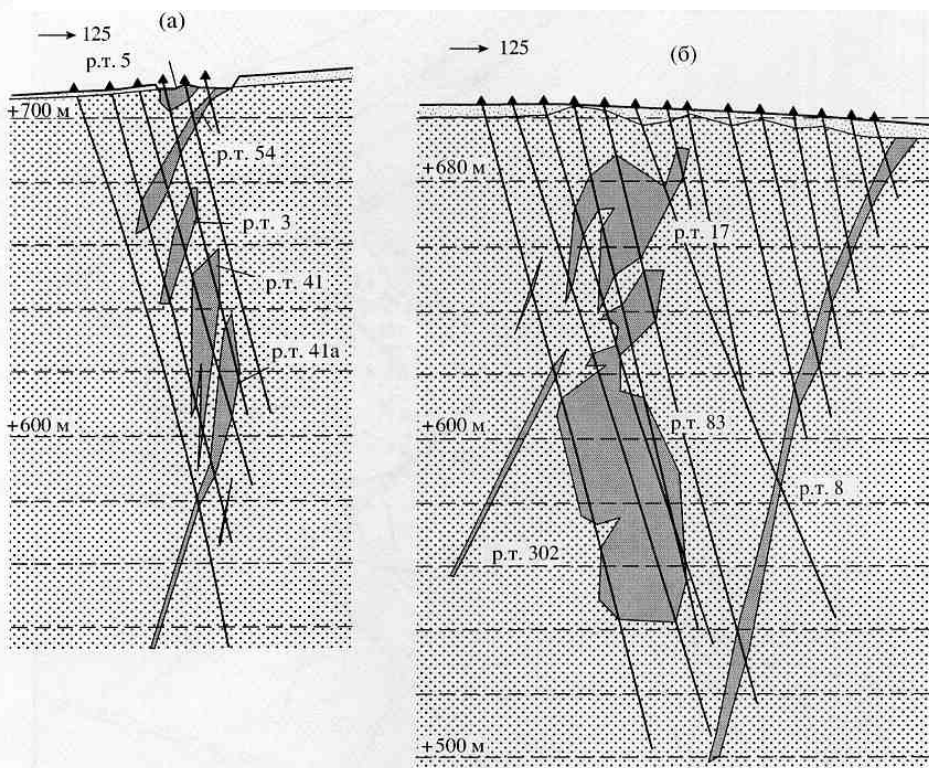
Подиформные (ленто- и линзообразные) залежи сплошных и густо вкрапленных магнезиохромитовых руд в телах дунитов среди дунит-гарцбургитового комплекса



# Месторождения хромшпинелидов в альпинотипных перидотитах Полярного Урала. Массив Рай-Из



Фиг. 3. Геологический план месторождения Центральное (по А.М. Овечкину, В.В. Кенигу, 2003 г.).  
1 – дуниты и гарцбургиты нерасчлененные; 2 – дуниты; 3 – серпентиниты; 4 – дайки диабазов; 5 – тектонические нарушения: достоверные (а); предполагаемые (б); 6 – рудные тела и их номера; 7 – границы: рудной зоны (а), рудных подзон (б).



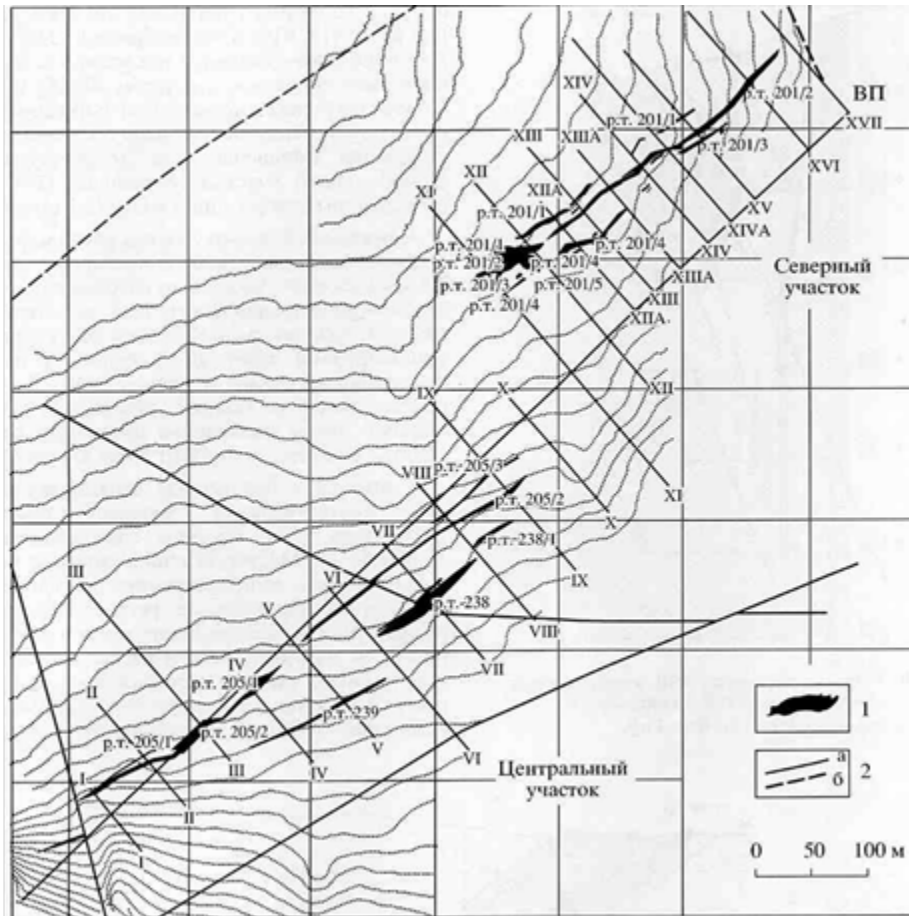
Фиг. 4. Геологические разрезы по Восточной подзоне месторождения Центральное (по А.М. Овечкину, В.В. Кенигу, 2003 г.).

## Месторождение Центральное

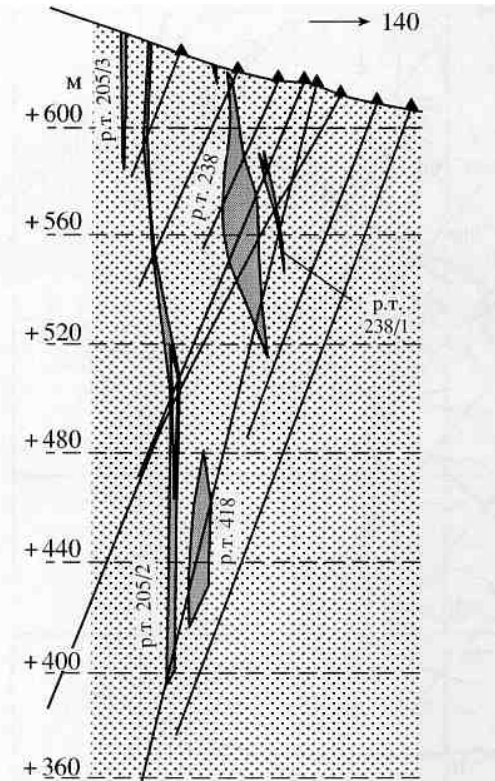
Подиформные (ленто- и линзообразные) залежи сплошных и густо  
вкрапленных магнезиохромитовых руд в телах дунитов  
среди дунит-гарцбургитового комплекса



# Месторождения хромшпинелидов в альпинотипных перидотитах Полярного Урала. Массив Рай-Из



9. План месторождения Западное (по А.А. Лукину, В.В. Кенигу, 2003 г.).



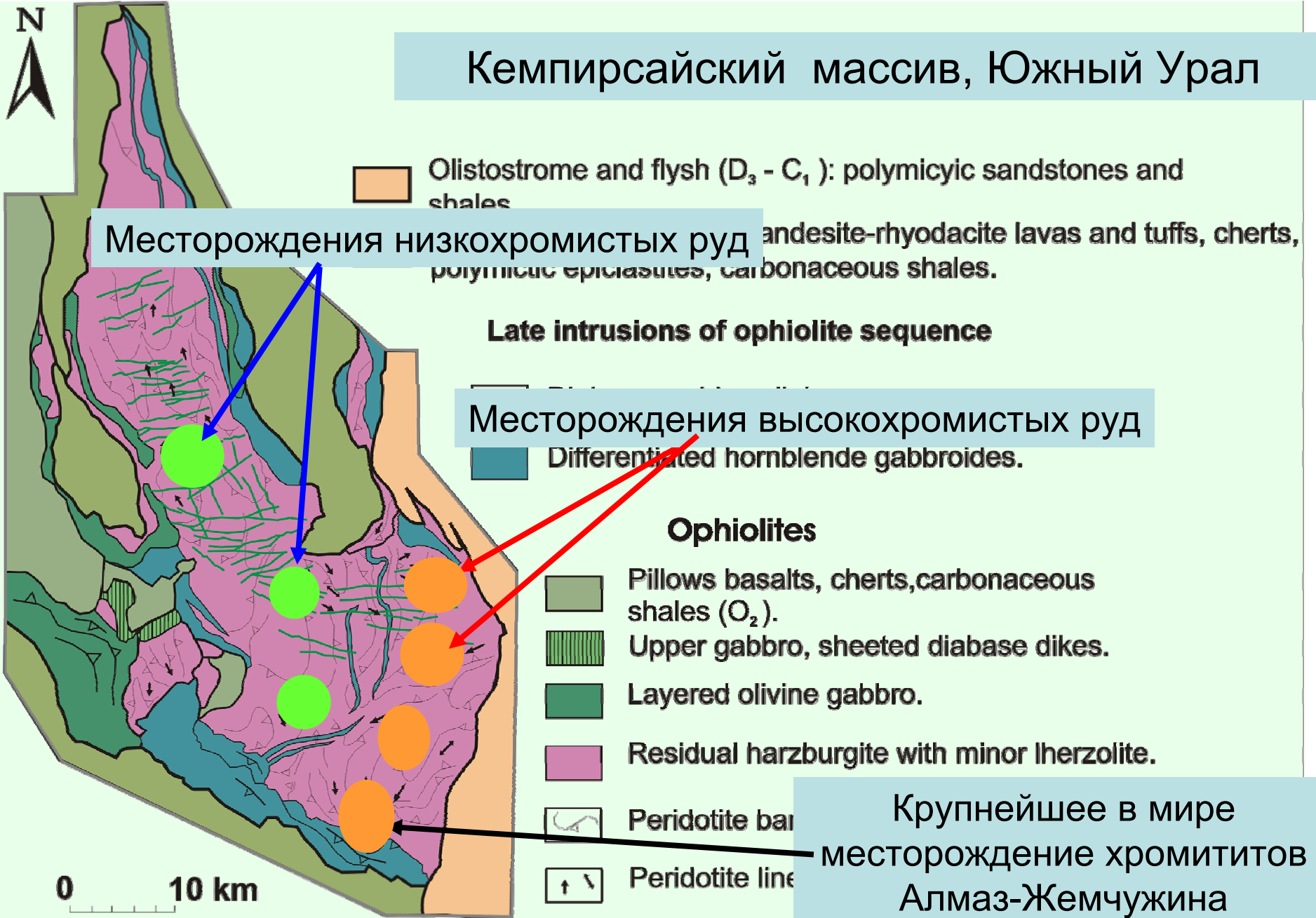
Фиг. 10. Разрез по профилю VIII месторождения Западное (по А.А. Лукину, В.В. Кенигу, 2003 г.).

## Месторождение Западное

Подиформные (ленто- и линзообразные) залежи сплошных и густо вкрапленных магнезиохромитовых руд в телах дунитов среди дунит-гарцбургитового комплекса

# Хромшпинелиды альпинотипных перидотитов

## Кемпирсайский массив, Южный Урал

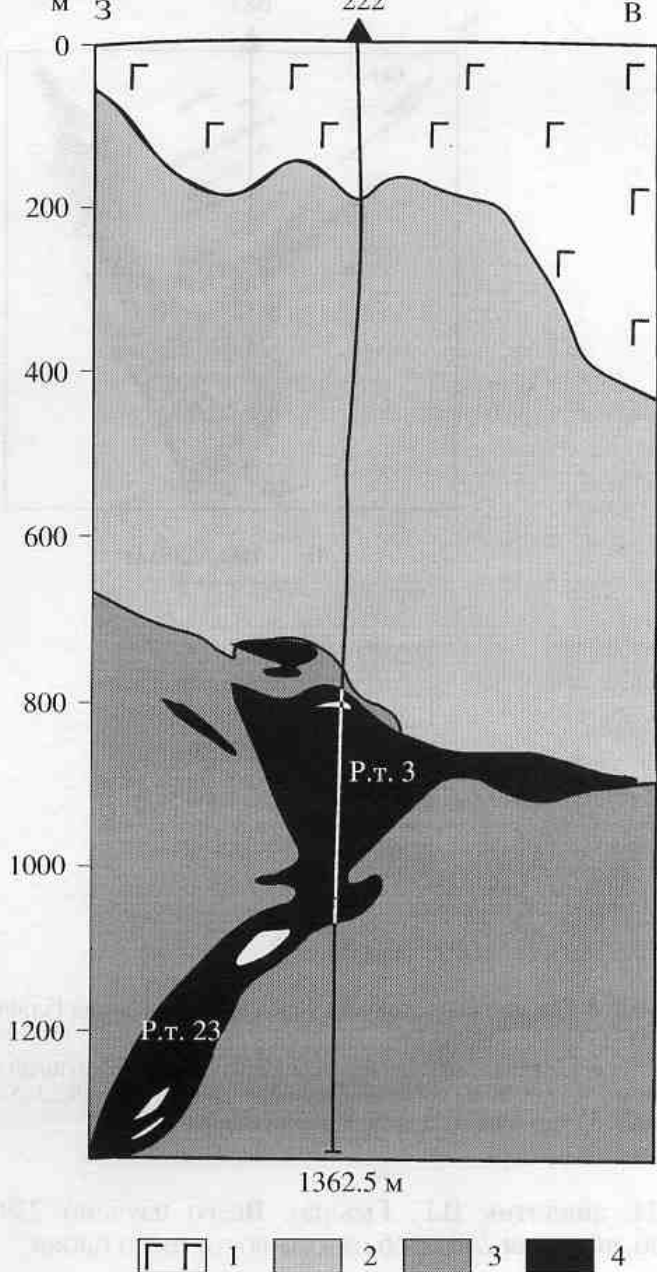




# Месторождения хромшпинелидов в альпинотипных перидотитах Южного Урала. Массив Кемпирсай

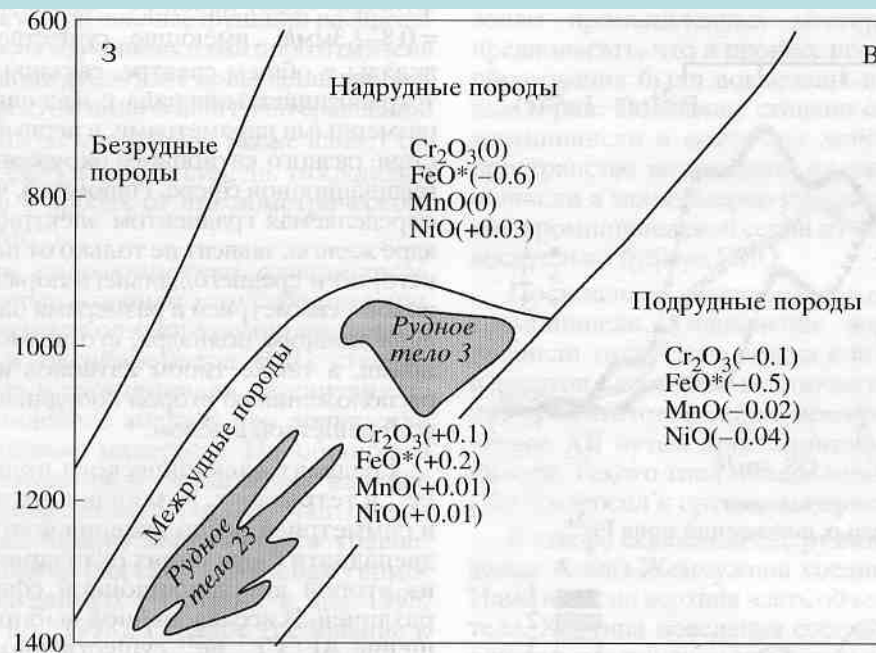
Крупнейшая в мире залежь сплошных хромититов – магнезиохромитов – месторождение Алмаз-Жемчужина на контакте гарцбургитов и дунит-гарцбургитового комплекса

Схема образования по И.С. Чащухину, 2009



Фиг. 2. Поперечный разрез через рудные тела 3 и 23 месторождения Алмаз-Жемчужина.

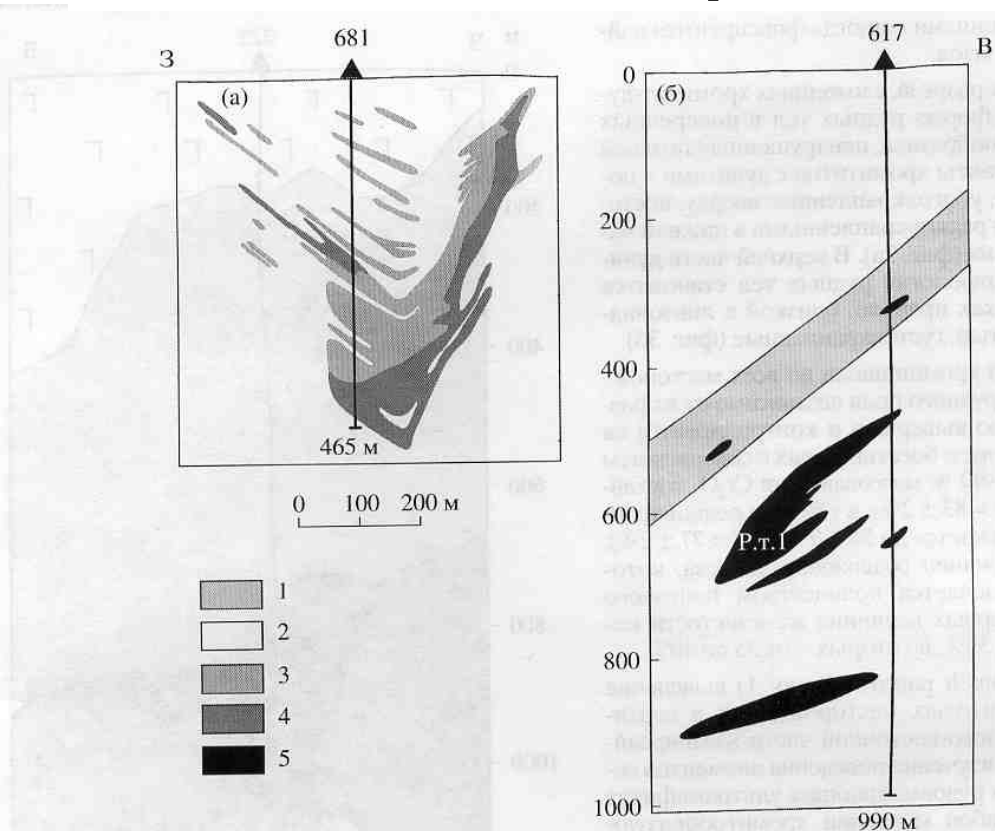
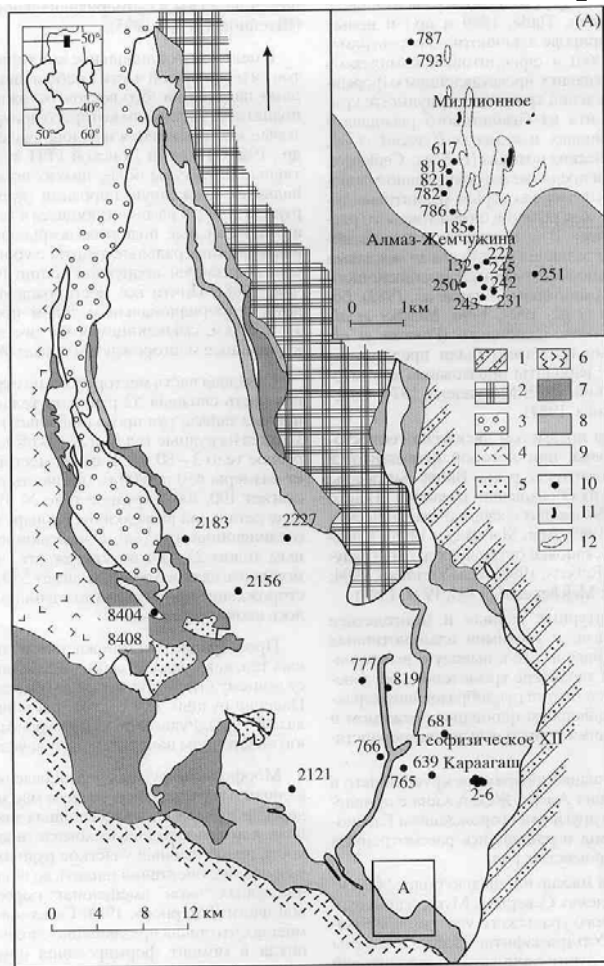
1 – габбро-амфиболиты; 2 – гарцбургиты; 3 – рудоносный дунит-гарцбургитовый комплекс; 4 – руды.



Фиг. 9. Средние значения отклонений массовых долей элементов семейства железа относительно безрудных ультрамафитов в рудоносных зонах южных флангов месторождения Алмаз-Жемчужина.

Поперечный разрез. Горизонтальный и вертикальный масштабы одинаковы.

# Месторождения хромшпинелидов в альпинотипных перидотитах Южного Урала. Массив Кемпирсай



**Фиг. 3.** Поперечные разрезы через месторождения Геофизическое XII (а) и Миллионное (б), по данным Донской ГРП ПГО “Запаказгеология”.

1 – гарцбургиты месторождения Миллионное; 2 – дуниты с вкрапленностью хромшпинели в месторождениях: Миллионном 1–2 мас. %, в Геофизическом XII – более 3 мас. %; 3–5 – хромитовые руды: 3 – убоговкрапленные, 4 – редковкрапленные, 5 – сплошные и густовкрапленные.

Подиформные залежи  
магнезиохромита и  
алюмомагнезиохромита

Месторождения Геофизическое и  
Миллионное



## Месторождения хромшпинелидов

в альпинотипных перидотитах

Южного Урала. Массив Кемпирсай

Во всех месторождениях Главного рудного поля  
Кемпирсайского массива (Алмаз-Жемчужина,  
Миллионное, Геофизическое...)

состав рудных хромшпинелидов весьма выдержан и  
коррелирован с содержанием хромшпинелидов:

в сплошных рудах - магнезиохромит с  $62 \pm 1\%$

$\text{Cr}_2\text{O}_3$  и железистостью 25-35%;

во вкрапленных рудах - магнезиохромит с  $58 \pm 2\%$

$\text{Cr}_2\text{O}_3$  и железистостью 35-40%.

С рудными хромшпинелидами ассоциируют малые  
количества гидроксилфлогопита и амфибола –  
паргасита. Повсеместно они содержат включения  
мелких кристаллов лаурита  $(\text{Ru}, \text{Os}, \text{Ir})\text{S}_2$ .

# Кемпирсайский тип платиноидной минерализации

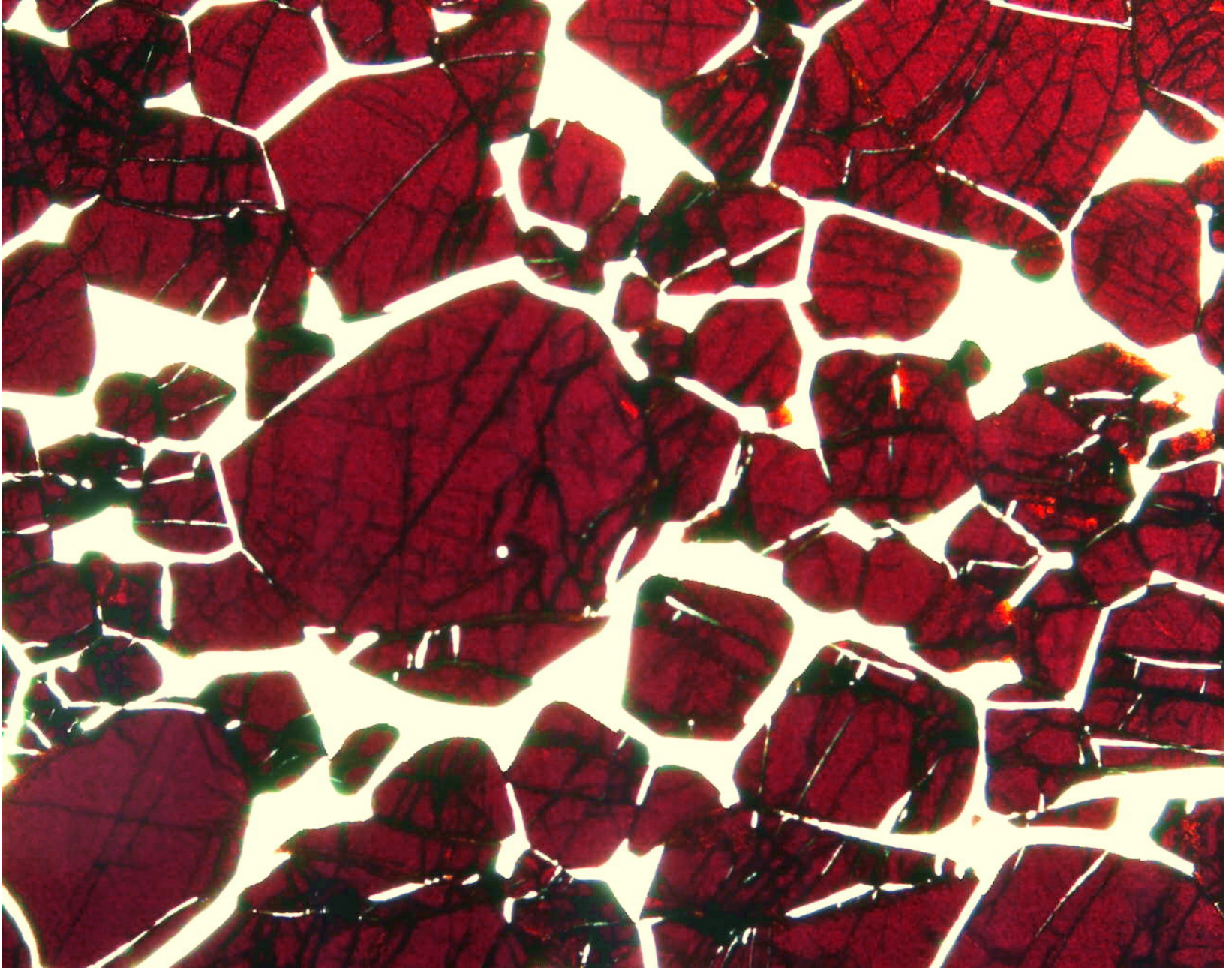
Кристаллы хромшпинелидов альпинотипных гипербазитов нередко содержат внутри мелкие кристаллы лаурита  $\text{RuS}_2$  (обычно осмистого до эрликманита  $\text{OsS}_2$ ), с которыми ассоциируют подчинённые самородный осмий (или иридосмин, или рутениридосмин), осмистый иридий, иридисто-осмистый рутений, изоферроплатина  $\text{Pt}_3\text{Fe}$ , холингвортит  $\text{RhAsS}$  (с  $\text{Ru}$ ,  $\text{Pt}$ ,  $\text{Ir}$ ). Лаурит – эрлихманит большей частью капсулированы в кристаллах хромшпинелидов. Остальные PGM в основном развиты в промежутках между кристаллами хромшпинелидов (и по этой причине мало устойчивы при процессах эпигенетической серпентинизации).

Характерна повышенная роль  $\text{Ru}$ ,  $\text{Os}$ ,  $\text{Ir}$  и пониженная  $\text{Pt}$  и особенно  $\text{Pd}$ .

Содержание PGM – индикатор генезиса гипербазитов; если их  $> 0.5$  г/т – генезис магматический.



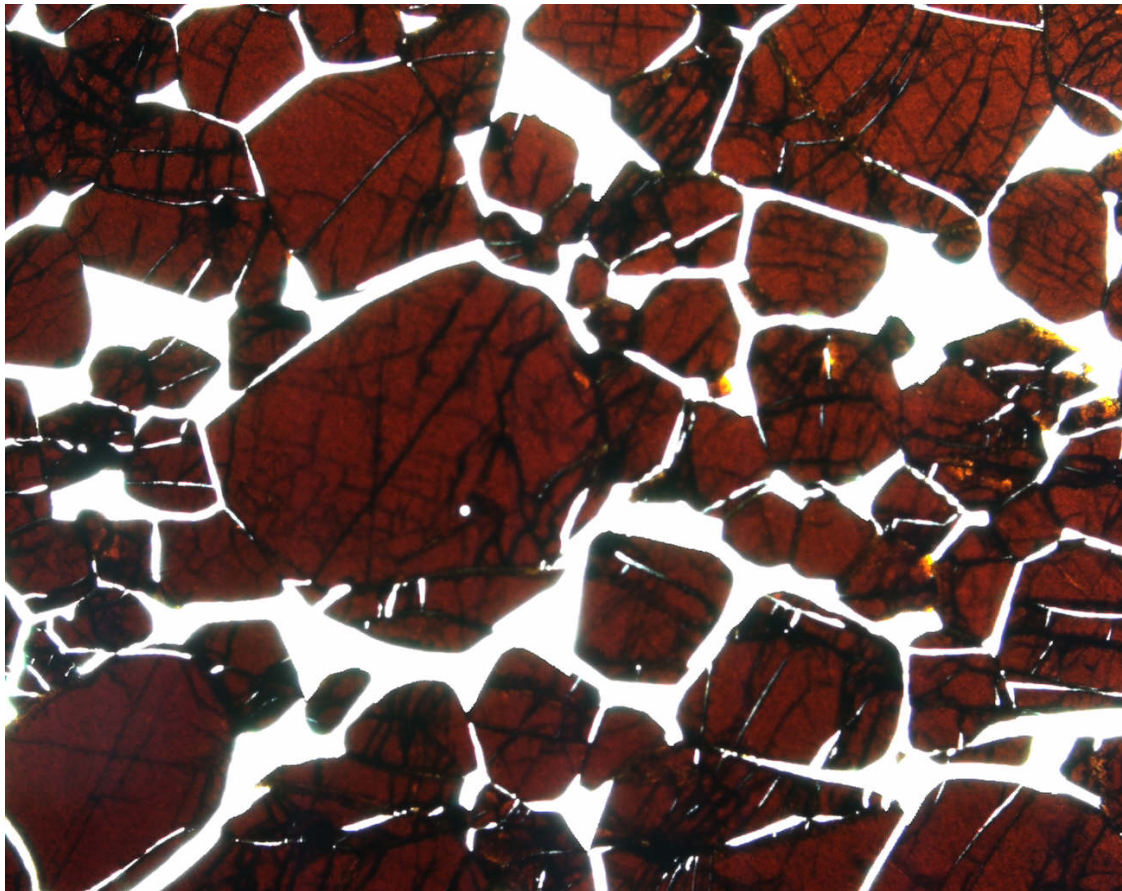
Хромшпинелиды альпинотипных перидотитов. Шлир  
магнезиохромита в дунитах. Шлиф при 1 николе. 5 мм





# Окраска хромшпинелидов в проходящем свете

Минералы, богатые  $\text{Fe}^{3+}$  и/или  $\text{Mn}^{3+}$ , в проходящем свете чёрные, не прозрачные. Бедные  $\text{Fe}^{3+}$  хромиты густо красные, алюмохромиты – красные или коричневато-красные, богатые хромом шпинели – красновато-коричневые и коричневые, бедные хромом шпинели – жёлто-коричневые до жёлтых, мало хромистые шпинели – до бесцветных.

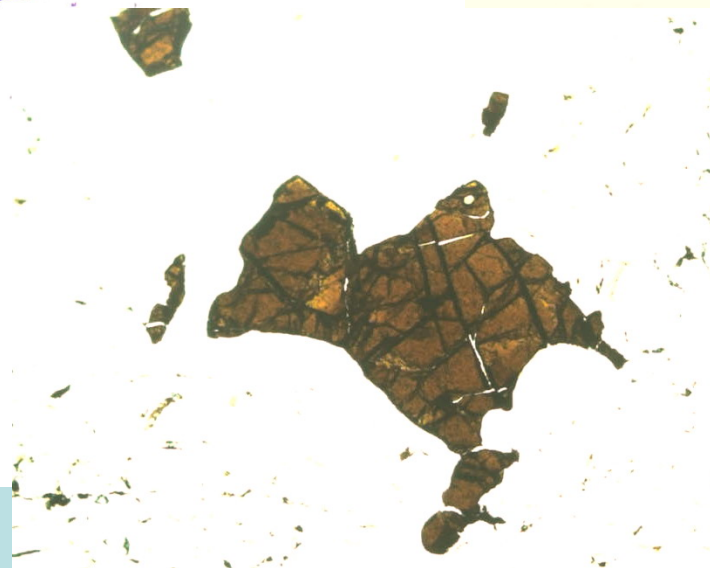
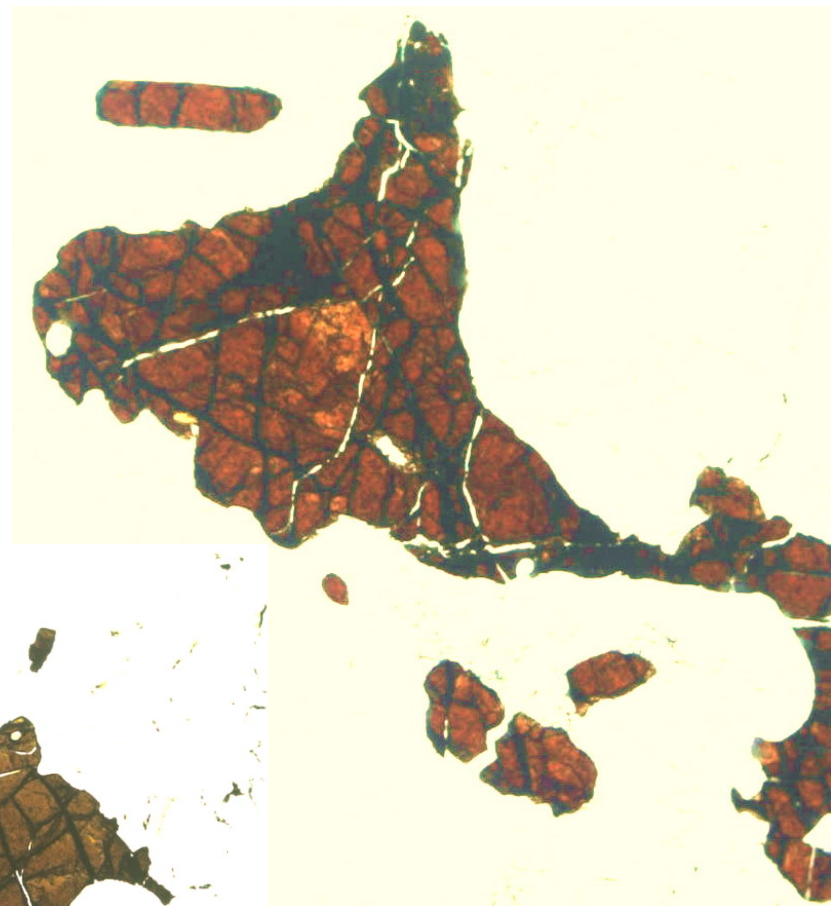
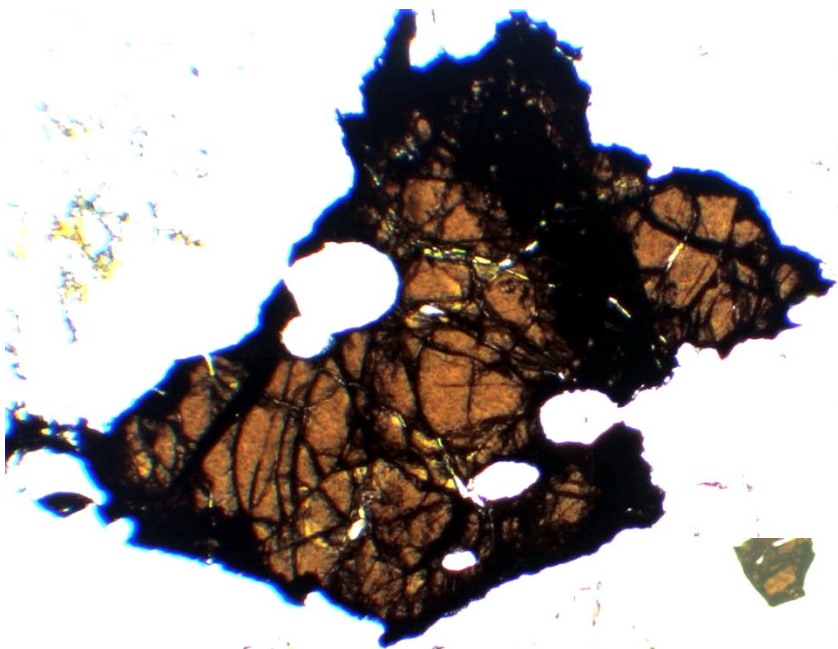


Высоко хромистый  
алюмомагнезиохромит  
в дунитах.  
Шлиф при 1 николе.

Кемпирсай, Южный Урал



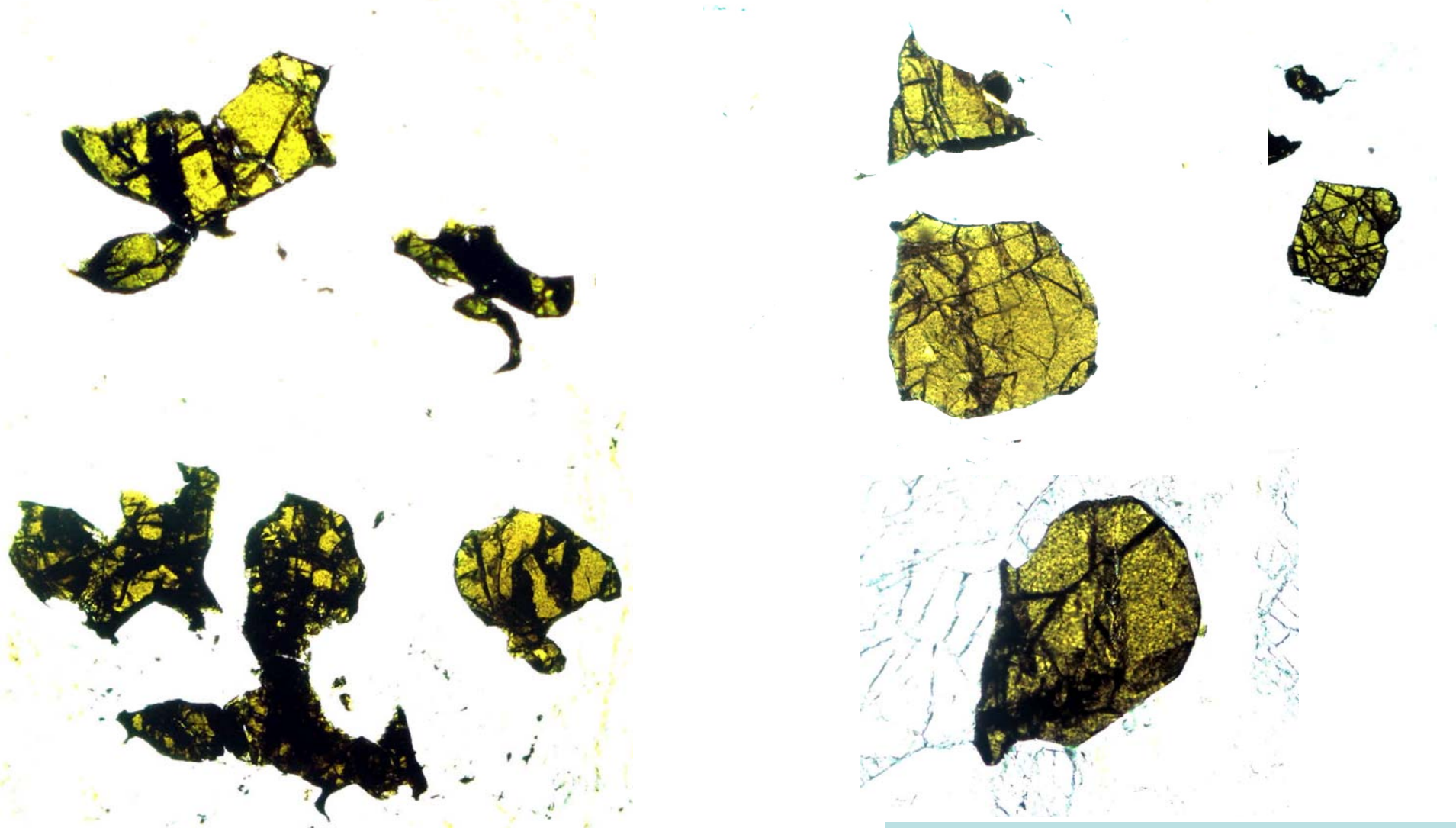
# Окраска хромшпинелидов гарцбургитов в проходящем свете



Низко хромистый  
алюмомагнезиохромит.  
Шлиф при 1 николе.

Нурали, Южный Урал

# Окраска хромшпинелидов лерцолитов в проходящем свете



Нурали, Южный Урал

Хромшпинель в лерцолитах.  
Шлифы при 1 николе.



# Кемпирсайский тип платиноидной минерализации

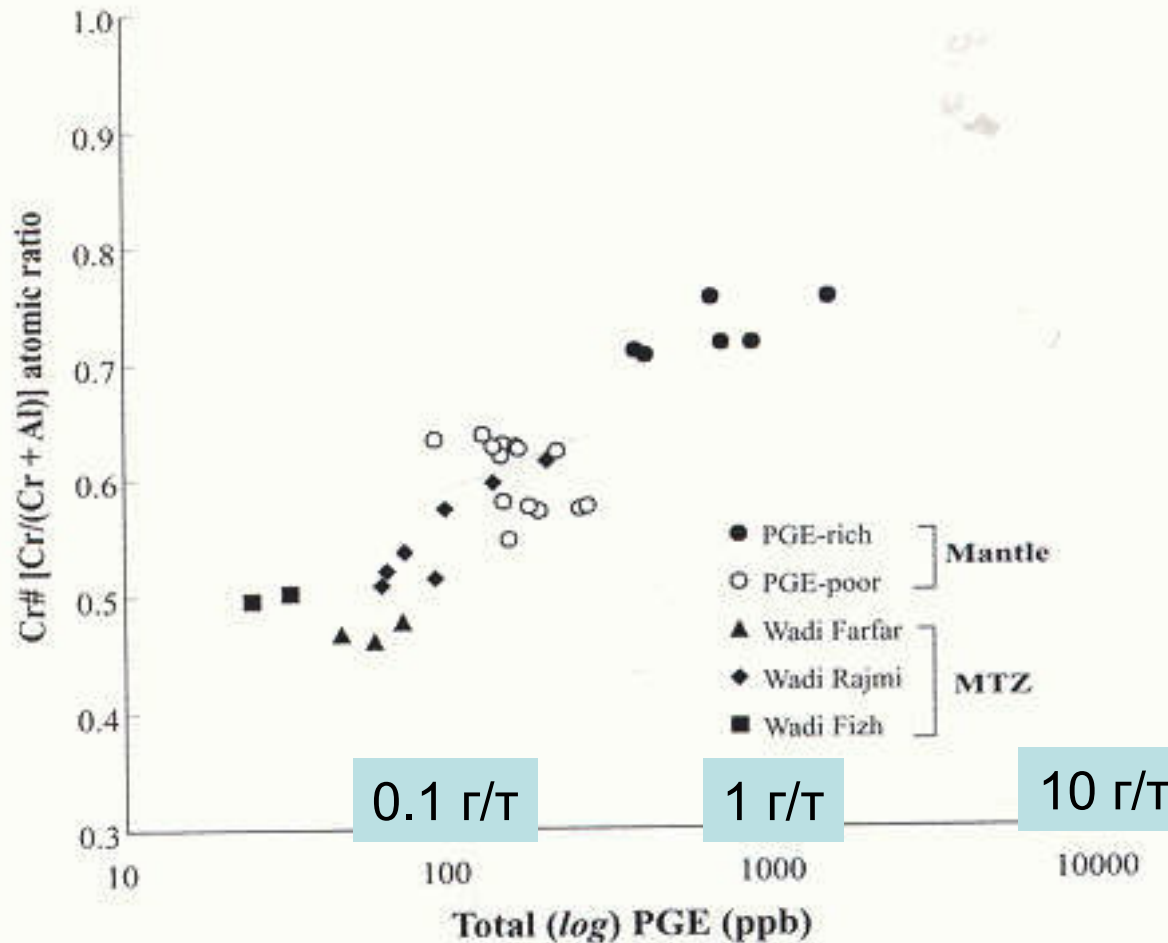


FIG. 2. Variation of Cr# versus the total (log) PGE contents in the chromitites studied from the Oman ophiolite. Cr# is defined as  $Cr/(Cr + Al)$ , atomic ratio.

Офиолиты Омана.

Положительная корреляция содержаний платиноидов и хромистости хромшпинелидов. Таким образом, максимальная концентрация платиноидов в рудных хромшпинелидах среди дунитов, - именно они наиболее хромистые

# Минералы ряда $(Ru,Os,Ir)S_2$ лаурит $RuS_2$ – эрлихманит $OsS_2$

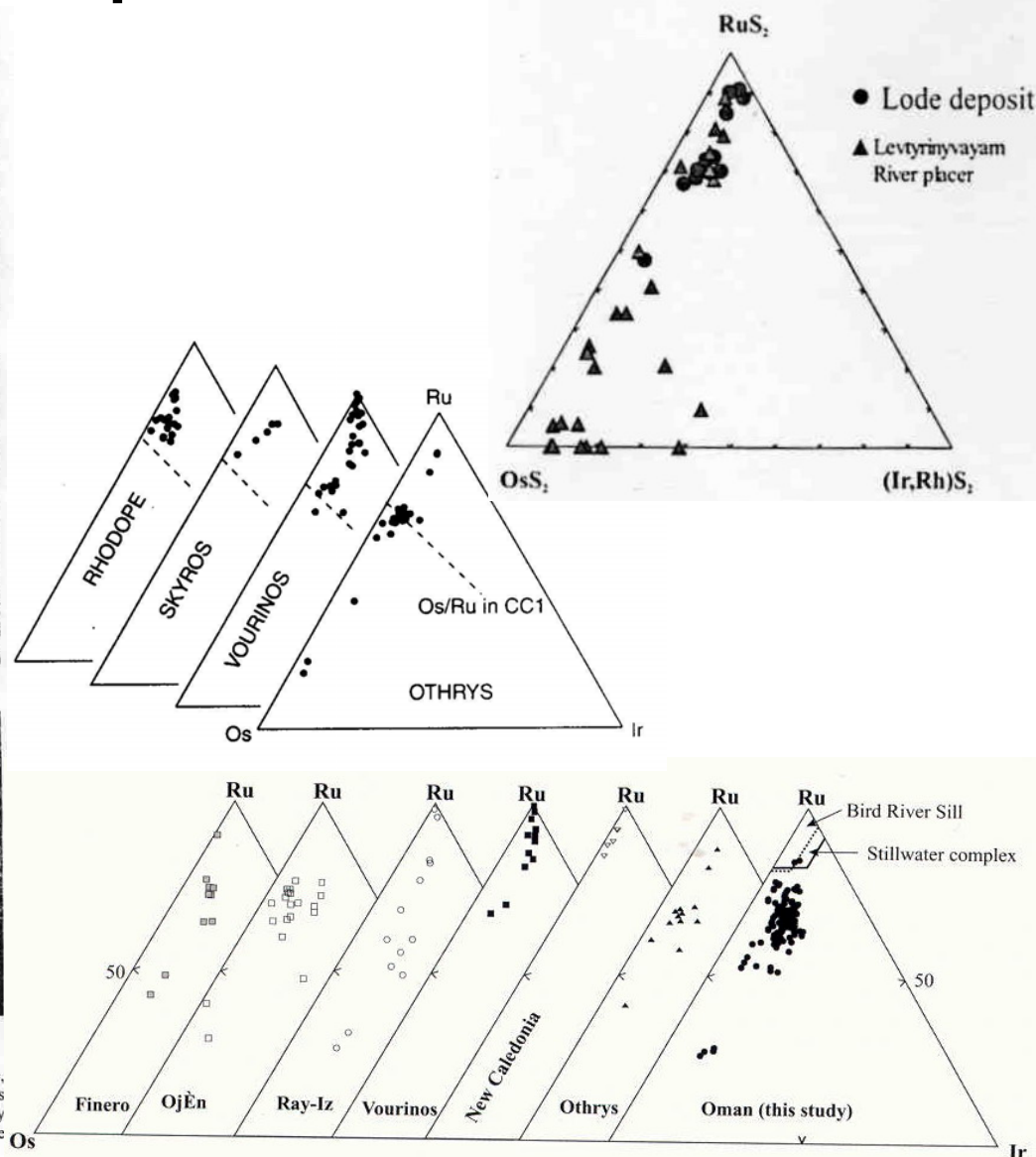
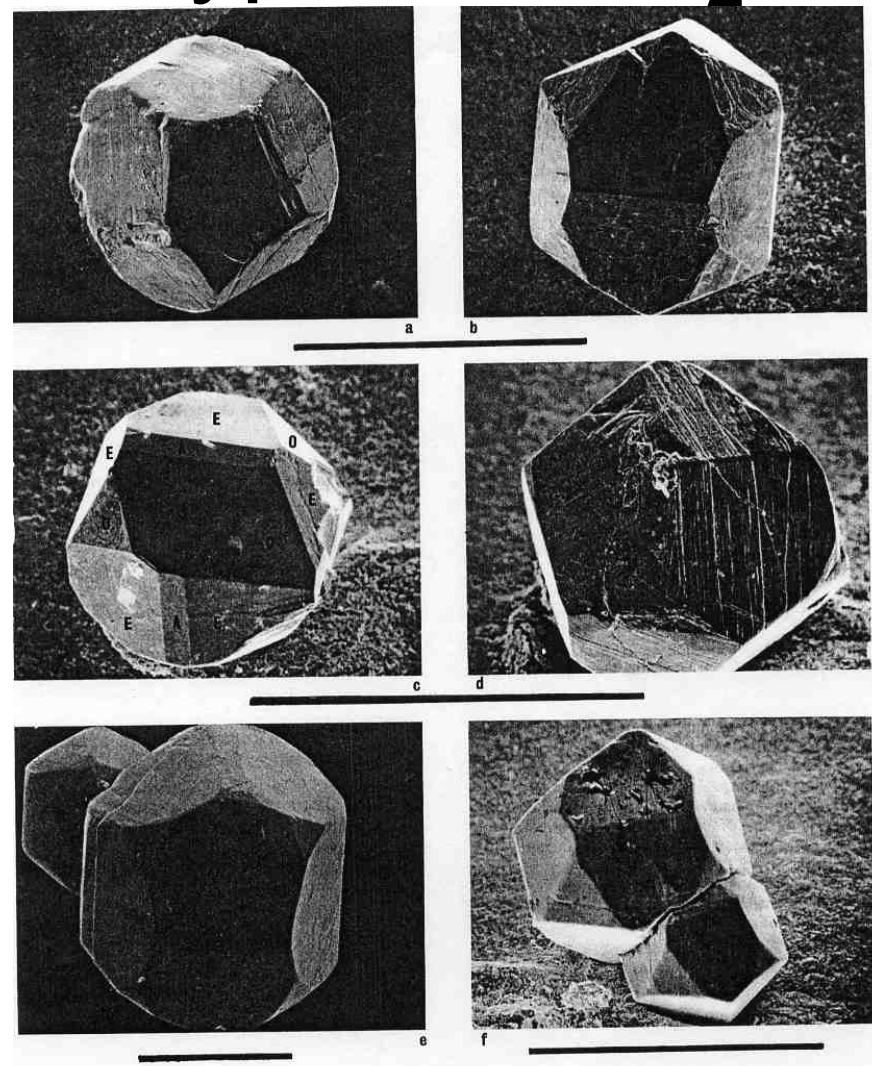
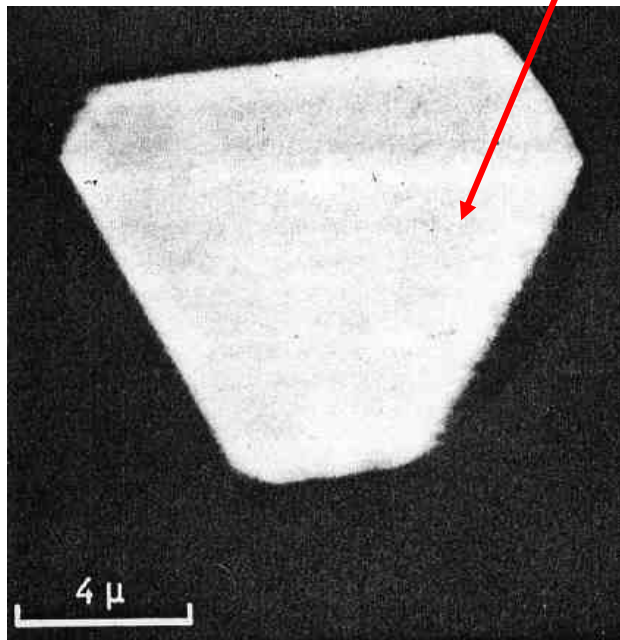


FIG. 1. (a-f). Well-formed pyritohedra of laurite (c) and erlichmanite (a, b, d, e, f) from Guma Water, Sierra Leone, showing the pyritohedral faces (E) and the minor octahedral (O) and cube (A) faces. The faces often show striations typical of the pyrite structural group. The examples e and f are apparently twinned with two crystals in approximately the same orientation although the structure between them (seen in f) seems to deny close structural association. The scale bars under a, d, and f represent 0.5 mm whilst that under e represents 0.1 mm.

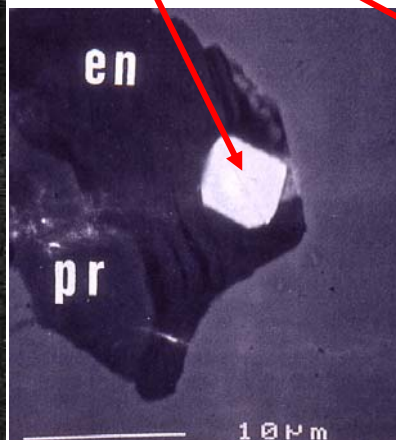


# PGM в альпинотипных (офиолит.) дунит-гарцбургитовых комплексах

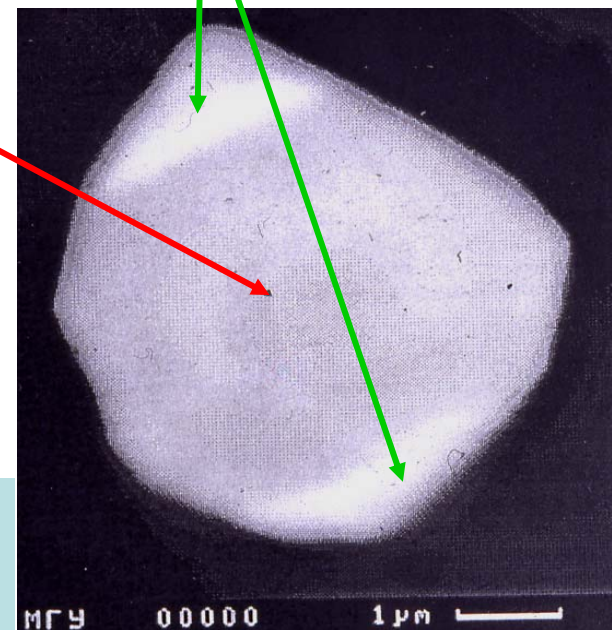
- Минералы  $(Ru, Os, Ir)S_2$
- лаурит  $RuS_2$  – эрлихманит  $OsS_2$



Хромититы среди перидотитов.  
Троодос. Греция



Снимки в  
отражённых  
электронах



Хромититы среди гарцбургитов.  
Нурали. Южный Урал

# Кемпирсайский тип платиноидной минерализации

## **Распределение PGM по вертикали офиолитового разреза:**

в низах среди дунитов в хромитовых рудах концентрируются лаурит и высоко рутениевый иридоосмин;

выше в гарцбургитах в алюмохромитовых рудах – лаурит-эрлихманит и умеренно рутениевый иридоосмин;

ещё выше в полосчатой дунит-вебстерит-клинопироксенитовой серии, подстилающей габброиды, - с алюмохромитом и хромшпинелью ассоциируют эрлихманит, низко рутениевый иридоосмин, осмирид до самородного иридия, изоферроплатина, мышьяковистый лаурит, хилонгвортит, рутенарсенид RuAs, самородное золото.

Эта минерализация россыпеобразующая, хотя размер PGM обычно значительно менее 1 мм.

Нередки россыпи PGM-содержащих хромититов.

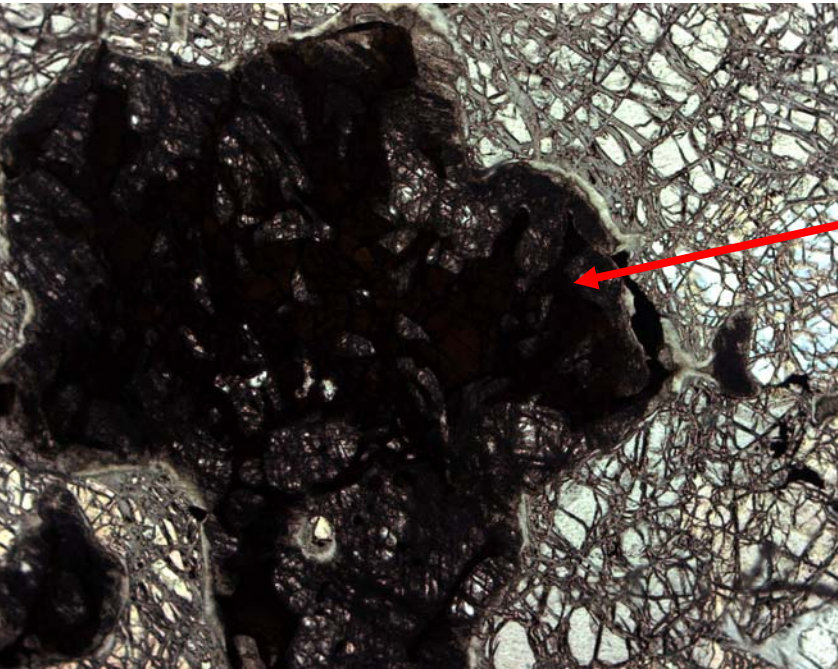


# Переход шпинелевые лерцолиты → плагиоклазовые лерцолиты

При медленном всплывании (воздымании) массивов альпинотипных гипербазитов глинозёмистые хромшпинелиды становятся не устойчивыми. Происходят твердофазные превращения : низкохромистые хромшпинелиды превращаются в более высокохромистые; часть вещества первичных глинозёмистых хромшпинелидов, заимствуя кальций и натрий из клинопироксенов, превращается в плагиоклаз. Поскольку состав клинопироксенов вверх по разрезу альпинотипных гипербазитов меняется – становится более натровым, постольку новообразованные плагиоклазы вверх по разрезу «плагиоклазовых» лерцолитов меняются от анортита до битовнита - лабрадора. Данный эффект хорошо изучен на примере Нуралинского массива. Его необходимо выявлять и учитывать для правильной оценки первичного состава хромшпинелидов.

Наличие такого превращения – индикатор : 1) мантийного происхождения данных гипербазитов, 2) медленной скорости всплывания = подъёма мантийных гипербазитов в земную кору.

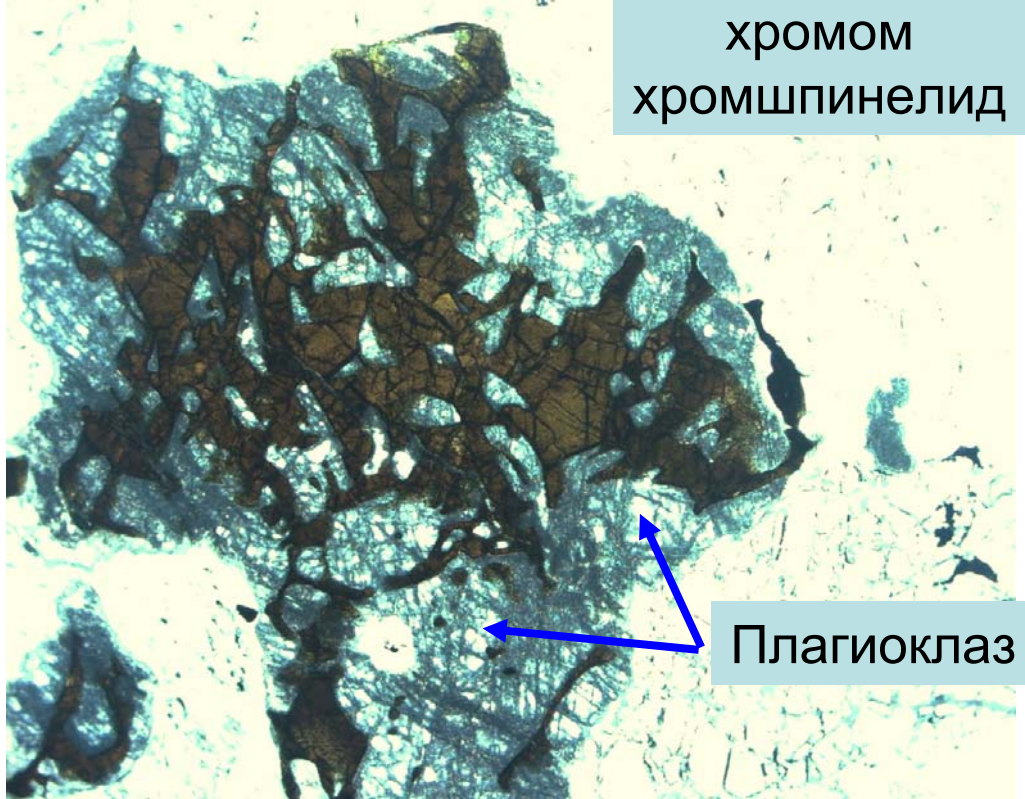
# Переход шпинелевые лерцолиты → плагиоклазовые лерцолиты. Нурали



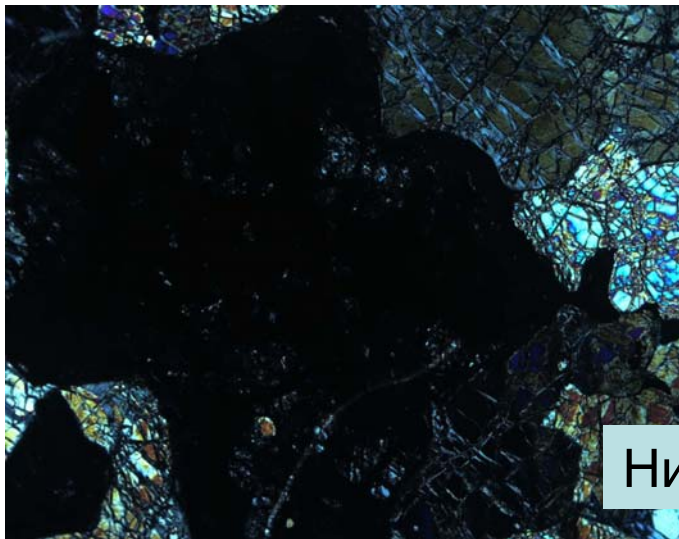
При 1 николе

Первичный контур хромшпинели

Обогащенный хромом хромшпинелид



Плагиоклаз



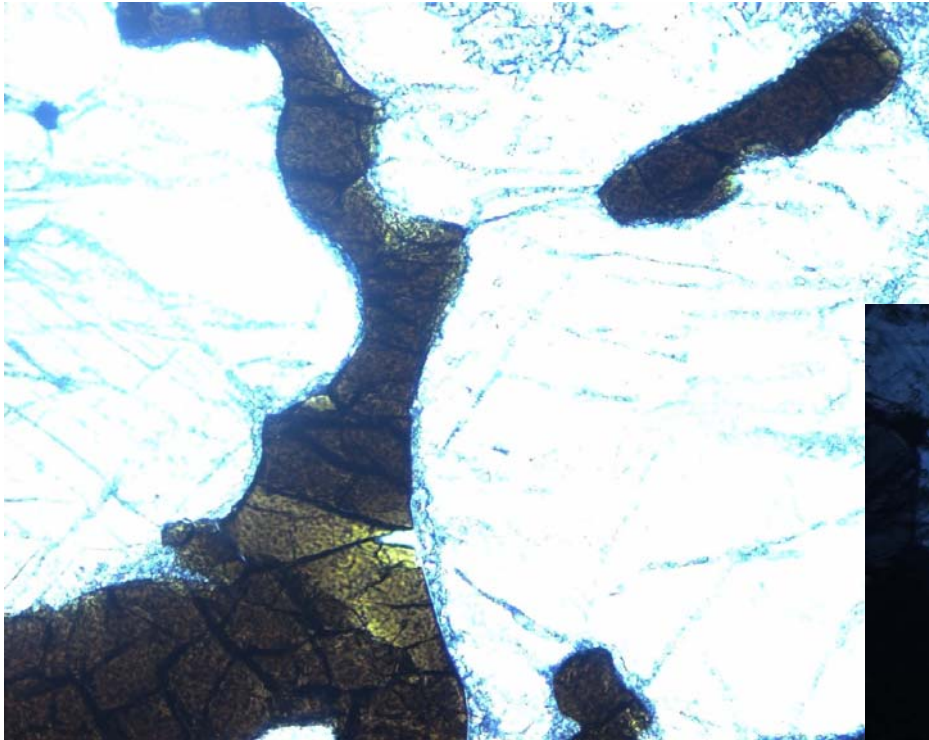
Николи х

Картина превращения



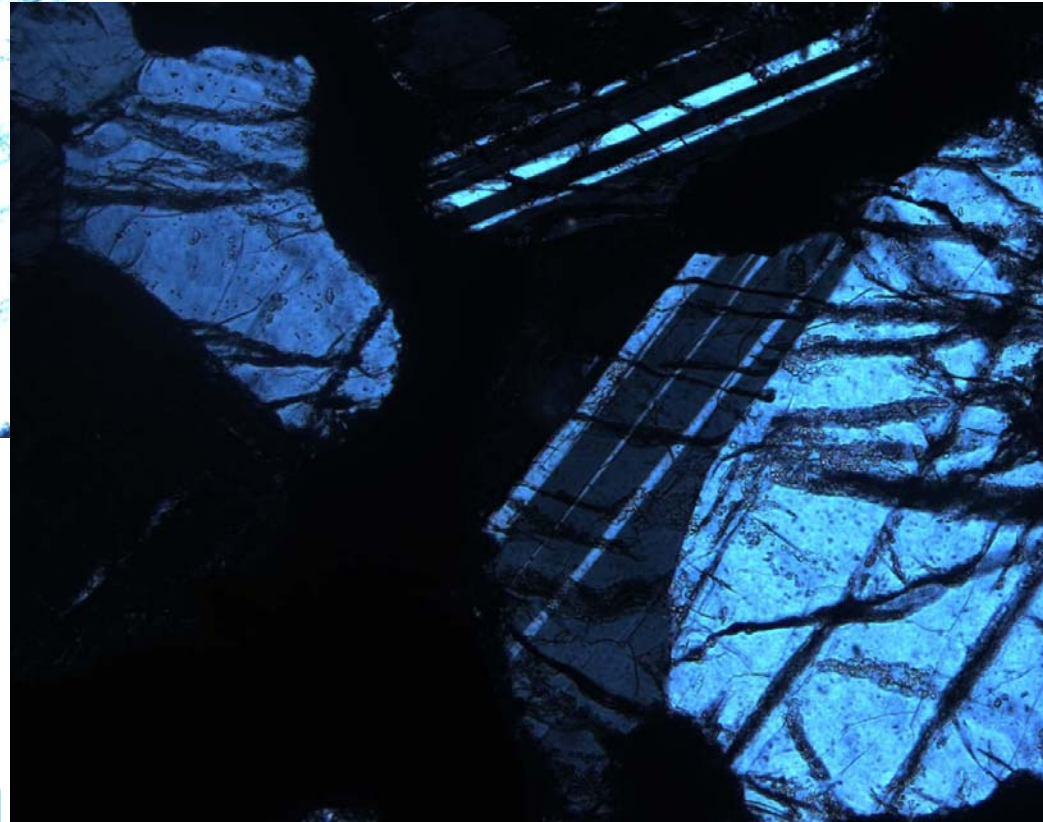
# Переход шпинелевые лерцолиты → плагиоклазовые лерцолиты. Нурали

Фрагмент.  
При 1 николе



Обогащённый  
хромом  
хромшпинелид

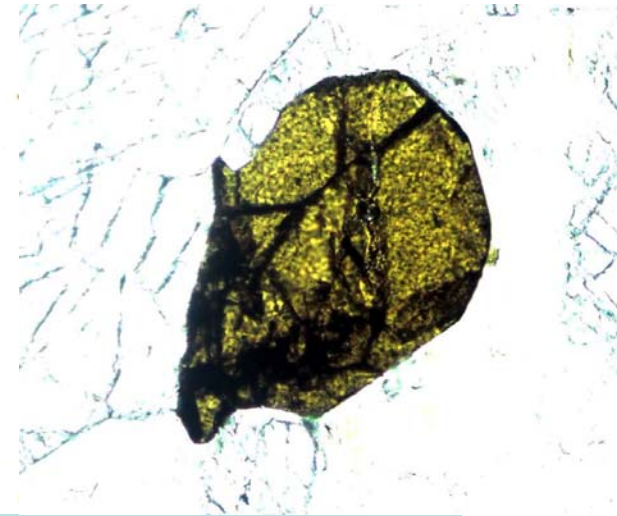
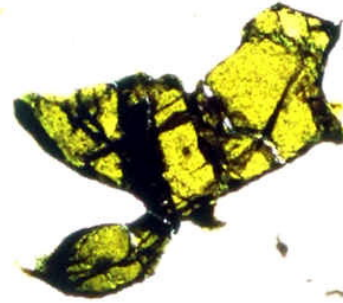
Николи х



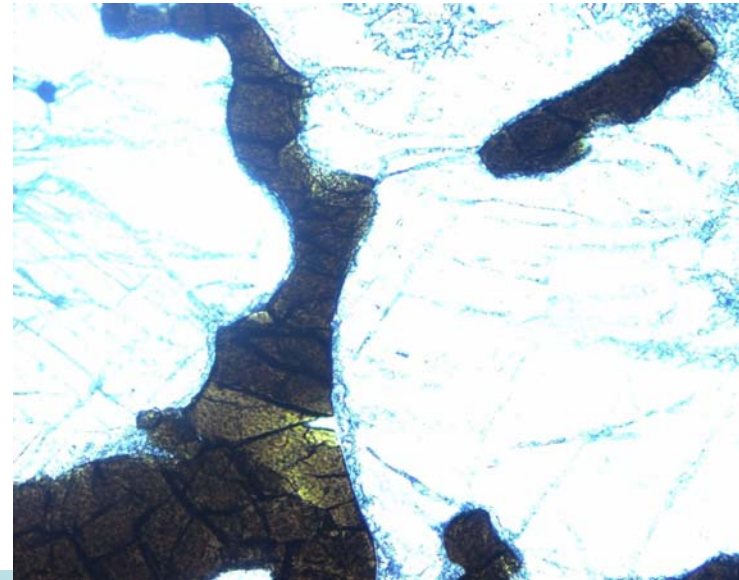
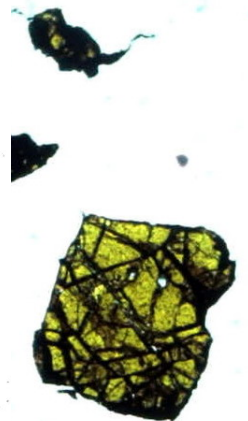
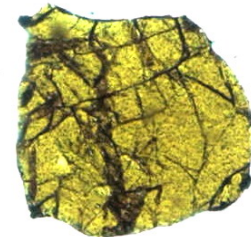
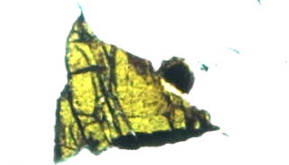
Плагиоклаз

# Переход шпинелевые лерцолиты → плагиоклазовые лерцолиты. Нурали

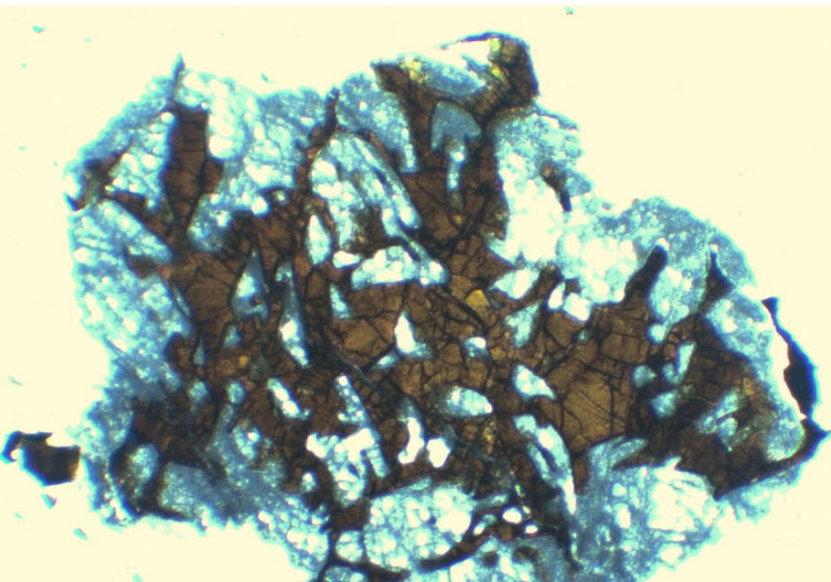
При 1 николе



Хромшпинель лерцолитов без превращения



Обогащённый Cr хромшпинелид





# Тектонизированные альпинотипные перидотиты Полярный Урал. Складки в хромитоносных дунитах





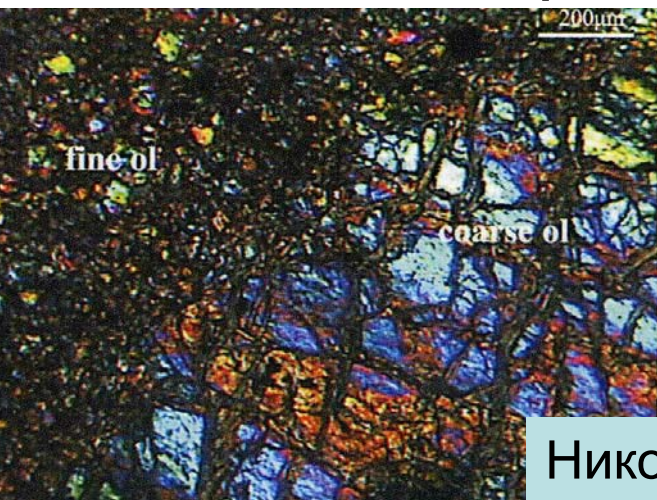
# Тектонизированные альпинотипные перидотиты Полярный Урал. Складки в хромитоносных дунитах



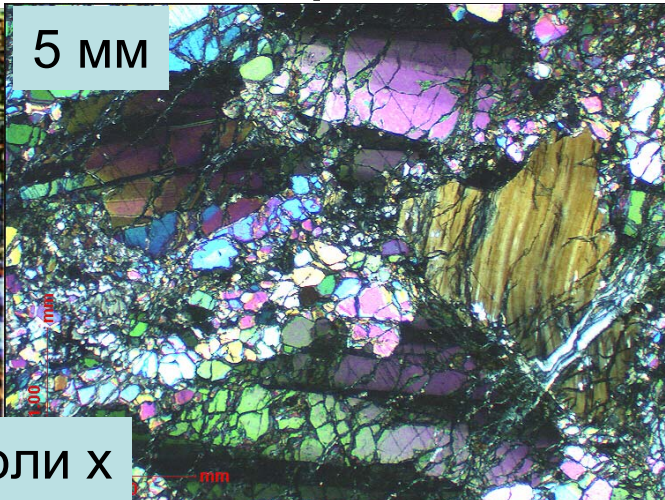


# Тектонизированные офиолиты

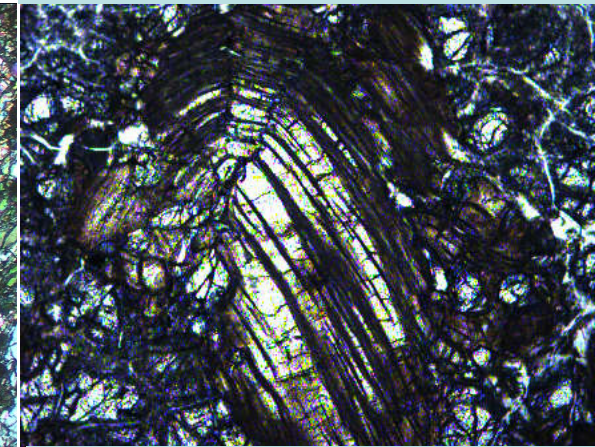
При 1 николе



Деформированные дуниты. Греция, горы Каллидромон



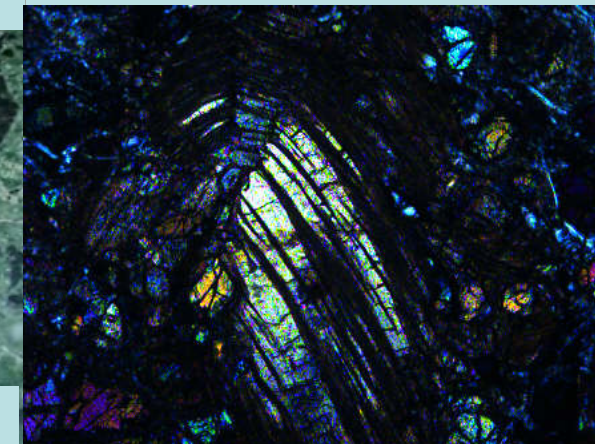
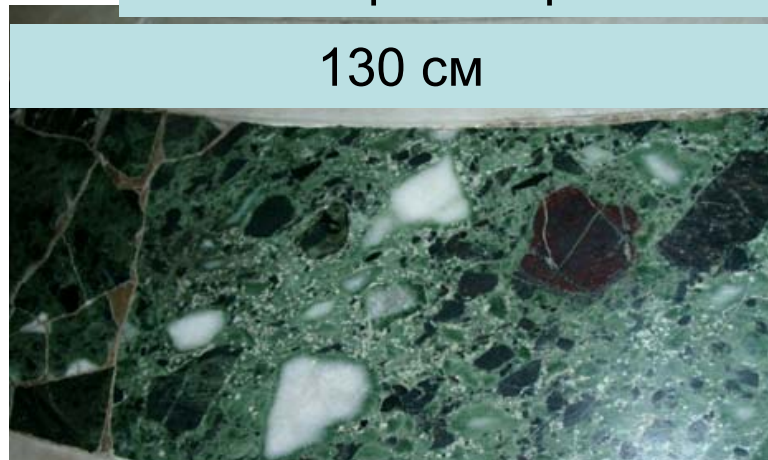
Деформированные гарцбургиты массива Рай-Из, Полярный Урал.



Деформированные гарцбургиты Нуралинского массива. Шлиф. Ширина поля зрения 5 мм



Серпентинитовый меланж Мраморного моря



Николи х



# Полярное сияние. Полярный Урал

