

The background image shows a wide river flowing through a valley. The river's surface is calm, reflecting the surrounding landscape. On the left bank, there is a steep, rocky hillside with sparse vegetation. The right bank is also rocky and covered with some greenery. In the distance, more hills and mountains are visible under a cloudy sky. The overall scene is a natural, rugged landscape.

Геохимические характеристики
и петрогенезис
мантийных ксенолитов
из кимберлитовых трубок
Обнаженная и Удачная-Восточная
(Якутская кимберлитовая провинция)

Калашникова Т.В.

Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск



Цель работы –

1. Изучение особенностей химического состава, распределения редких элементов, Р-Т условий кристаллизации пород литосферной мантии в районе кимберлитовой трубки Обнаженная по данным мантийных ксенолитов
2. Сравнение состава литосферной мантией под кимберлитовыми трубками Удачная и Обнаженная.

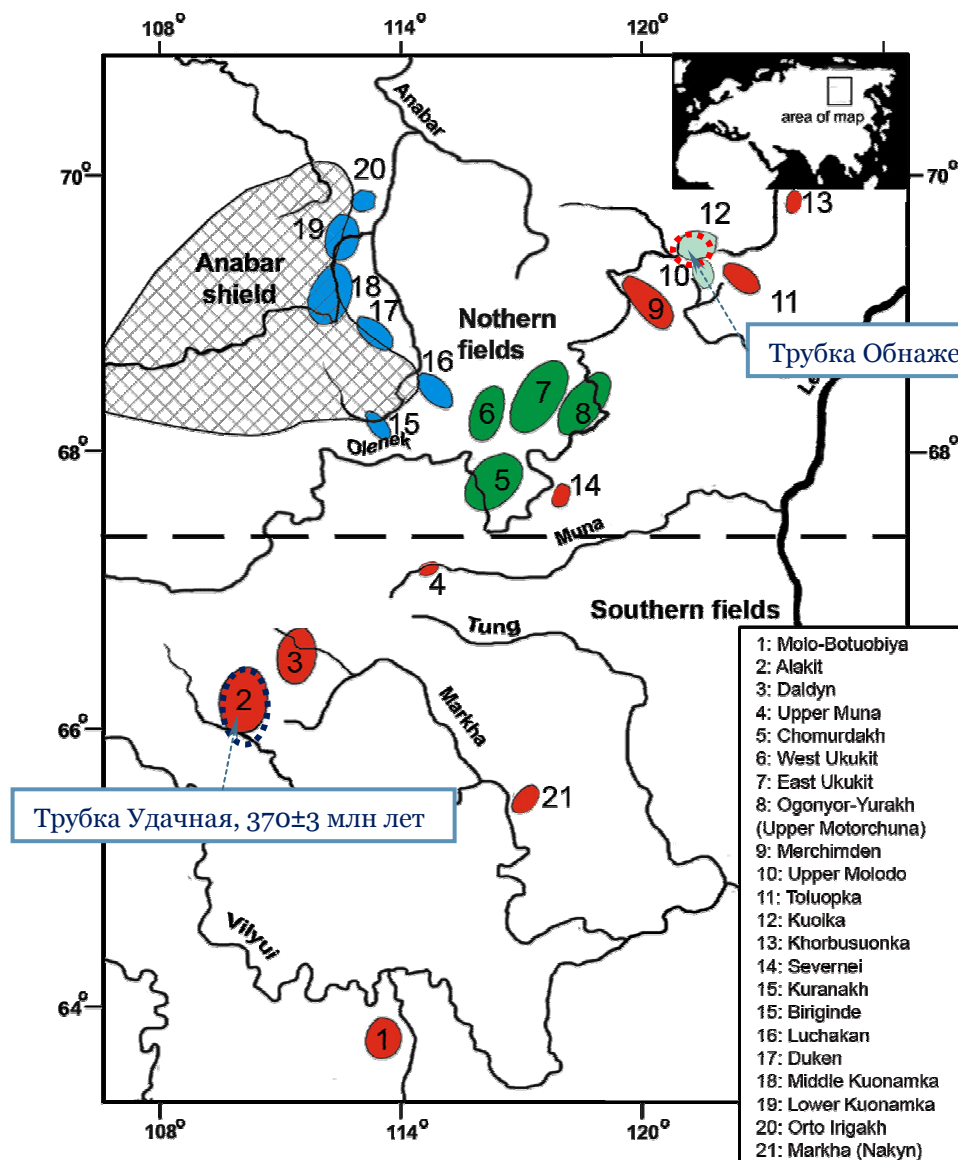
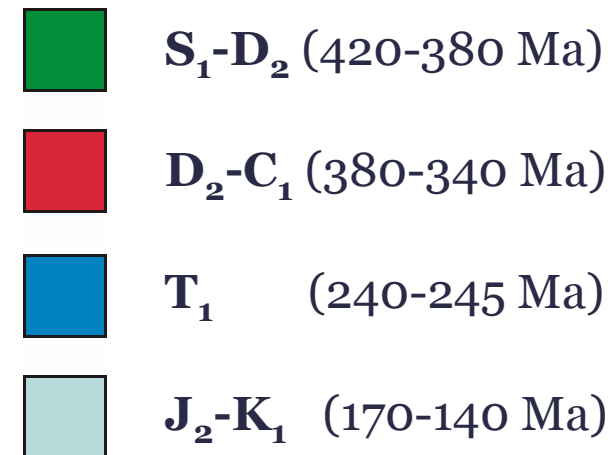
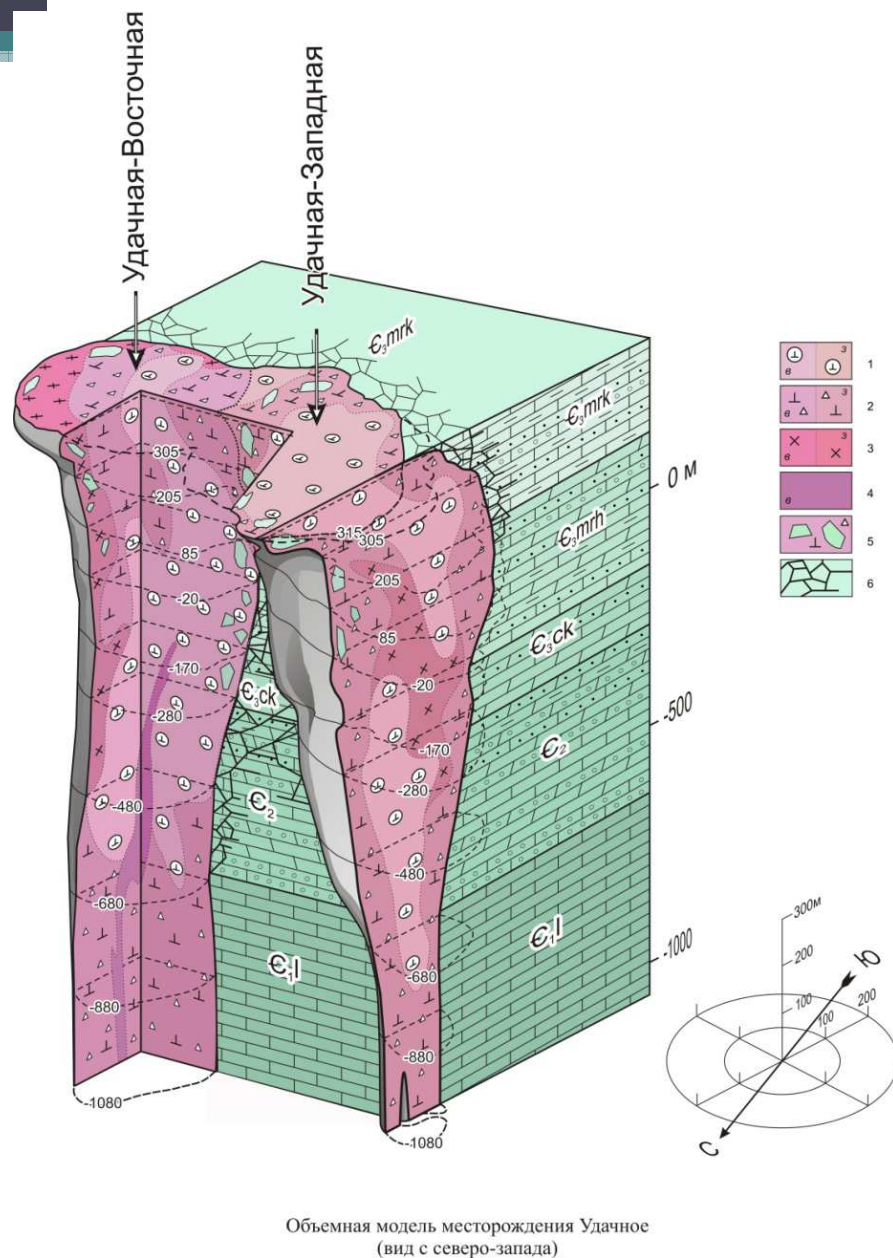


Схема кимберлитовых полей Якутской провинции

Возраста различных этапов кимберлитового магматизма
(по Griffin et.al, 1999)





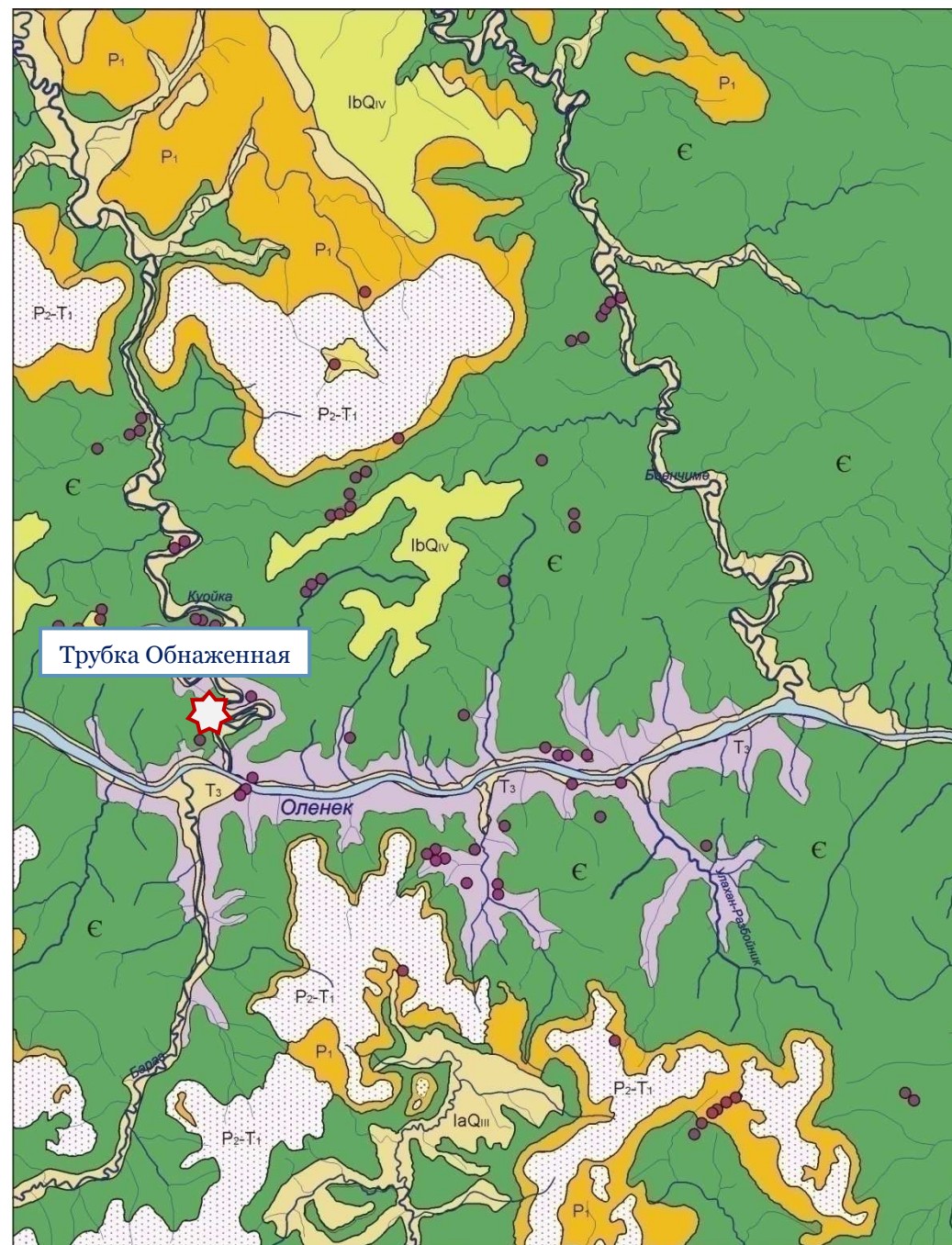
- 1 – кимберлитовая брекчия первого этапа
- 2. 1 – брекчиепорфировый кимберлит второго этапа
- 2. 2 – порфировый кимберлит
- 3.1 – брекчия второго этапа с массивной текстурой связующей массы
- 3.2 - автолитовая брекчия
- 4 – жильные кимберлиты заключительного этапа
- 5 – ксенолиты вмещающих пород

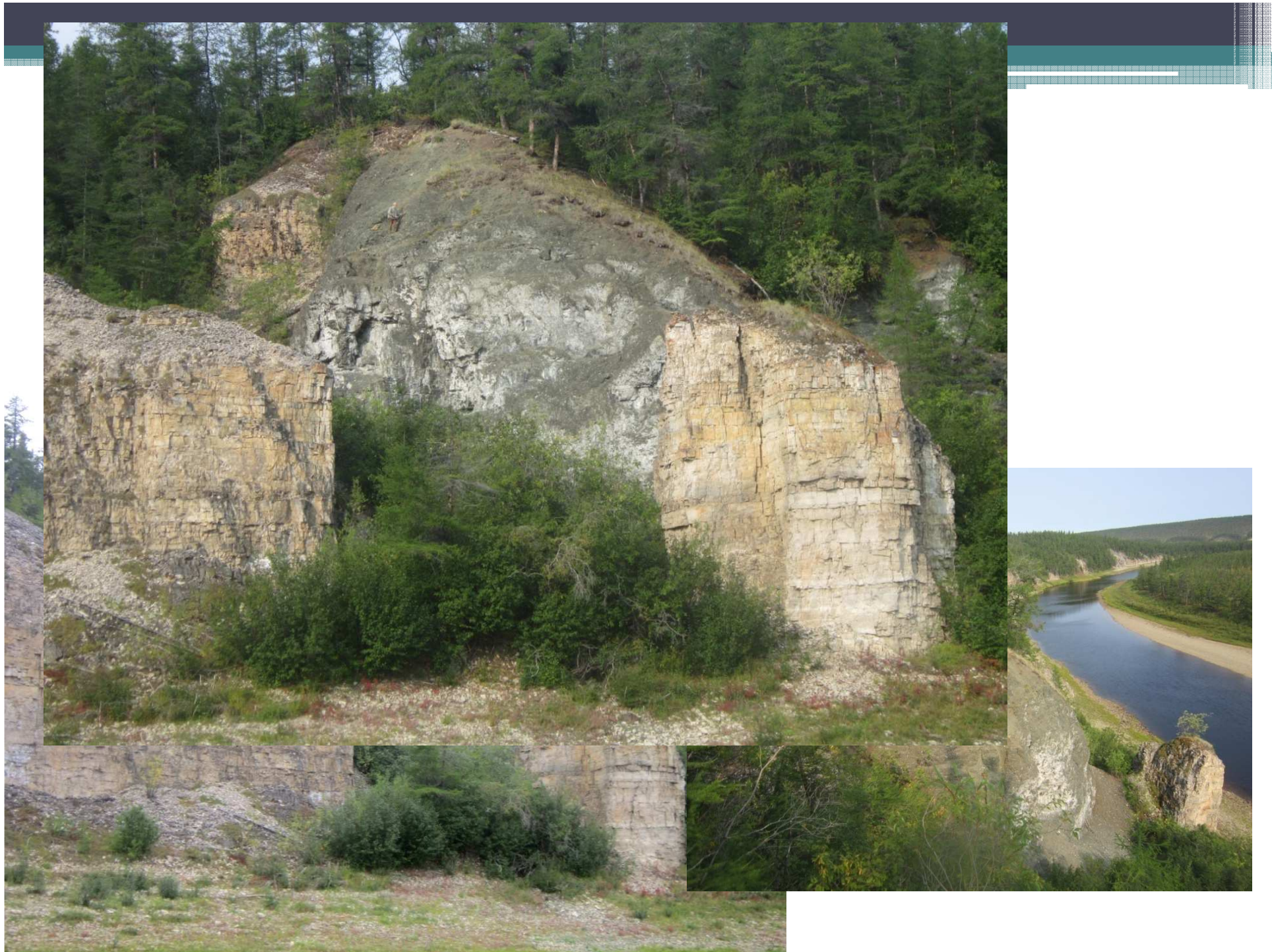


Модель трубки Удачная (по Г.С. Фон-дер-Флаасу)

Схема Куойского поля (данные геологов Амакинской экспедиции, с упрощениями)

- | | | |
|---|---|---|
| 1 |  | Кембрийская система.
Известняки, мергели, глины, доломиты |
| 2 |  | Пермская система.
Песчаники, аргиллиты, гравелиты |
| 3 |  | Пермская-триасовая система.
Базальты, долерито-базальты, туфы |
| 4 |  | Триасовая система.
Алевриты, песчаники, известняки |
| 5 |  | Четвертичная система.
Озерно-аллювиальные отложения |
| 6 |  | Четвертичная система, современное звено.
Илы, супеси, суглинки |
| 7 |  | Кимберлитовые тела |



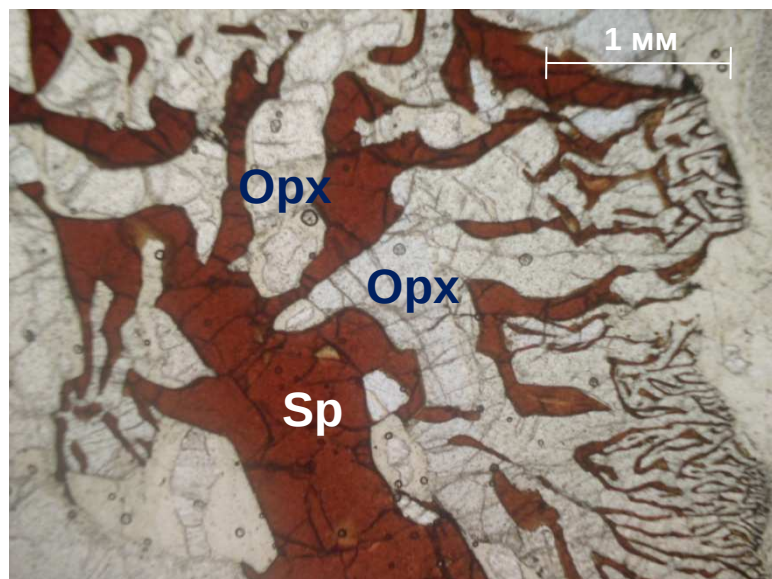


Сравнительная таблица содержания разновидностей ксенолитов, %

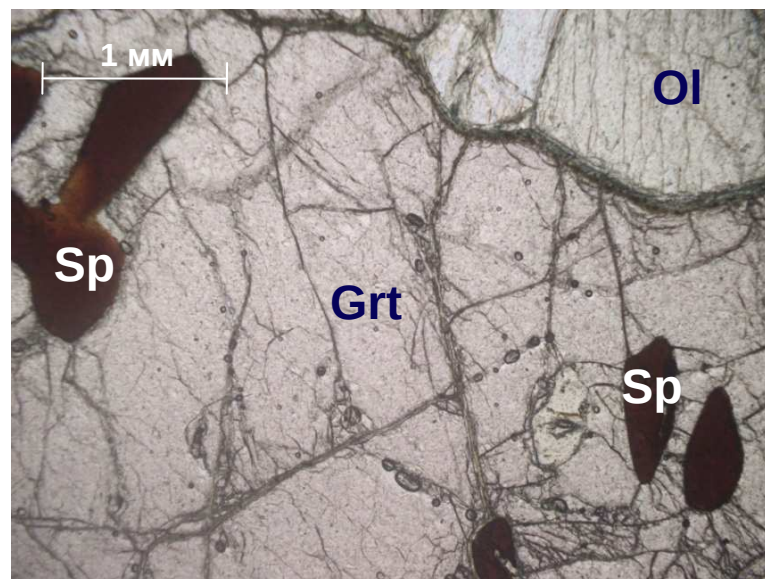
(по А.В. Уханову, 1988)

Разновидность	Трубка Обнаженная	Трубка Удачная
Деформированные гранатовые перидотиты Крупнопорфировые Мелкопорфировые	-	32,5 28,5
Зернистые гранат-шпинелевые перидотиты Гранатовые Шпинелевые Шпинель-гранатовые	9 17 10	16,3 9,2 0,7
Эклогиты	14	4
Пироксениты Гранатовые Безгранатовые В том числе Вебстериты	40 4 20	1,6 1,4 1,2
Plm-Phl – содержащие метасоматиты	5	4

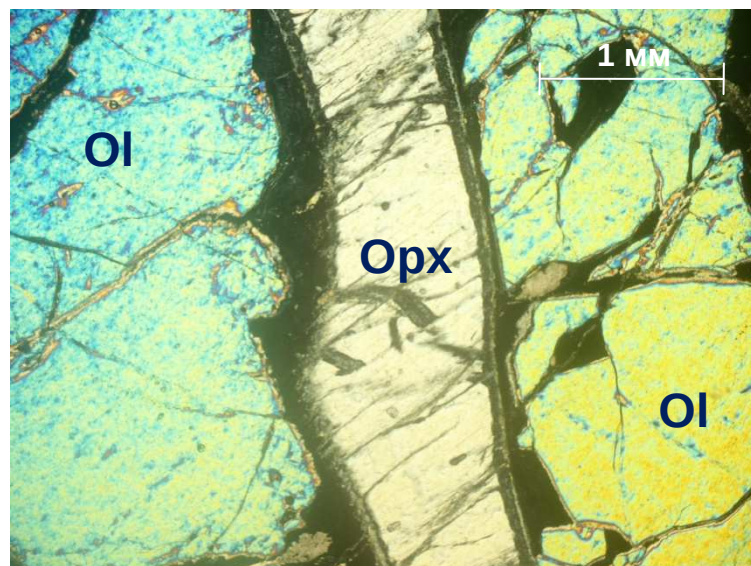
Sp -Grt лерцолиты (трубка Обнаженная)



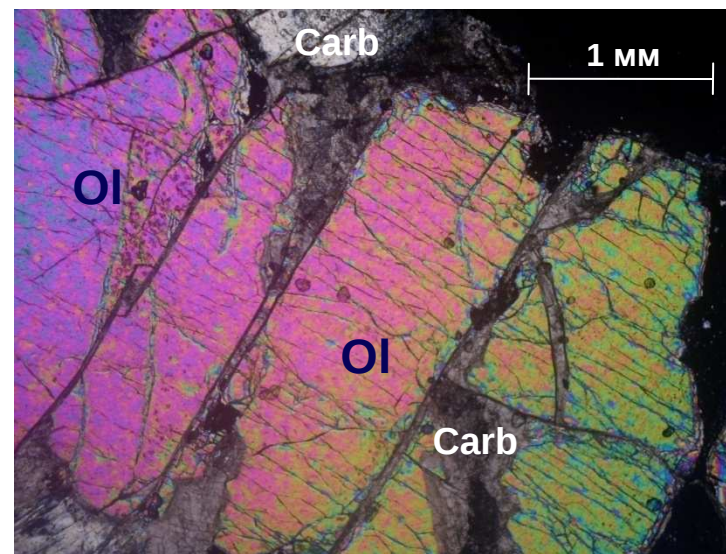
06-218 Выделения шпинели



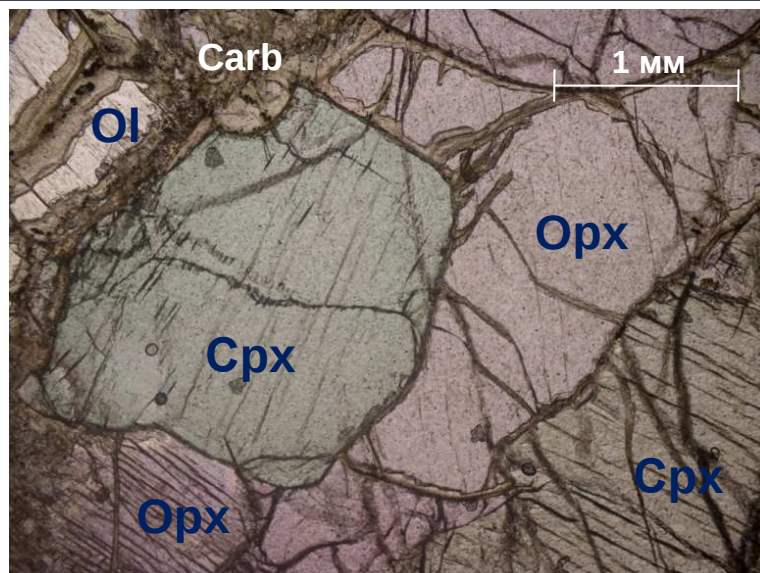
7-341 Реликты шпинели в гранате



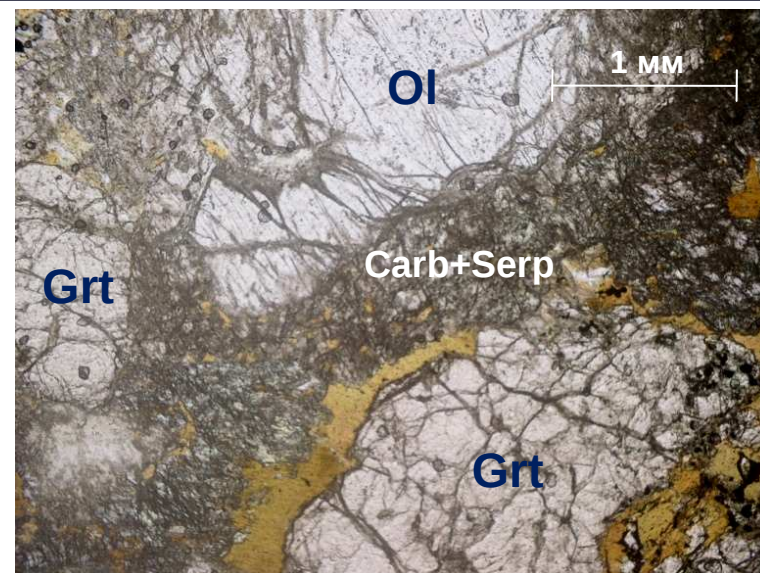
**06-218 Крупные зерна оливина +
клинопироксен**



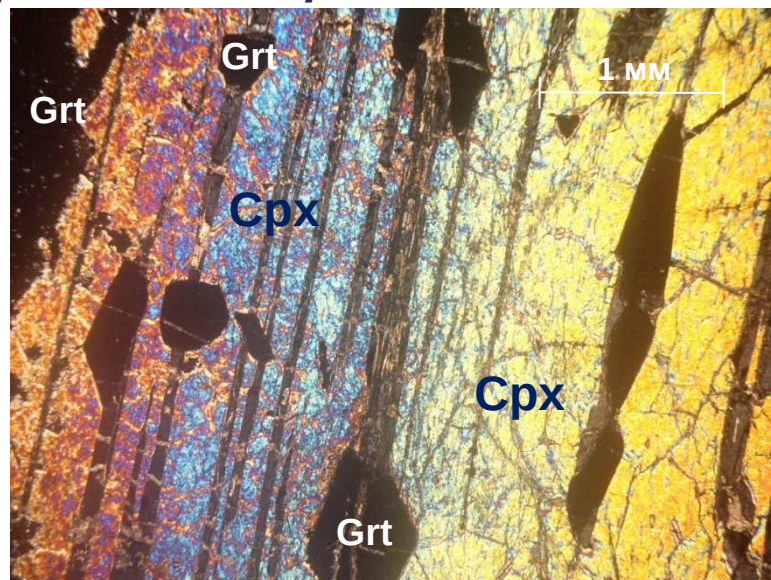
7-297 Крупные зерна оливина



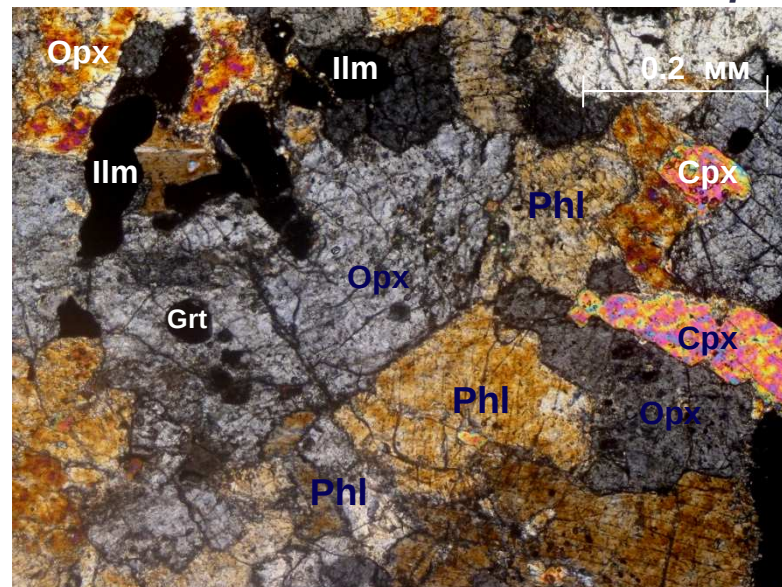
7-294 Гранатовый вебстерит.
Срастания пироксенов и оливина



7-367 Гранатовый вебстерит
с метасоматическими Phl и Serp

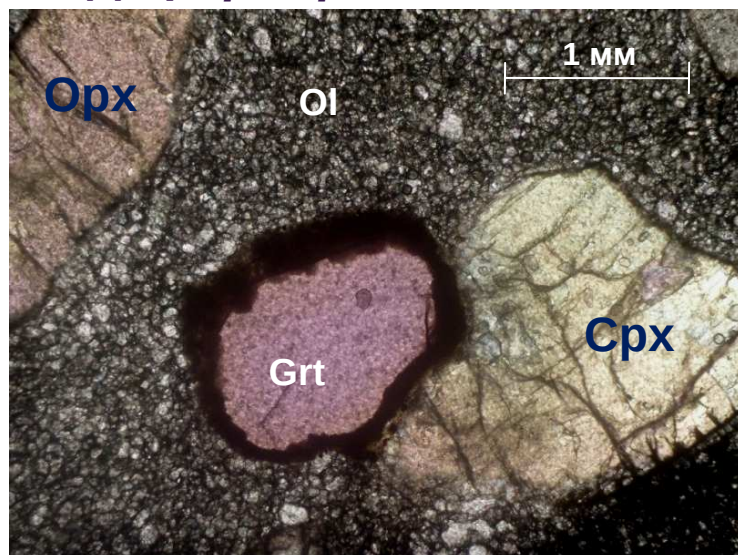


06-288 Гранатовый пироксенит.
Структуры распада клинопироксена с гранатом

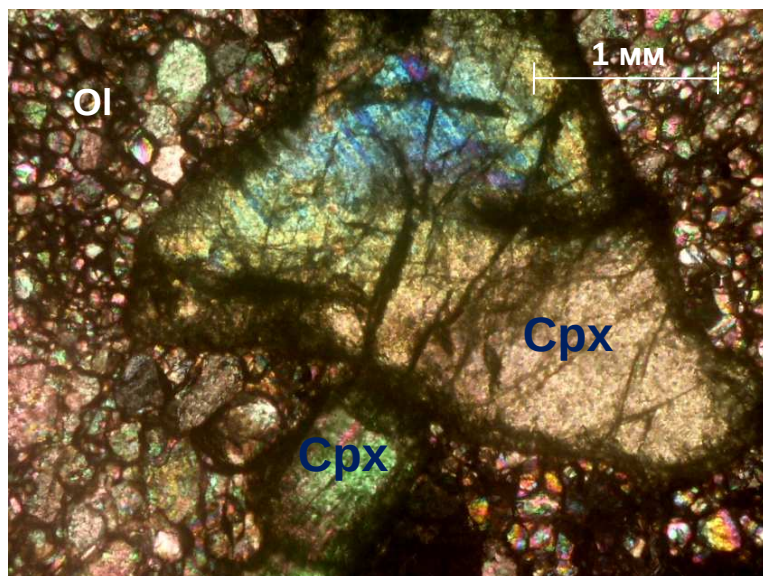


7-370 Ilm-Phl метасоматит по пироксениту
Пластины флогопита и клинопироксена

Гранат-содержащие перидотиты из трубки Удачная Деформированные

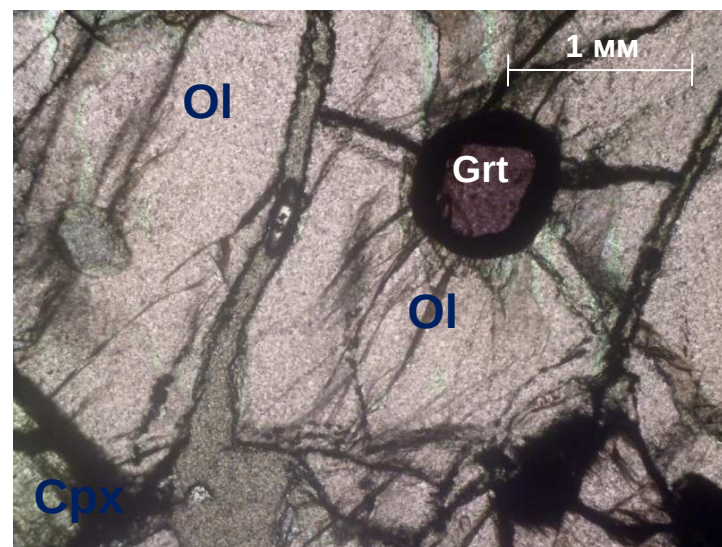


01-289 Grt and Px in Ol-matrix

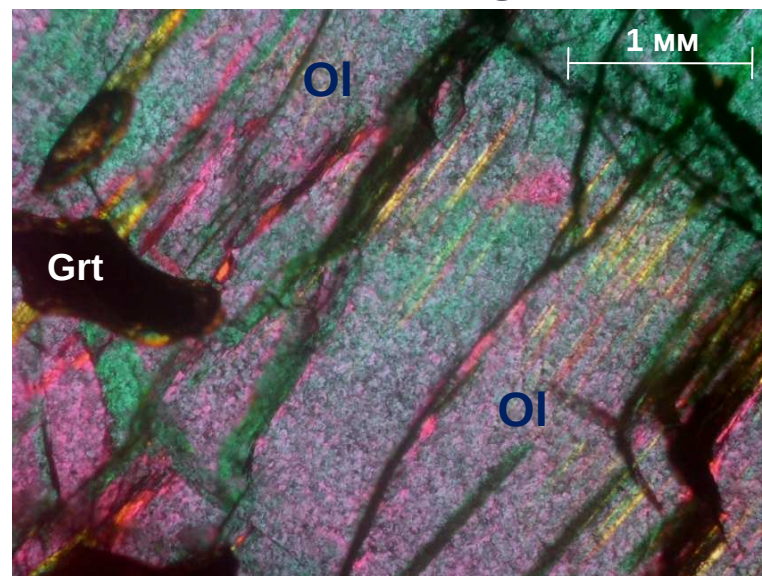


04-108 Cpx in Ol

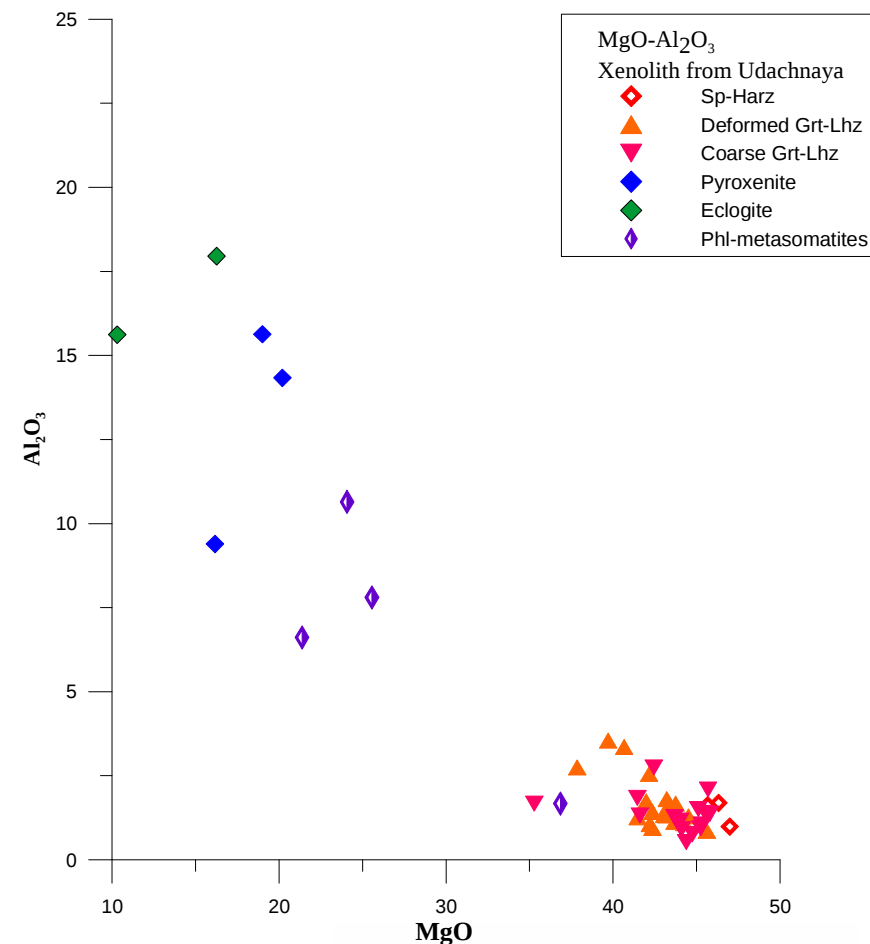
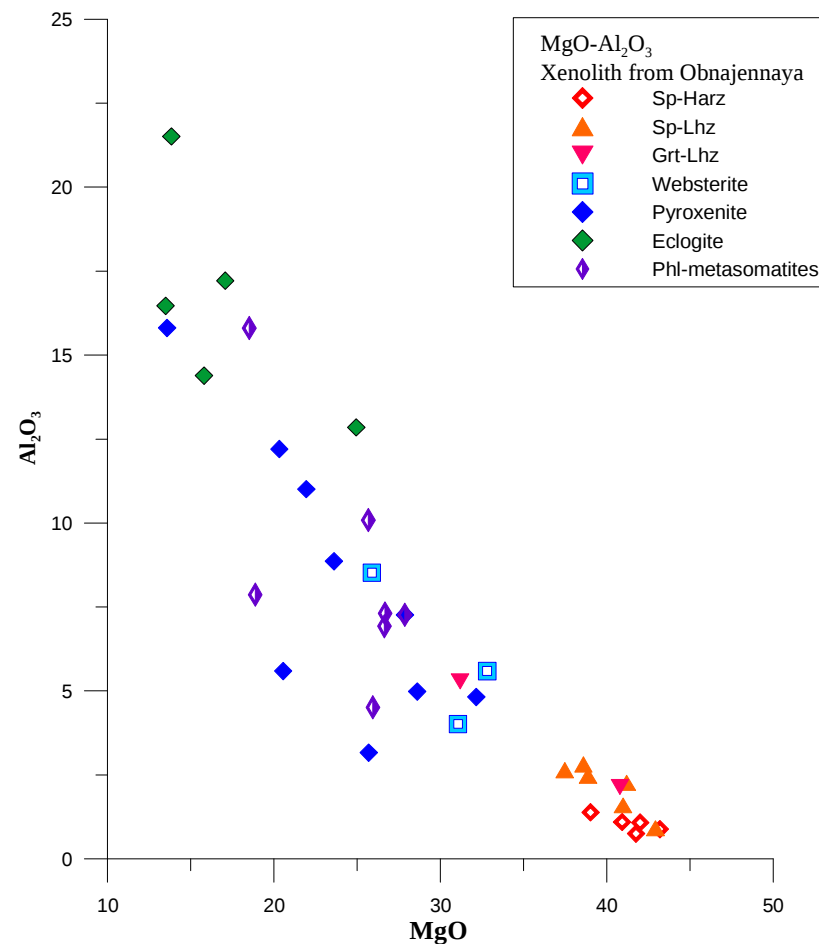
Зернистые



04-137 Grt in coarse-grained Ol

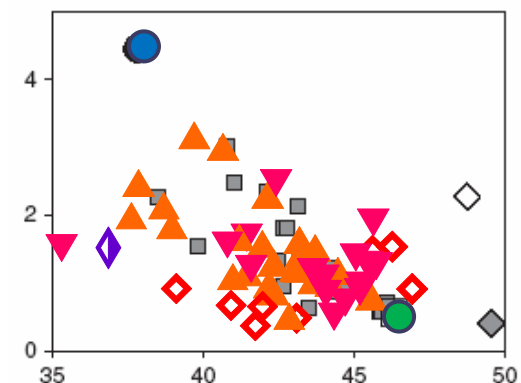


03-13 Grt in Ol



MgO-Al₂O₃ – диаграммы для пород ксенолитов из трубок Обнаженная и Удачная.

Нижняя диаграмма – из [Агашев, 2013] для деформированных лерцолитов из Удачной.
Синий круг – состав примитивной мантии
Зеленый круг – состав кратонных гарцбургитов (McDonough, Rudnick, 1998)



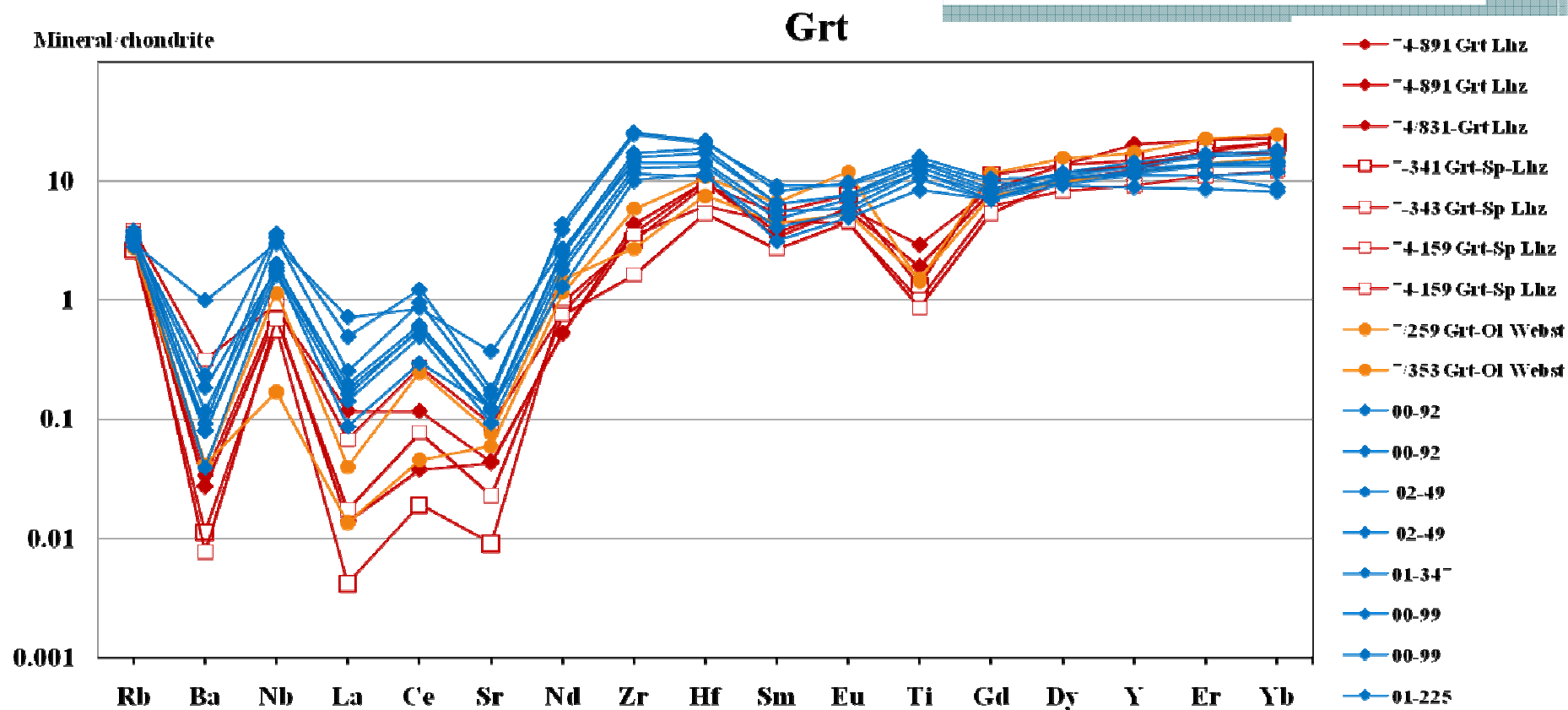


Диаграмма нормированных по хондриту (C1) [по McDonough&Sun, 1995]
концентраций редких элементов в гранатах

Красные линии - зернистые Sp-Grt лерцолиты и Ol-вебстериты из трубки Обнаженная
Синие линии – деформированные крупнопорфировые Grt-лерцолиты из трубки Удачная

Для лерцолитов из трубки Удачная использованы данные
Л.В. Соловьевой [2007, 2008], А.М. Агашева [2013]

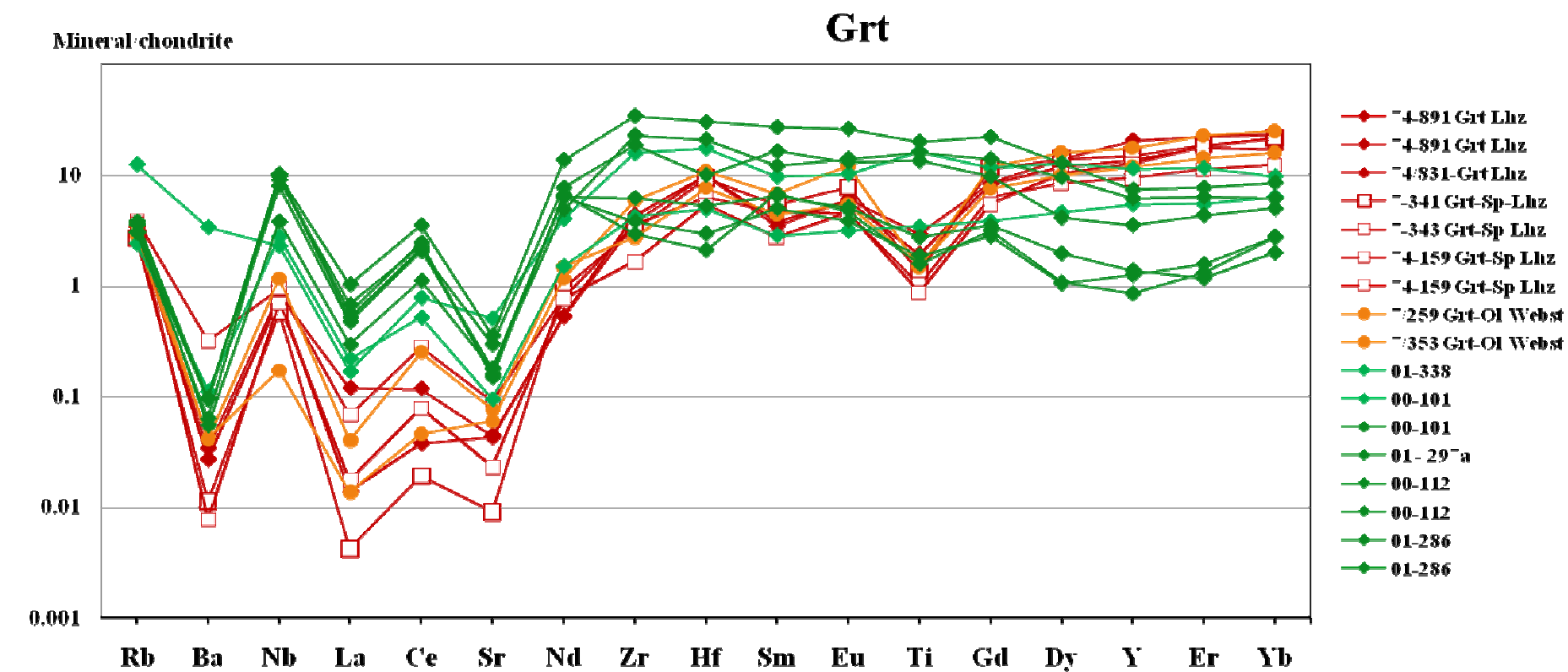


Диаграмма нормированных по хондриту (C1) концентраций редких элементов в гранатах

Красные линии - зернистые Sp-Grt лерцолиты и Ol-вебстериты из трубки Обнаженная

Зеленые линии – мелкопорфировые Grt-лерцолиты из трубки Удачная

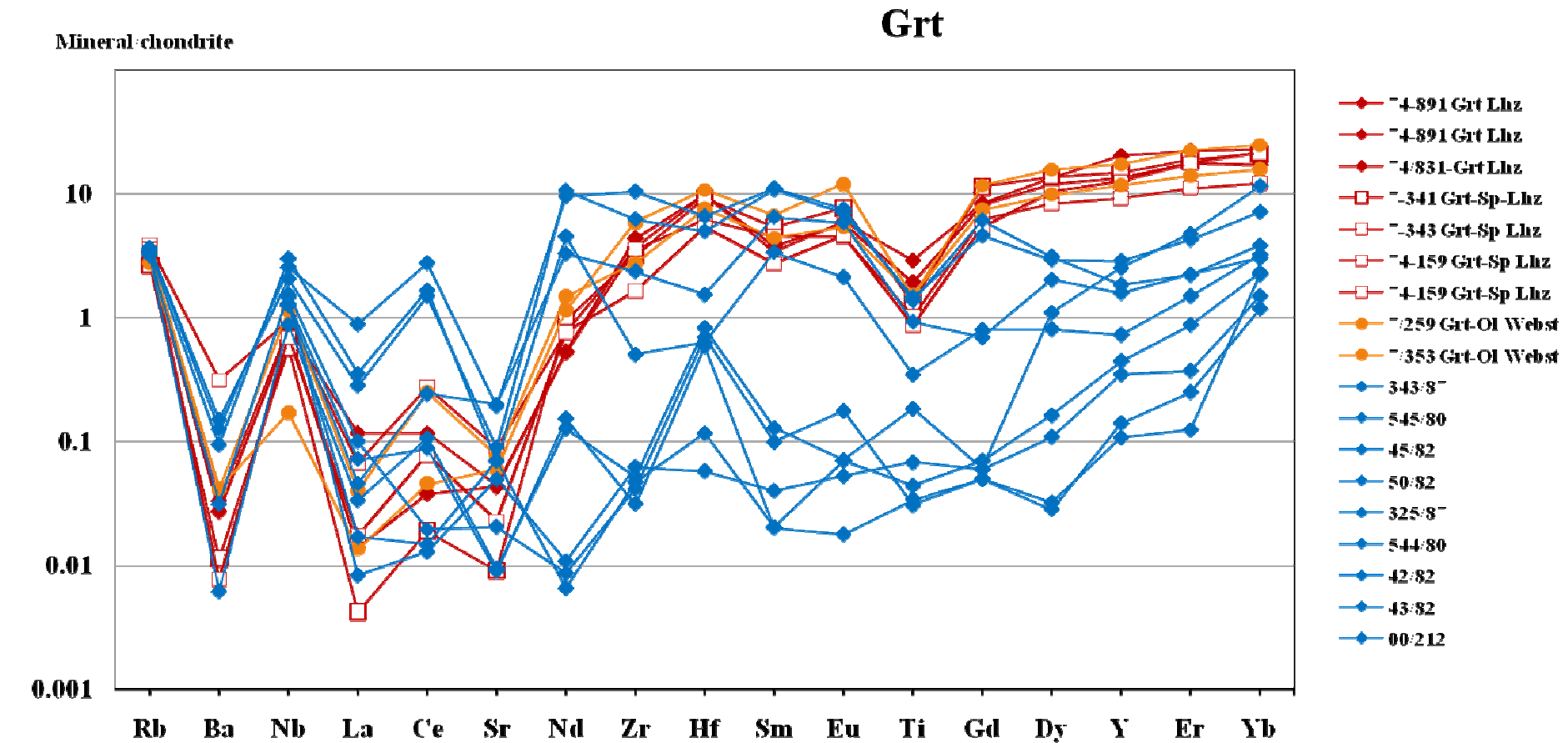
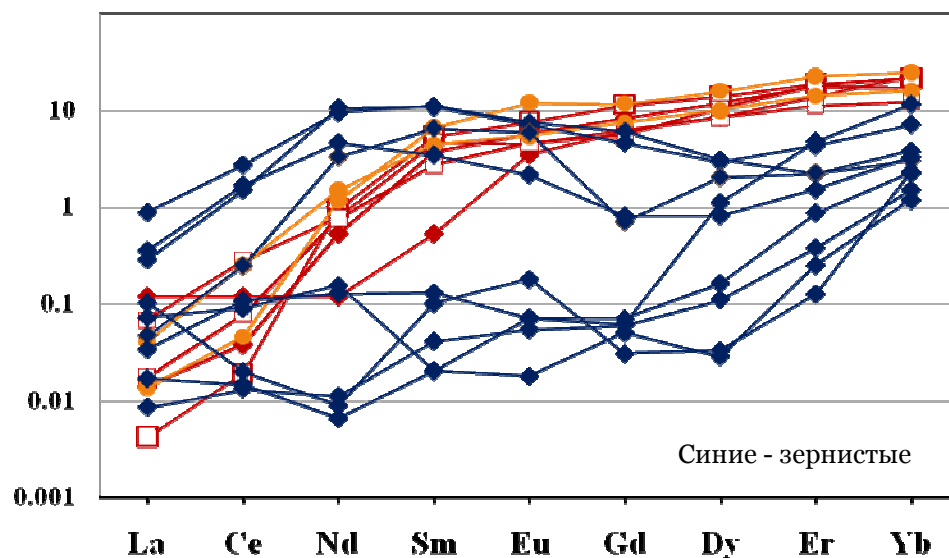
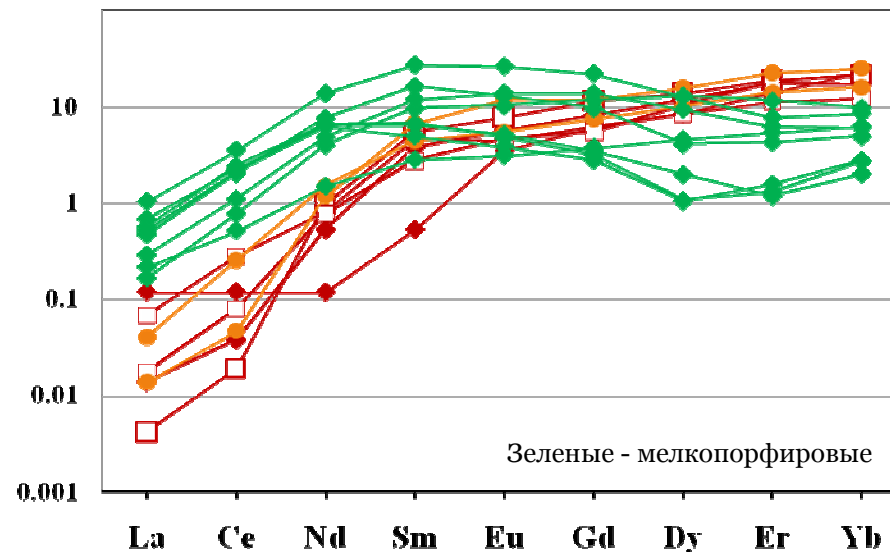
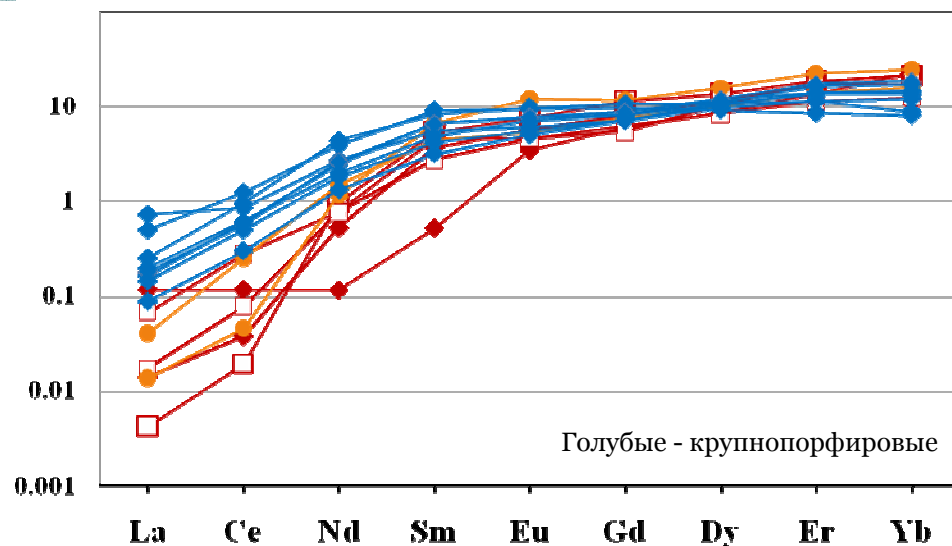


Диаграмма нормированных по хондриту (C1) концентраций редких элементов в гранатах

Красные линии - зернистые Sp-Grt лерцолиты и Ol-вебстериты из трубки Обнаженная
Синие линии – зернистые Grt-лерцолиты из трубки Удачная

Mineral chondrite



Диаграммы нормированных по хондриту
(C1) концентраций редкоземельных
элементов в гранатах

Красные линии - зернистые Sp-Grt
лерцолиты и Ol-вебстериты из трубки
Обнаженная

Синие линии – крупнопорфировые
Grt-лерцолиты из трубки Удачная
Зеленые линии – мелкопорфировые
Grt-лерцолиты из трубки Удачная
Темно-синие линии – зернистые Grt-
лерцолиты из трубки Удачная

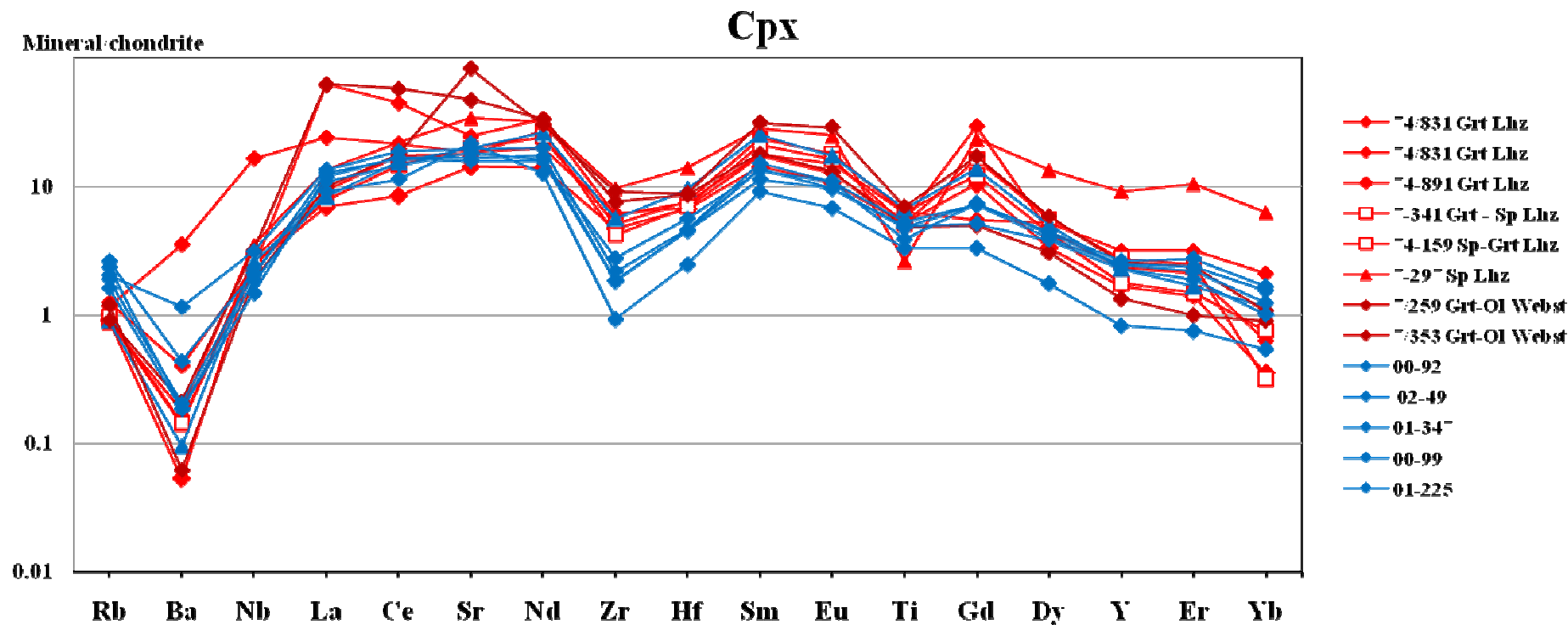


Диаграмма нормированных по хондриту (C1) [по McDonough&Sun, 1995] концентраций редких элементов в клинопироксенах

Красные линии - зернистые Sp-Grt лерцолиты и Ol-вебстериты из трубки Обнаженная
Синие линии – деформированные крупнопорфировые Grt-лерцолиты из трубки Удачная

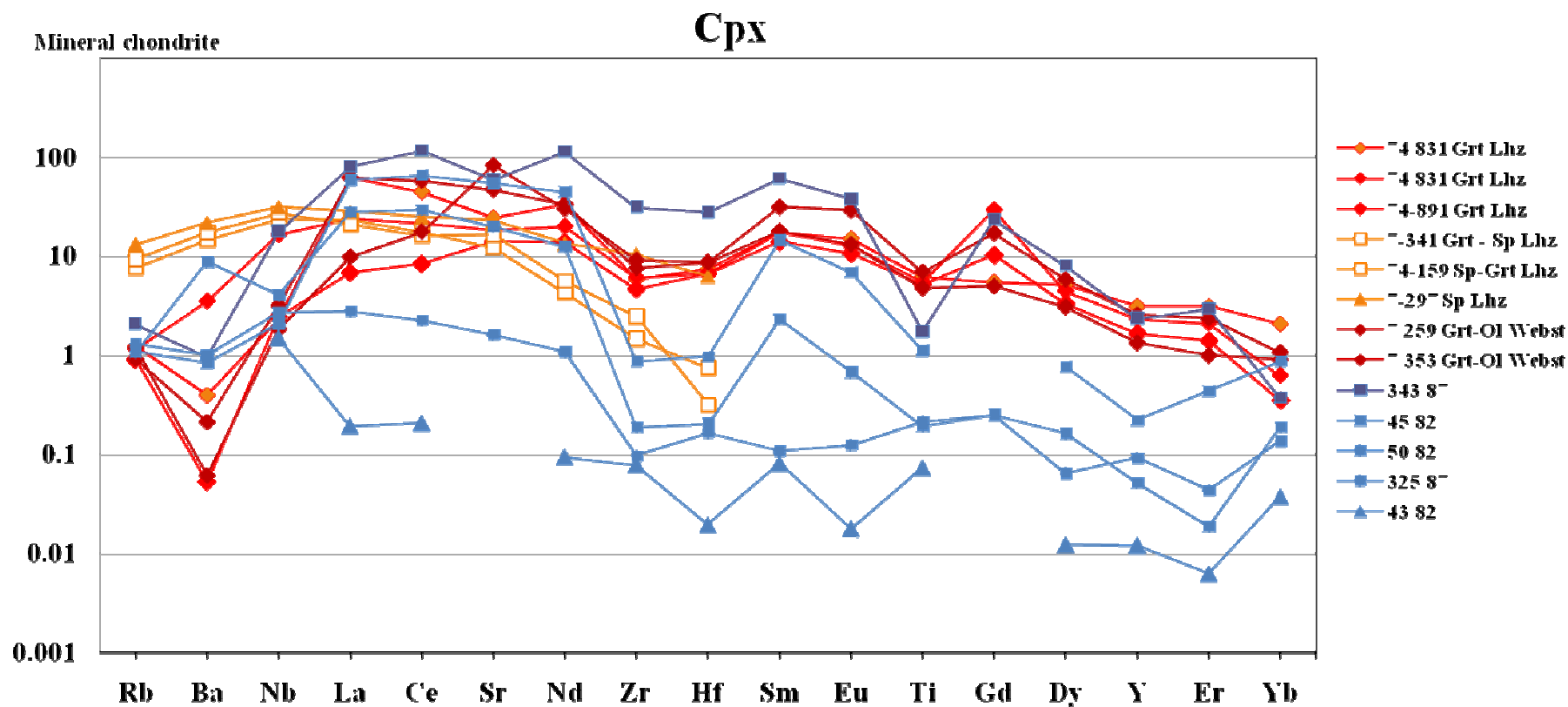
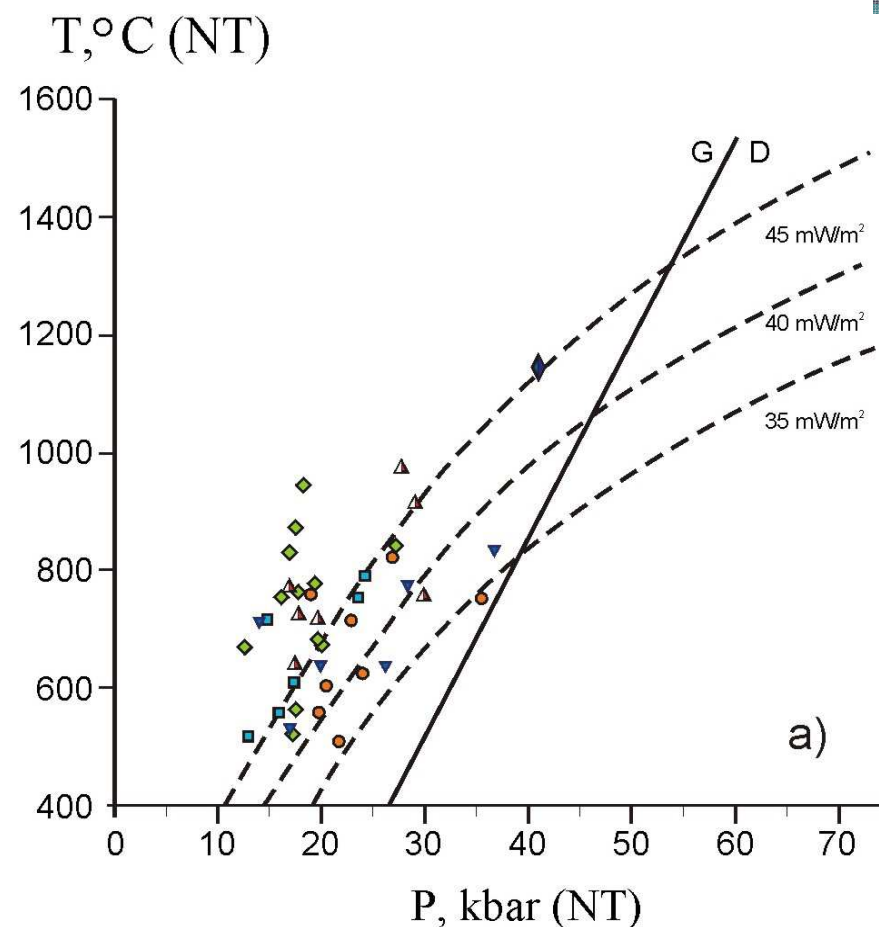
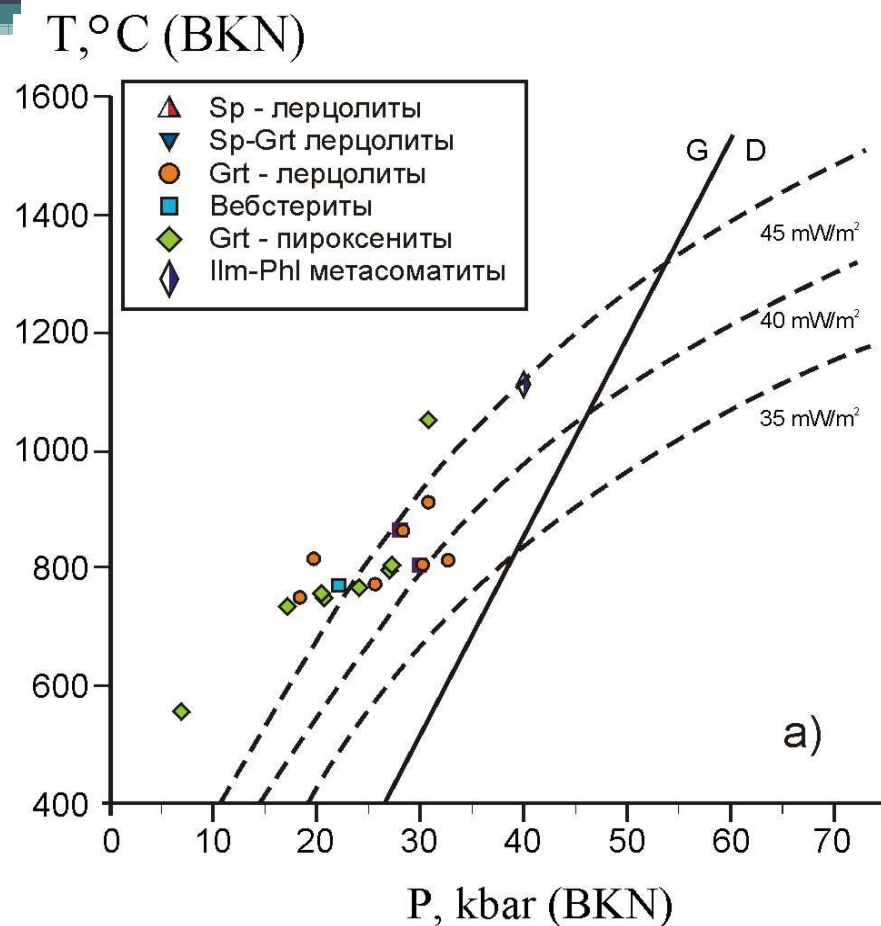


Диаграмма нормированных по хондриту (C1) концентраций редких элементов в клинопироксенах

Красные линии - зернистые Sp-Grt лерцолиты и Ol-вебстериты из трубки Обнаженная
Синие линии – зернистые Grt-лерцолиты из трубки Удачная



Р-Т диаграмма для мантийных ксенолитов из трубки Обнаженная

Использованы геотермобарометры –

BKN – Brey&Kohler, 1990

(Т – клино-пироксеновый – ортопироксеновый сольвус (Ca-Mg распределение)

Р – распределение Al между Grt и Opx)

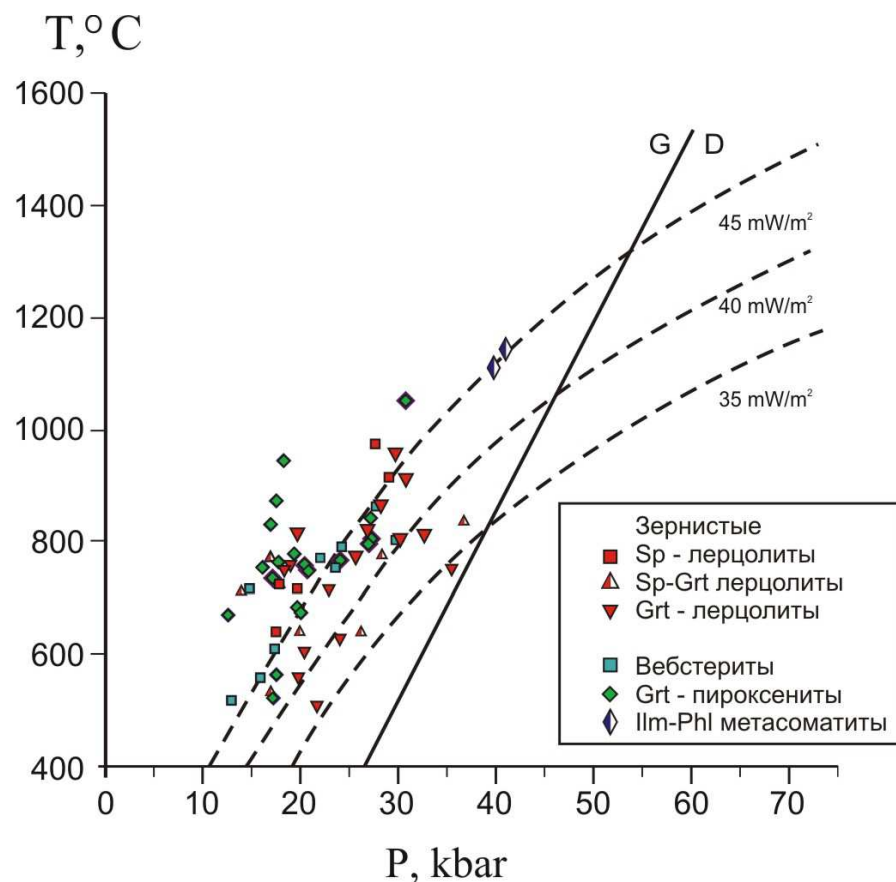
NT – Nimis&Taylor, 2000

(Т - Использование растворения энстатитового минала в клинопироксене – Ca-Mg

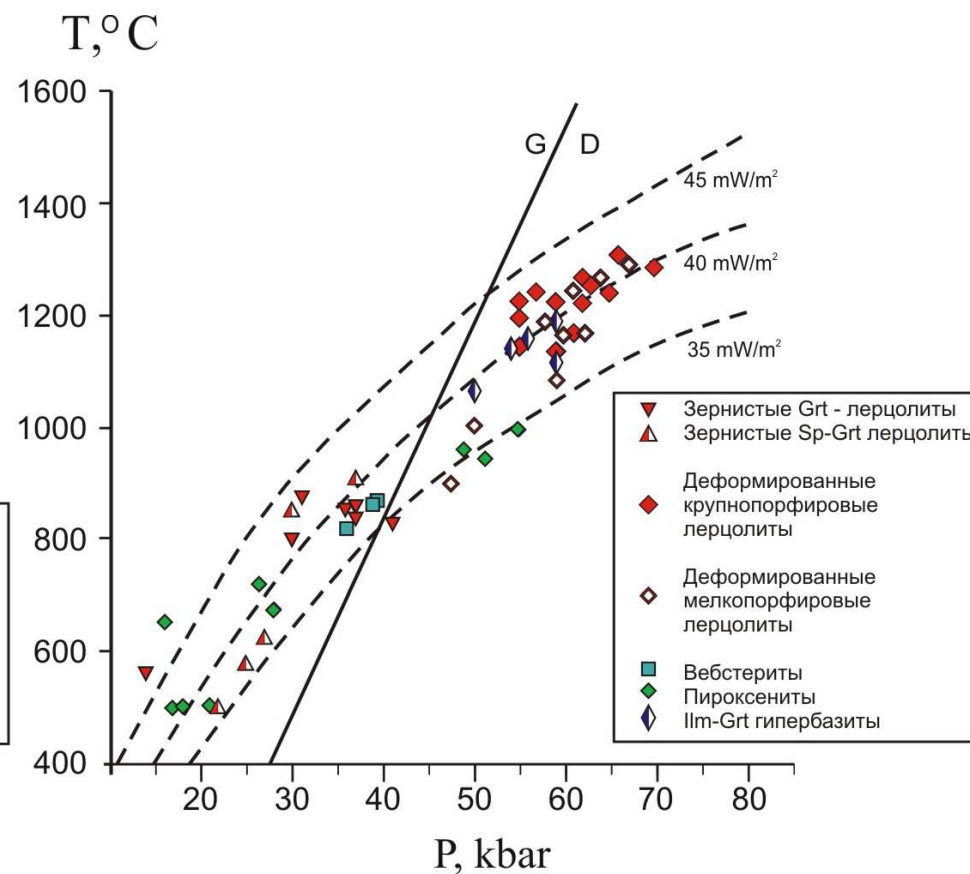
Р - Распределение Cr в клинопироксене в ассоциации с гранатом)



Трубка Обнаженная



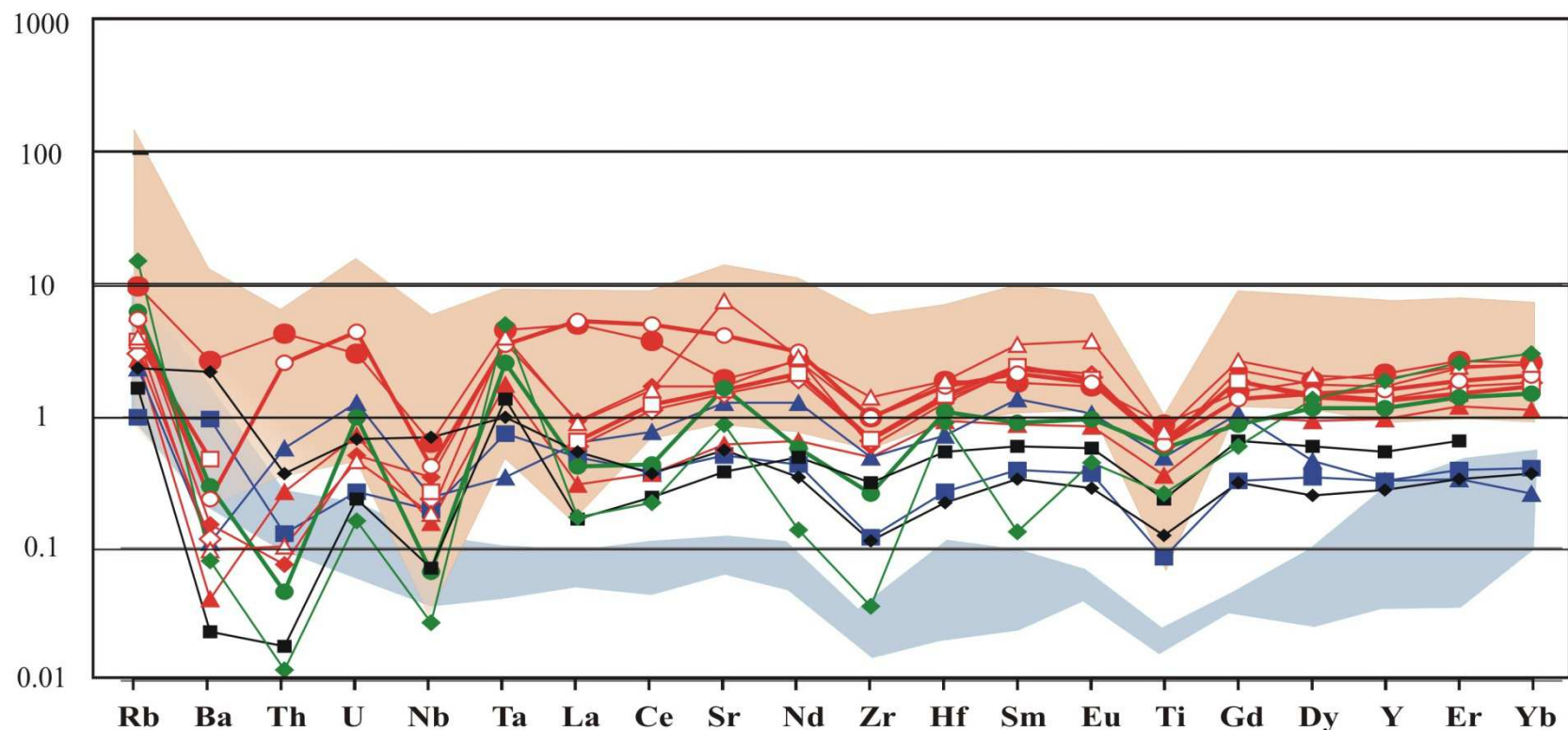
Трубка Удачная



Р-Т диаграмма для мантийных ксенолитов из трубок Удачная и Обнаженная. Для трубки Удачная использованы литературные данные [Соловьева и др, 1994; Уханов, 1988; Boyd et al, 1997])

Rock/PM

Обнаженная - Валовые содержания



Красные линии – Grt, Sp-Grt лерцолиты, Ol-вебстериты

Синие линии - Sp-Grt лерцолиты обедненного типа (с высоким кол-вом Ol)

Зеленые линии – Fe-Пироксениты

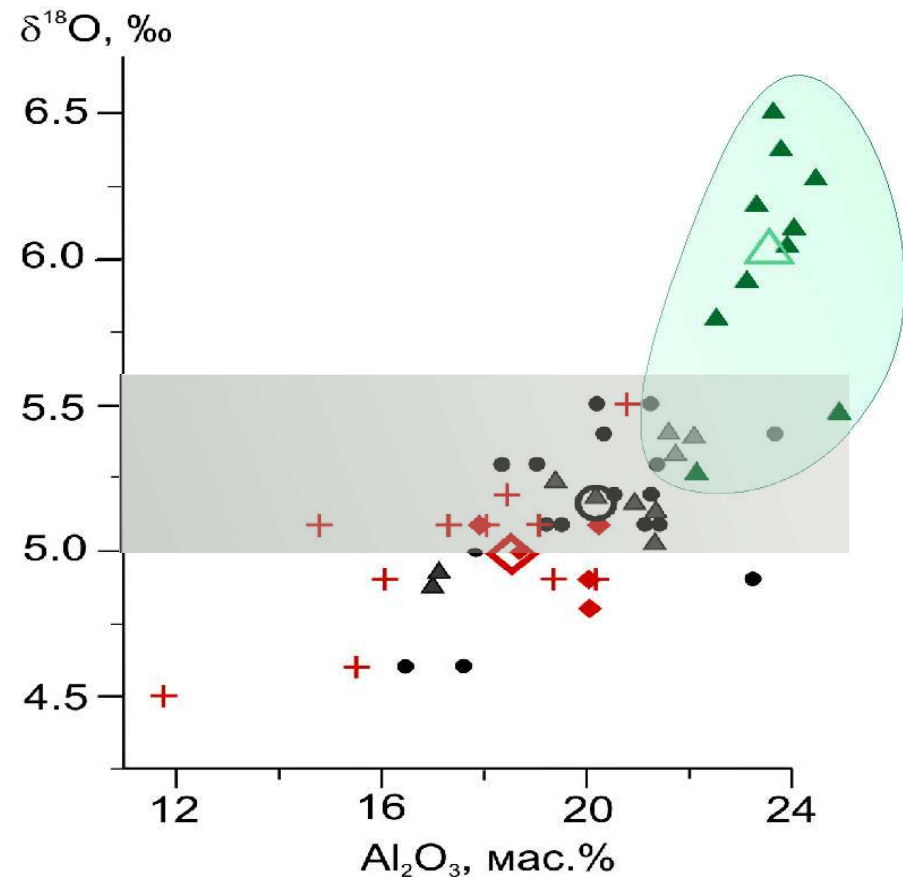
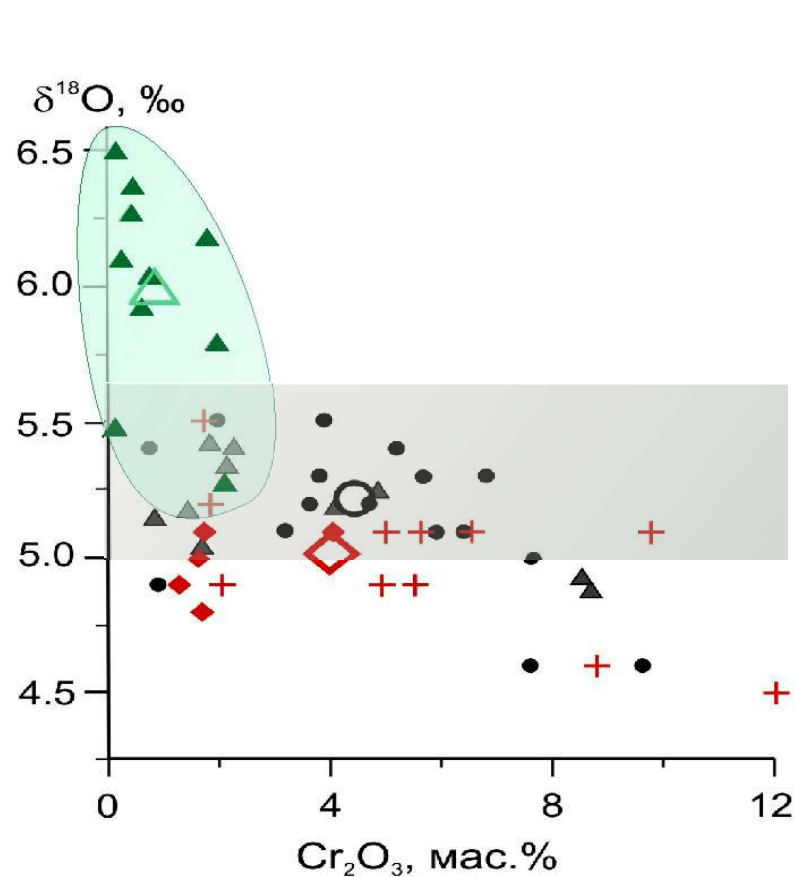
Черные линии – Ортопироксениты

Голубое поле – составы для Grt, Sp-Grt лерцолитов из трубки Удачная

Оранжевое поле – составы офиолитов по литературным данным

(Ilbeily, 2013 – Турция; Yang, 2009 -Тянь-Шань;

Zhang, 2013 - Внутренняя Монголия)



Зависимость величины $\delta^{18}\text{O}$ от Cr_2O_3 и Al_2O_3 в гранатах (Костровицкий и др., 2012)

Красные значки - трубка Удачная - деформированные гранатовые перидотиты

Черные значки – трубка Удачная - зернистые перидотиты

Зеленые значки (по L.Taylor et.al., 2005) - трубка **Обнаженная** - зернистые перидотиты

Крупные значки - средние значения в группах.

Серое поле- диапазон $\delta^{18}\text{O}$ в мантийных минералах [Mattey, 2003].

Выводы

- 1. По распределению редких элементов зернистые лерцолиты из трубки Обнаженная наиболее близки к деформированным крупнопорфировым лерцолитам из трубки Удачная, что может указывать на их магматическую природу как отражение равновесного процесса кристаллизации из расплавов базитового состава.
- 2. В трубке Обнаженная выделяется группа Sp, Grt-Sp, Grt - лерцолитов, Ol-вебстеритов, пироксенитов - пород, близких по форме кривых распределения редких элементов и с узким интервалом вариаций, что позволяет предположить существование расслоенной серии. Петрографические особенности указывают на кристаллизацию данной серии в шпинелевой зоне. Утяжеленный изотопный состав кислорода свидетельствует о влиянии флюидов-расплавов, сформировавшихся в субдукционной зоне.

Спасибо за внимание!



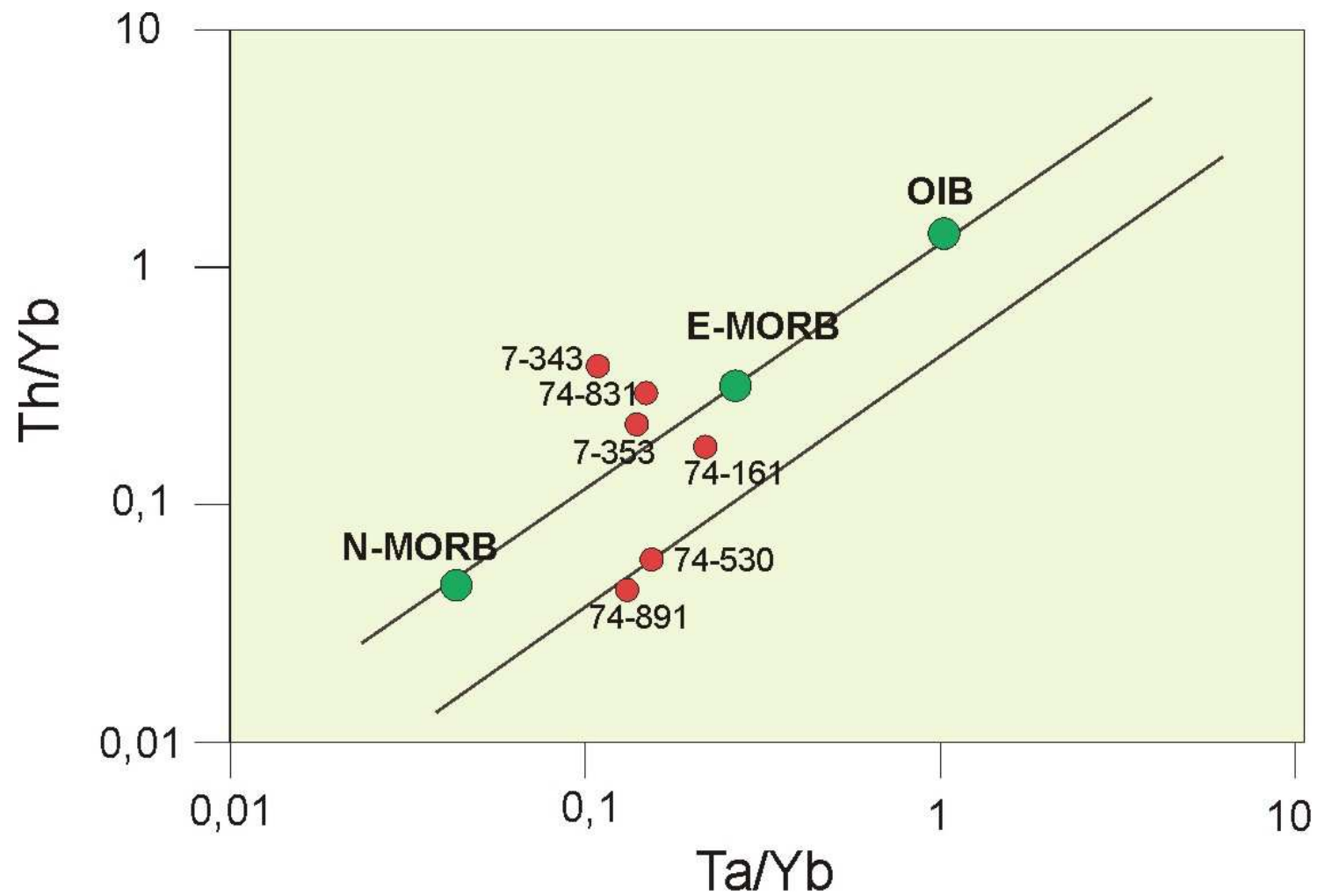
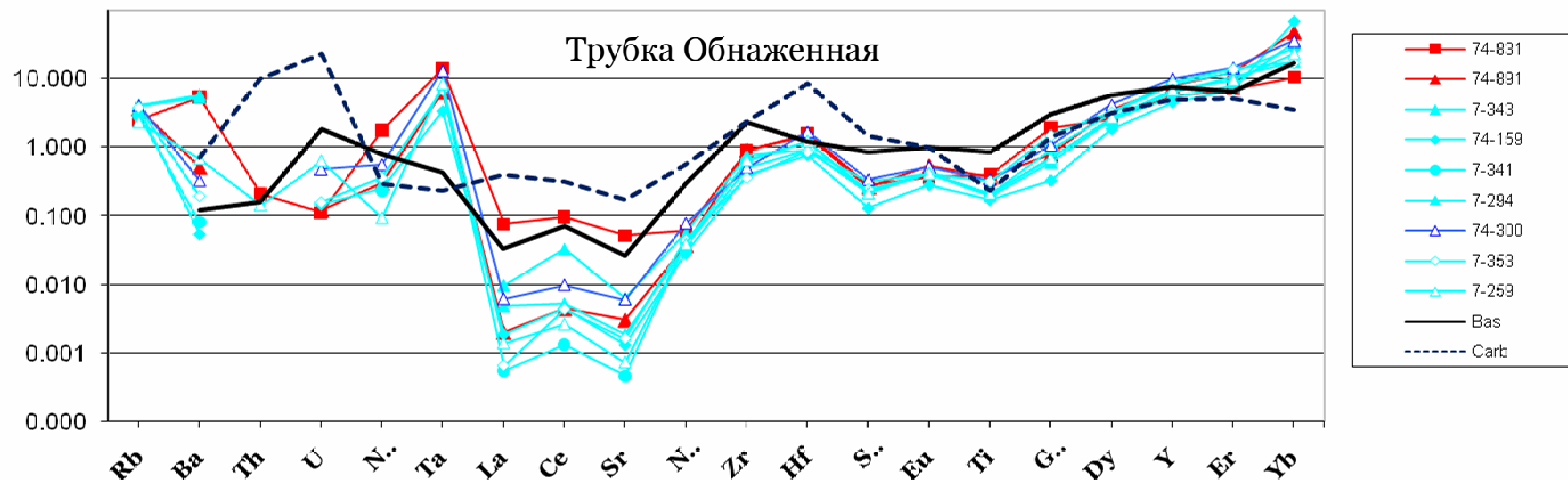


Диаграмма Ta/Yb – Th/Yb для образцов из трубки Обнаженная

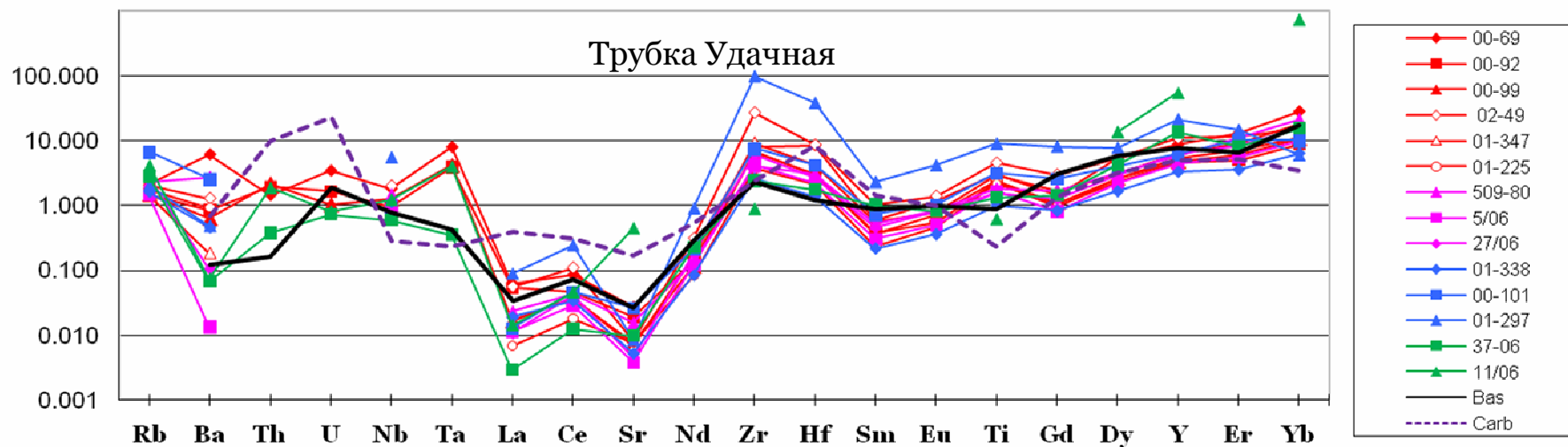


Красные – Sp-Grt лерцолиты

Голубые – Ol-вебстериты и вебстериты

Черная линия – распределение гранат-клинопироксен в базальтовом расплаве

Синяя линия - распределение гранат-клинопироксен в карбонатитовом расплаве



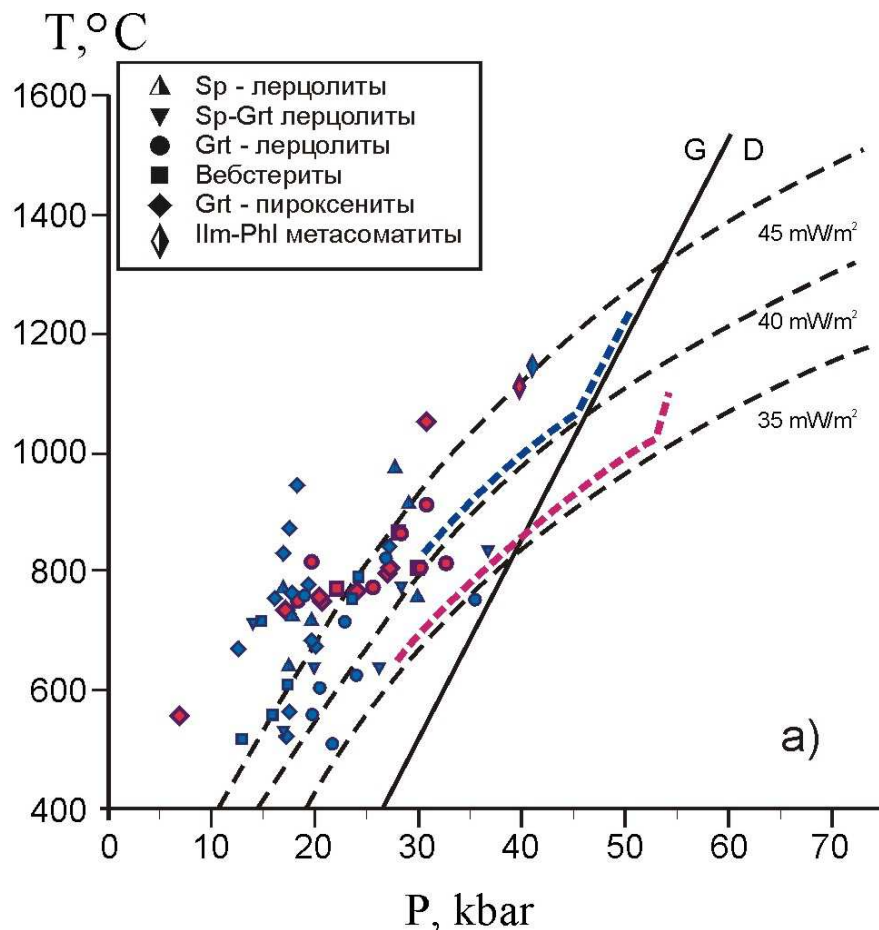
Красные – Sp-Grt лерцолиты

Голубые – Ol-вебстериты и вебстериты

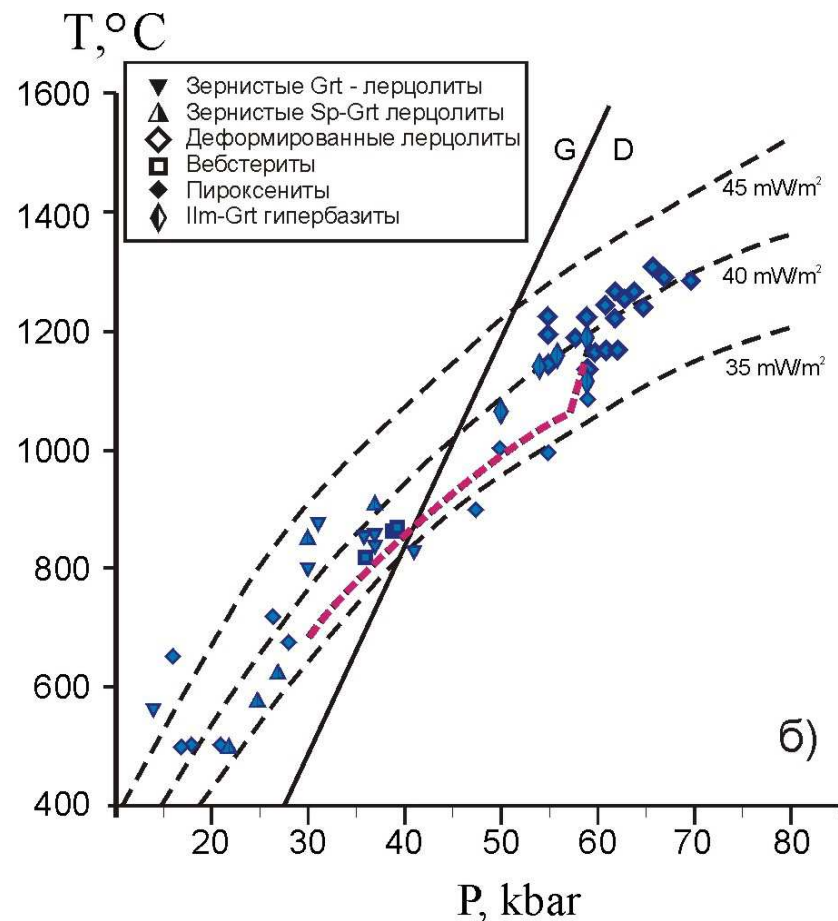
Зеленые – зернистые лерцолиты

Коэффициенты распределения редких элементов гранат-клинопироксен

Трубка Обнаженная



Трубка Удачная



Для Удачной использованы литературные данные [Соловьева и др, 1994; Уханов, 1988])

1 – геотерма для Нижне-Оленекского поднятия (J_2 -MZ);

2 – геотерма для Кутюнгского грабена (Оленекское поднятие; D_2 -PZ)
[Pokhilenko et. al., 1999]

BKN – Brey&Kohler, 1990

NT – Nimis&Taylor, 2000

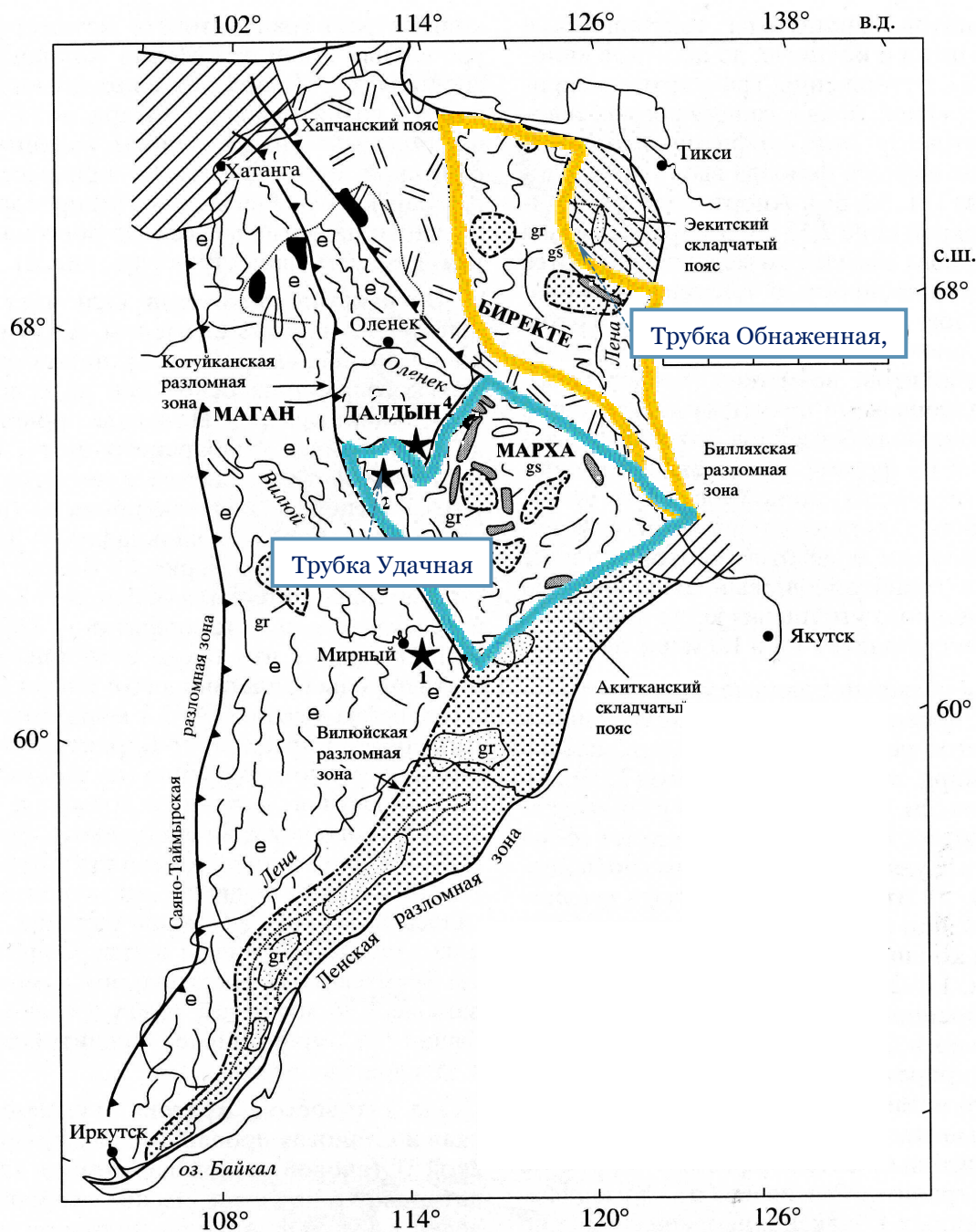
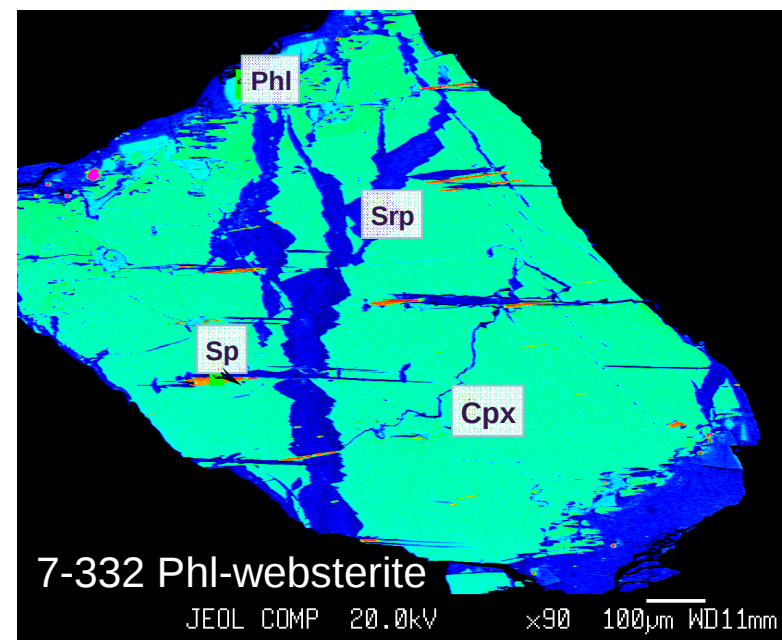
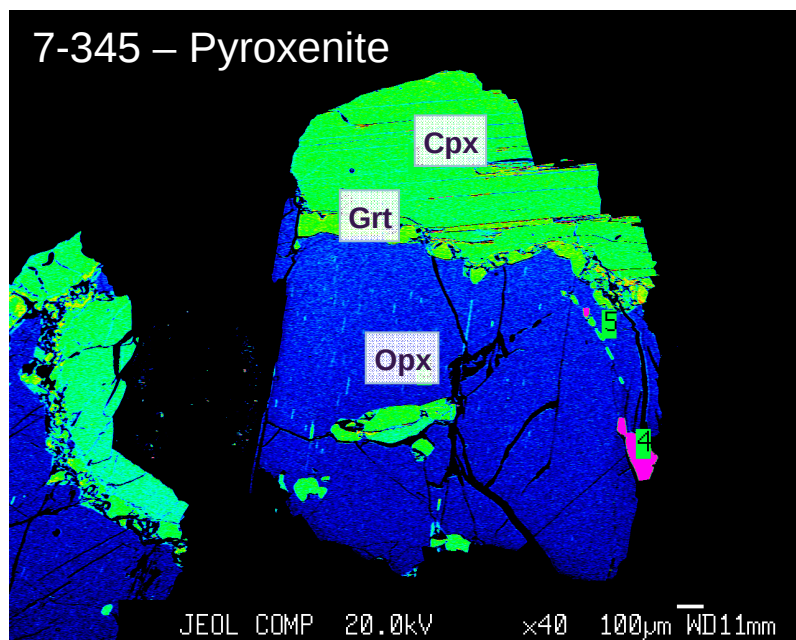
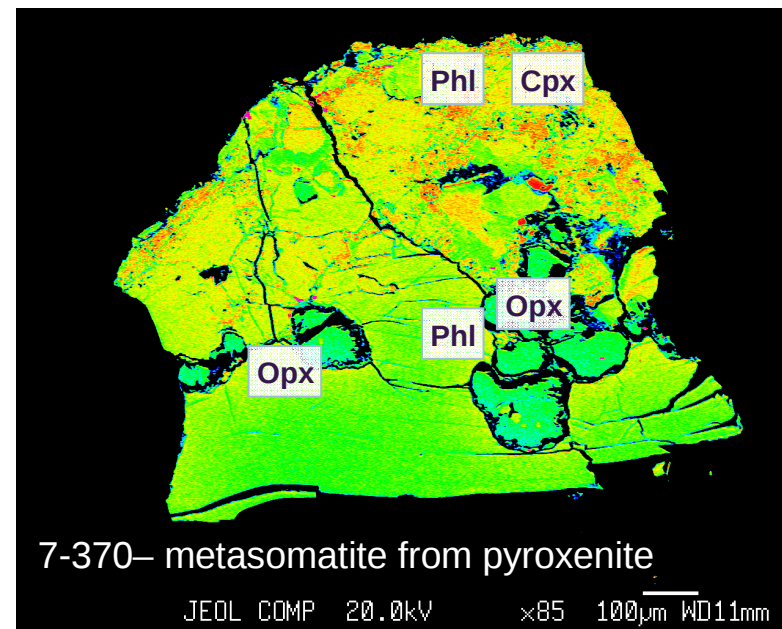
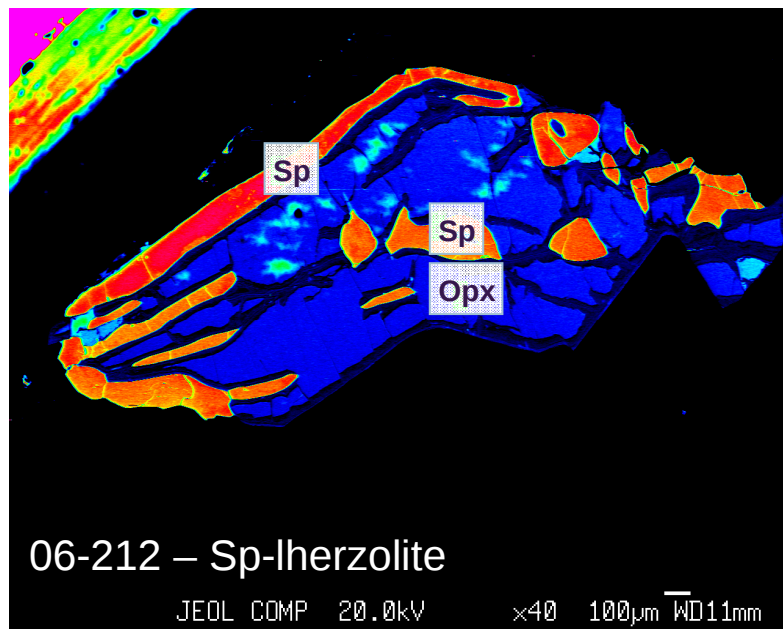


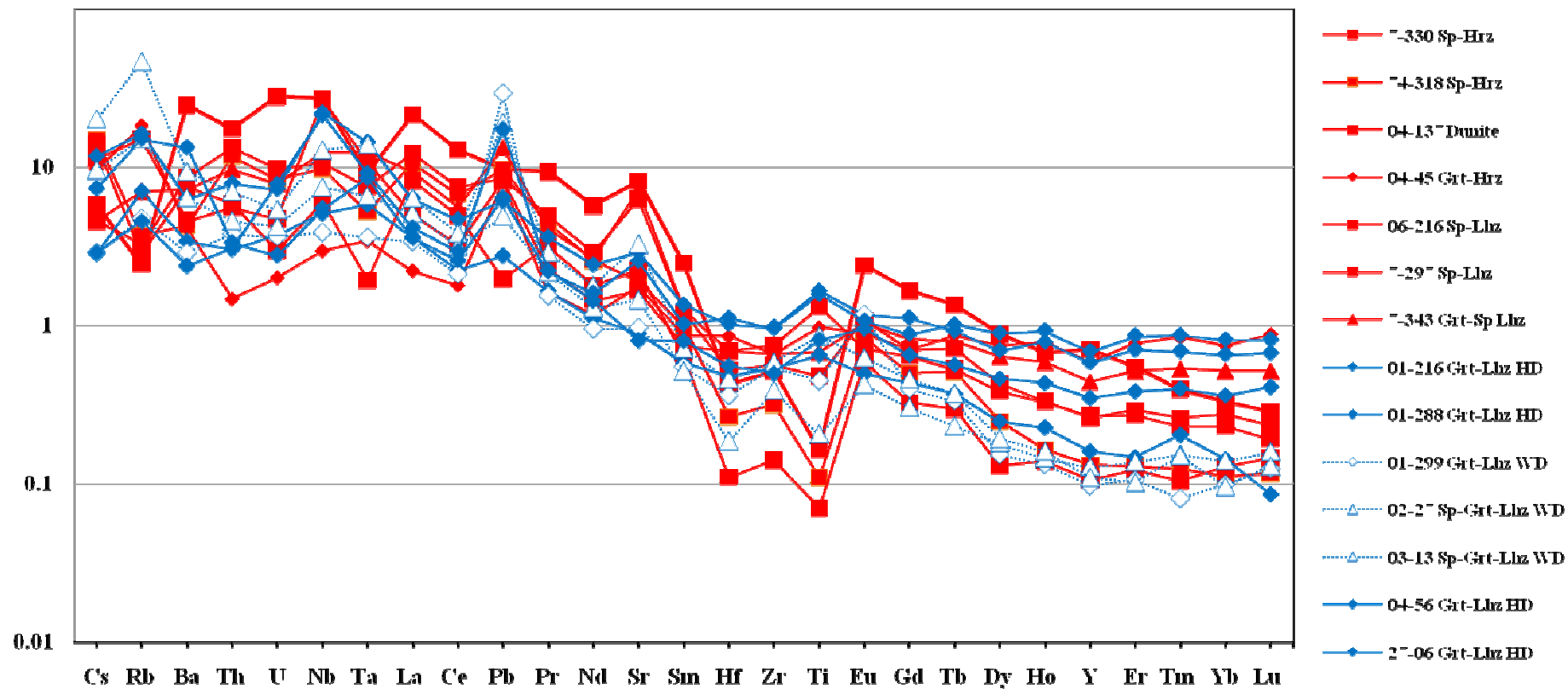
Схема тектонического
строения
северо-востока
Сибирского кратона
(по О.М. Розену, 2003)

Желтое поле –
Биректинский
террейн

Голубое поле –
Мархинский террейн



Rock/primitive mantle

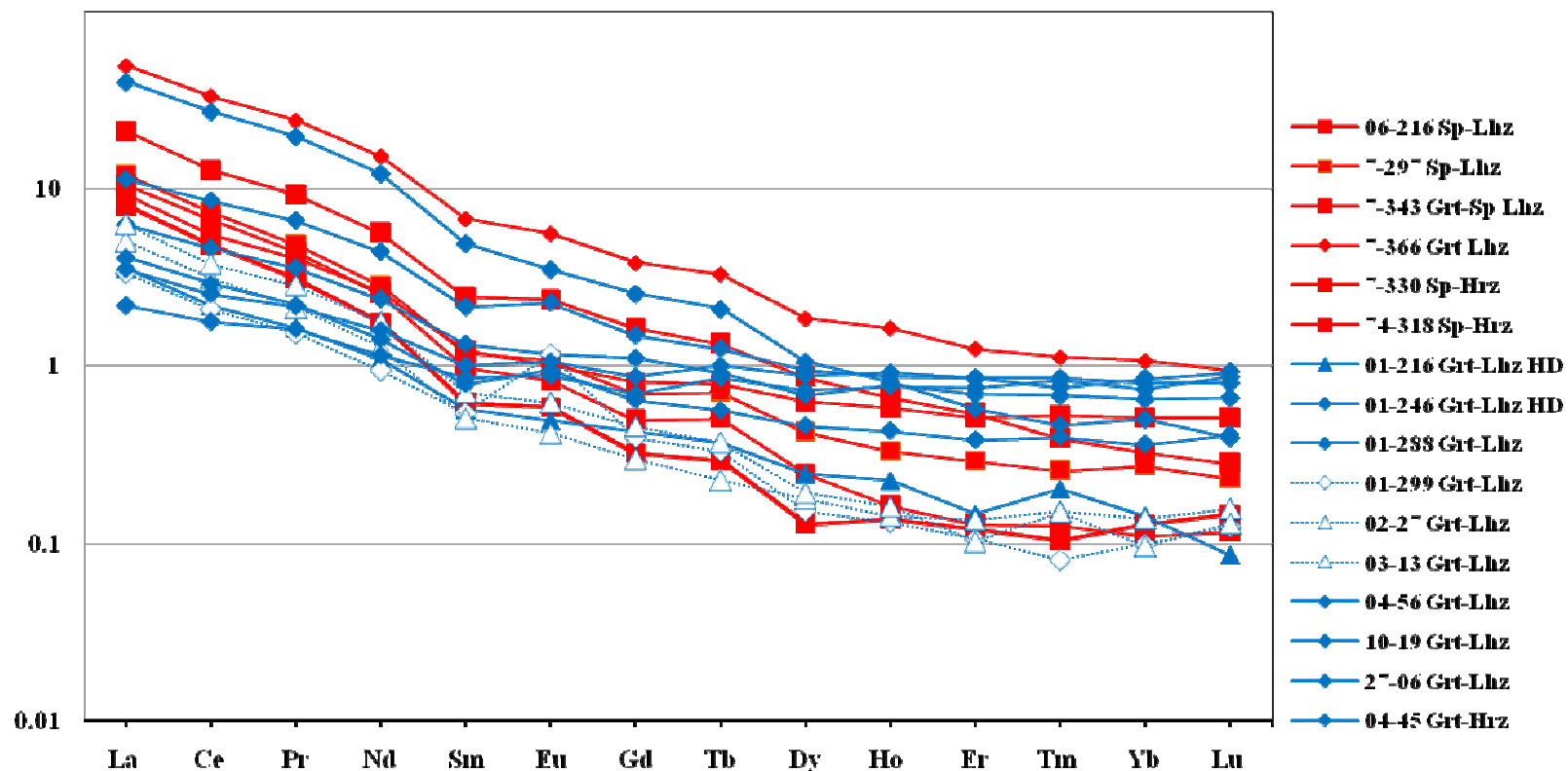


Распределение концентраций редких элементов в валовых пробах **лерцолитов**,
нормированное по РМ [McDonough&Sun, 1995]

Красные линии - трубка **Обнаженная**

Синие линии –трубка **Удачная**

Rock: primitive mantle

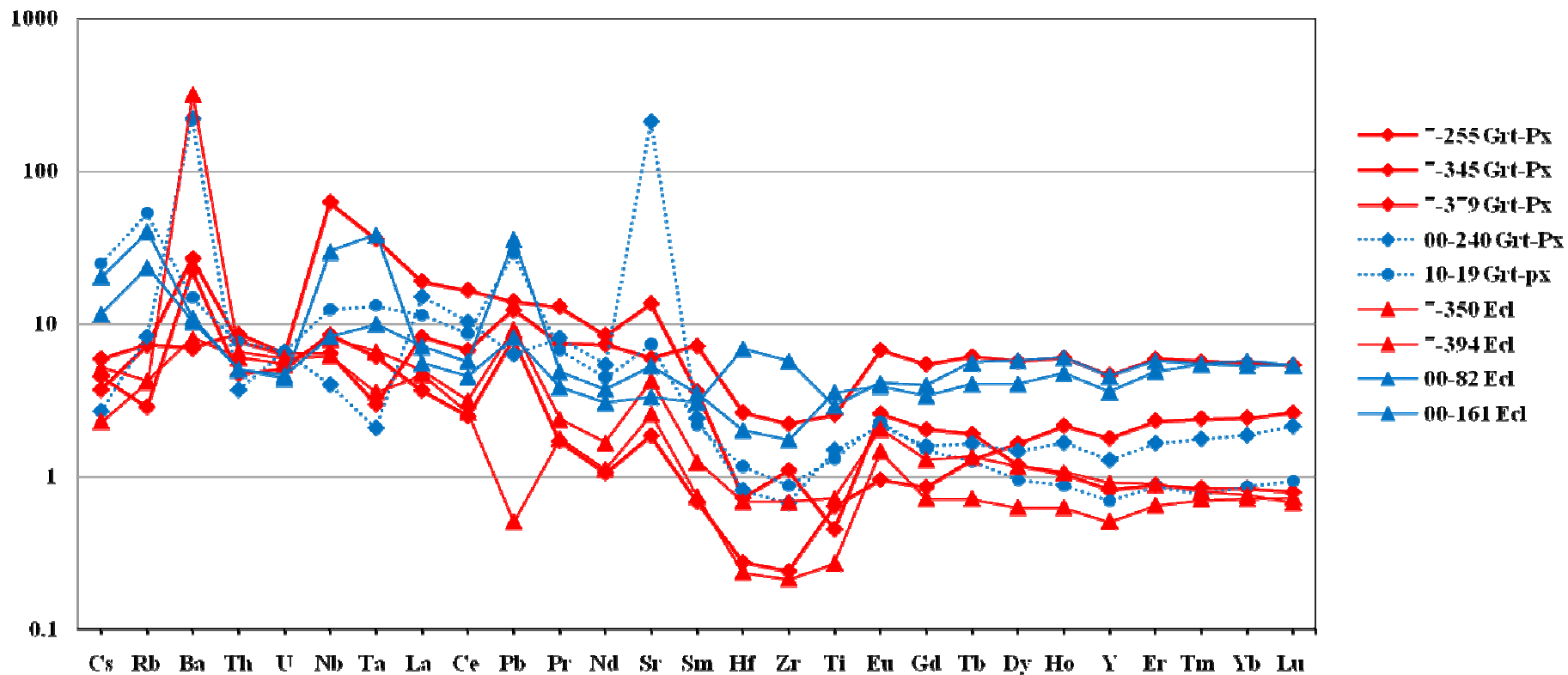


Распределение концентраций редкоземельных элементов в валовых пробах **лерцолитов**, нормированное по РМ [McDonough&Sun, 1995]

Красные линии - трубка **Обнаженная**

Синие линии –трубка **Удачная**

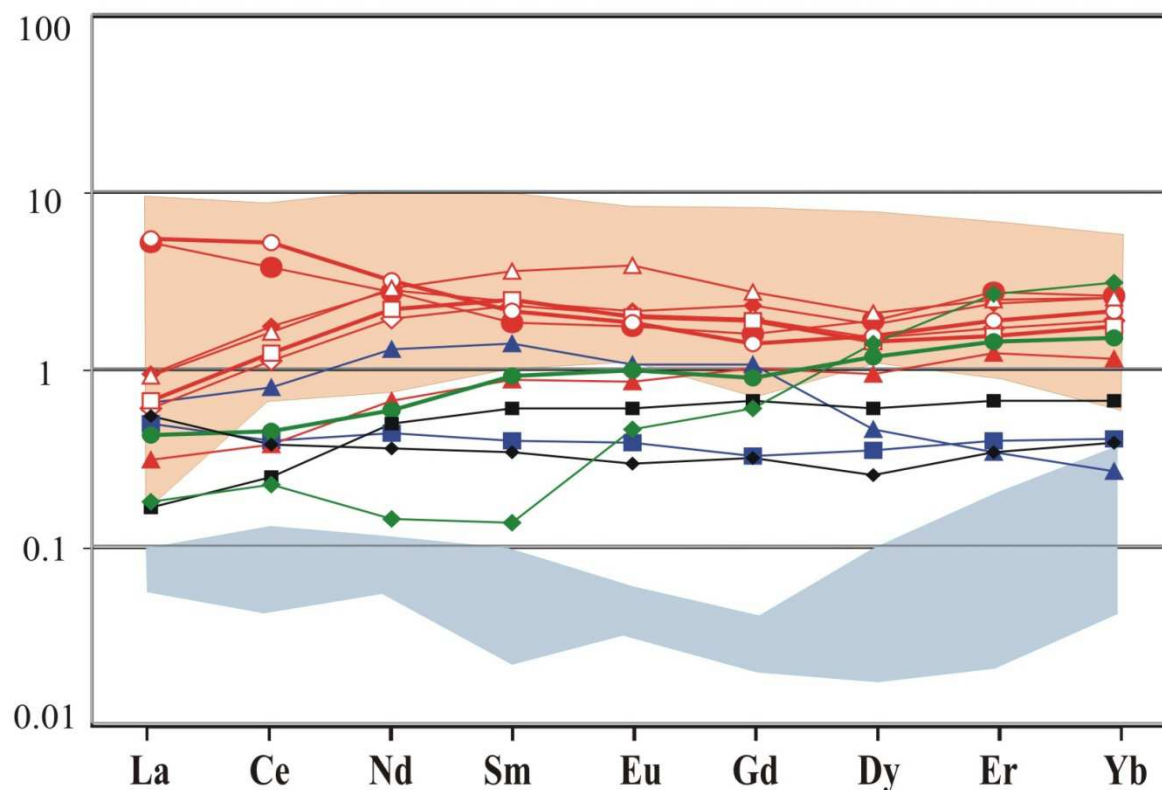
Rock/primitive mantle



Нормированное по РМ распределение концентраций редких элементов в валовых пробах
эклогитов-пироксенитов

Красные линии - трубка Обнаженная
Синие линии - трубка Удачная

Rock/PM



Красные линии – Grt, Sp-Grt лерцолиты, Ol-вебстериты

Синие линии - Sp-Grt лерцолиты обедненного типа (с высоким кол-вом Ol)

Зеленые линии – Fe-Пироксениты

Черные линии – Ортопироксениты

Голубое поле – составы для Grt, Sp-Grt лерцолитов из трубки Удачная

Оранжевое поле – составы офиолитов по литературным данным

(Ilbeily, 2013 – Турция; Yang, 2009 -Тянь-Шань;

Zhang, 2013 - Внутренняя Монголия)

Zr, ppm

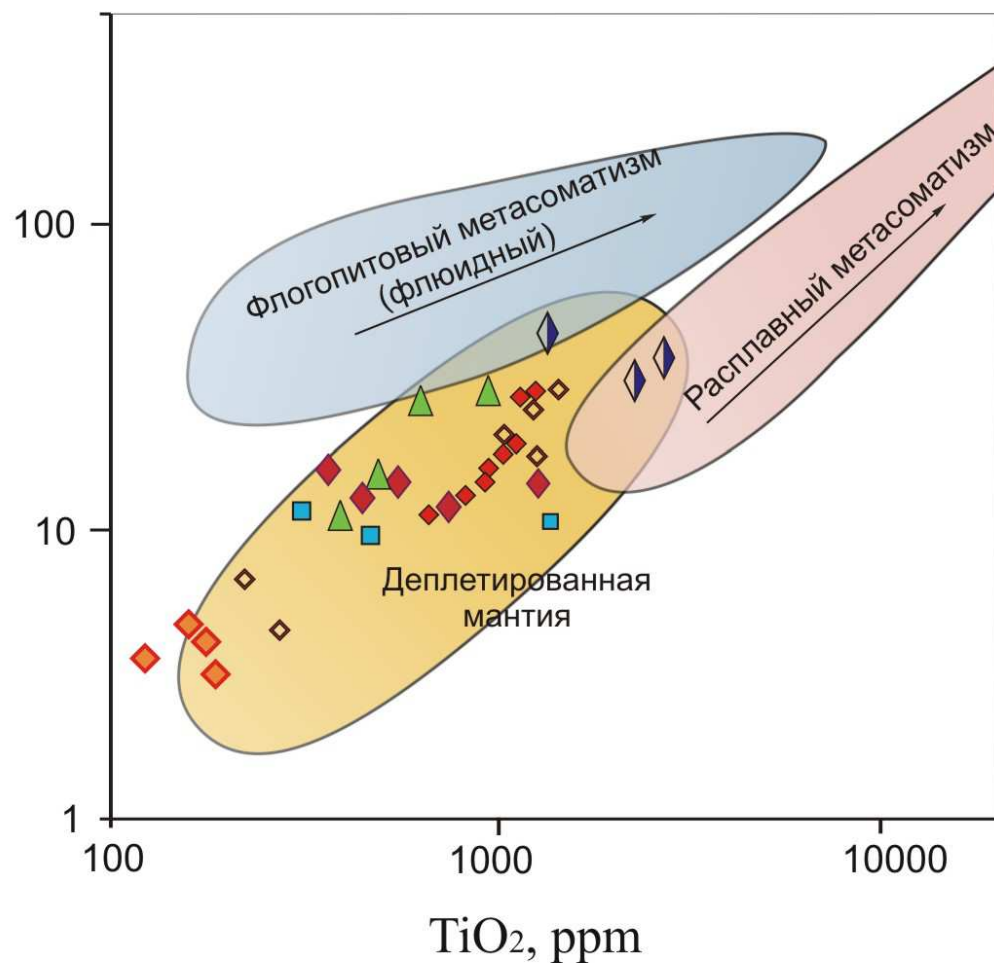


График TiO₂-Zr в гранатах (по Griffin et. al., 1999)