

Геохимические особенности и возраст нижней коры Якутской алмазоносной провинции

Шацкий^{1,2} В.С., Мальковец² В.Г., Бузлукова² Л.В., Белоусова³ Е.А.,
Гриффин³ В.Л., О'Рэйлли³ С

¹Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН . г. Иркутск,

²Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск,

*³Национальный исследовательский центр "ГЕМОС", Университет Маккуори,
Сидней, Австралия*



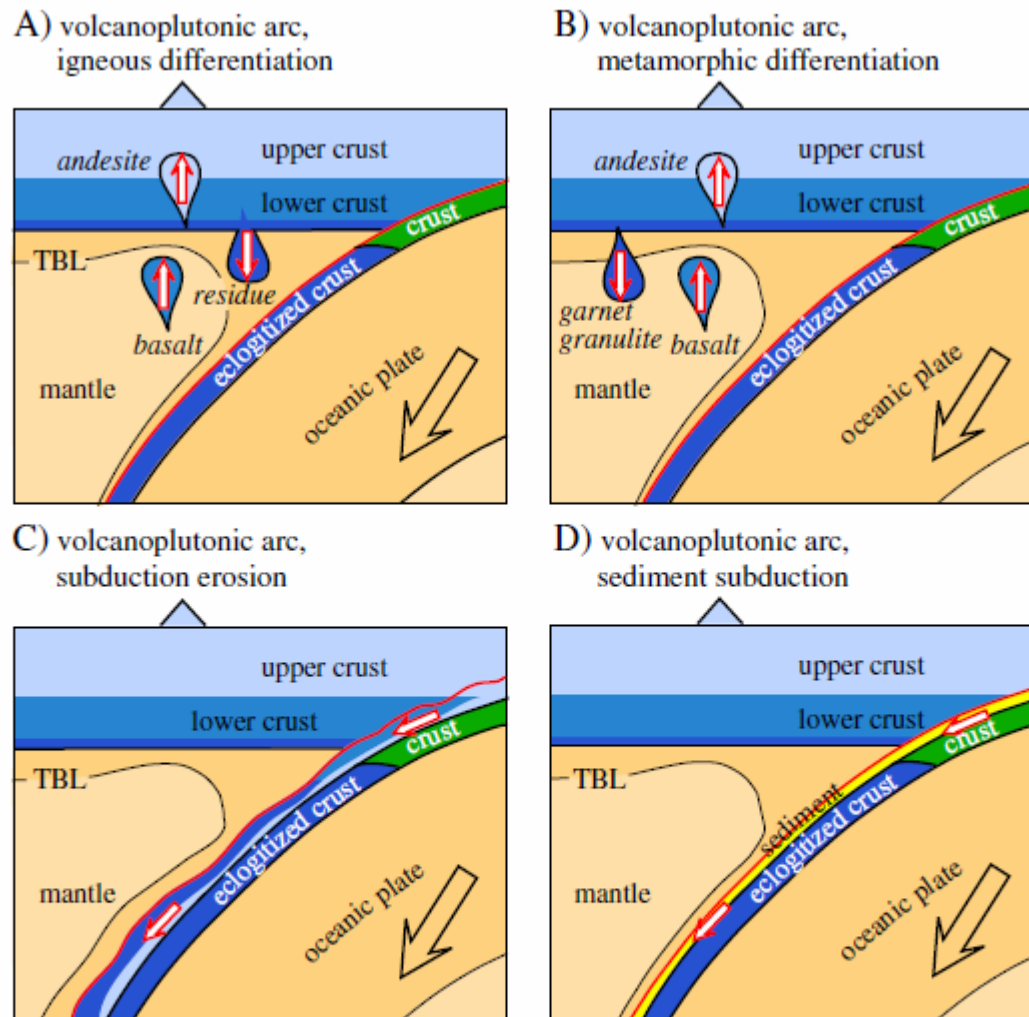


Fig. 1. Long-term change in the composition of the continental crust has conventionally been viewed as the result of two major “subduction factory” processes. A) Mantle-derived magma introduced into volcanoplutonic arcs differentiates into an andesitic fraction that is retained in the crust and an ultramafic cumulate that becomes part of the mantle (Arndt and Goldstein, 1989). B) Mafic rock at the base of a thick volcanoplutonic arc is converted into garnet granulite and sinks into the mantle (Herzberg et al., 1983). Two other major subduction-related processes are envisioned to work in the opposite sense, by removing differentiated material from the crust and returning it to the mantle. C) Crustal material ablated from the upper plate of a subduction system is returned to the mantle by subduction erosion (Scholl and von Huene, 2007; von Huene and Scholl, 1991). D) Trench sediments are returned to the mantle by subduction (Hilde, 1983). TBL: thermal boundary layer in mantle.

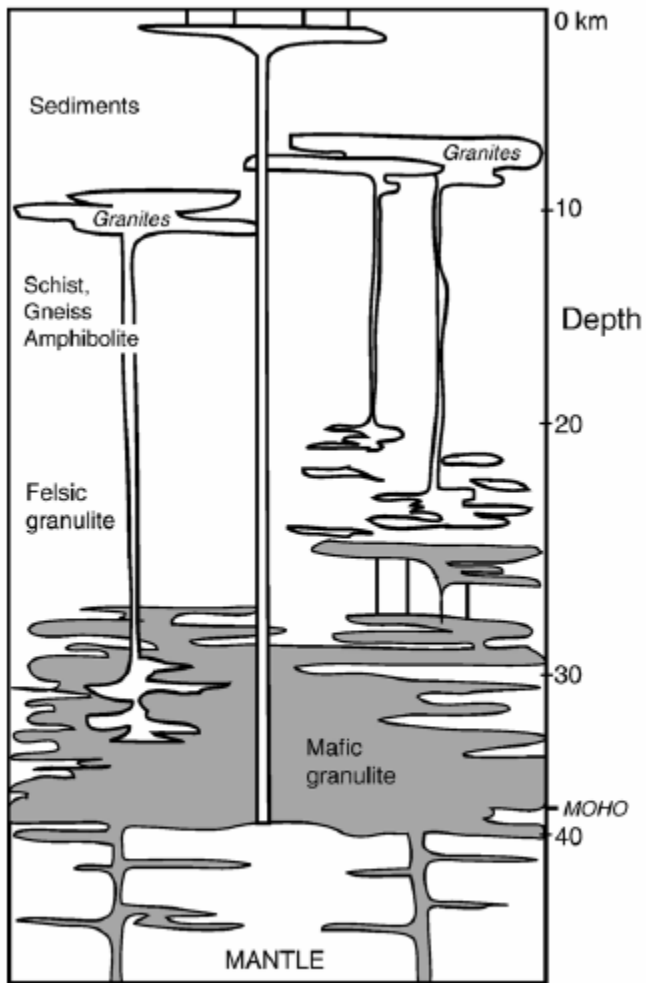
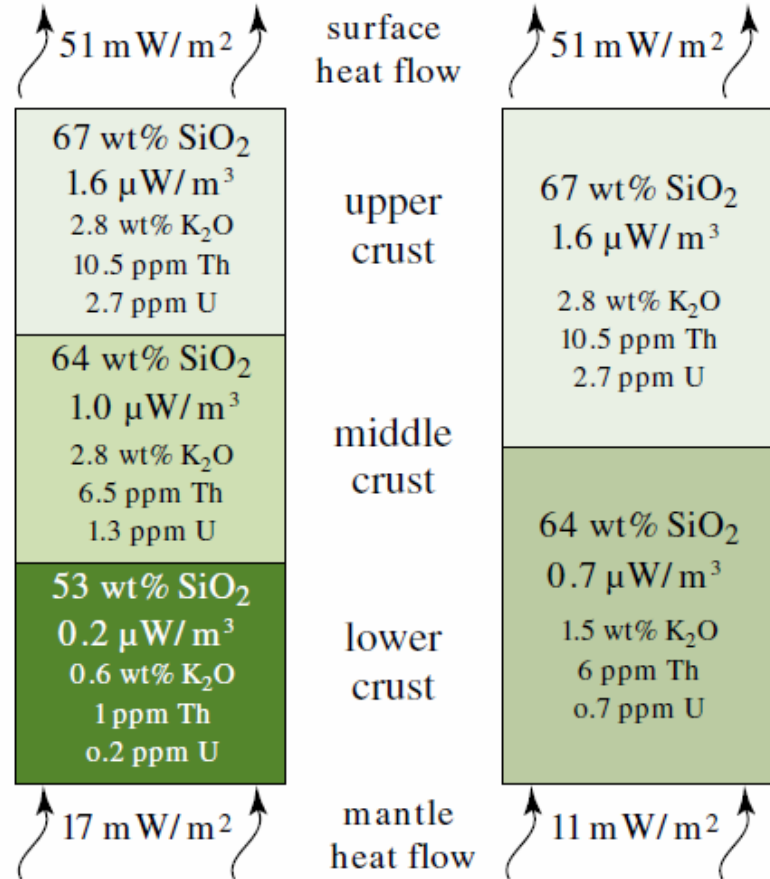


Fig. 1. A schematic geological cross section through the continental crust.

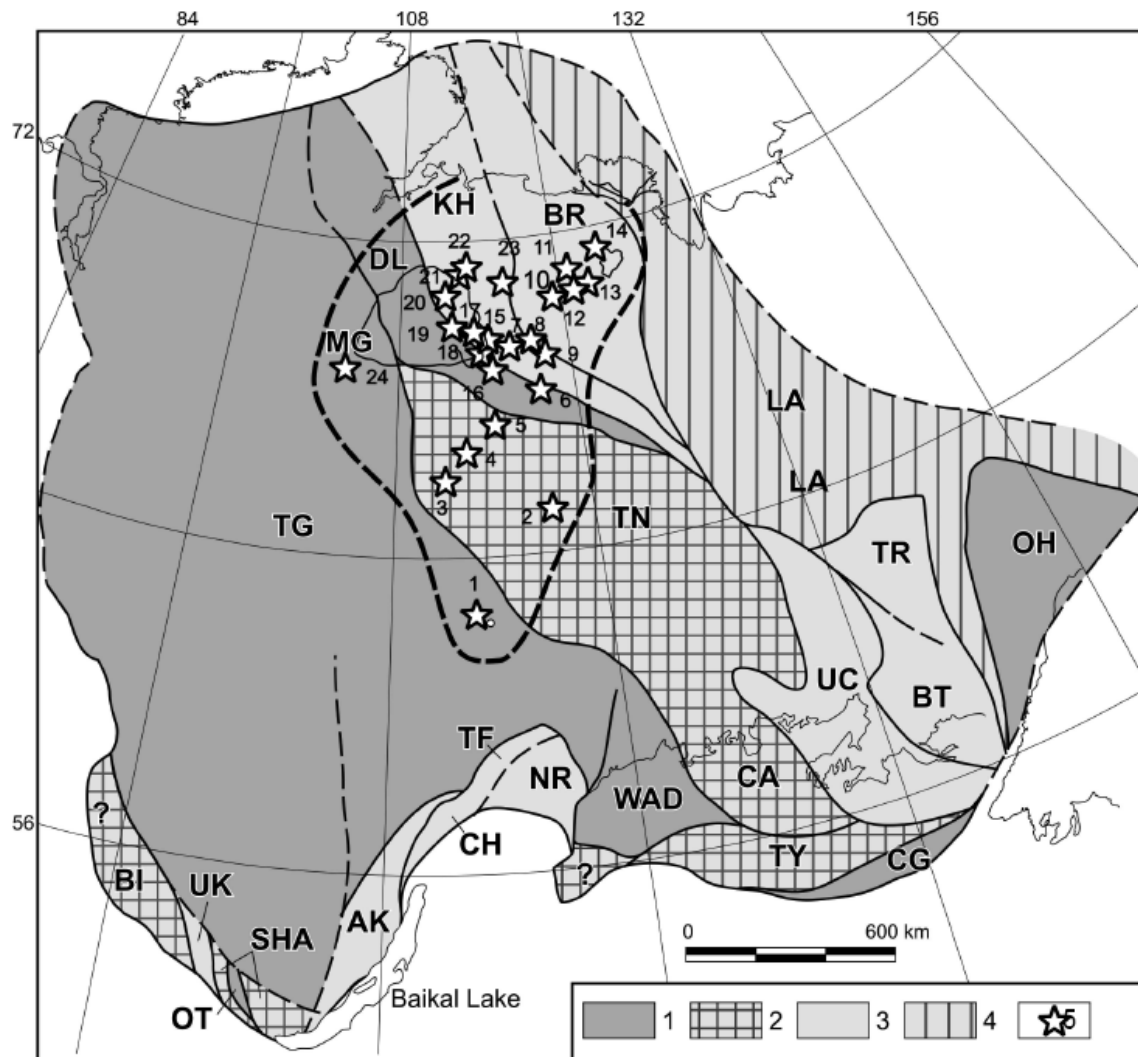
A) Rudnick & Gao [2003]

B) this study



Hawkesworth, Kemp, 2006

Hacker et al., 2011



Geological framework of the North Asian Craton (Smelov, Timofeev, 2007) showing location of kimberlitic fields; 1- Archean domain; 2- Archean and Paleoproterozoic domain; 3- Proterozoic domain; 4- Mesoproterozoic domain; 5- kimberlitic fields (2- Nakyn (**Botuobinskaya**) ; 3- Alakit-Markha (**Yubileynaya Komsomolskaya**); 4- Daldyn (**Udachnaya Leningradskaya**) 5- Upper-Myna (**Zapolyarnaya**). fragment comprising the present day Asia and is largely covered by Late Precambrian, Paleozoic and Mesozoic sedimentary rocks of the Siberian Platform

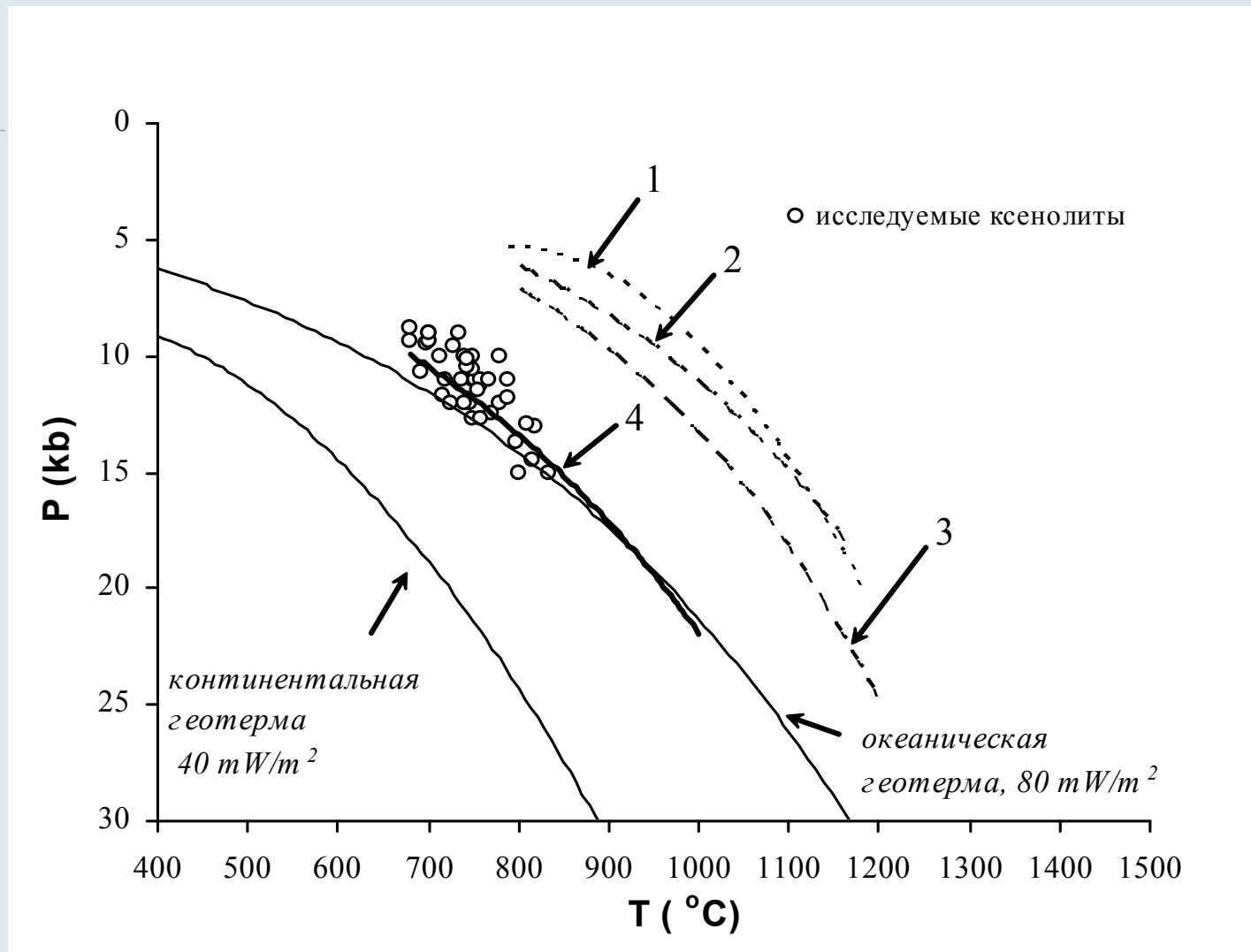
| Далдыно-Алакитский алмазоносный район | Средне-Мархинский алмазоносный район |
|--|---|
| гранатовые гранулиты (50-60%) | гранатовые гранулиты (40%) |
| двупироксеновые гранулиты (5%) | * |
| гнейсы, плагиогнейсы (0-20%) | гнейсы, плагиогнейсы (30%) |
| кристаллические сланцы (15%) | кристаллические сланцы (30%) |
| амфиболиты (10%) | * |
| гранат-биотитовые сланцы (0-10%) | * |

* - не обнаружены

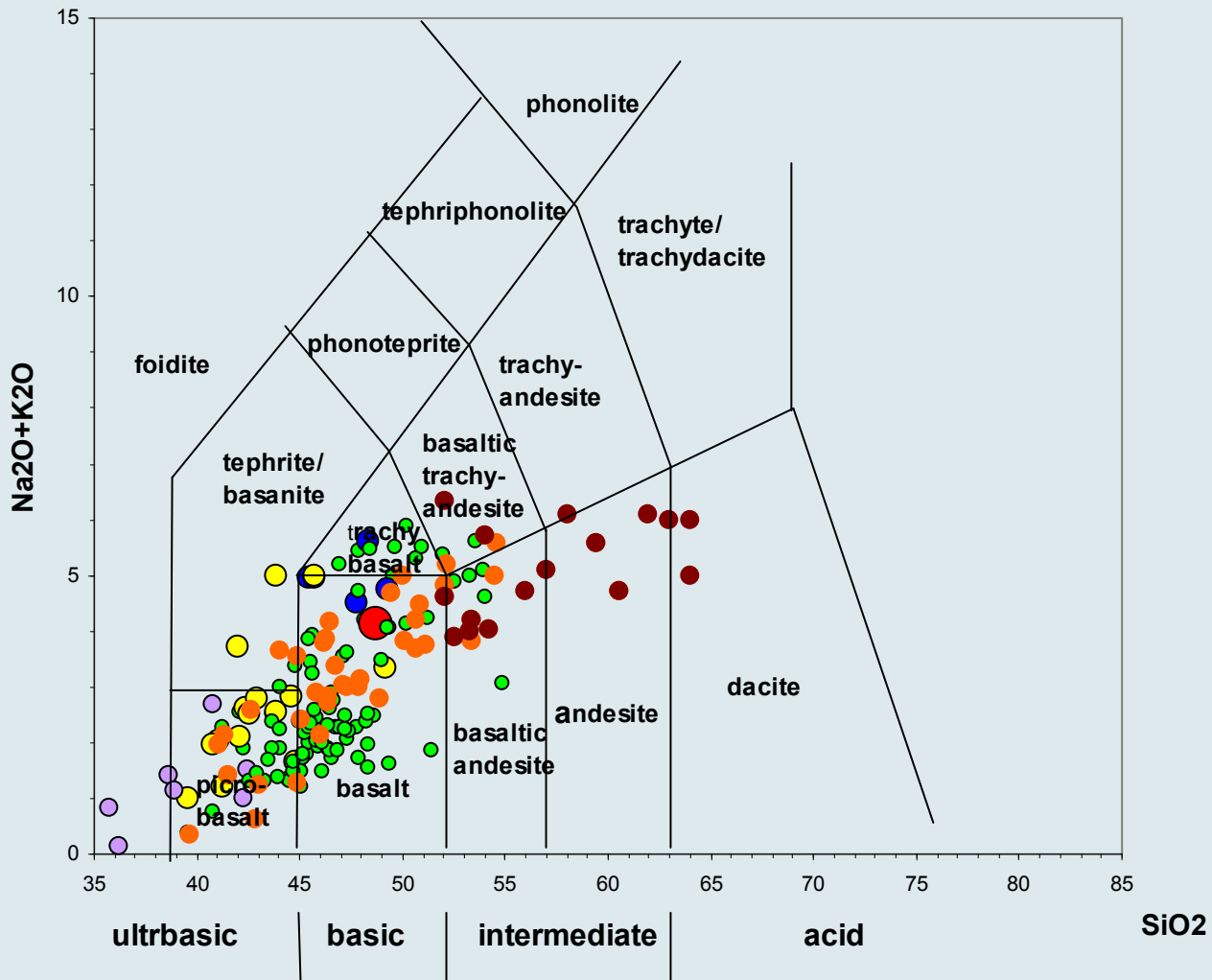
| типы пород | геотермометры | °C | геобарометры | кбар |
|---------------------------|----------------------------------|---------|---|---------------|
| гранатовые гранулиты | Grt-Cpx (Ellis-Green, 1977) | 710-850 | Grt-Opx (Harley, 1984) Grt-Cpx (Mukhopadhyay, 1991) | 9-12 11-14 |
| двупироксеновые гранулиты | Cpx-Opx (Wood, Banno, 1973) | 750-800 | Amp (Hollister et al., 1984) | 8.5-10 |
| кристаллосланцы | Grt-Bt (Perchuk et al., 1983) | 660-720 | Amp (Hollister et al., 1984) | 9 |
| плаггиогнейсы | Pl-Kfs (Elkins, Grove, 1990) | 700 | * | 10 |
| | Amf-Pl (Jaques, 1990) | 700-750 | | |
| амфиболиты | Amp-Pl (Jaques, 1990) | 600-690 | Amp (Hollister et al., 1984) | 7-8 |
| гранат-биотитовые сланцы | Grt-Bt (Ferry, Spear, 1978) | 500-600 | * | 5 |

* - фиксируемое давление, исходя из схемы фаций метаморфизма

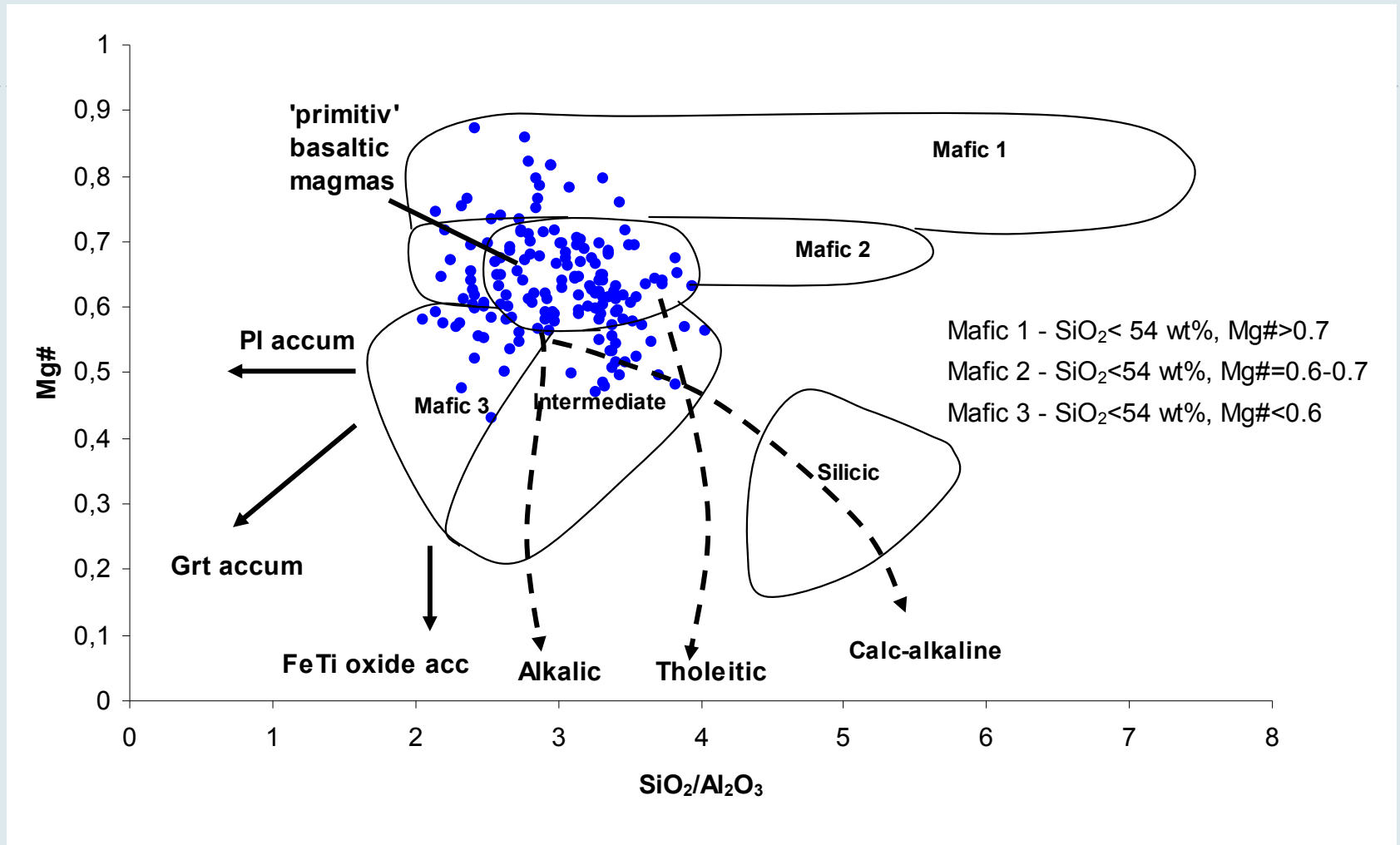
P-T диаграмма с геотермами различных тектонических обстановок



1-Шпицберген (Норвегия), 2- Сино-Корейский кратон (Китай), 3-юго-восточная окраина Австралийского кратона, 4-юго-западная часть Каапвальского кратона (Южная Африка). Положение континентальной и океанической геотермы взято из работы (Pollack, Charman, 1977).

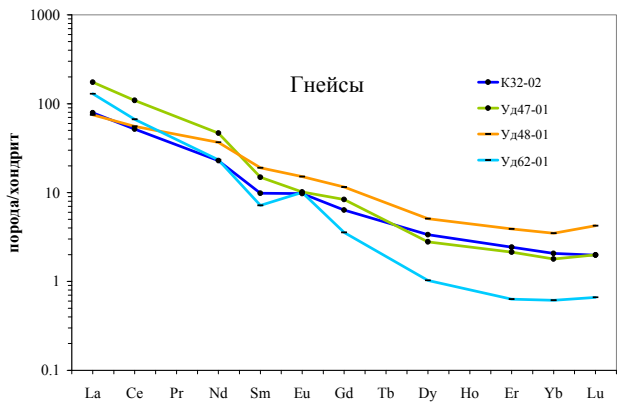
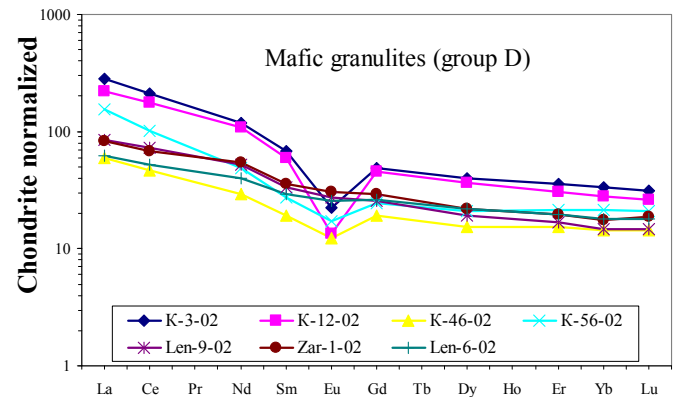
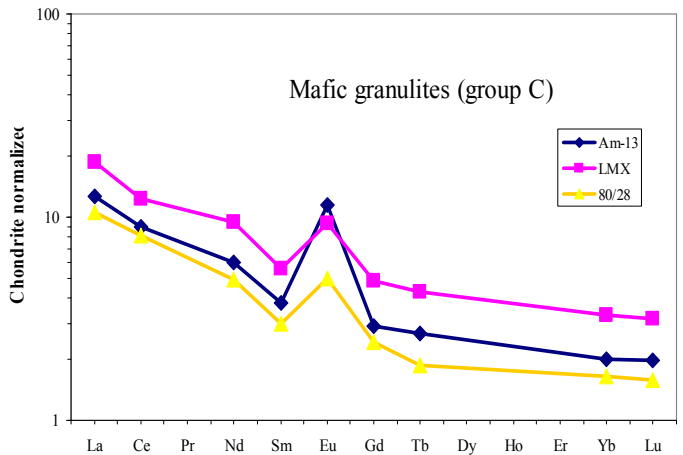
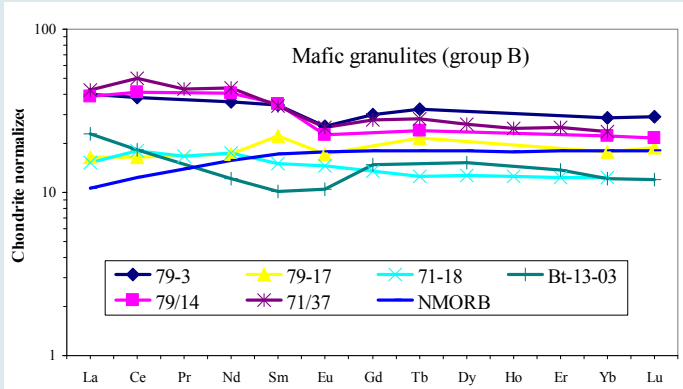
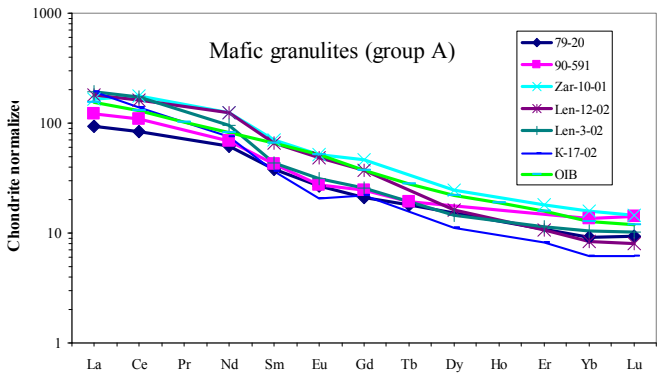


TAS plot for lower-crustal xenolith. The content of SiO₂ in xenolith of mafic garnet granulites varies from 41,2 to 53,2 wt.%

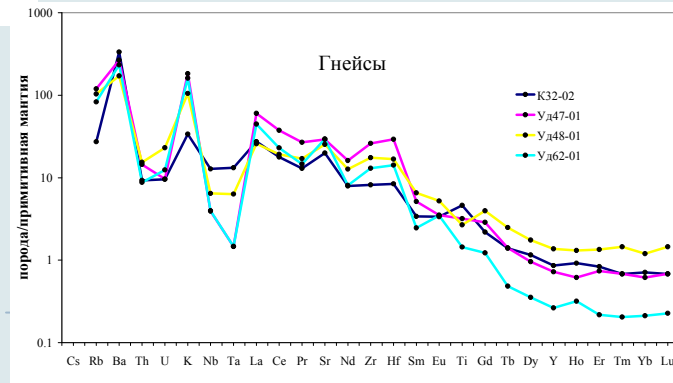
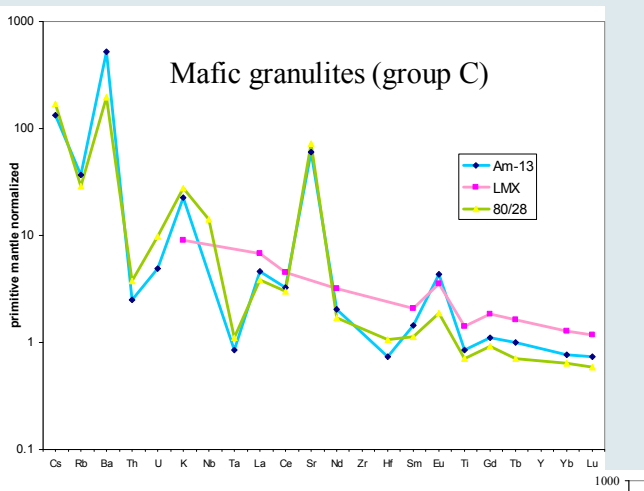
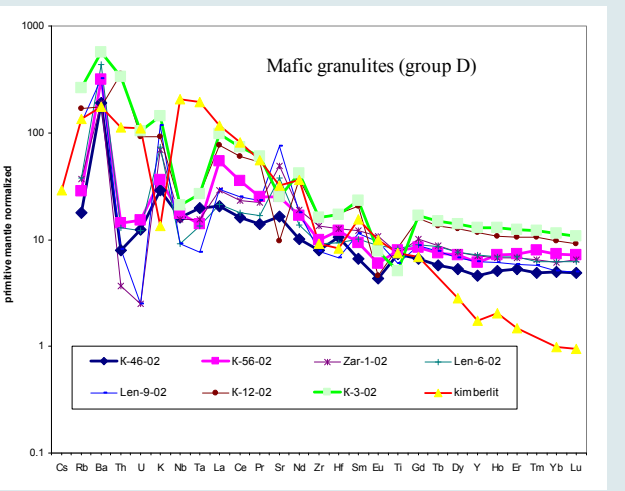
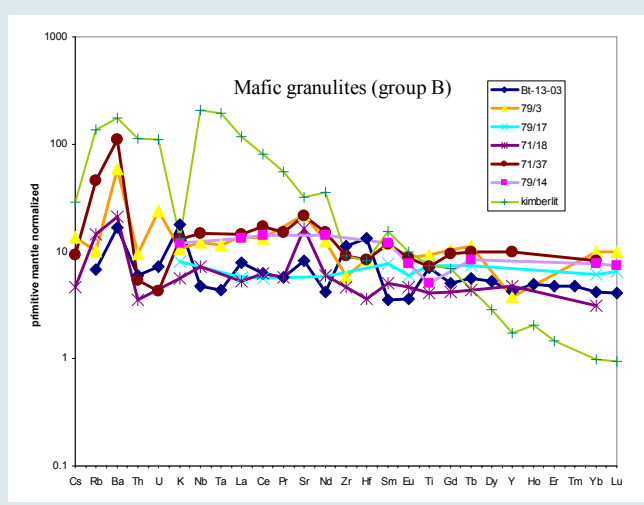
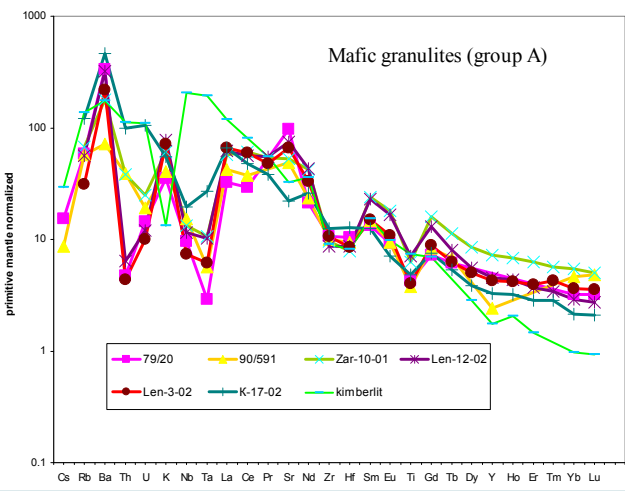


Mg-number vs $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ diagram for Yakutian xenoliths compared with fields for granulite xenoliths world wide. Mafic 1 mafic granulites $\text{SiO}_2 < 54$ wt.%; intermediate $\text{SiO}_2 > 54$ wt.% and < 66 wt.%; silicic $\text{SiO}_2 > 66$ wt.%.

Definition of fields from Kempton & Harmon (1992)



На основании характера распределения редкоземельных элементов выделяется четыре группы мафических гранулитов. Ксенолиты гранатовых гранулитов с низким содержанием РЗЭ положительной европиевой аномалией интерпретируются как кумулаты.



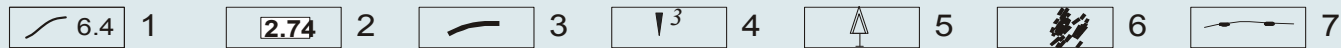
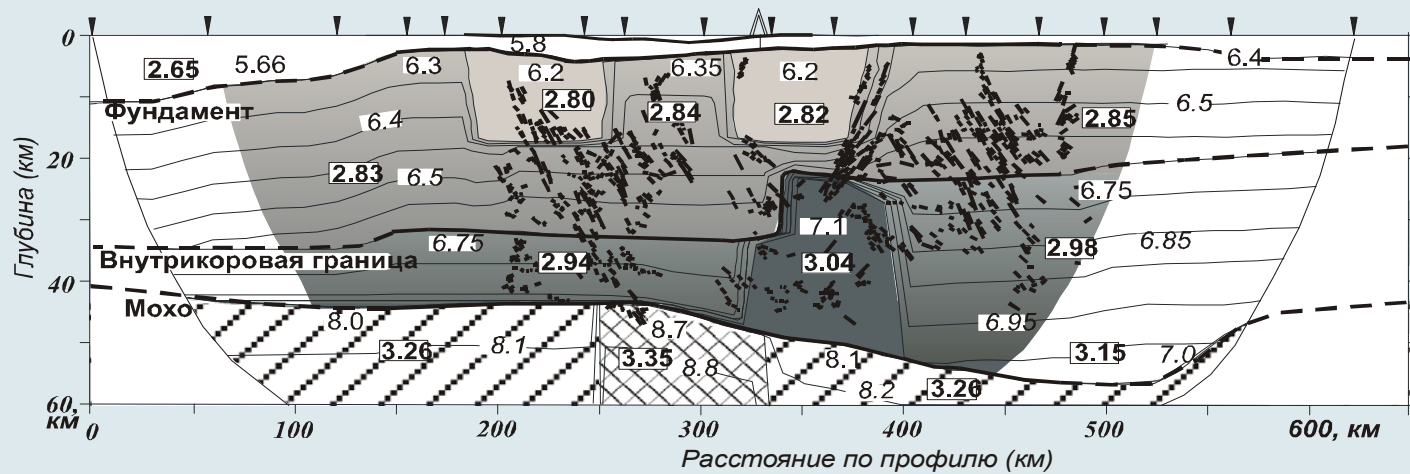
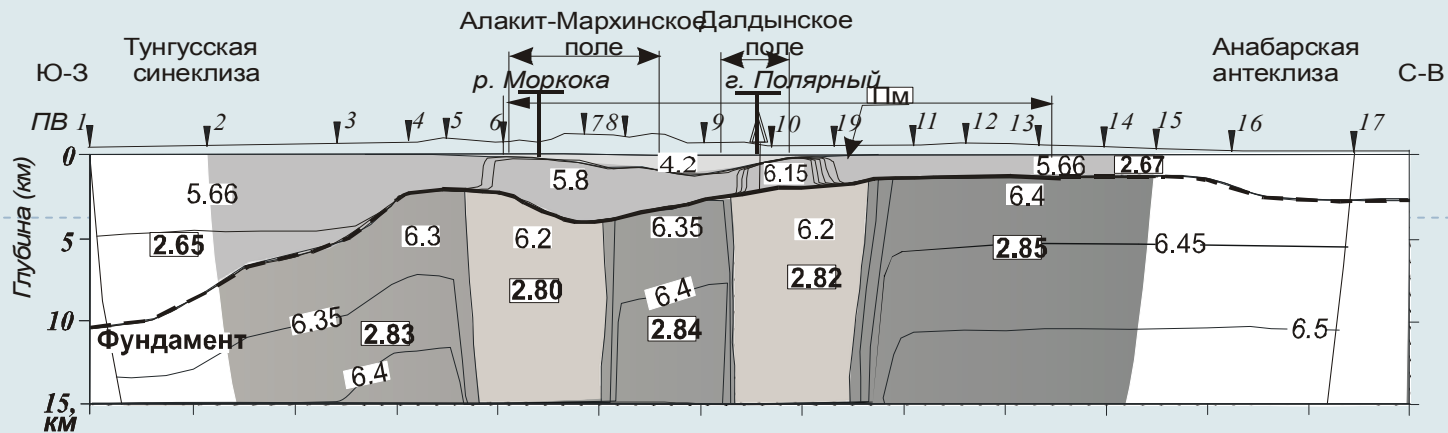
Мультиэлементные спектры распределения элементов нормированных на примитивную мантию (McDonough, Sun, 1995)



Скорости продольных волн рассчитанные на основании минерального состава ксенолитов

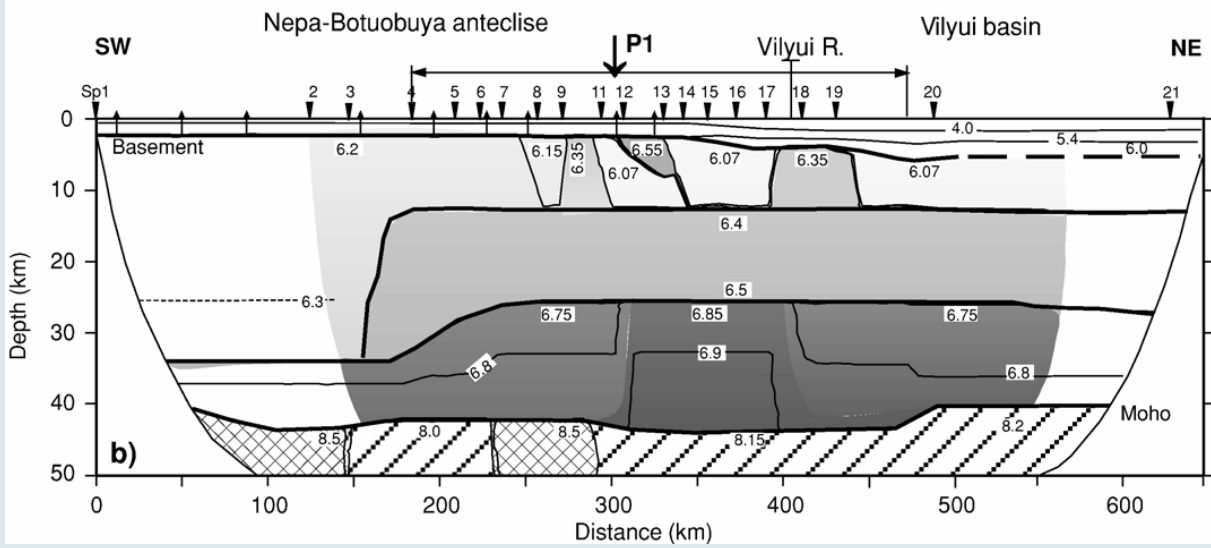
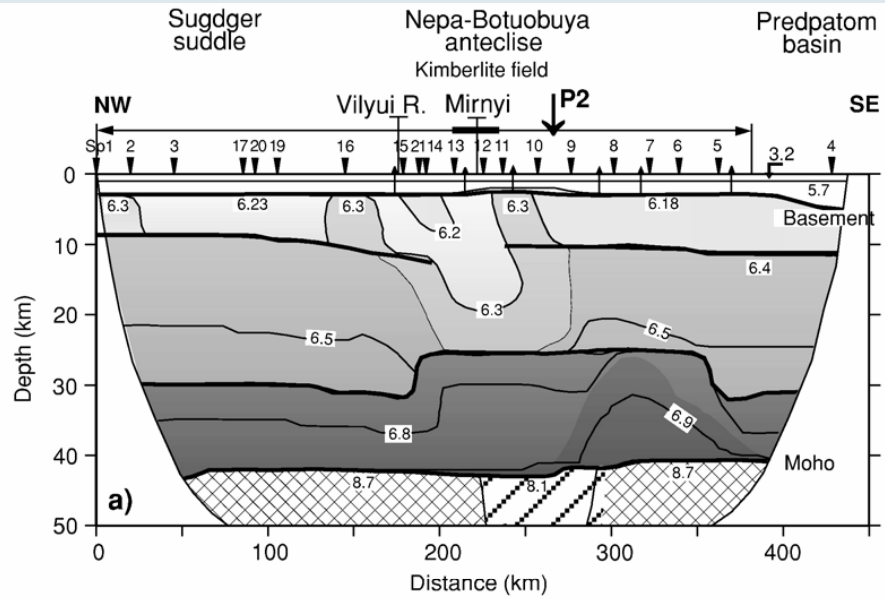
| породы | скорости продольных волн |
|----------------------|--------------------------|
| гранатовые гранулиты | $V_p=7,6-7,9$ км/с |
| гнейсы, плагиогнейсы | $V_p=6,6$ км/с |
| кристаллосланцы | $V_p=6,8-6,9$ км/с |

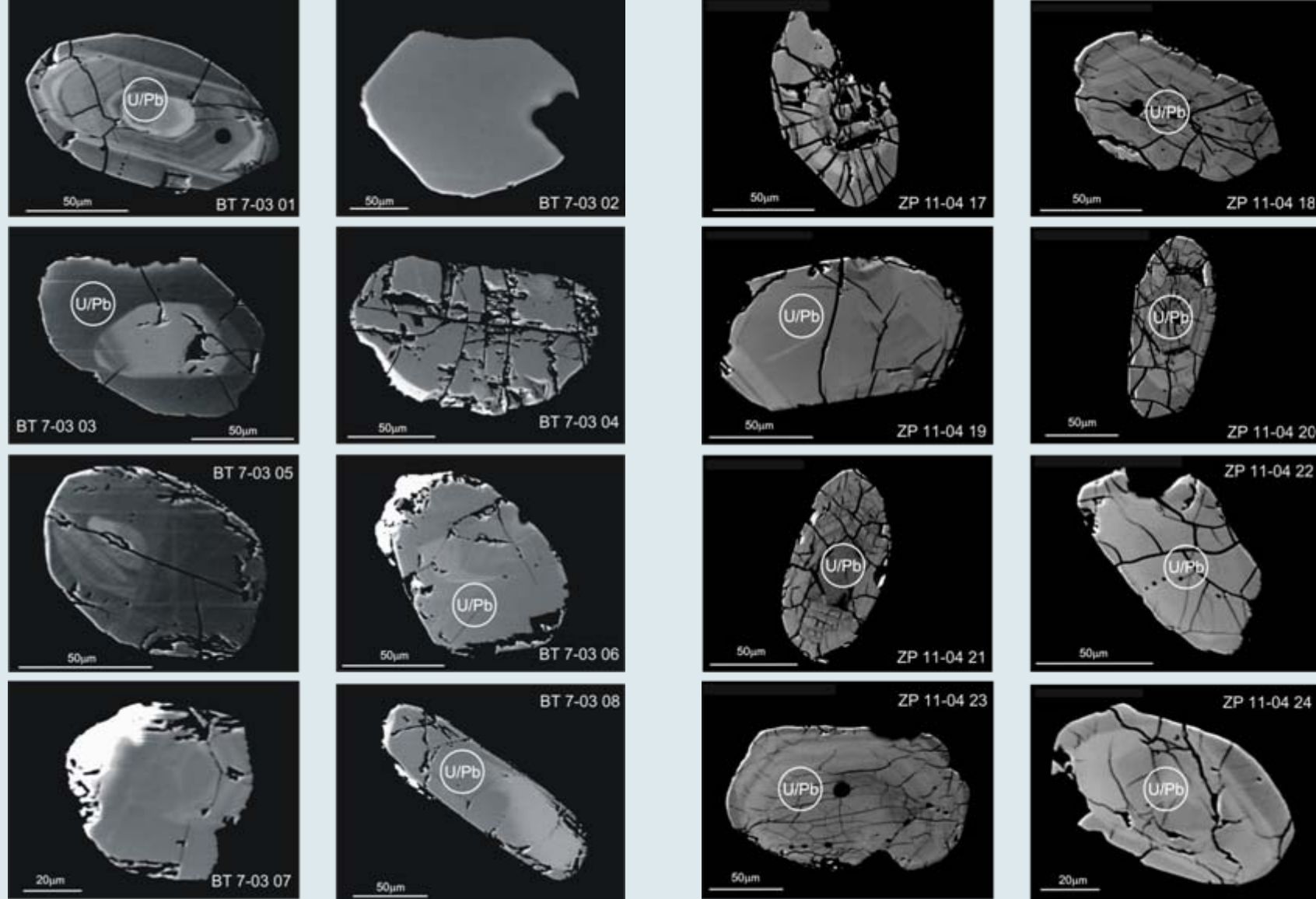




Сейсмоплотностные разрезы осадочного чехла (А), земной коры и части верхней мантии (Б) в Якутской кимберлитовой провинции (Суворов и др., 2005)

1 – изолинии скоростей в км/с, 2 – значения плотности в г/см³, 3 – сейсмические границы, штриховые по данным площадных наблюдений, 4 – положение пунктов взрыва, 5 – скважина 703, 6 – отражающие элементы по данным ОГТ, 7 – график наблюдаемого поля □ g (линия) и расчетные значения (точки). Горизонтальными стрелками отмечено положение кимберлитовых полей и участка расстановки регистраторов.

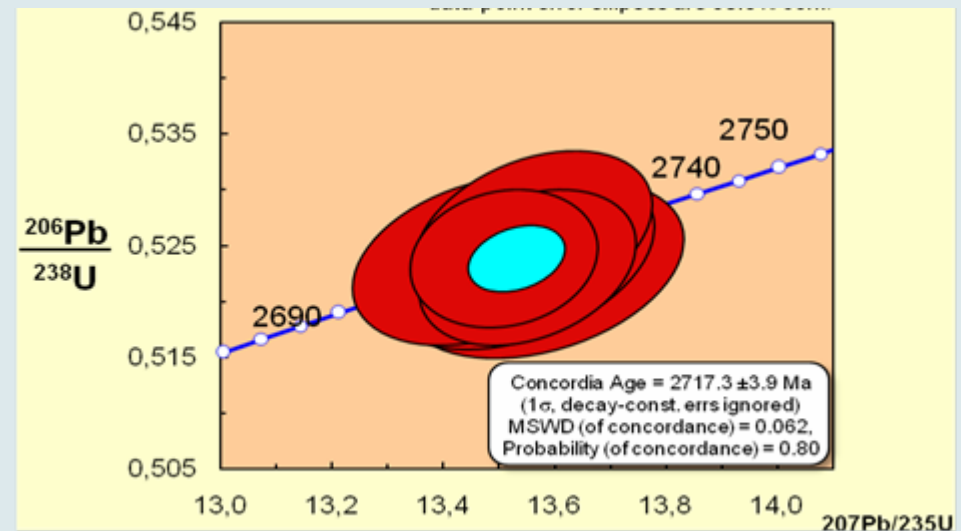
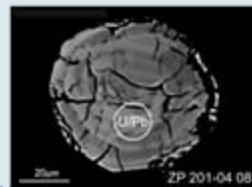
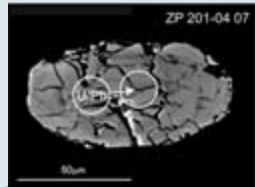
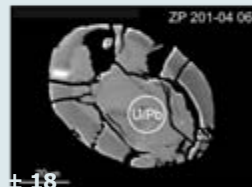
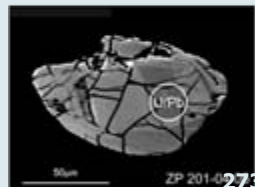
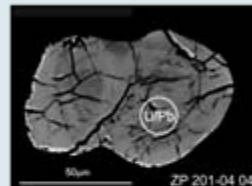
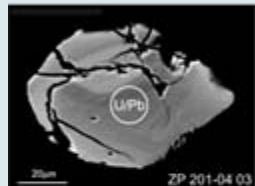
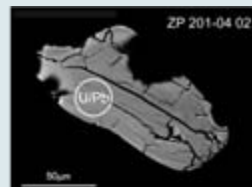
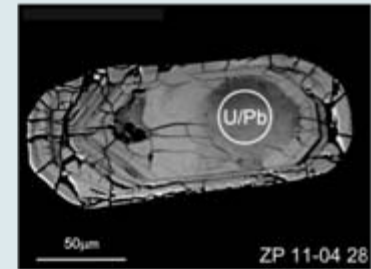
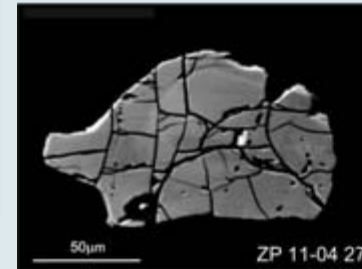
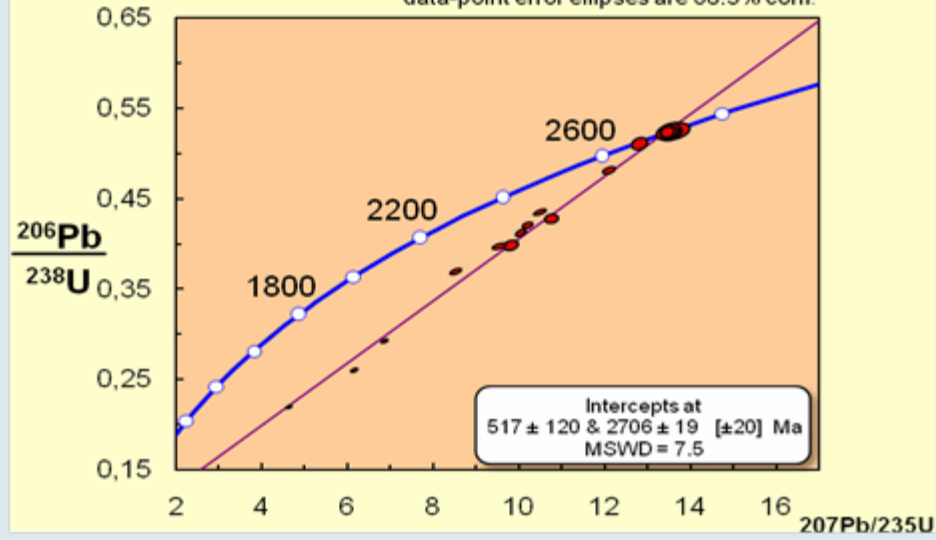




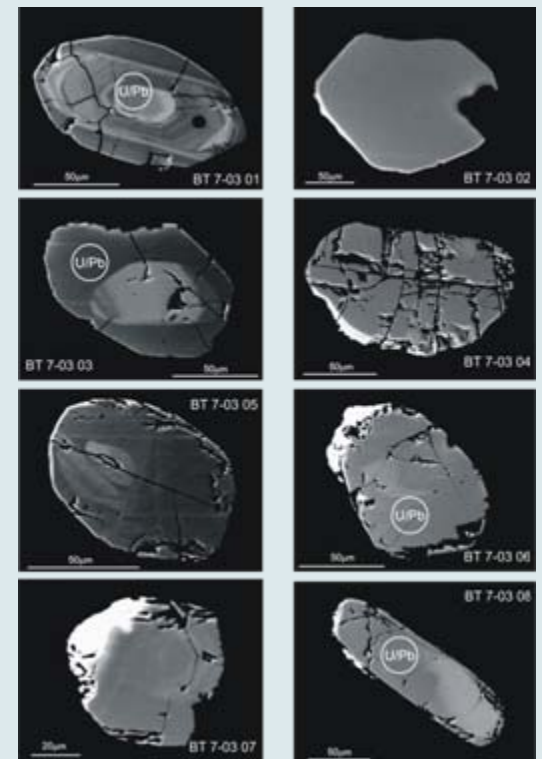
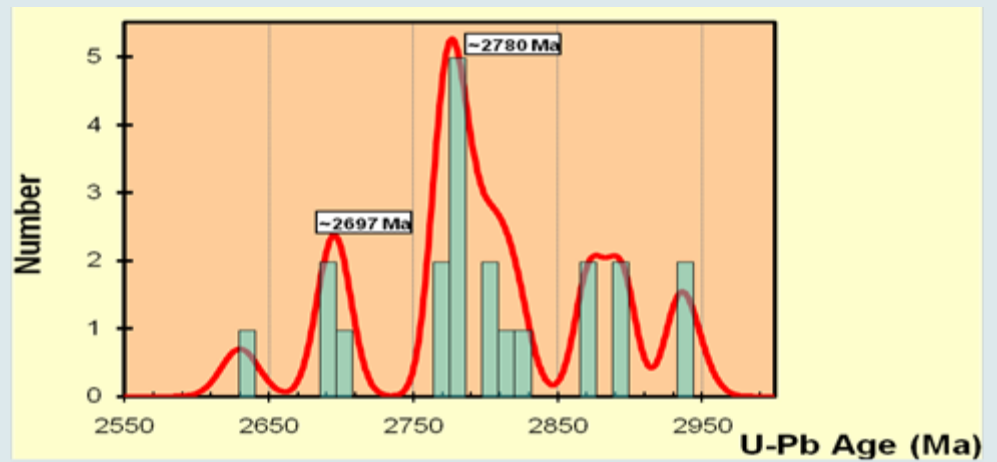
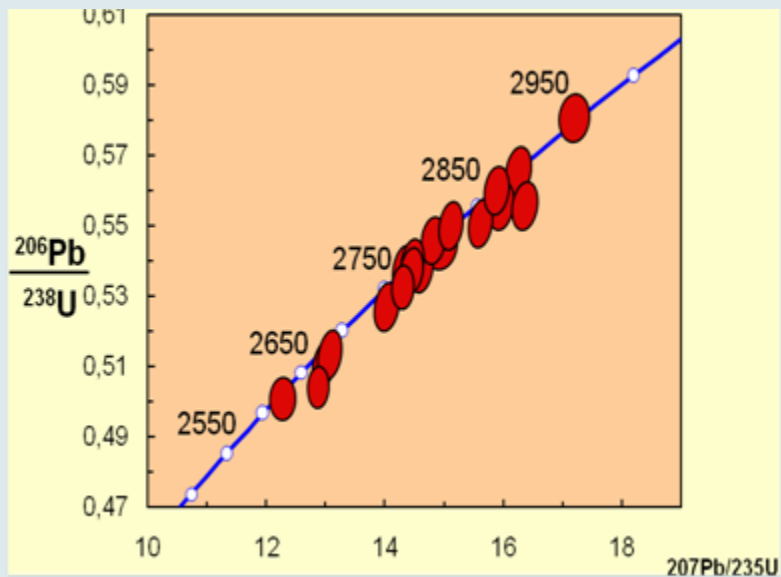
a

b

Морфология и внутреннее строение зерен циркона из коровых ксенолитов в кимберлитовых трубках Якутской алмазоносной провинции

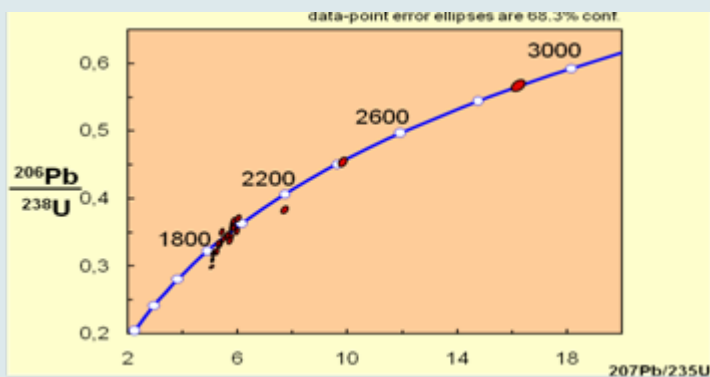


Катодолуминесцентные топограммы и диаграмма с конкордией для цирконов из ксенолита кристаллосланцев трубки Заполярная (Зп 11-04, Зп 201-04)

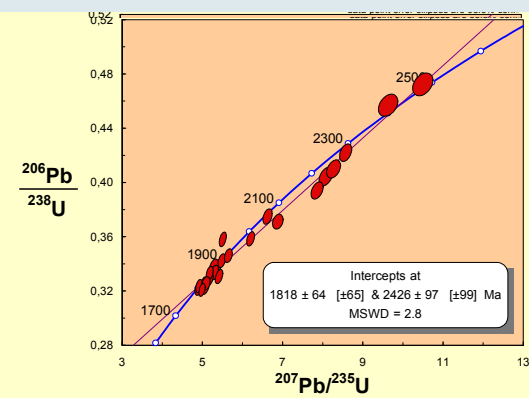


Катодолуминесцентные топограммы и диаграмма с конкордией для цирконов из ксенолита плагиогнейса трубки Ботубинская (Бт 7-03).

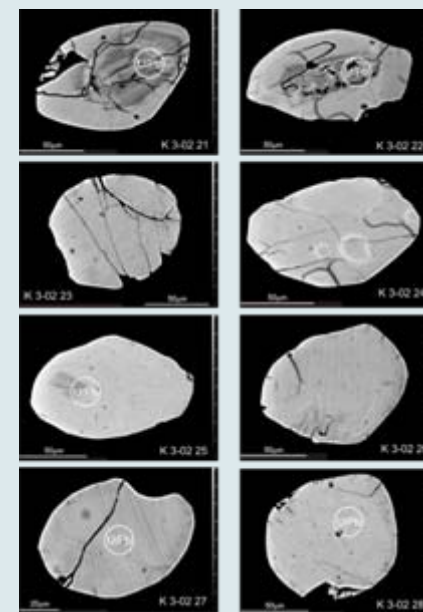
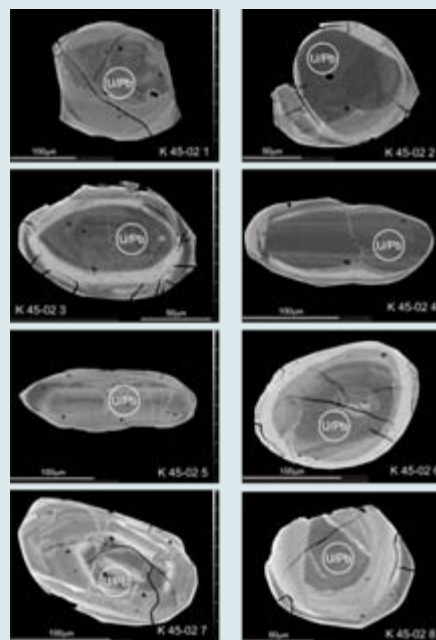
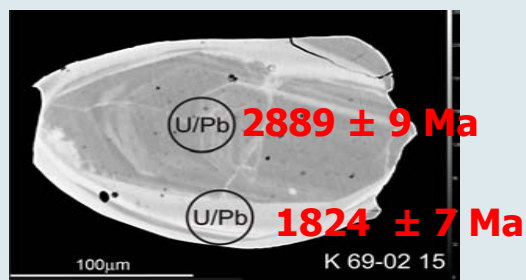
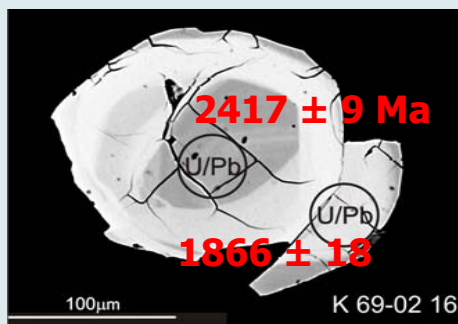
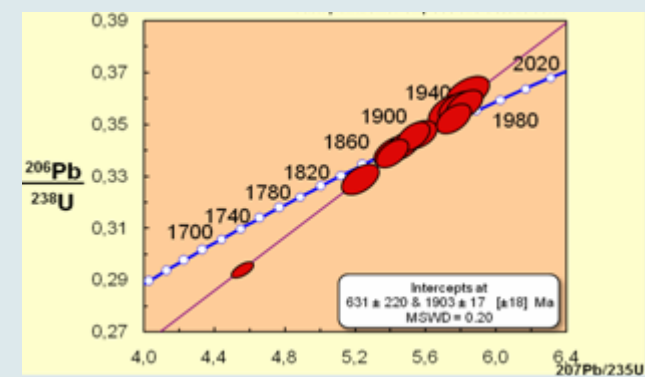
K 69-02



k- 45-02

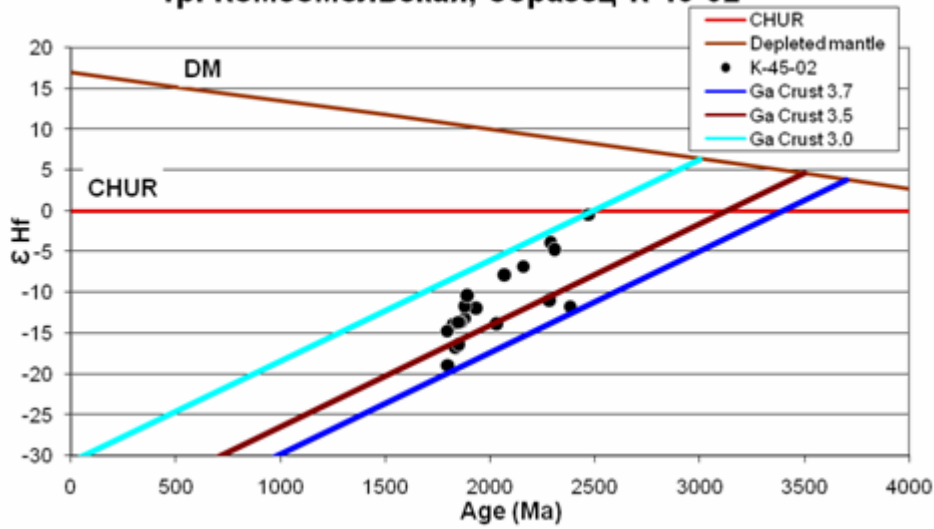


K 3-02



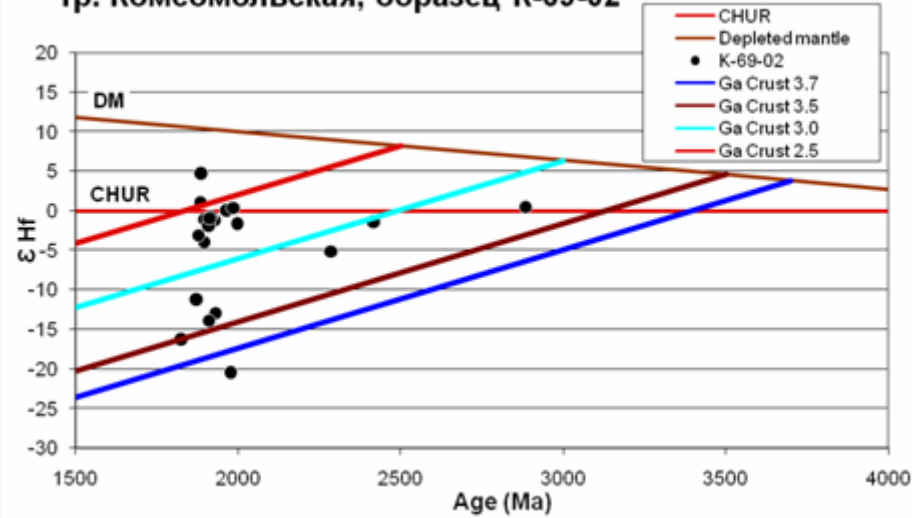
Катодолуминесцентные топограммы и диаграммы с конкордией для цирконов из ксенолитов кристаллических сланцев (K45-02, K69-02, K3-02) и трубки Комсомольская

тр. Комсомольская, образец K-45-02



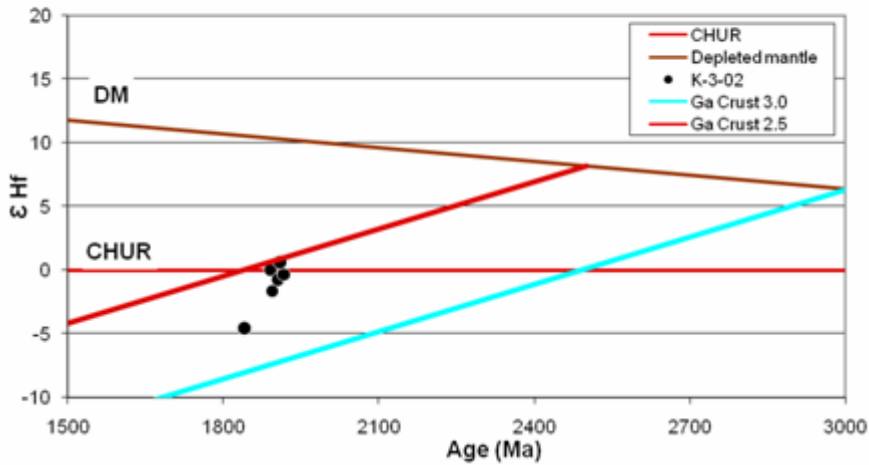
$$T_{DM}^C - 3,48; 3,18$$

тр. Комсомольская, образец K-69-02



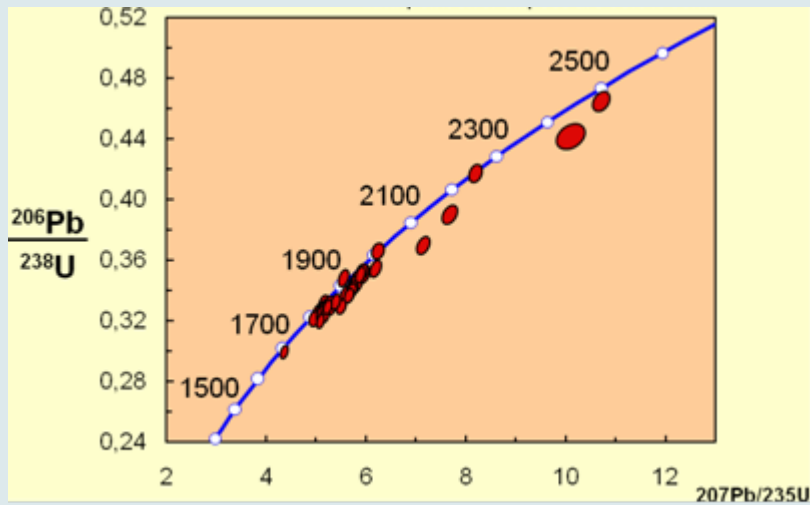
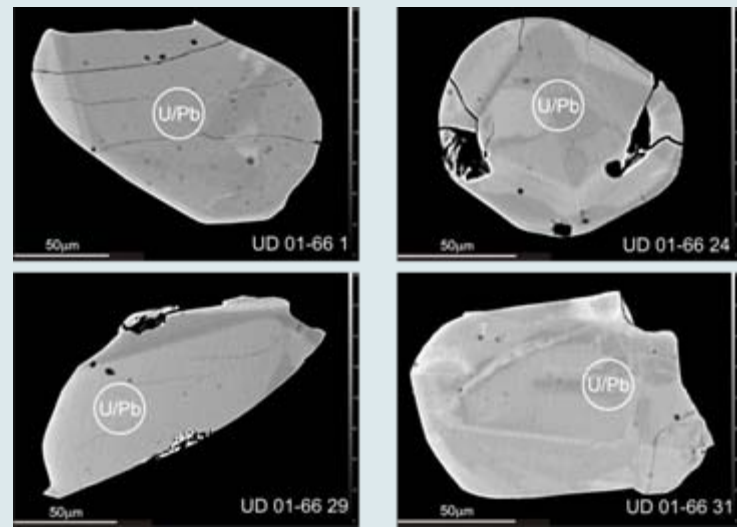
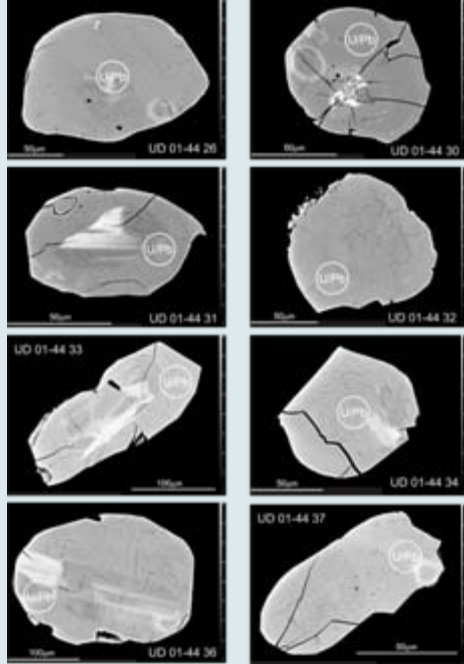
$$T_{DM}^C - 3,77; 3,23; 2,58$$

тр. Комсомольская, образец K-3-02

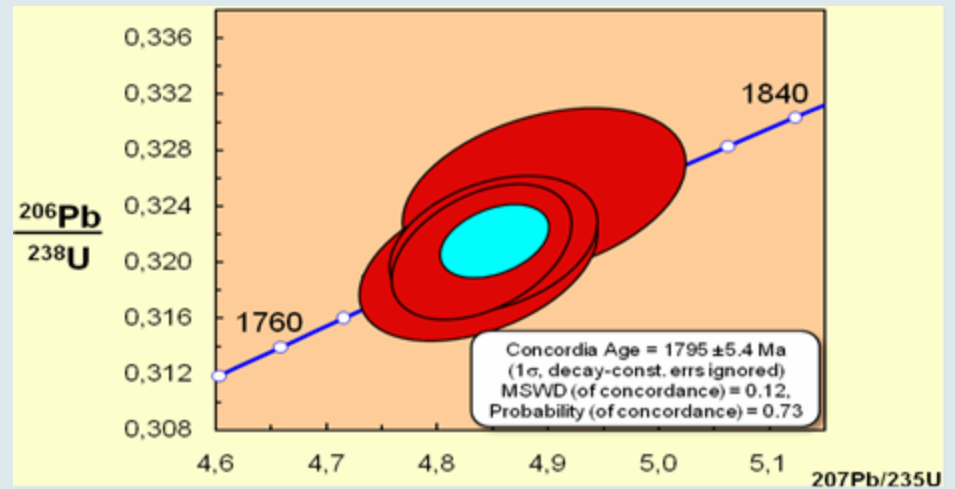


$$T_{DM}^C - 2,74; 2,56$$

▶ Начальные значения ϵ_{Hf} – U-Pb возраст цирконов из ксенолитов кимберлитовой трубки Комсомольская



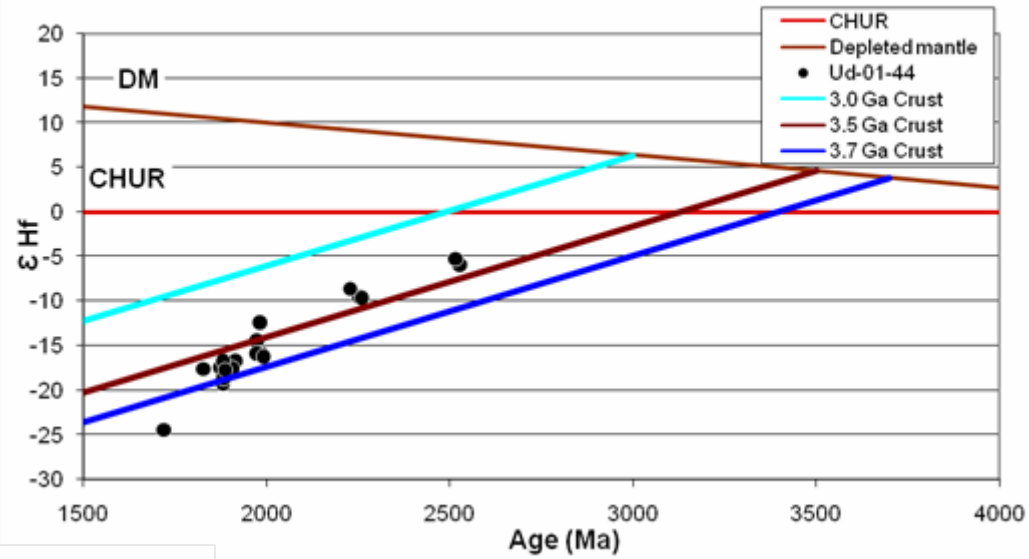
a



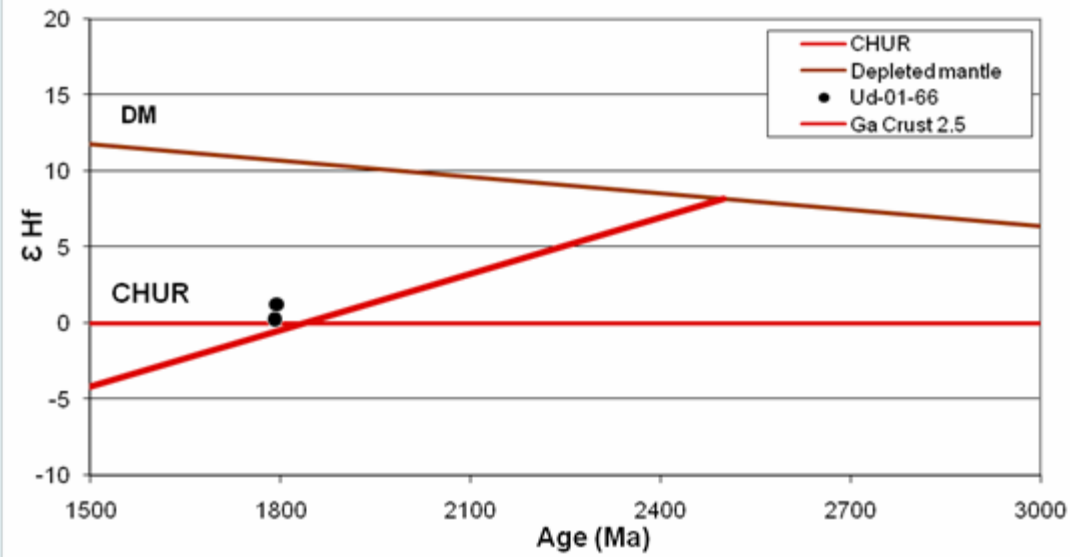
b

► BSE/CL images and concordia diagrams for LAM-ICPMS data for zircons from mafic garnet granulites (a-Ud 01-44, b-Ud 01-66) from Udachnaya pipe.

тр. Удачная, образец Ud-01-44



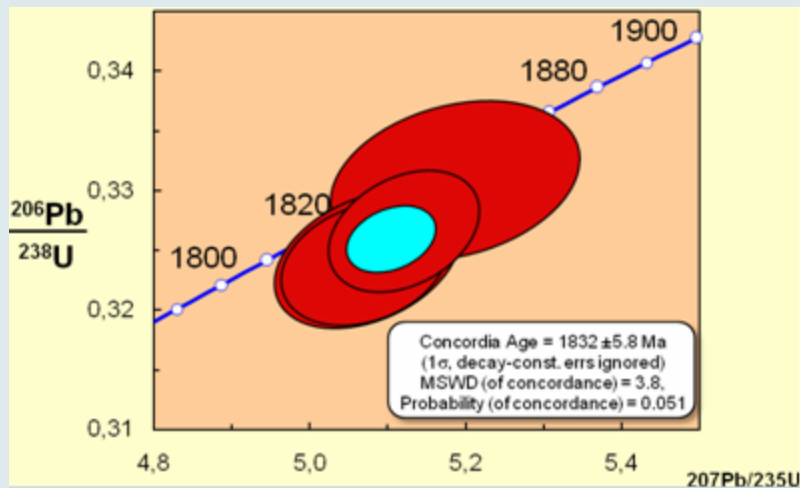
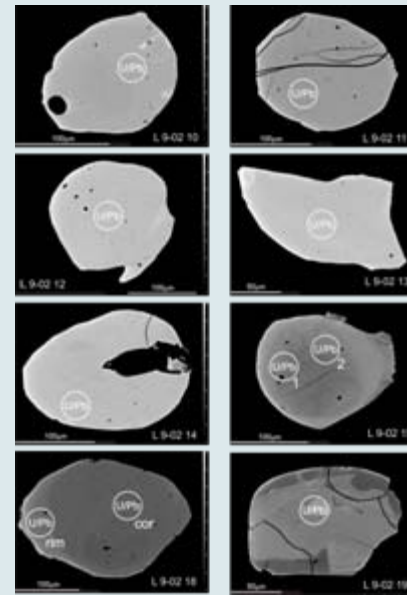
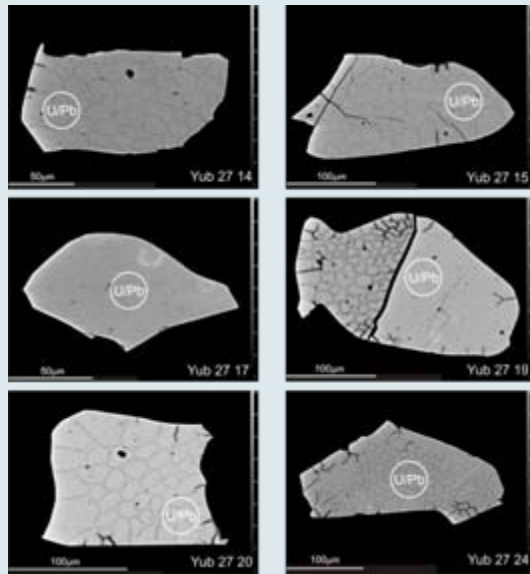
тр. Удачная, образец Ud-01-66



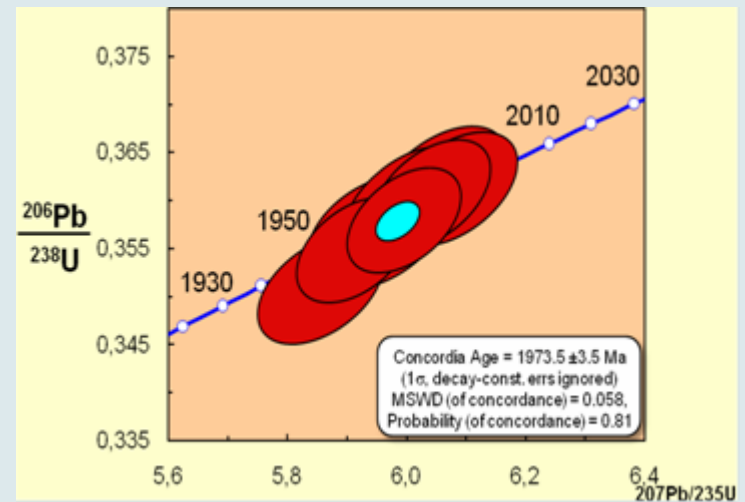
$$T_{DM}^C - 3,79; 3,5, 3,35$$

$$T_{DM}^C - 2,38$$

Начальные значения ϵ_{Hf} – U-Pb возраст в цирконах из ксенолитов гранатовых гранулитов кимберлитовой трубки Удачная



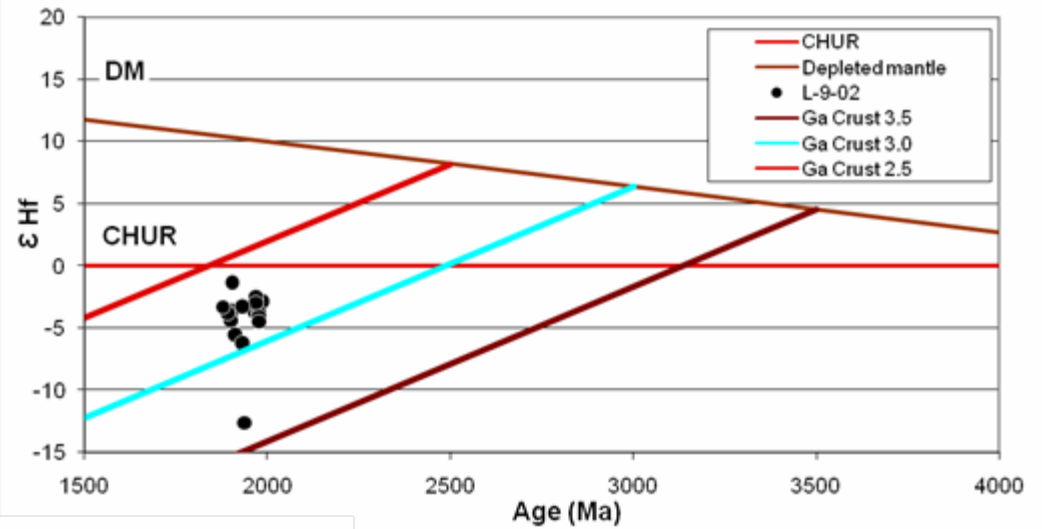
a



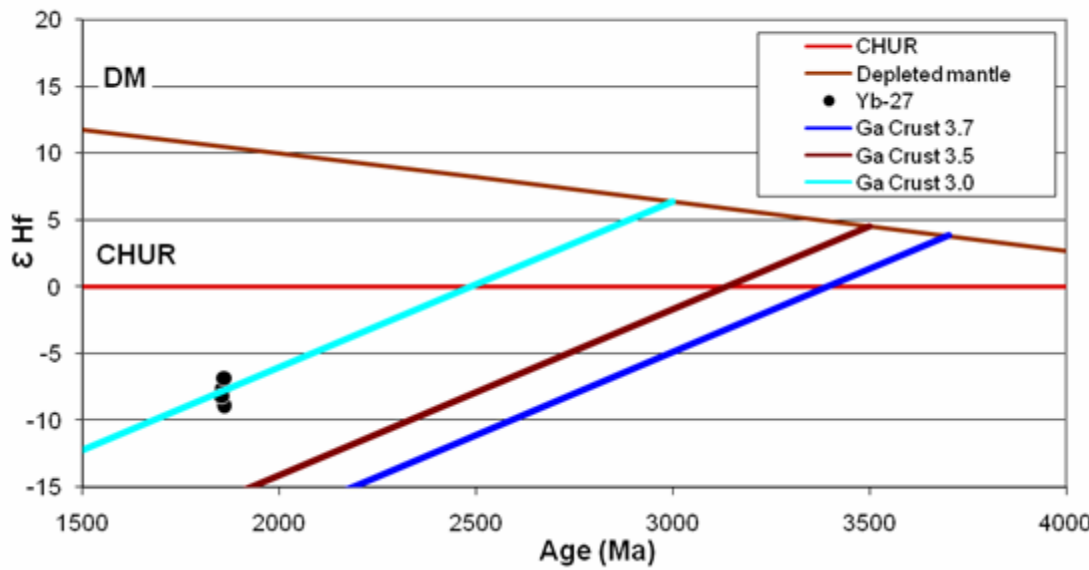
b

BSE/CL images and concordia diagrams for LAM-ICPms data for zircons from mafic garnet granulites from :
 a- Yubilleynaya and b-Leningradskaya pipes.

тр. Ленинградская, образец L-9-02



тр. Юбилейная, образец Yb-27



$$T_{DM}^C = 3,28; 2,77$$

▶ $T_{DM}^C = 2,95$

Начальные значения ϵ_{Hf} – U-Pb возраст в цирконах из ксенолитов кимберлитовых трубок Юбилейная и Ленинградская

Ксенолиты пород земной коры в кимберлитовых трубках Сибирского кратона представлены мафическими гранатовыми гранулитами, двупироксеновыми гранулитами, гнейсами, кристаллосланцами, амфиболитами и гранат-биотитовыми сланцами. Ксенолиты гранатовых гранулитов, двупироксеновых гранулитов, гнейсов и кристаллосланцев на основании оценок P-T параметров рассматриваются как породы слагающую нижнюю кору. Мафические гранулиты широко распространены в низах коры Далдынского и Алакит-мархинского кимберлитовых полей. В то же время они отсутствуют в Мунском кимберлитовом поле.

Геофизические исследования свидетельствуют о том, что нижняя кора не может состоять целиком из гранатовых гранулитов и эклогитов, а представляет смесь гранатовых гранулитов, гнейсов и кристаллосланцев.

На основании полученных данных выделяется несколько этапов эволюции земной коры северо-востока Сибирской платформы. Наиболее древние $^{207}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ конкордантные возраста индивидуальных зерен цирконов (2.95, 2.7 и 2.4 млрд. лет) отвечающие этапам образования коры фиксируются только в плагиогнейсах и кристаллосланцах. Однако, модельные возраста свидетельствуют, что первая “протокора” Сибирского кратона уже существовала 3.5-3.8 млрд. лет назад. Основываясь на коровых гафние-вольфрамовых модельных возрастах T_{DM}^{c} можно выделить следующие основные этапы формирования архейской коры центральной части якутской алмазоносной провинции: 3.8-3.5, 3.35-3.18, 2.95-2.38

A close-up photograph of a dark, textured rock surface, likely a sedimentary or igneous rock. The rock is dark grey to black with numerous small, light-colored mineral inclusions and fragments. A geological hammer is visible on the right side of the image, providing a sense of scale. The hammer has a wooden handle and a metal head with a pointed end and a flat end. The text "Спасибо за внимание" is overlaid in red on the rock surface.

Спасибо за внимание