

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТЕСТ МОНОМИНЕРАЛЬНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ТЕРМОБАРОМЕТРОВ ДЛЯ МАНТИЙНЫХ ПЕРИДОТИТОВ

Ащепков И.В. (ИГМ СО РАН)

Igor.Ashchepkov@uiggm.nsc.ru

Оригинальные мономинеральные барометры и термометры для мантийных перидотитов по клинопироксену, гранату, хромиту и ильмениту [1] статистически калиброванные на оценках ортопироксеновой термобарометрии проверены на данных продуктов высокобарических экспериментов с природными перидотитами и эклогитами. Клинопироксеновый термометр (Ащепков, 2002-20003) дает корреляцию ~ 1 с давлениями до 100 кбар ($R \sim 0.93$) для перидотитов (380 опытов) и до 80 кбар ($R \sim 0.77$) для эклогитов (240 опытов).

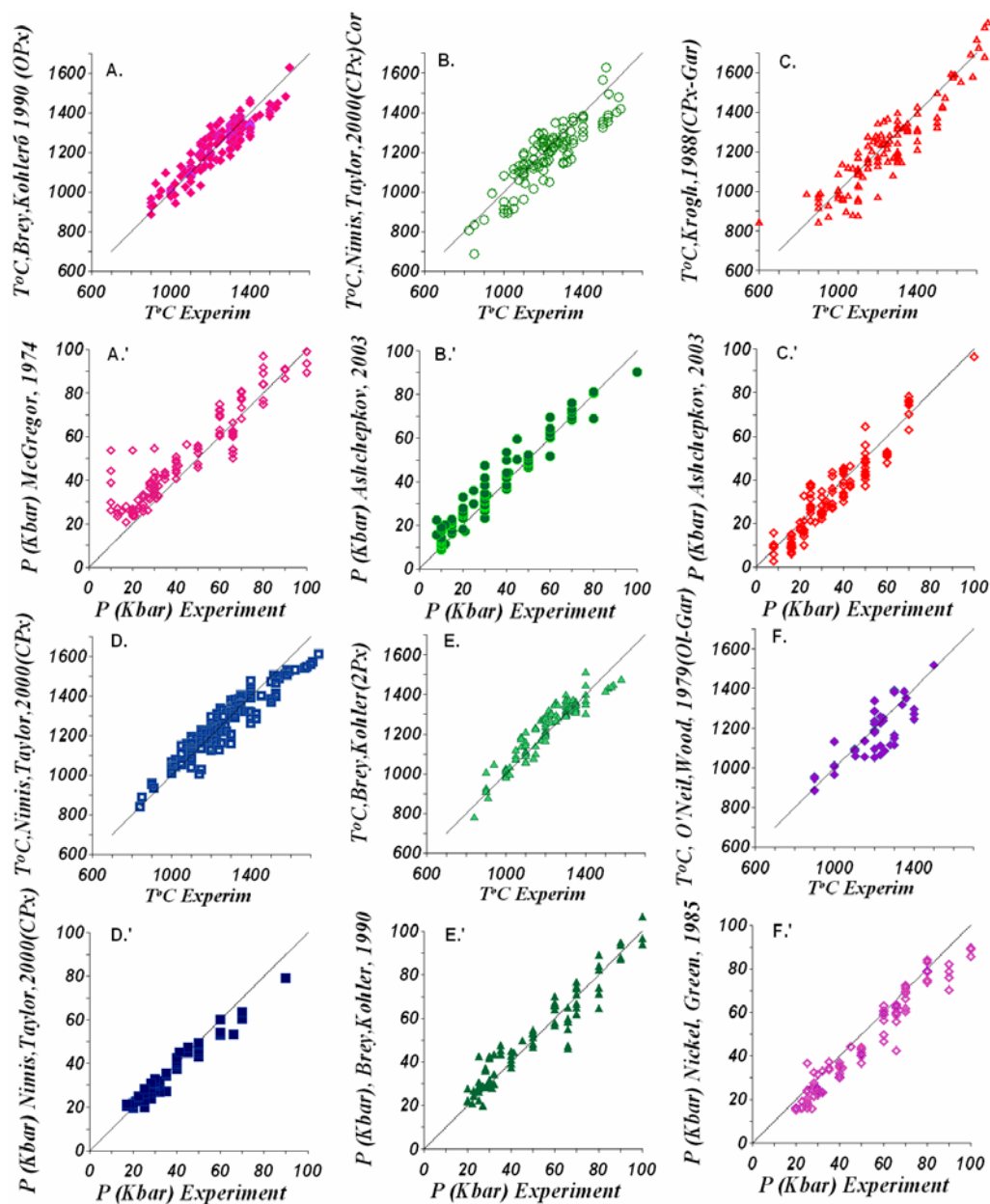


Рис.1. Корреляция значений температуры и давления, определенных с помощью барометров [3-7] и термометров [4, 5, 7-9] с ТР условиями экспериментов

Уравнения для мимоминеральных термобарометров: Гранат: используется три варианта барометров. Первый опубликован [1]. Второй заключается в вычислении Al_2O_3 ортопироксена из состава граната согласно процедуре:

$$x_{CrOpx} = Cr_2O_3 / CaO / FeO / MgO / 500$$

$$x_{AlOpx} = 1 / (3875 * (\exp(Cr_2O_3^{0.5} / CaO - 0.3) * CaO / 1000 + 16) - x_{CrOpx})$$

$$x_{AlOpx} = x_{AlOpx} * 24.64 / xx(5,4) ** 0.5 * xx(5,8) ** 0.2 / 3 + xx(5,5) * (ToK - 500) / 900$$

$$x_{val} = x_{val} / ((ToK - 550) / 850) - 2.25 * \ln(MgO - 1.5)$$

$$IF(CaO.LE.4.or.Cr_2O_3.ge.7) \ x_{Al_2O_3} = (x_{val} / \log((To - 550) * 2000 - 2.25 * \ln(MgO - 1.5))) * 1.07$$

И далее $x_{Al_2O_3}$ в Оpx используется в уравнении ортопироксенового барометра [3].

третий - модифицированный вариант барометра G. Grutter [3] с введением поправки на температуру.

$$P = 40 + (Cr_2O_3 - 4.5) * 10 / 3 - 20 / 7 * CaO + (ToC) * 0.0000751 * MgO * CaO + 2.45 * Cr_2O_3 * (7 - xv(5,8)) - Fe * 0.5 \text{ with the correction for } P > 55: P = 55 + (P - 55) * 55 / (1 + 0.9 * P)$$

Температура определяется по модифицированному варианту термометра Крофа [9].

$$Fe\#Ol_Gar = Fe\#_{Gar} / 2 + (T(K) - 1420) * 0.000112 + 0.01$$

Для глубинных ассоциаций $P > 55$ кбар

$$T = T - (0.25 / (0.4 - 0.004 * (20 - P)) - 0.38 / Ca) * 275 + 51 * Ca * Cr^2 - 378 * CaO - 0.51) - Cr / Ca^2 * 5 + Mg / (Fe + 0.0001) * 17.4$$

ХРОМИТ

$$P = Cr / (Cr + Al) * T(K) / 14 + Ti * 0.10 \text{ со следующей итерацией}$$

$$P = -0.0053 * P^2 + 1.1292 * P + 5.8059 + 0.00135 * T(K) * Ti * 410 - 8.2$$

$$\text{For } P > 57 \ P = P + (P - 57) * 2.75$$

ToK определяется по [10].

Fe#Ol сосуществующего оливина по трем последовательным приближениям

$$Fe\#Ol_Chr = (Fe / (Fe + Mg)) / 4.5 - (P - 32) * 0.00115 - 0.03$$

$$Fe\#Ol_Chr = (Fe\#Ol - 0.074) * 0.45 + 0.086$$

$$Fe\#Ol_Chr = Fe\#Ol - (Fe\#Ol - 0.06) * (T(K) - 1300) * 0.000115 + 0.01$$

ИЛЬМЕНИТ

$$P = ((TiO_2 - 23) * 2.15 - (To - 973) / 20 * MgO * Cr_2O_3 \text{ и далее } P = (60 - P) / 6.1 + P$$

ToK определяется по [11].

$$Fe\#Ol_Chr = (Fe / (Fe + Mg))_{ilm} - 0.35 / 2.252 - 0.0000351 * (T(K) - 973)$$

КЛИНОПИРОКСЕН

$$(Ash2009) = 0.32 \quad (1 - 0.2 * Na / Al + 0.012 * Fe / Na) * Kd \quad ^{(3/4)} * T^0 K / (1 + Fe) - 35 * \ln(1273 / T^0 K) * (Al + Ti + 2.5Na + 1.5Fe^{3+}) + (0.9 - CaO) * 10 + Na_{20} / Al_2O_3 * T^0 K / 200$$

со вторым приближением $P = (0.0000002 * P^4 + 0.000002 * P^3 - 0.0027 * P^2 + 1.2241 * P)$.

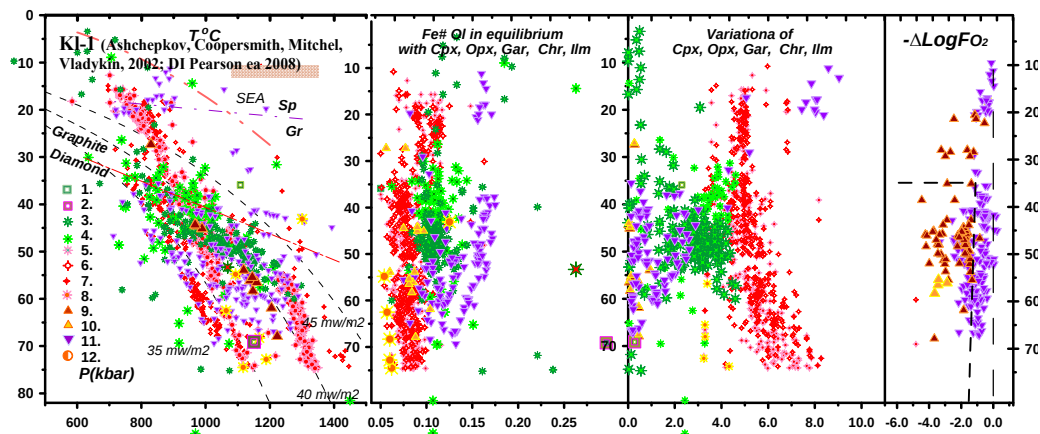


Рис.2. ТРФ диаграмма для мантийной колонны под кимберлитовой трубкой K1-1 Колорадо, США [11]. Условные обозначения см. публикацию [16] данного выпуска

Гранатовый барометр [1] обнаруживает корреляцию для до 80 кбар для малохромистых составов ($R \sim 0.56$) и гораздо лучшую ($R \sim 0.78$) для высокохромистых составов фаз пересчитанных из миналов (40). Хромитовый барометр также обнаруживает высокую корреляцию (~ 0.87). Использование в термометрах для граната [8-9] для ильменита [11] и хромита [10] вычисленные значения $Fe\#Ol$ по регрессионным уравнениям, найденным по составам минералов ксенолитов (>900) (Ashchepkov et al., 2009) позволяют получить очень высокие корреляции с полиминеральными версиями термометров.

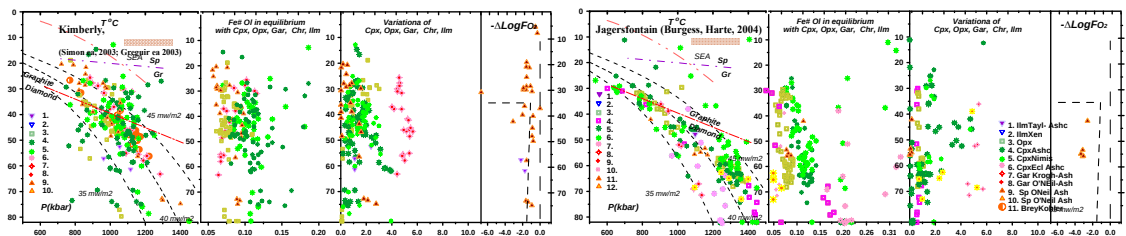


Рис.3. ТР диаграмма для кимберлитовых трубок Кимберли [12] и Ягерсфонтейн [13] Ю.Африка

Grant RBRF 05-05-64718a

References

1. Ashchepkov I.V., Pokhilenko N.P., Vladykin N.V., Rotman A.Y., Afanasiev V.P., Logvinova A.M., Kostrovitsky S.I., Pokhilenko L.N., Karpenko M.A., Kuligin S.S., Malygina E.V., Stegnitsky Y.B., Alymova N.A., Khmelnikova O.S. Reconstruction of mantle sections beneath Yakutian kimberlite pipes using monomineral thermobarometry // Geological Society, London. Special Publications. 2008. V. 293. P. 335-352.
2. Ashchepkov I.V. More precise equation of the Jd-Di Barometer // Herald of the Earth department RAS. 2003. № 1. P. 45-46.
3. Grutter H.S., Latti D., Menzies A.H. Cr-Saturation Arrays in Concentrate Garnet Compositions from Kimberlite and their Use in Mantle Barometry // J. Petrol. 2006. V. 47. No 4. P. 801-820.
4. Brey G.P., Kohler T. Geothermobarometry in four phase lherzolites II: new thermo-barometers and practical assessment of using thermobarometers // J. Petrol. 1990. 31. P. 1353-1378.
5. McGregor I.D. The system $MgO-Al_2O_3-SiO_2$: solubility of Al_2O_3 in enstatite for spinel and garnet-spinel compositions // Am. Mineral. 1974. V. 59. 110-19.
6. Nimis P., Taylor W. Single clinopyroxene thermobarometry for garnet peridotites. Part I. Calibration and testing of a Cr-in-Cpx barometer and an enstatite-in-Cpx thermometer // Contrib. Mineral. Petrol. 2000. 139. P. 541-554.
7. Nickel K.G., Green D.H. Empirical thermobarometry for garnet peridotites and nature of lithosphere, kimberlites and diamonds // Earth. Planet. Sci. Lett. 1985. V. 73. P. 153-170.
8. O'Neill H.St.C., Wood B.J. An experimental study of Fe-Mg- partitioning between garnet and olivine and its calibration as a geothermometer // Contrib. Mineral. Petrol. 1979. 70: 5970.
9. Krogh E.J. The garnet-clinopyroxene Fe-Mg geothermometer a reinterpretation of existing experimental data // Contrib. Mineral. Petrol. 1988. V. 99. P. 44-48.
10. O'Neill H.St., C. & Wall V.J. The olivine orthopyroxene-spinel oxygen geobarometer, the nickel precipitation curve, and the oxygen fugacity of the Earth's upper mantle // Journal of Petrology. 1987. 28. P. 1169-1191.
11. Taylor W.R., Kammerman M., Hamilton R. New thermometer and oxygen fugacity sensor calibrations for ilmenite and chromium spinel-bearing peridotitic assemblages // 7th International Kimberlite Conference. Extended abstracts. Cape Town. 1998. P. 891-901.
12. Ashchepkov I.V., Vladykin N.V., Mitchell R.H., Coopersmith H., Garanin V.G., Saprykin A.I., Khmelnikova O.S., Anoshin G.N. Geochemical features of the minerals from the heavy concentrate from KL-1 (Kelsey Lake) kimberlite pipe, State Line, Colorado: petrologic reconstruction. In: Deep-seated magmatism, magmatic sources and the problem of plumes // Vladivostok. Dalnauka. 2002. P. 174-184.
13. Simon N.S.C., Carlson R.W., Pearson D.G., Davies G.R. The Origin and Evolution of the Kaapvaal Cratonic Lithospheric Mantle // J. Petrology. 2007. V. 48. P. 589-625.

14. Burgess S.R., Harte B. Tracing lithosphere evolution through the analysis of heterogeneous G9-G10 garnets in peridotite xenoliths, II: REE chemistry // J. Petrol. 2004. V. 45. Issue 3. P. 609-634.

15. Ashchepkov I.V., Pokhilenko N.P., Vladykin N.V., Logvinova A.M., Afanasiev V.P., Pokhilenko L.N., Kostrovitsky S.I., Kuligin S.S., Stegnitsky Y.B., Rotman A.Y., Karpenko M.A., Mityukhin S.I., Vishnyakova E.V. Geochemical evidence for mantle lithosphere heterogeneity of Siberian craton // 9th International Kimberlite Conference Long Abstract. 9IKC-A-00386. 2008. P. 123.

16. Ащепков И.В., Логвинова А.И., Владыкин Н.В., Кулигин С.М., Малыгина Е.В., Похиленко Л.Н., Алымова Н.В., Митюхин С.И. Использование мономинеральных термобарометров для реконструкции структуры мантийной литосферы // Вестник наук о Земле РАН 2009. № 1.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(27) 2009

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2009 года (ЕСЭМПГ-2009)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2009/informbul-1_2009/term-1.pdf

Опубликовано 1 сентября 2009 г.

© *Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2009*

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на «Вестник Отделения наук о Земле РАН» обязательна