

**ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И  
МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В  
ЛИТОСФЕРНОЙ МАНТИИ ПОД НАКЫНСКИМ  
КИМБЕРЛИТОВЫМ ПОЛЕМ, СИБИРСКИЙ КРАТОН**

Владимир Мальковец<sup>1,2</sup>, Bill Griffin<sup>3</sup>, Lynthener Takenaka de Oliveira<sup>3</sup>,  
Алексей Дак<sup>4</sup>, Анастасия Гибшер<sup>1,2</sup>, Игорь Яковлев<sup>2</sup>, Илья Серов<sup>5</sup>,  
Лариса Муллаярова<sup>1</sup>, Татьяна Старкова<sup>1</sup>,  
Константин Гаранин<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательское геологическое предприятие АК «АЛРОСА»  
(ПАО), 678170, Россия, г. Мирный, Чернышевское шоссе, 16

<sup>2</sup> ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,  
630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3

<sup>3</sup> GEMOC/CCFS ARC National Key Centre, Macquarie University, Sydney,  
Australia

<sup>4</sup> АО «Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья»,  
630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр-т, 67

<sup>5</sup> АК «АЛРОСА», 678170, Россия, г. Мирный, ул. Ленина 6

**PECULIARITIES OF STRUCTURE AND  
METASOMATIC PROCESSES IN THE LITHOSPHERIC  
MANTLE BENEATH THE NAKYN KIMBERLITE FIELD,  
SIBERIAN CRATON**

Vladimir Malkovets<sup>1,2</sup>, Bill Griffin<sup>3</sup>, Lynthener Takenaka de Oliveira<sup>3</sup>, Alexei  
Dak<sup>4</sup>, Anastasia Gibsher<sup>1,2</sup>, Igor Yakovlev<sup>2</sup>, Ilya Serov<sup>5</sup>,  
Larisa Mullayarova<sup>1</sup>, Tatiana Starkova<sup>1</sup>, Konstantin Garanin<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Scientific-Investigation Geology Enterprise AC «ALROSA», 16  
Chernyshevskoye Highway, Mirny, 678170, Russia

<sup>2</sup> V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy Siberian Branch Russian  
Academy of Sciences, 3 ave. Akademika Koptyuga, Novosibirsk, 630090,  
Russia

<sup>3</sup> GEMOC/CCFS ARC National Key Centre, Macquarie University, Sydney,  
Australia

<sup>4</sup> SNIIGGIMS, Krasniy ave. 67, Novosibirsk, 630091, Russia

<sup>5</sup> ALROSA Co Ltd., Lenina st. 6, Mirny, 678170, Russia

Annotation. This work presents results of a study and  
interpretation of trace-element composition of chromium

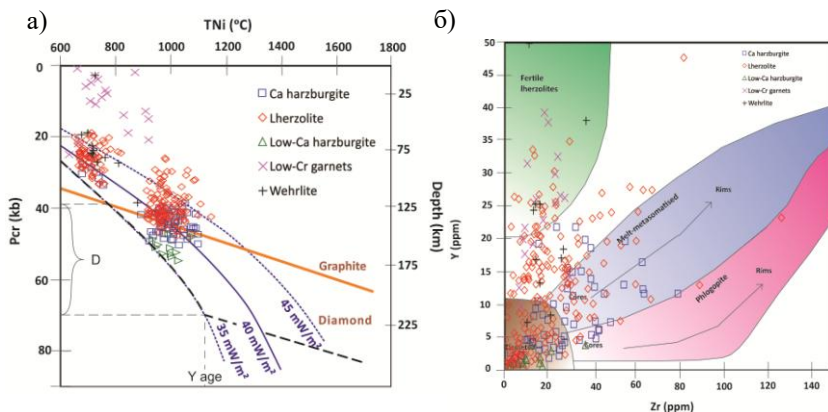
pyropes from kimberlite pipes Nyurbinskaya and Botuobinskaya in order to identify details of the deep structure of the mantle column and the peculiarities of metasomatic processes in the lithospheric mantle beneath the Nakyn field. Using a monomineral Ni-in-Gar thermometer and a Cr-in-Gar barometer, the Middle Paleozoic paleogeotherm was reconstructed at the time of the intrusion of the Nyurbinskaya and Botuobinskaya kimberlites. The calculated paleogeotherm up to  $T < 1100^{\circ}\text{C}$  corresponds to a heat flux of  $35 \text{ mW/m}^2$  and is a typical “cold” craton geotherm. At  $T > 1100^{\circ}\text{C}$  ( $\sim 210\text{-}215 \text{ km}$ ), a geotherm has a kink which is associated with the heating of the lithosphere base by deep melts. Due to the kink of the geotherm, the maximum depth of the tested mantle column is  $\sim 215\text{-}220 \text{ km}$ . According to the reconstructed paleogeotherm, the “diamond window” has a large thickness – about  $90 \text{ km}$  ( $120\text{-}210 \text{ km}$ ), comparable in thickness with the high-grade kimberlites of the Daldyn, Mirny and Alakit-Markha fields. The large thickness of the “diamond window” and low degree of superimposed diamond destructive metasomatic processes are the reasons of high diamond grade of Nakyn kimberlites.

## **1. Введение**

В пределах Накынского поля известно четыре высокоалмазоносных среднепалеозойских кимберлитовых тела, размеры которых позволяют производить добычу алмазов: трубки Нюрбинская и Ботуобинская и сравнительно небольшие тела Майское и Мархинское. Первое кимберлитовое тело – трубка Ботуобинская, была открыта в феврале 1994 года. К сожалению, глубинные ксенолиты в кимберлитах подвержены интенсивным вторичным изменениям и данные по петрологии литосферной мантии под Накынным полем практически отсутствуют. Исследование минеральных включений в алмазах показало наличие минеральных включений как перидотитового, так и эклогитового парагенезисов. В данной работе впервые представлены результаты высокоточного изучения и интерпретации микроэлементного состава хромистых пиропов из кимберлитовых тел Нюрбинская и Ботуобинская с целью выявления деталей глубинного строения мантийной колонны и особенностей метасоматических процессов в литосферной мантии Накынского поля.

## 2. Результаты исследований

В данной работе мы приводим результаты геохимических исследований 295 зерен гранатов (трубки Нюрбинская и Ботуобинская) выполненных методом индуктивно-связанной плазменной масс-спектрометрии (ICPMS Agilent 7900cs) с лазерным пробоотборником Photon Machines в Университете Маккуори, Сидней, Австралия. Обработка геохимических данных и построение глубинного разреза было проведено совместно для гранатов трубок Нюрбинская и Ботуобинская в соответствие с методиками, описанными в работе [1].



**Рисунок 1.** Положение гранатов из трубок Нюрбинская и Ботуобинская на P-T диаграмме и реконструкция среднепалеозойской палеогеотермы (а) и Y-Zr диаграмме (б). D – “алмазное окно”.

С использованием мономинеральных Ni-in-Gar термометра и Cr-in-Gar барометра была рассчитана среднепалеозойская палеогеотерма на момент внедрения кимберлитов трубок Нюрбинская и Ботуобинская [2, 3] (Рисунок 1 а). Рассчитанная палеогеотерма до  $T < 1100$  °C соответствует тепловому потоку  $35 \text{ mW/m}^2$  и является типичной “холодной” кратонной геотермой. При температурах  $\sim 1100$  °C ( $\sim 210$ -215 км) отмечается излом геотермы связанный с разогревом основания литосферы глубинными расплавами. С учетом излома геотермы, максимальная глубина опробованной мантийной колонны составляет  $\sim 215$ -220 км. В соответствии с реконструированной палеогеотермой, “алмазное окно” имеет большую мощность – около 90 км (120-210 км;  $\sim 27$  кбар), сравнимую по мощности с высокоалмазоносными

кимберлитами Далдынского, Мирнинского и Алакит-Мархинского полей [4, 5]. На Y-Zr диаграмме (Рисунок 1 б) большинство гранатов попадает в область деплетированных составов и в области составов, метасоматизированных глубинными силикатными расплавами и фертильных лерцолитов. Интересной особенностью основания глубинного разреза является слабая степень проявленности наложенных метасоматических процессов, которые приводят к уничтожению алмазов, как в основании мантийной колонны, так и выше по разрезу. Именно вследствие этого, вероятно, кимберлиты Накынского поля имеют повышенную алмазоносность.

### **3. Выводы**

В результате исследования геохимических характеристик ксенокристаллов хромистых пиропов из концентрата тяжелой фракции среднепалеозойских высокоалмазных кимберлитов трубок Нюрбинская и Ботуобинская установлено, что высокая алмазоносность кимберлитов связана с двумя основными факторами: высокой мощностью “алмазного окна” и малой степенью наложенных деструктивных метасоматических преобразований, как в области “алмазного окна”, так и в глубинной части разреза.

### **4. Благодарности**

Исследования выполнены по государственному заданию ИГМ СО РАН и при поддержке РФФИ (проект 19-05-00766).

### **5. Литература:**

- [1] O'Reilly, S.Y. and Griffin, W.L. Imaging global chemical and thermal heterogeneity in the subcontinental lithospheric mantle with garnets and xenoliths: Geophysical implications // *Tectonophysics*, 2006, vol. 416, pp. 289-309.
- [2] Agashev, A.M., Pokhilenko, N.P., Tolstov, A.V., Polyanichko, V., Malkovets, V.G. and Sobolev, N.V. New data about the age of some kimberlite pipes from Yakutian kimberlite province // *Doklady Earth Sciences*, 2004, vol. 399, no. 8, pp. 1142-1145.
- [3] Treiakova, I.G., Belousova, E.A., Malkovets, V.G., Griffin, W.L., Piaolo, S., Pearson, N.J., O'Reilly, S.Y. and Nishido H. Recurrent magmatic activity on a lithospheric-scale structure: crystallization and deformation in kimberlitic zircons // *Gondwana Research*, 2017, vol. 42, pp. 126-132.

[4] Griffin, W.L., Ryan, C.G., Kaminsky, F.V., O'Reilly, S.Y., Natapov, L.M., Win, T.T., Kinny, P.D. and Ilupin I.P. The Siberian lithosphere traverse: mantle terranes and the assembly of the Siberian Craton // *Tectonophysics*, 1999, vol. 310, pp. 1-35.

[5] Malkovets, V.G., Griffin, W.L., O'Reilly, S.Y. and Wood B.J. Diamond, Subcalcic garnet, and mantle metasomatism: Kimberlite Sampling Patterns define the link // *Geology*, 2007, vol. 35, no. 4, pp. 339-342.

УДК 551.81:551.76

## **РЕДКОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПИРОПОВ ИЗ ГРАВЕЛИТОВ КАРНИЙСКОГО ЯРУСА ВЕРХНЕГО ТРИАСА (СЕВЕРО-ВОСТОК СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)**

Евгений Николенко<sup>1,2</sup>, Владимир Мальковец<sup>1,2</sup>,

Валентин Афанасьев<sup>2</sup>, Игорь Яковлев<sup>2</sup>, Анастасия Биллер<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательское геологическое предприятие АК «АЛРОСА» (ПАО), 678170, Россия, г. Мирный, Чернышевское шоссе, 16

<sup>2</sup> ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3

<sup>3</sup> ФГБУН Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 677000, Россия, г. Якутск, пр-т Ленина, 39

## **TRACE ELEMENT COMPOSITION OF PYROPES FROM THE UPPER TRIASSIC CARNIAN STAGE GRABELITES (NE SIBERIAN PLATFORM)**

Evgeny Nikolenko<sup>1,2</sup>, Vladimir Malkovets<sup>1,2</sup>, Valentin Afanasiev<sup>2</sup>,

Igor Yakovlev<sup>2</sup>, Anastasia Biller<sup>3</sup>

<sup>1</sup> NIGP PJSC «ALROSA», Mirny, 678170, Republic of Sakha Scientific-Investigation Geology Enterprise AC «ALROSA», 16 Chernyshevskoye Highway, Mirny, 678170, Russia

<sup>2</sup> V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy Siberian Branch Russian Academy of Sciences, 3 ave. Akademika Koptyuga, Novosibirsk, 630090, Russia

<sup>3</sup> Diamond and Precious Metals Geology Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 39 Lenina ave., Yakutsk, 677000, Russia