



LITHOSPHERIC MANTLE COMPOSITION AND STRUCTURE VARIATIONS UNDER THE SIBERIAN PLATFORM KIMBERLITE FIELDS OF DIFFERENT AGES

N.P. Pokhilenko ^{1,2}, V.P. Afanasiev ¹✉, A.M. Agashev ¹, L.N. Pokhilenko ¹, N.S. Tychkov ¹

¹ Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 3 Academician Koptug Ave, Novosibirsk 630090, Russia

² Novosibirsk State University, 1 Pirogov St, Novosibirsk 630090, Russia

ABSTRACT: We discuss herein the differences both in composition and structure of the lithospheric mantle of the Siberian Platform under kimberlite fields of different ages. Having analyzed the pyrope garnets from kimberlites of different ages this study aimed to identify the genesis, extent and probable causes for the evolution of the composition and structure of the lithospheric mantle within various SP blocks. Acquired results revealed noticeable differences in the lithosphere thickness of different blocks for Middle Paleozoic and Mesozoic, as well as within the same time. It was found, that the greatest differences in the thickness of the lithosphere individual blocks are typical for the Middle Paleozoic. The results obtained for pyrope garnets from the Paleozoic sedimentary secondary collectors was used to get direct evidence on the existence of thick lithosphere blocks (230–240 km) under the southern margin of the Olenek uplift, north and south of the Kyutyungde trough, as well as under the western and eastern margins of the Udzhinsky uplift. Significant variations in the intensity and extent of silicate-type metasomatism were identified by investigating of pyropes from peridotites of the lithospheric mantle, sampled by kimberlites of both Middle Paleozoic and Triassic fields. Direct evidence indicates high prospects for discovering new fields of diamondiferous high-grade kimberlites of the Middle Paleozoic age in some areas of the Siberian Platform, primarily in its Arctic region.

KEYWORDS: Siberian platform; kimberlites; pyropes; lithospheric mantle; mantle metasomatism

FUNDING: This study was implemented for the basic project of the IGM SB RAS, and was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grant 20-05-00662).

SHORT COMMUNICATION

Received: August 22, 2022

Revised: September 9, 2022

Accepted: September 12, 2022

Correspondence: Valentin P. Afanasiev, avp-diamond@mail.ru

FOR CITATION: Pokhilenko N.P., Afanasiev V.P., Agashev A.M., Pokhilenko L.N., Tychkov N.S., 2022. Lithospheric Mantle Composition and Structure Variations under the Siberian Platform Kimberlite Fields of Different Ages. *Geodynamics & Tectonophysics* 13 (4), 0666. doi:10.5800/GT-2022-13-4-0666

ВАРИАЦИИ СОСТАВА И СТРОЕНИЯ ЛИТОСФЕРНОЙ МАНТИИ ПОД РАЗНОВОЗРАСТНЫМИ КИМБЕРЛИТОВЫМИ ПОЛЯМИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Н.П. Похиленко^{1,2}, В.П. Афанасьев¹, А.М. Агашев¹, Л.Н. Похиленко¹, Н.С. Тычков¹

¹ Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 630090, Новосибирск, пр-т Академика Коптюга, 3, Россия

² Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1, Россия

АННОТАЦИЯ. Обсуждается проблема различий состава и строения литосферной мантии Сибирской платформы под разновозрастными кимберлитовыми полями. Целью работы являлось выяснение характера, масштабов и вероятных причин эволюции состава и строения литосферной мантии различных блоков платформы на основании изучения пироповых гранатов из разновозрастных кимберлитов различных полей. Анализ полученных результатов показал наличие существенных различий в мощности литосферы различных блоков не только на разное время (среднепалеозойское и мезозойское), но и для одного времени, причем наибольшие различия мощности отдельных блоков литосферы характерны для среднепалеозойского времени. На основании изучения пироповых гранатов из осадочных коллекторов палеозойского возраста получены прямые признаки существования на донижнекарбонное время блоков мощной литосферы (до 230–240 км) под южным обрамлением Оленекского поднятия (участки к северу и югу от Кютюндинского прогиба), а также под западным и восточным обрамлением Уджинского поднятия. Значительные вариации интенсивности и масштабов метасоматоза силикатного типа установлены на основании изучения пиропов из перидотитов разрезов литосферной мантии, «опробованных» кимберлитами полей как среднепалеозойского, так и триасового возраста. Полученные результаты прямо указывают на высокие перспективы выявления новых полей высокоалмазоносных кимберлитов среднепалеозойского возраста в ряде районов Сибирской платформы, в первую очередь ее арктических территорий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Сибирская платформа; кимберлиты; пиропы; литосферная мантия; мантийный метасоматоз

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Данное исследование выполнялось в рамках базового проекта ИГМ СО РАН, а также было поддержано РФФИ (грант 20-05-00662).

1. ВВЕДЕНИЕ

Проблема масштабной эволюции состава и строения литосферной мантии Сибирской платформы в связи с воздействием на ее нижние уровни расплавов и флюидов сублитосферного происхождения является предметом внимания ряда исследователей с 90-х годов прошлого века [Pokhilenko et al., 1993, 1999, 2015; Pearson et al., 1995; Shimizu et al., 1999; Griffin et al., 2003; Agashev et al., 2013; Howarth et al., 2014; Tychkov et al., 2014; Afanasiev, Pokhilenko, 2022]. В качестве основной причины значительных изменений мощности литосферной мантии платформы рассматривались процессы взаимодействия вещества литосферы и расплавов/флюидов верхних частей среднепалеозойского плюма и, в особенности, Сибирского пермско-триасового суперплюма. На основании сравнительного изучения ксеногенного мантийного материала, вынесенного на земную поверхность разновозрастными кимберлитами, были показаны резкие различия состава и строения вертикальных разрезов литосферной мантии одних и тех же блоков платформы на среднепалеозойское (D_3) и мезозойское (T_{2-3} и J_3) время. Характер установленных различий оказался близким как для северо-восточной, так и для юго-западной части платформы, где был доступен ксеногенный мантийный материал,

вынесенный в этих регионах кимберлитами среднепалеозойского и мезозойского возраста. Было показано, что для различных блоков платформы на среднепалеозойское время мощность литосферы колебалась в диапазоне 170–260 км, а на мезозойское – 130–160 км при многократном увеличении роли основных пород (эклогитов и гранатовых пироксенитов) в нижней части разреза мезозойской литосферы [Pokhilenko et al., 1999; Dobretsov, Pokhilenko, 2010].

Особое внимание уделялось изучению характера процессов метасоматоза перидотитов корневых частей литосферной мантии, которые изначально должны были иметь предельно истощенный состав и быть представленными гарцбургитами или дунитами и не содержать легкоплавких компонентов и алмаза. Тем не менее было установлено, что большая часть наиболее глубоких ксенолитов перидотитов, сильно истощенных по магнефильным петрогенным элементам, обогащена несовместимыми элементами, что может быть результатом взаимодействия этих пород с карбонатитовыми и силикатными метасоматическими агентами [Pokhilenko et al., 1993, 1999, 2015; Pearson et al., 1995; Shimizu et al., 1999; Pokhilenko L.N. et al., 2014; Agashev et al., 2013; Howarth et al., 2014]. Свидетельства карбонатитового метасоматоза исходных истощенных

гарцбургит-дунитов были отражены в химическом составе пород и слагающих их минералов. Ксенолиты деформированных перидотитов, относящиеся к корневым уровням литосферы, несут четкие признаки силикатного метасоматоза: увеличение модалных содержаний граната и клинопироксена и геохимическое равновесие этих минералов с силикатными расплавами [Agashev et al., 2013]. Процессы алмазообразования в литосферной мантии в среднем архее связывались с незначительным по интенсивности воздействием метасоматических агентов (карбонатитовых расплавов/флюидов) сублитосферного происхождения на истощенные перидотиты (гарцбургиты и дуниты) на глубинах, отвечающих области стабильности алмаза [Pokhilenko et al., 1993, 2015; Shimizu et al., 1999; Shirey et al., 2013; Shirey, Richardson, 2011]. Базификация вещества литосферной мантии при масштабном воздействии сублитосферных базитовых расплавов/флюидов не только утолщала литосферу за счет частичного плавления вторично обогащенных перидотитов и вовлечения их в астеносферную конвекцию, но и окисляла алмазы при значительном повышении потенциала кислорода в таких системах.

2. МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Поиск связей между мощностью, особенностями состава разных уровней литосферной мантии, характером процессов мантийного метасоматоза, масштабом проявлений кимберлитового магматизма и уровнем их алмазоносности проведен авторами на основе детального изучения содержащихся в кимберлитах пиропов мантийного происхождения. Методом электронного микроанализа были изучены более 20 тысяч зерен пиропов из 114 кимберлитовых трубок из десяти разновозрастных полей пяти кимберлитовых районов Сибирской платформы: 1) 10737 зерен из 42 трубок трех районов с кимберлитами среднепалеозойского возраста: Малоботуобинский – 3270 зерен из 7 трубок; Далдыно-Алакитский – 6726 зерен из 32 трубок; Среднеоленинский – 741 зерно из трех трубок; 2) 5341 зерно из 26 трубок трех полей триасового возраста Анабарского района; 3) 3834 зерна из 26 трубок полей верхнеюрского возраста Нижнеоленинского района. Этим же методом были также изучены более 3 тысяч зерен пиропов из промежуточных коллекторов палеозойского возраста северо-восточной и юго-западной окраины платформы. Методами электронного микроанализа и ЛА-ИСП-МС исследованы пиропы из 23 ксенолитов наиболее глубоких перидотитов с четкими признаками мантийного метасоматоза.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты изучения пиропов из разновозрастных кимберлитов показали наличие существенных различий статистических распределений ряда характеристик их составов: а) для разновозрастных полей; б) для различных разновозрастных полей; в) для различных тел одного поля. Эти различия отражены в табл. 1,

рис. 1 и рис. 2, и они наиболее отчетливы для средних содержаний FeO , Cr_2O_3 , пиропов «алмазной ассоциации» и пиропов с высокими содержаниями Cr_2O_3 (>7 и >10 мас. %) из кимберлитов среднепалеозойского, триасового и юрского возраста. Существенные различия средних содержаний FeO и Cr_2O_3 имеют пиропы из кимберлитовых полей триасового возраста: 8.91 и 3.22 мас. % соответственно из трубок юго-восточного обрамления Анабарского щита и 7.55 и 4.71 мас. % соответственно из трубок Харамайского поля, расположенного на юго-западном обрамлении Анабарского щита. Средние составы пиропов из изученных тел среднепалеозойского возраста Малоботуобинского, Далдыно-Алакитского и Среднеоленинского районов имеют близкие средние содержания FeO , CaO и Cr_2O_3 (табл. 1) и образуют достаточно компактное поле в координатах как $\text{FeO} - \text{CaO}$, так и $\text{Cr}_2\text{O}_3 - \text{CaO}$ (рис. 1). Однако пиропы из кимберлитов Малоботуобинского и Далдыно-Алакитского районов существенно отличаются от пиропов из кимберлитов Среднеоленинского района значительно большими содержаниями пиропов «алмазной ассоциации» (6.2, 7.6 и 1.5 % соответственно) и высокохромистых пиропов (>7 и >10 % Cr_2O_3): 11.1 и 2.4 %; 15.2 и 3.2 %; 8.3 и 0.7 % соответственно (табл. 1).

Изучение выборок пиропов из нижнетурнейских (C_1) гравелитов южного обрамления Оленекского поднятия показало близость основных характеристик их составов таковым для пиропов из алмазоносных кимберлитов среднепалеозойского возраста центральных районов Якутской алмазоносной провинции. В табл. 1 приведены характеристики состава выборки таких пиропов участка в бассейне р. Улахан-Юэнтэ (правый приток р. Кютюнгдэ) с аномально высокими содержаниями пиропов «алмазной ассоциации» (36.1 %) и высокохромистых пиропов: >7 мас. % Cr_2O_3 – 34.4 %; >10 мас. % Cr_2O_3 – 14.8 %. Такие аномально высокие концентрации пиропов подобных составов уникальны и отсутствуют в других объектах. Выборка пиропов из аллювия р. Элизтибийе (юго-восточное обрамление Оленекского поднятия) имеет особенности состава, характерные для пиропов из кимберлитов верхнеюрского возраста.

С целью уточнения особенностей сопряженных вариаций состава изначально субкальциевых высокохромистых пиропов и распределения в них несовместимых элементов при прогрессирующем карбонатитовом метасоматозе экстремально истощенных megacrystalline гарцбургит-дунитов литосферной мантии, в том числе алмазоносных, проведено детальное изучение пиропов из 14 ксенолитов таких пород. В пиропе из алмазоносных перидотитов фиксируются признаки сравнительно низкой интенсивности карбонатитового метасоматоза истощенных перидотитов, выражавшейся в относительно невысокой степени обогащения легкими редкоземельными элементами со смещением пика их содержаний не более чем в 30–50 хондритовых значений от Ce к Pr. При прогрессивном увеличении интенсивности карбонатитового

Таблица 1. Особенности составов (мас. %) пиропов из кимберлитов Сибирской платформы
Table 1. Features of compositions (wt. %) of pyrope from Siberian platform kimberlites

Поле	Возраст	N (n)	CaO x (s)	FeO x (s)	Cr ₂ O ₃ x (s)	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄
1	D ₃	7 (327)	5.08 (1.04)	8.20 (1.02)	4.45 (2.29)	6.2	38.5	11.1	2.4
2	PZ, D ₃	32 (672)	4.89 (1.25)	8.06 (1.07)	4.20 (2.34)	7.6	35.8	15.2	3.2
3	PZ ₂	3 (741)	5.18	7.92	3.91	1.5	28.3	8.3	0.7
4	MZ, T ₁₋₂	34 (415)	5.02 (0.62)	8.91 (1.39)	3.22 (1.43)	0.2	12.1	2.4	0.1
5	MZ, J ₃	26 (383)	4.23 (0.59)	9.44 (1.62)	2.75 (1.26)	0.1	4.8	2.1	0
6	MZ, T ₁₋₂	12 (1184)	5.48 (1.31)	7.55 (1.77)	4.71 (2.07)	1.2	41.9	14.4	0.5
7	PZ, D ₃	61	4.02	7.97	5.78	36.1	49.2	34.4	14.8
8	MZ, J ₃ ?	325	5.10	9.46	2.62	0	4.8	0	0

Примечание. 1 – Мирнинское поле; 2 – Далдыно-Алакитский район; 3 – Среднеоленинский район; 4 – кимберлиты восточного обрамления Анабарского щита; 5 – поля Нижнеоленинского района; 6 – Харамайское поле; 7 – пиропы из нижнекарбониферных конгломератов южного обрамления Оленекского поднятия (источники – кимберлиты среднепалеозойского возраста); 8 – пиропы из аллювия р. Элиэтибийе (источники – кимберлиты предположительно верхнеюрского возраста). N – количество изученных трубок; n – общее количество изученных зерен пиропов; x – содержание элемента (мас. %); s – среднее квадратичное отклонение; n₁ – содержание (об. %) в изученной выборке пиропов «алмазной ассоциации» по [Sobolev et al., 1973]; n₂, n₃, n₄ – количество пиропов (об. %), содержащих Cr₂O₃ более 5, 7 и 10 мас. % соответственно.

Note. 1 – Mirny field; 2 – Daldyn-Alakit area; 3 – Middle Olenek area; 4 – kimberlites of the eastern framing of Anabar shield; 5 – fields of Lower Olenek area; 6 – Kharamay field; 7 – pyrope from Lower Carboniferous conglomerates of the southern framing of Olenek uplift (sources – kimberlites of middle Paleozoic age); 8 – pyrope from the river alluvium of the Eliyetibiye River (sources – kimberlites presumably of Upper Jurassic age). N – number of studied pipes; n – total number of studied pyrope grains; x – element content (wt. %); s – standard deviation; n₁ – content (vol. %) in the studied sample of "diamond association" pyrope according to [Sobolev et al., 1973]; n₂, n₃, n₄ – number of pyrope (vol. %) containing Cr₂O₃ over 5, 7 and 10 wt. % respectively.

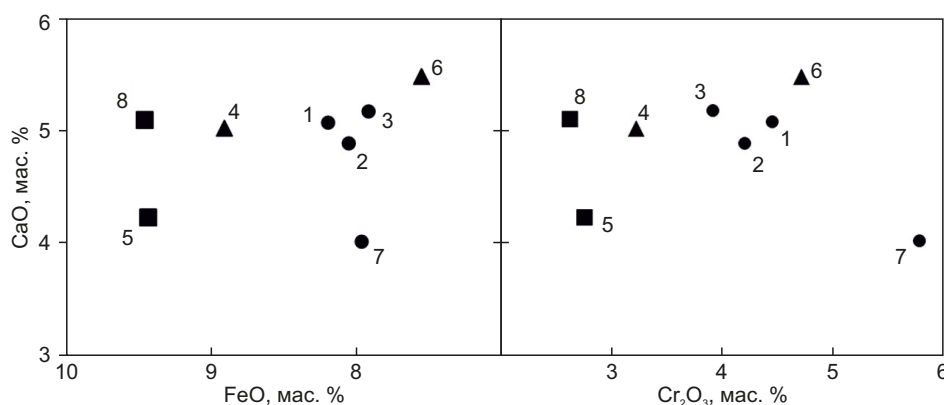


Рис. 1. Положение средних составов пиропов из кимберлитов разновозрастных полей.

Точки – среднепалеозойские поля: 1 – Мирнинское поле; 2 – Далдыно-Алакитский район; 3 – Среднеоленинский район; 7 – пиропы из нижнекарбониферных конгломератов (см. текст статьи). Треугольники – триасовые поля: 4 – кимберлиты юго-восточного обрамления Анабарского щита; 6 – Харамайское поле. Квадраты – верхнеюрские поля: 5 – Нижнеоленинский район; 8 – пиропы бассейна р. Элиэтибийе (см. текст статьи).

Fig. 1. Position of average compositions of pyrope from kimberlites of different-age fields.

Dots – Middle Paleozoic fields: 1 – Mirny field; 2 – Daldyn-Alakit area; 3 – Sredne-Olenek area; 7 – pyrope from Lower Carboniferous conglomerates (see text of the article). Triangles – Triassic fields: 4 – kimberlites of the southeastern framing of the Anabar shield; 6 – Haramay field. Squares – Upper Jurassic fields: 5 – Nizhne-Olenek area; 8 – pyrope of the Elitibiye River basin (see the text of the article).

метасоматоза, фиксируемом по составу пиропов с повышенными содержаниями СаО, вплоть до таковых, характерных для пиропов лерцолитового и даже верлитового парагенезиса, пик содержаний легких РЗЭ последовательно смещается от Pr к Nd и затем к Sm, причем абсолютные значения пика также увеличиваются, достигая в максимуме 80–85 хондритовых содержаний.

Продолжено изучение пиропов с резко выраженной зональностью из ксенолитов с четкими признаками карбонатитового метасоматоза, последовательно сменяемого силикатным. Однородное ядро, составляющее примерно 2/3 от общего объема зерна, имеет состав, типичный для пиропов из мегакристаллических гарцбургит-дунитов. Кайма у зональных пиропов также неоднородна: у внутренней части каймы от

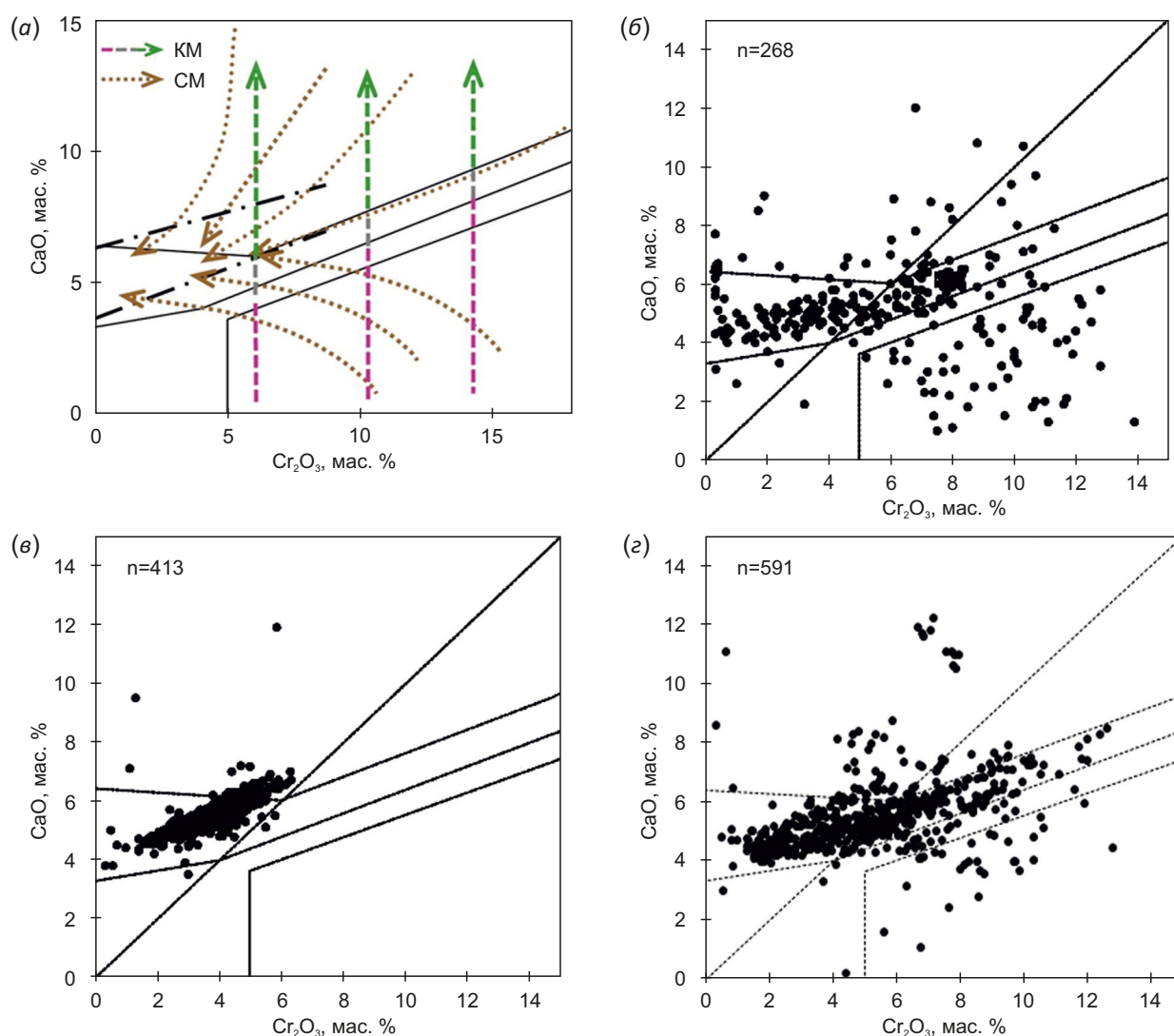


Рис. 2. Схема (а), иллюстрирующая в координатах Cr_2O_3 – CaO тренды изменения составов пироповых гранатов перидотитов литосферной мантии при воздействии на них агентов карбонатитового (КМ) и силикатного (СМ) типа метасоматоза. Приведены примеры распределения составов гранатов из верхнедевонских кимберлитов трубки Удачной, «опробовавших» перидотиты литосферной мантии, слабо затронутой силикатным метасоматозом (б), из верхнеюрской трубки Муза, «опробовавшей» перидотиты литосферной мантии с экстремальным уровнем силикатного метасоматоза (в) и из верхнедевонской трубки Дальней (з), содержащей ксеногенный материал с промежуточным по интенсивности уровнем силикатного метасоматоза перидотитов литосферной мантии.

Fig. 2. The scheme (a) illustrating the trends of compositions of pyrope garnets of lithospheric mantle peridotite under the influence of carbonatite (KM) and silicate (CM) metasomatism agents in Cr_2O_3 – CaO coordinates.

The patterns displaying the distributions of garnet compositions from the Upper Devonian kimberlites, Udachnaya pipe, which sampled the lithospheric mantle peridotites slightly affected by silicate metasomatism (b), from the Upper Jurassic Muza pipe, which sampled lithospheric mantle peridotites with the extreme level of silicate metasomatism (c), and from the Upper Devonian Dalnyaya pipe (z) containing xenogenic material with intermediate-intensity silicate metasomatism in the lithospheric mantle peridotites.

основания до периферии отмечается рост содержания CaO от 2.0 до 8.5 мас. % при незначительном изменении содержания Cr_2O_3 – от 12.0 до 10.5 мас. %. В то же время содержание FeO здесь растет от 7.2 до 12 мас. %, а содержание MgO падает от 22 до 17.5 мас. %; TiO_2 от 0.1 мас. % и далее практически до периферии внутренней части каймы растет незначительно – до 0.4 мас. %, затем быстро увеличивается до 1.6 мас. %. Характер зональности этой части каймы отвечает быстрому росту интенсивности карбонатитового метасоматоза.

Внешняя часть зональной каймы в направлении к периферии зерна выражена резким уменьшением содержания Cr_2O_3 (от 10.5 до 0.8 мас. %), TiO_2 (от 1.6 до 0.9 мас. %), CaO (от 8.5 до 5.5 мас. %) при практически постоянном содержании FeO около 12 мас. %. Здесь же отмечен рост содержаний тяжелых редкоземельных элементов и Zr. Характер зональности данной части каймы отвечает особенностям силикатного мантийного метасоматоза [Pokhilenko et al., 1999, 2015; Agashev et al., 2013; Howarth et al., 2014].

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ результатов проведенного нами изучения состава пироповых гранатов из разновозрастных кимберлитов и терригенных пород Сибирской платформы с использованием Cr-Ni термобарометра [Ryan et al., 1996] показал наличие существенных различий в мощности литосферы различных блоков не только на разное время (среднепалеозойское и мезозойское), но и для одного времени, причем наибольшие различия мощности отдельных блоков литосферы характерны для среднепалеозойского времени. Мощность литосферы под кимберлитами Малоботубинского и Далдыно-Алакитского районов на время их внедрения составляла 240–260 км. Для северо-восточной части платформы в среднем палеозое мощность литосферы под Чомурдахским полем (Среднеоленинский район) составляла около 180 км, под Толуопкинским и Мерчиндемским полями – 160–180 км. В то же время получены прямые признаки существования на это же время блоков гораздо более мощной литосферы (до 230–240 км) под южным обрамлением Оленекского поднятия (участки к северу и югу от Кютюндинского прогиба), а также под западным и восточным обрамлением Уджинского поднятия [Afanasyev et al., 2019]. На основании анализа результатов изучения пиропов, обнаруженных вместе с алмазами в промежуточных коллекторах среднепалеозойского возраста (C_1 - C_2), признаки мощной (240–250 км) литосферы на время внедрения среднепалеозойских кимберлитов установлены также и для отдельных блоков юго-западной части Сибирской платформы (территория низовьев бассейна р. Тычаны и ряд участков к юго-востоку от нее).

Оценка мощности литосферы Сибирской платформы на средне- и верхнетриасовое время (150–170 км) произведена на основе изучения пиропов из кимберлитов Лучакан-Куранахского и Харамайского полей (юго-восточное и юго-западное обрамление Анабарского щита соответственно).

Вариации составов пиропов из разновозрастных кимберлитов показывают, что минимальная интенсивность силикатного метасоматоза истощенных перидотитов литосферной мантии фиксируется в блоках литосферы под среднепалеозойскими Мирнинским и Накынским полями, а также триасовым Харамайским полем (табл. 1; см. рис. 1). Оценка вариаций мощности литосферы и особенностей состава литосферной мантии под кимберлитовыми полями верхнеюрского возраста проведена нами на основании изучения пиропов Куойкского и Беенчиминского полей. Максимальная мощность литосферы здесь не превышала 150 км (блок под трубкой Дьянга, Беенчиминское поле), на это время под изученными полями фиксируется максимальная интенсивность силикатного метасоматоза истощенных перидотитов (до 70 % пиропов из рефertilizованных перидотитов в трубках Токур, Муза, Ирина). Но в этой же части Сибирской платформы на верхнеюрское время присутствуют блоки мантии сравнительно

слабо затронутых силикатным метасоматозом (под трубками Дьянга, Второгодница).

Эволюцию химического состава перидотитов литосферной мантии можно описать в рамках следующей модели. На первом этапе, в среднем архее, в результате экстракции из первичного вещества мантии расплавов, сформированных при высокой степени частичного плавления, образовались истощенные гарцбургит-дуниты. На втором этапе, также в среднем архее, происходило метасоматическое обогащение пород основания литосферной мантии расплавом/флюидом с высоким содержанием несовместимых элементов, т.е. близким по составу к карбонатитам. С начальными этапами этого процесса связывается образование большей части литосферных алмазов U-типа [Pokhilenko et al., 1993, 2015; Shirey et al., 2013; Shirey, Richardson, 2011]. Завершающим этапом эволюции были неоднократные разномасштабные циклы силикатного метасоматоза, которые значительно изменили минералогический и геохимический состав пород нижних уровней литосферной мантии [Pokhilenko et al., 1999, 2015; Agashev et al., 2013; Howarth et al., 2014].

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты показывают наличие существенных различий в составе и строении литосферной мантии под полями как разновозрастных, так и разновозрастных кимберлитов. Последовательное уменьшение мощности литосферы и общее увеличение интенсивности вторичного обогащения перидотитов мантии идут в ряду возрастов проявлений кимберлитов Сибирской платформы: средний палеозой – средний триас – верхняя юра и связываются с воздействием на нижние уровни литосферы среднепалеозойского и пермско-триасового плюмов. Анализ результатов изучения большого количества пиропов из разновозрастных кимберлитовых полей Сибирской платформы делает предпочтительным вариант регионально-го силикатного метасоматоза перидотитов в зоне взаимодействия литосфера – астеносфера. Значительные вариации его интенсивности, по-видимому, прямо связаны с масштабами генерации протокимберлитовых расплавов и уровнями алмазоносности кимберлитов, выносящих на поверхность материал из вертикальных разрезов литосферной мантии различной мощности, и разными сценариями их метасоматического обогащения.

6. БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны сотрудникам Аналитического центра многоэлементных и изотопных исследований ИГМ СО РАН (г. Новосибирск, Россия), где проводились аналитические исследования.

7. ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Н.П. Похиленко – подготовка статьи, формулировка основных выводов; В.П. Афанасьев, А.М. Агашев,

Л.Н. Похиленко, Н.С. Тычков – участие в полевых и аналитических исследованиях, обсуждение результатов исследований.

N.P. Pokhilenko – preparation of the article, formulation of the main conclusions; V.P. Afanasiev, A.M. Agashev, L.N. Pokhilenko, N.S. Tychkov – participation in field and analytical studies, discussion of research results.

8. КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTERESTS

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Все авторы прочитали рукопись и согласны с опубликованной версией.

The authors have no conflicts of interest to declare. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

9. ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Afanasiev V.P., Pokhilenko N.P., 2022. Approaches to the Diamond Potential of the Siberian Craton: A New Paradigm. *Ore Geology Reviews* 147, 104980. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2022.104980>.

Afanasiev V.P., Pokhilenko N.P., Vavilov M.A., Zhelonkin R.Yu., Zemnukhov A.L., Barabash E.O., Samdanov D.A., Federova E.I., Malygina E.V., 2019. Primary Diamond Potential of the Right Side of the Anabar River (Northeastern Siberian Craton). *National Geology* 6, 3–16 (in Russian) [Афанасьев В.П., Похиленко Н.П., Вавилов М.А., Желонкин Р.Ю., Земнухов А.Л., Барабаш Е.О., Самданов Д.А., Федорова Е.И., Малыгина Е.В. Перспективы коренной алмазности правобережья реки Анабар (северо-восток Сибирской платформы) // Отечественная геология. 2019. № 6. С. 3–16]. <https://doi.org/10.24411/0869-7175-2019-10043>.

Agashev A.M., Ionov D.A., Pokhilenko N.P., Golovin A.V., Cherepanova Y., Sharygin I.S., 2013. Metasomatism in Lithospheric Mantle Roots: Constraints from Whole-Rock and Mineral Chemical Composition of Deformed Peridotite Xenoliths from Kimberlite Pipe Udachnaya. *Lithos* 160–161, 201–215. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2012.11.014>.

Dobretsov N.L., Pokhilenko N.P., 2010. Mineral Resources and Development in the Russian Arctic. *Russian Geology and Geophysics* 51 (1), 98–111. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2009.12.009>.

Griffin W., O'Reilly S., Abe N., Aulbach S., Davies R., Pearson N., Doyle B., Kivi K., 2003. The Origin and Evolution of Archean Lithospheric Mantle. *Precambrian Research* 127 (1–3), 19–41. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(03\)00180-3](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(03)00180-3).

Howarth G.H., Barry P.H., Pernet-Fisher J.F., Baziotis I.P., Pokhilenko N.P., Pokhilenko L.N., Bodnar R.J., Taylor L.A., Agashev A.M., 2014. Superplume Metasomatism: Evidence from Siberian Mantle Xenoliths. *Lithos* 184–187, 209–224. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2013.09.006>.

Pearson D., Shirey S., Carlson R., Boyd F.R., Pokhilenko N., Shimizu N., 1995. Re-Os, Sm-Nd, and Rb-Sr Isotope Evidence for Thick Archean Lithospheric Mantle beneath

the Siberian Craton Modified by Multistage Metasomatism. *Geochimica Cosmochimica Acta* 59 (5), 959–977. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(95\)00014-3](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00014-3).

Pokhilenko L.N., Mal'kovets V.G., Kuz'min D.V., Pokhilenko N.P., 2014. New Data on the Mineralogy of Megacrystalline Pyrope Peridotite from the Udachnaya Kimberlite Pipe, Siberian Craton, Yakutian Diamondiferous Province. *Doklady Earth Sciences* 454, 179–184. <https://doi.org/10.1134/S1028334X14020159>.

Pokhilenko N.P., Agashev A.M., Litasov K.D., Pokhilenko L.N., 2015. Carbonatite Metasomatism of Peridotite Lithospheric Mantle: Implications for Diamond Formation and Carbonatite-Kimberlite Magmatism. *Russian Geology and Geophysics* 56 (1–2), 280–295. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2015.01.020>.

Pokhilenko N.P., Sobolev N.V., Boyd F., Pearson D., Shimizu N., 1993. Megacrystalline Pyrope Peridotites in the Lithosphere of the Siberian Platform: Mineralogy, Geochemical Peculiarities and the Problem of Their Origin. *Russian Geology and Geophysics* 34, 56–67.

Pokhilenko N.P., Sobolev N.V., Kuligin S.S., Shimizu N., 1999. Peculiarities of Distribution of Pyroxenite Paragenesis Garnets in Yakutian Kimberlites and Some Aspects of the Evolution of the Siberian Craton Lithospheric Mantle. *Proceedings of the 7th International Kimberlite Conference* (April 11–17, 1998, Cape Town, South Africa). Vol. 2. Red Roof Design, Cape Town, p. 689–698.

Ryan C.G., Griffin W.L., Pearson N.J., 1996. Garnet Geotherms: Pressure-Temperature Data from Cr-Pyrope Garnet Xenocrysts in Volcanic Rocks. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 101 (B3), 5611–5625.

Shimizu N., Pokhilenko N., Boyd F., Pearson D., 1999. Trace Element Characteristics of Garnet Dunites/Harzburgites, Host Rocks for Siberian Peridotitic Diamonds. *Proceedings of the 7th International Kimberlite Conference* (April 11–17, 1998, Cape Town, South Africa). Red Roof Design, Cape Town, p. 773–782.

Shirey S.B., Cartigny P., Frost D.J., Keshav S., Nestola F., Nimis P., Pearson D.G., Sobolev N.V., Walter M.J., 2013. Diamonds and the Geology of Mantle Carbon. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 75 (1), 355–421. <https://doi.org/10.2138/rmg.2013.75.12>.

Shirey S.B., Richardson S.H., 2011. Start of the Wilson Cycle at 3 Ga Shown by Diamonds from Subcontinental Mantle. *Science* 333 (6041), 434–436. <https://doi.org/10.1126/science.1206275>.

Sobolev N.V., Lavrent'ev Yu.G., Pokhilenko N.P., Uslova L.V., 1973. Chrome-Rich Garnets from the Kimberlites of Yakutia and Their Parageneses. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 40, 39–50. <https://doi.org/10.1007/BF00371762>.

Tychkov N.S., Agashev A.M., Malygina E.V., Nikolenko E.I., Pokhilenko N.P., 2014. Thermal Perturbations in the Lithospheric Mantle as Evidenced from P-T Equilibrium Conditions of Xenoliths from the Udachnaya Kimberlite Pipe. *Doklady Earth Sciences* 454, 84–88. <https://doi.org/10.1134/S1028334X14010231>.