DOI:10.24411/0869-7175-2019-10046

УДК 549.621.9:549.211
© Н.А.Опарин, О.Б.Олейников, 2019

Макрокристаллы пикроильменита кимберлитовых трубок Хомпу-Майского кимберлитового поля (Центральная Якутия)

Н.А.ОПАРИН, О.Б.ОЛЕЙНИКОВ (Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения Российской академии наук (ИГАБМ СО РАН); 677000, г. Якутск, проспект Ленина, д. 39)

Приведены результаты изучения макрокристаллов пикроильменита из кимберлитовых пород трубок Манчары и Апрельская (Хомпу-Майское кимберлитовое поле, Центральная Якутия). Среди макрокристаллов пикроильменита из кимберлитовой трубки Манчары выделены две разности – высоко- и низкохромистые, которые соответствуют различным парагенезисам. Высокохромистые (Cr_2O_3 >1%) макрокристаллы из кимберлитовой трубки Апрельская по содержанию хрома соответствуют таковым из трубки Манчары, однако являются более магнезиальными. В обеих трубках для макрокристаллов пикроильменита характерен магматический кимберлитовый тренд эволюции состава. Для трубки Манчары был установлен ещё и второй тренд кристаллизации, связанный с наличием высокохромистых флогопитов, которых нет в трубке Апрельская.
Ключевые слова: пикроильменит, макрокристаллы, кимберлитовая трубка, Хомпу-Майское поле, Центральная Якутия.

Опарин Николай Александрович nik3256-1989@yandex.ru

Олейников Олег Борисович olei-oleg@yandex.ru
кандидат геолого-минералогических наук

Picroilmenite macrocrystalls from kimberlite pipes of the Khompu-May field (Central Yakutia)

N.A.OPARIN, O.B.OLEINIKOV (Diamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences)

The study results of picroilmenite macrocrystals from kimberlite rocks of the Manchary and Aprelskaya pipes (Khompu-May kimberlite field, Central Yakutia) are presented. Among the picroilmenite microcrystals from the Manchary kimberlite pipe, two types – high- and low-chromium, which correspond to different parageneses, were detected. High-chromium (Cr2O3 >1%) macrocrystals from the Aprelskaya kimberlite pipe correspond, in chromium content, to those of the Manchary pipe, however, it is more magnesian. In both pipes, picroilmenite macrocrystals are characterized by the presence of a magmatic kimberlite evolution trend. For the Manchary pipe, a second crystallization trend related to the presence of high-chromium phlogopites, which are not present in the Aprelskaya pipe, was also established.
Key words: picroilmenite, macrocrysts, microcrysts, kimberlite pipe, Khompu-May field, Central Yakutia.

Среднепалеозойское Хомпу-Майское кимберлитовое поле расположено в Центральной Якутии (рис. 1). В настоящее время в его пределах установлено 6 кимберлитовых трубок, первая из них трубка Манчары открыта в 2007 г. [2]. Породы верхних горизонтов трубок сильно изменены, поэтому только в отдельных блоках сохранились неизменные минералы или их реликты, благодаря которым возможно установить отдельные элементы петрогенезиса кимберлитовых пород. К настоящему времени в публикациях охарактеризованы общие петрографические особенности состава пород этих тел [2, 7], и более детально – результаты изучения флогопита [6] и хромистой шпинели [5]. Настоящее исследование посвящено изучению макрокристаллов пикроильменита, диагностированных в аншлифах и в протолочных пробах наименее изменённых разностей кимберлитовых пород, слагающих наиболее крупные трубки Манчары и Апрельская, диатремы которых по геофизическим данным достигают 250 и 300 м в диаметре, соответственно. Так как оба тела перекрыты юрскими отложениями мощностью до 150 м, то они вскрыты скважинами на глубину до 100 м.

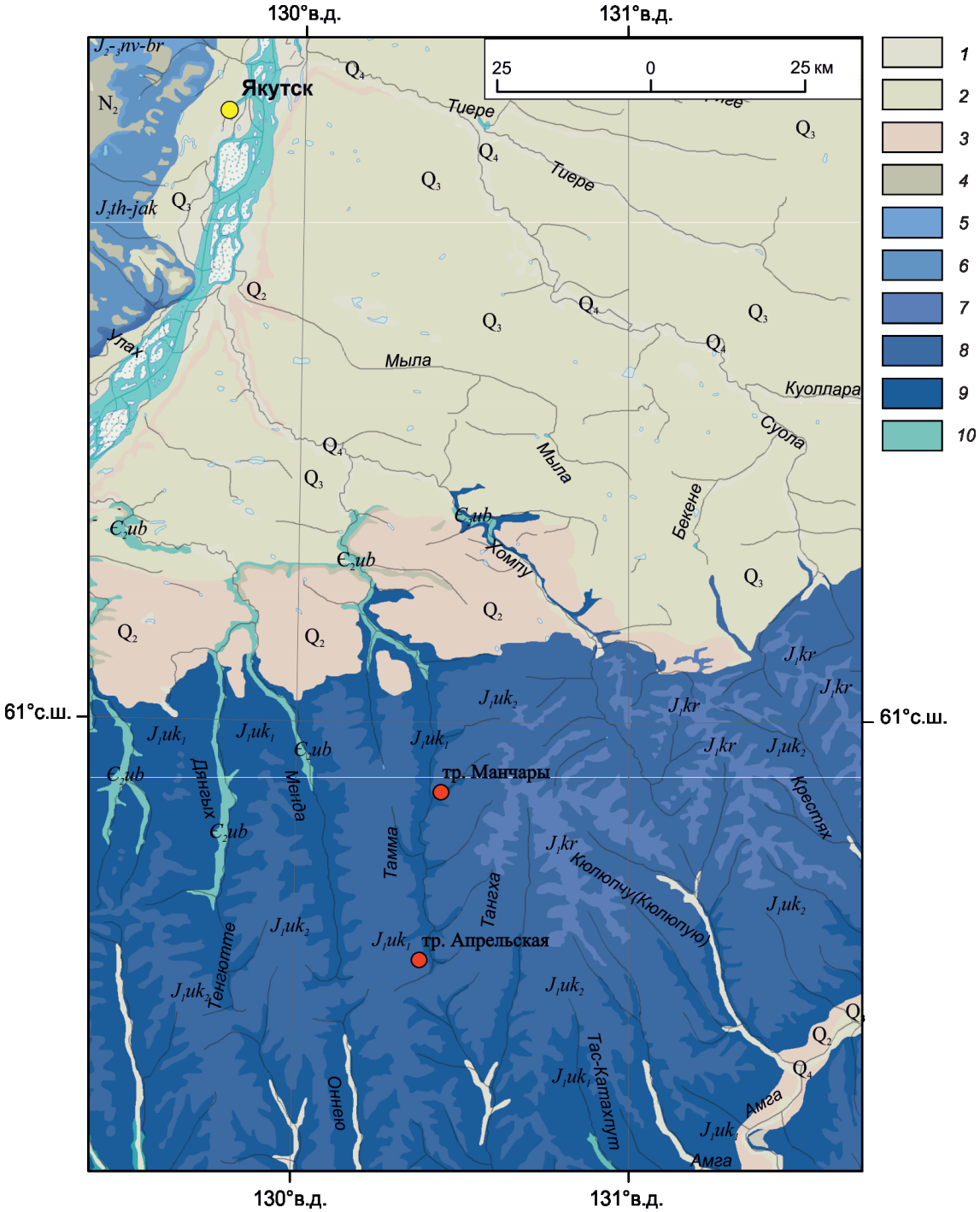


Рис. 1. Геологическая позиция трубок Центральной Якутии:

1 – голоцен, Q_4; *2* – плейстоцен, верхнее звено, Q_3; *3* – плейстоцен, среднее звено, Q_2; *4* – отложения неогена, N_2; *5–9* – юрские отложения: *5* – средний отдел – келовейский ярус, нижневилюйская свита, верхний отдел – кимериджский–волжский ярусы, берегеинская свита $J_{2-3}nv–br$, *6* – ааленский ярус, верхний подъярус–батский ярус, лохаинские слои (J_2lh) – якутская свита J_2jak, *7* – плинсбахский ярус, красноалданская свита, J_1kr, *8* – плинсбахский ярус, укугитская свита, верхняя подсвита, J_1uk_2, *9* – плинсбахский ярус, укугитская свита, нижняя подсвита, J_1uk_2; *10* – карбонатные отложения кембрия, $Є_2ub$

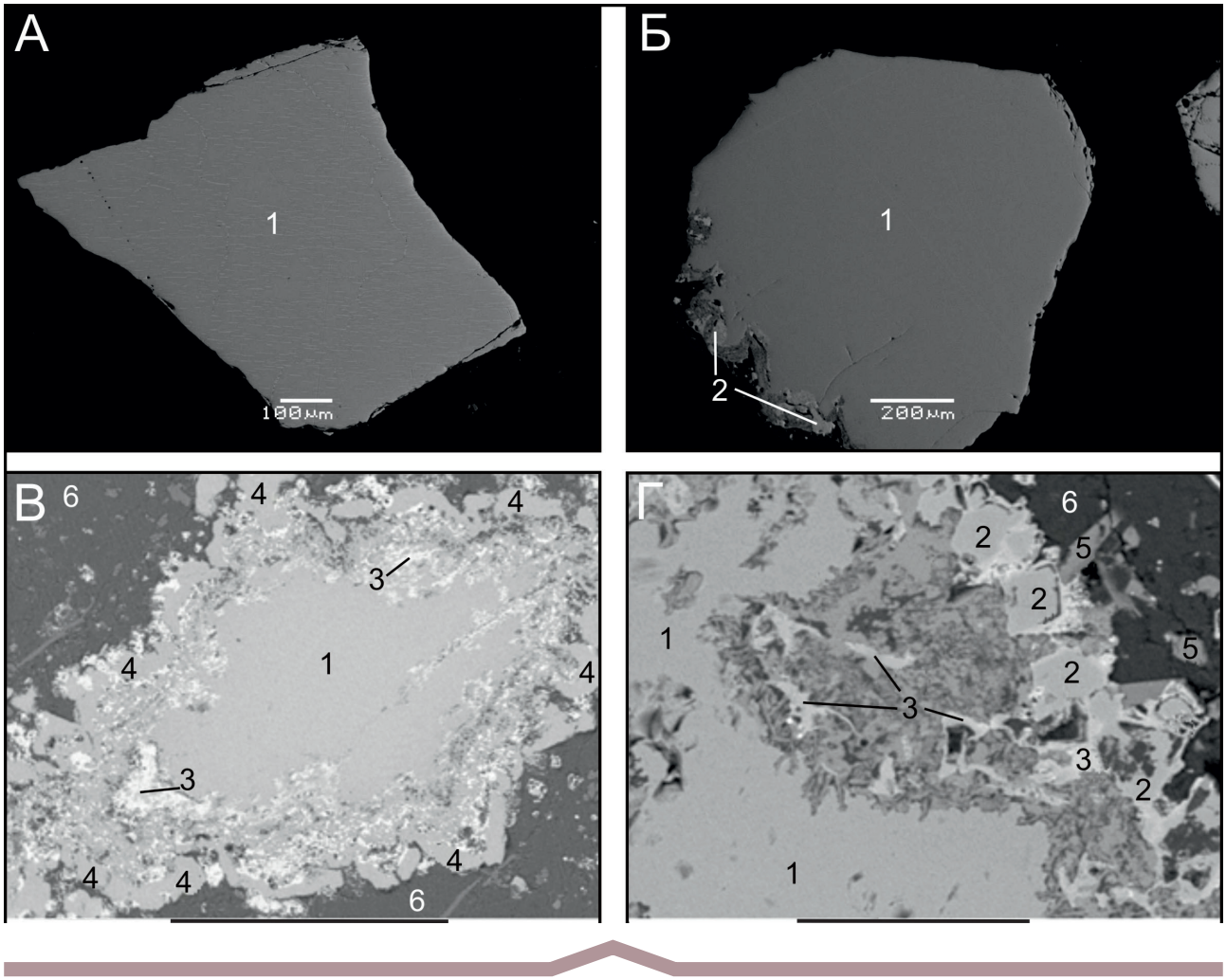


Рис. 2. Пикроильменит из кимберлитовых пород Хомпу-Майского поля:

А – неизменённый макрокристалл (тр. Апрельская); Б – макрокристалл округлой формы резорбированный по нижнему краю (тр. Манчары); В – резорбированный макрокристалл с внешней каймой из перовскита и магнетита (тр. Манчары); Г – край резорбированного макрокристалла с внешней каймой из феррошпинели (тр. Манчары); 1 – пикроильменит, 2 – феррошпинель, 3 – магнетит, 4 – перовскит, 5 – апатит, 6 – серпентин, SEI

Трубки сложены порфировым кимберлитом и кимберлитовой брекчией, между которыми существуют постепенные переходы. Верхние горизонты трубки интенсивно карбонатизированы на глубину около 30 м. Основными крупными компонентами кимберлитов обоих тел являются: ксенолиты осадочных пород, изменённых метаморфических пород и серпентинитов овальной и неправильной формы, иногда содержащие пироп и пикроильменит. Также присутствуют мега- (Манчары) и макрокристаллы флогопита, пиропа, пикроильменита и хромшпинелида и псевдоморфозы серпентина по вкрапленникам оливина. Основная масса наименее изменённых кимберлитов сложена преимущественно мелкопластинчатым флогопитом, серпентином с ксеноморфными выделениями карбоната и с высоким содержанием рудных минералов. Видовой набор первичных минералов мезостазиса также однотипен и представлен: перовскитом, апатитом, минералами ряда магнетит-хромшпинелид, флогопитом, Ba-флогопитом, вторичными ильменитом и оксидом титана. Таким образом, петрографический состав кимберлитовых пород трубок в целом однотипен. Основные отличия заключаются в присутствии только в трубке Манчары мега- и макрокристаллов флогопита и в более масштабном проявлении постмагматической карбонатизации верхних горизонтов пород в трубке Апрельская.

Методика исследования. Макрокристаллы пикроильменита были отобраны из протолочных проб наименее изменённых кимберлитовых пород, затем заключены в шашки из эпоксидной смолы и отполированы

(трубка Апрельская – *n*=300 зёрен, трубка Манчары – *n*=84). Единичные макрокристаллы изучались в аншлифах. Исследование состава пикроильменита из протолочных проб проводилось по стандартной методике на микрозонде Camebax-micro. Пикроильменит и ассоциирующие с ним минералы в аншлифах пород изучались на сканирующем электронном микроскопе JSM6480LV с энергетическим спектрометром INCA-Energy 350 при напряжении на катоде 20 кВ и токе электронов 1 нА. При съёмке на обоих приборах использовались следующие стандарты для линий: Al Kα – гранат О-145, Mg Kα – гранат О-145, Mn Kα – марганцевый гранат ИГЕМ, Ti Kα и Fe Kα – пикроильменит ГФ-55, Cr Kα – хромит 531-М8.

Макрокристаллы пикроильменита в обеих трубках встречены в виде зёрен неправильной (рис. 2, А) и округлой (см. рис. 2, Б) форм размером от 0,7 до 25 мм.

В трубке Манчары некоторые зёрна пикроильменита в аншлифах по краям резорбированы в результате замещения феррошпинелями, магнетитом и перовскитом, которые иногда образуют полиминеральную кайму (см. рис. 2, В). Эта кайма сложена либо феррошпинелями и магнетитом, либо перовскитом и магнетитом. В обоих случаях магнетит выполняет внутреннюю часть каймы, а феррошпинель и перовскит – внешнюю. Феррошпинели (FeO_t до 56,68%, Cr_2O_3 до 9,51% и TiO_2 до 20,52%) представлены в виде дискретных зёрен округлой формы с элементами октаэдрической огранки размером от 10 до 50 мкм (см. рис. 2, Г). Магнетит (FeO_t до 89,65%,

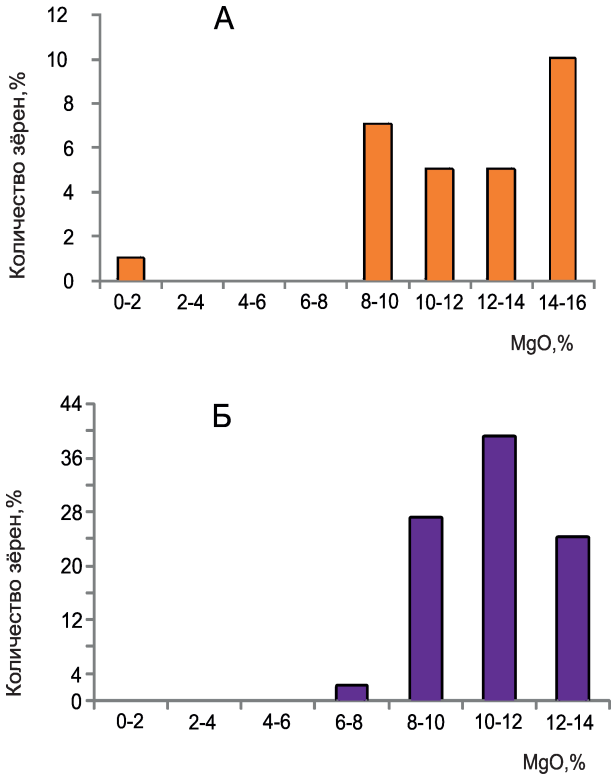


Рис. 3. Гистограммы распределения MgO в макрокристаллах пикроильменита из кимберлитовых пород трубок Апрельская (А) и Манчары (Б)

1. Представительные анализы минералов, ассоциирующих с макрокристаллами пикроильменита из трубки Манчары (в %)

Минералы	Оксиды									
	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	FeO_t	MgO	MnO	CaO	Na_2O	SrO	Сумма
Феррошпинель	20,52	2,51	5,81	47,71	19,94	0,36				96,85
	16,43	2,77	9,51	56,68	11,11					96,50
	15,73	4,95	3,63	54,61	18,57					97,49
Магнетит			0,87	88,37	3,59					92,83
	1,15			89,65	2,23	1,16				94,19
	1,48		0,44	86,03	3,32	0,58				91,85
Перовскит	59,31			2,19			39,02			100,52
	58,23			1,13			37,54		1,47	98,37
	57,38			3,05			38,35			98,78
	56,99			1,66			39,05	0,43		98,13

Примечание. Анализы выполнены в ИГАБМ СО РАН в отделе физико-химических методов анализа на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6480 LV (аналитик Н.В.Христофорова).

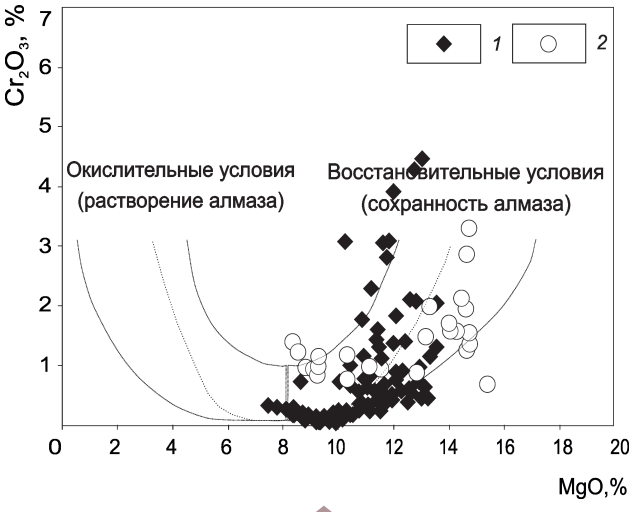


Рис. 4. Особенности эволюции составов макрокристаллов пикроильменита из кимберлитов на диаграмме MgO-Cr_2O_3 [8, 9]:

макрокристаллы пикроильменита из трубок: *1* – Манчары, *2* – Апрельская

MgO до 3,32% и TiO_2 до 1,48%) образует губчатые агрегаты (от 50 до 120 мкм). Некоторые зёрна феррошпинели и магнетита содержат MnO. Перовскит (CaO до 39,05%, TiO_2 до 59,31% и FeO_t до 3,05%) наблюдается в виде субизометричных ксеноморфных зёрен (см. рис. 2, В) размером от 20 до 80 мкм, часто образующих фрагментарную кайму шириной 50 мкм. В отдельных зёрнах перовскита отмечаются SrO и Na_2O. Образование этих минералов говорит о химической неравновесности ранее образованных макрокристаллов пикроильменита по отношению к кимберлитовой матрице [1]. Представительные анализы феррошпинелей, магнетита и перовскита показаны в табл. 1.

В трубке Апрельская подобных продуктов замещения пикроильменита не наблюдается, что связано, по-видимому, с более интенсивной карбонатизацией породы. По составу часть зёрен пикроильменита из трубки Апрельская является более магнезиальной (MgO от 8,28 до 15,36%) по отношению к макрокристаллам из трубки Манчары (MgO от 7,49 до 13,54%) (см. табл. 2 и рис. 3).

Распределение количества зёрен на гистограммах содержаний MgO, построенных для минерала из кимберлитовых пород трубки Апрельская, имеет двумодальный характер. Максимальное количество зёрен содержит 8–10 и 14–16% оксида магния. Распределение количества зёрен пикроильменита из трубки Манчары отличается одномодальным характером, содержание меняется от 6 до 14%, а основной диапазон составов лежит в пределах от 8 до 14%. Зёрна, содержащие MgO <6%, в кимберлите трубки Манчары не диагностированы.

Химический состав минерала. Распределение точек состава минерала на диаграмме MgO-Cr_2O_3 имеет форму «параболы Хаггерти» [9] – типичную для пикроильменитов из кимберлитов, только с короткой левой частью (рис. 4). Для пикроильменита трубки Манчары условно можно выделить два тренда – низкохромистый (Cr_2O_3 от 0,02 до 1,50%) и высокохромистый (Cr_2O_3 от 0,54 до 4,47%), которые соответствуют, вероятно, разным парагенезисам. Между этими двумя трендами расположен тренд ильменита из трубки Апрельская (Cr_2O_3 от 0,67 до 3,27%). Распределение точек составов пикроильменита на диаграмме указывает на кристаллизацию минерала в восстановительных условиях [8], что согласуется с находками микрокристаллов алмаза в обеих трубках. В трубке Манчары был обнаружен один растворённый обломок октаэдрического кристалла алмаза I разновидности размером 0,7 мм [1]. Ещё три кристалла размерами 0,2, 0,6 и 0,7 мм были диагностированы в трубке Апрельская [4].

На тройной диаграмме Fe_2O_3-$FeTiO_3$-$MgTiO_3$, предложенной С.Е.Хаггерти и Р.Х.Митчеллом [9, 10], подавляющее большинство фигуративных точек состава пикроильменита из обеих трубок попадает в область кимберлитового магматического тренда раннего этапа эволюции кимберлитового расплава (рис. 5). Для трубки Манчары также можно выделить второй тренд (рис.6), возможно связанный с наличием в трубке

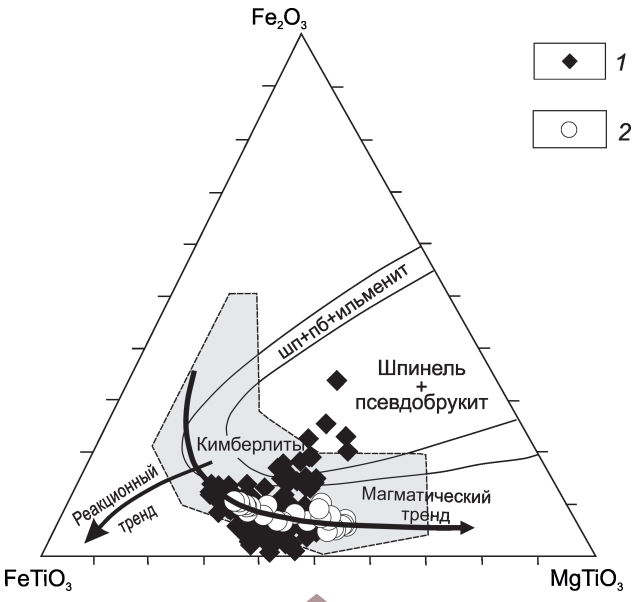


Рис. 5. Особенности эволюции составов макрокристаллов пикроильменита из кимберлитов в координатах Fe_2O_3-$FeTiO_3$-$MgTiO_3$ [9, 10]:

макрокристаллы пикроильменита из трубок: *1* – Манчары, *2* – Апрельская

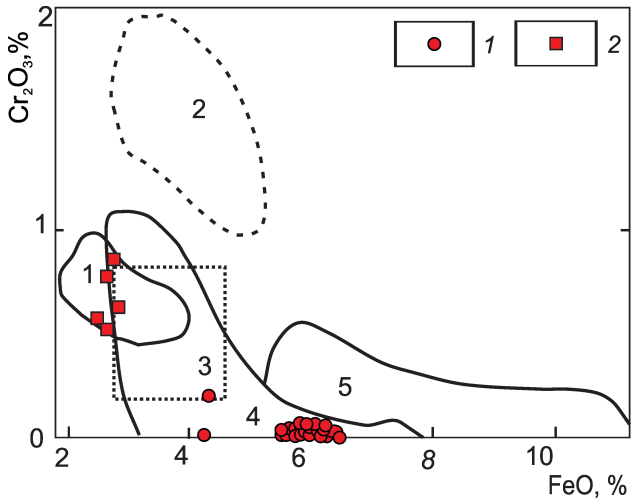


Рис. 6. Особенности распределения Cr_2O_3- FeO в флогопитах кимберлитовых пород трубки Манчары [6]:

1 – низкохромистые флогопиты мегакристаллов; *2* – высоко- хромистые флогопиты мегакристаллов; цифрами показаны поля составов слюд: 1 – перидотиты, 2 – вторичные и 3 – метасоматические слюды, 4 – мегакристаллы, 5 – MARID («глиммериты»)

Манчары высокохромистых флогопитов из ксенолитов лерцолитов [6]. В кимберлитовых породах трубки Апрельская такие флогопиты не установлены.

Таким образом, исследования позволили выделить среди макрокристаллов пикроильменита из трубки Манчары высоко- и низкохромистые разности, образующие самостоятельные параболические тренды на диаграмме Хаггерти и, вероятно, соответствующие разным парагенезисам. Высокохромистые (Cr_2O_3 >1%) макрокристы из трубки Апрельская по содержанию хрома идентичны с пикроильменитом из трубки Манчары, но являются более магнезиальными (см. табл. 2). Для макрокристаллов пикроильменита обоих тел установлено наличие магматического кимберлитового тренда эволюции минерала, а для трубки Манчары установлен ещё и второй тренд кристаллизации, который, возможно, связан с наличием в трубке Манчары высокохромистых флогопитов из ксенолитов лерцолитов, которые не установлены в трубке Апрельская. Таким образом, проведённое исследование пикроильменита из кимберлитовых пород Хомпу-Майского поля подтвердило, что пикроильменит полигенен, то есть, кроме индивидов собственно кимберлитового генезиса, в породе могут находиться зёрна этого минерала из ксенолитов глубинных пород [1].

Работа выполнена по плану государственного задания ИГАБМ СО РАН.

2. Представительные анализы макрокристаллов пикроильменита кимберлитовых пород трубок Хомпу-Майского поля (в %)

Анализы	Оксиды							
	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	FeO_t	MgO	MnO	CaO	Сумма
Трубка Манчары								
1	48,39	1,03	2,25	37,92	11,18	0,17	0,01	100,95
2	49,02	0,18	0,29	43,86	7,49	0,13	0,00	100,97
3	57,68	0,25	0,54	31,24	11,93	0,06	0,03	101,74
4	53,12	0,24	0,02	37,35	9,34	0,10	0,02	100,19
5	51,36	1,50	4,47	30,59	13,01	0,10	0,03	101,05
6	52,54	1,08	2,04	30,78	13,54	0,25	0,03	100,26
Трубка Апрельская								
7	49,72	0,21	1,39	40,99	8,28	0,26	0,00	100,85
8	53,59	0,90	2,85	27,78	14,64	0,35	0,15	100,26
9	53,31	0,63	0,43	34,59	12,20	0,23	0,03	101,42
10	53,31	0,88	3,27	27,75	14,74	0,39	0,20	100,54
11	55,31	0,89	0,67	28,07	15,36	0,41	0,10	100,82

Примечание. 1–2 – перидотитовый и 3–11– кимберлитовый тренды; анализы выполнены в ИГАБМ СО РАН в отделе физико-химических методов анализа на микрозонде Camebax-micro (аналитик Н.В.Христофорова).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алмазная* «ласточка» Манчары / А.П.Смелов, О.Б.Олейников, А.Д.Павлушин, А.В.Толстов // Наука из первых рук. 2012. Т. 45. №3. С. 20–25.
2. *Кимберлиты* трубки Манчары: новое кимберлитовое поле центральной Якутии / А.П.Смелов, А.П.Андреев, З.А.Алтухова и др.// Геология и геофизика. 2010. № 1. С. 153–159.
3. *Микрокристаллические* оксиды из кимберлитов России / В.К.Гаранин, А.В.Бовкун, К.В.Гаранин и др. – М.: ГЕОС, 2009.
4. *Молотков А.Е., Олейников О.Б.* ИК спектроскопия первых находок алмаза, обнаруженных при обогащении кимберлита из кернов Хомпу-Майского поля / Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений благородных, цветных металлов и алмазов. Сборник тезисов докладов VII научно-практической конференции. 2017. С. 40–41.
5. *Опарин Н.А., Олейников О.Б.* Хромшпинелиды из трубок Хомпу-Майского кимберлитового поля (Центральная Якутия) // Отечественная геология. № 5. 2018. С. 35–41.
6. *Опарин Н.А., Олейников О.Б., Бабушкина С.А.* Флогопит из трубок Манчары и Апрельская (Хомпу-Майское кимберлитовое поле, Центральная Якутия) // Отечественная геология. № 5. 2017. С. 37–44.
7. *Особенности* состава кимберлитовых пород трубок Дабан и Апрельская / Н.А.Опарин, В.М.Мишнин, А.П.Андреев и др. / Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. 2016. С. 247–250.
8. *Типоморфизм* индикаторных минералов кимберлитов из отложений урзугской свиты центральной части Зимнебережного алмазоносного района / В.В.Третяченко, А.В.Бовкун, С.Л.Бортник и др. // Сборник публикаций по результатам III и IV ежегодных научных чтений им. Г.П.Кудрявцевой. – М., 2010. С. 198–218.
9. *Haggerty S.E., Hardie R.B., McMahon B.M.* The mineral chemistry of ilmenite nodule association from the Monastery diatreme // The mantle sample. A.G.U. –Washington, 1979. P. 249–256.
10. *Mitchell R.H.* Kimberlites Mineralogy, Geochemistry, and Petrology. – Thunder Bay, Ontario, Canada: PlenumPress. 1986.

Требования к оформлению рисунков

Рисунки и другие графические материалы (не более 8) представляются в цветном или черно-белом варианте в электронном виде. Размер оригиналов рисунков не должен превышать формата страницы журнала (170х237 мм). Каждый рисунок помещается в отдельный файл в одном из следующих форматов: графический редактор Corel Draw, JPEG, TIFF (только для фото), диаграмма Microsoft Exsel. Графика должна быть прямо связана с текстом и способствовать его сокращению. Оформление и содержание иллюстративного материала должны обеспечивать его читаемость после возможного уменьшения. Ксерокопии и сканированные ксерокопии не принимаются. Подрисуночные подписи печатаются на отдельной странице. Рисунки, не удовлетворяющие требованиям редакции, возвращаются автору.