

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе
(МГРИ)



ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

XIV Международной
научно-практической конференции
"Новые идеи в науках о Земле"

*XIV International Scientific and Practical Conference
«New Ideas in Earth Sciences»*

Том II

*«Развитие новых идей и тенденций в науках о Земле -
минералогии, минералогии и геммологии, петрологии и геохимии»*

2-5 апреля 2019 г. | April, 2-5, 2019

Москва | Moscow

УДК 082 +[550.8+553](082)
ББК 94.3 + 26.21я43 + 26.34я43

Новые идеи в науках о Земле : в 7 т. Материалы XIV Международной научно-практической конференции "Новые идеи в науках о Земле" – М. : Издательство РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ, 2019.

ISBN 978-5-6040812-0-4

Т. 2 : Развитие новых идей и тенденций в науках о Земле : минерагения, минералогия и геммология, петрология и геохимия / ред. коллегия: В.А. Косьянов, В.Ю. Керимов, В.В. Куликов. - М. : Издательство РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ, 2019. – 445 с.

ISBN 978-5-6040812-2-8

УДК 082 +[550.8+553](082)
ББК 94.3 + 26.21я43 + 26.34я43

Мероприятие проведено (проводится) при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 19-05-20025

ISBN 978-5-6040812-2-8 (т. 2)

ISBN 978-5-6040812-0-4

© РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ, 2019

ПЕТРОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ КИМБЕРЛИТОВТРУБОК ЛАХТОЁКИ И НИИЛОНСУО (ПОЛЕ КААВИ-КУОПИО,ФИНЛЯНДИЯ)

Азарова Н.С.(МГУ имени М.В.Ломоносова, nadiya-azarova@mail.ru), Бовкун А.В.(МГУ имени М.В.Ломоносова), Гаранин В.К. (МГУ имени М.В.Ломоносова), Варламов Д.А.(Институт экспериментальной минералогии им. академика Д.С. КоржинскогоРАН), Lehtonen М. (GeologicalSurveyofFinland)

АннотацияПриведены результаты исследования и сравнения петрохимии и геохимии кимберлитов, количественного соотношения и химического состава оксидных минералов ксеногенного и собственно кимберлитового генезиса для кимберлитовых пород трубок Лахтоёки и Ниилонсуо, расположенных в пределах куста Каави (поле Каави-Куопио, Финляндия). Выявлены различия перечисленных характеристик названных тел.

Ключевые слова: кимберлиты, Финляндия, оксидные минералы, магнезиальный ильменит

Кимберлитовое поле Каави-Куопио расположено в юго-восточной части Финляндии и приурочено к юго-западной окраине Карельского кратона. В настоящее время в пределах поля известно около двадцати тел, сложенных классическими кимберлитами I группы, возраст формирования которых согласноопределениям U-Pb методом по перовскиту составляет 589-662 млн. лет (O'Brien et al., 2005; O'Brien, 2015).

В данной работе исследованы петрохимия, геохимия и минералогия оксидных минералов ксеногенного и собственно кимберлитового генезиса кимберлитовых пород трубок Лахтоёки и Ниилонсуо, расположенных в пределах куста Каави названного выше поля.

Трубка Лахтоёкина уровне современного среза имеет овальную в плане форму, площадь выхода пород около 200×100 м² и сложена преимущественно вулканокластическими кимберлитами (автолитовыми кимберлитовыми брекчиями и кимберлитовыми брекчиями) (O'Brien, 2015). Трубка Ниилонсуо имеет сильно вытянутую форму, размер 300×30 м и выполнена, главным образом, гипабиссальными (порфиоровыми) кимберлитами (Lehtonen, 2005). Трубка Лахтоёки характеризуются наиболее высокой алмазонасностью (в среднем 0,306 карат/т) среди кимберлитовых тел данного региона, тогда как содержание алмазов в трубке Ниилонсуо составляет около 0,0023 карат/т (O'Brien, 2015).

Изучены образцы автолитовой кимберлитовой брекчии из трубки Лахтоёки и порфиоровых кимберлитов из трубки Ниилонсуо. Макрокристы изученных пород представлены преимущественно зернами оливина (размером до 6 мм), полностью замещенного вторичными минералами (серпентином, карбонатными минералами). В кимберлитах трубки Лахтоёки распространены макрокристы ильменита (до 4 мм) и встречаются единичные крупные зерна флогопита (до 4 мм). Связующая масса пород состоит из переменного количества серпентина, карбоната, флогопита и многочисленных мелких зерен оксидных минералов, реже – апатита и сульфидов.

Содержания главных элементов пород определены методом рентгенофлуоресцентного анализа на спектрометре XRF-1800 производства компании SHIMADZU в лаборатории Wuhan Spectrum Analysis Technology Co., Ltd. в Китайском Геологическом Университете (г. Ухань). В этой же лаборатории на **масс-спектрометре** Agilent 7700e ICP-MS выполнено определение концентрации редких элементов в породах. Химический и фазовый составы минералов изучены на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega II XMU, оснащенный энергодисперсионным спектрометром INCA Energy 450 и волнодисперсионным спектрометром INCA Wave

700, в лаборатории электронной микроскопии и микроанализа Института экспериментальной минералогии им. академика Д.С. Коржинского РАН (г. Черноголовка).

Результаты исследования петрохимического состава показали, что кимберлиты трубки Лахтоёкисодержат 1,07 мас.% TiO_2 и относятся к умеренно титанистому типу по классификации О.А. Богатиковас соавторами (2009), а кимберлиты трубки Ниилонсуо – к высокотитанистому ($2,11 TiO_2$ мас.%). Согласно классификации С.И. Костровицкого (2009) кимберлиты трубки Лахтоёки соответствуют магнезиально-железистому типу (MgO 22,83 мас.%, $Fe_2O_{3\Sigma}$ 7,39 мас.%, CaO 4 мас.%), а кимберлиты трубки Ниилонсуо – железо-титанистому, высококальциевому (MgO 22,22 мас.%, $Fe_2O_{3\Sigma}$ 11,42 мас.%, CaO 11,64 мас.%). Кроме того, кимберлиты трубки Ниилонсуо отличаются более высокими содержаниями P_2O_5 (0,40 мас.%) и K_2O (1,74 мас.%), содержания которых в кимберлитах трубки Лахтоёки составляют 0,12 и 1,08 мас.%, соответственно. Ещё одной характерной чертой кимберлитов трубки Лахтоёки является высокое содержание SiO_2 (48,3 мас.%), что обусловлено высокой степенью контаминации брекчии коровым материалом и интенсивным изменением вторичными процессами. Это подтверждается одновременным увеличением содержаний Al_2O_3 (6,88 мас.%) и Na_2O (0,56 мас.%). Коэффициент контаминации Клемента (Clement, 1982) для кимберлитов трубки Лахтоёки равен 2,23, для Ниилонсуо – 1,54. Содержание SiO_2 в породах последней составляет 33,96 мас.%.

Установлено, что кимберлиты трубки Ниилонсуо характеризуются более высокими концентрациями редкоземельных элементов (ΣREE 554,2 ppm), чем в трубке Лахтоёки (ΣREE 151,7 ppm), при этом значительно доминируют элементы цериевой подгруппы (La/Sm 11,31-14,57; Gd/Yb 2,51-5,21). В свою очередь в кимберлитах трубки Ниилонсуо повышено содержание (ppm) Sc (21,2), V (2520), Rb (109), Nb (240), Ba (1341), Ta (13,8), Th (22,7), U (4,71).

По данным М. Lehtonen (2005), ксенокристаллы индикаторных минералов кимберлитов в тяжелой фракции пород трубки Лахтоёки представлены магнезиальным ильменитом, гранатом и хромдиопсидом; хромит практически отсутствует. Кимберлиты трубки Ниилонсуо отличаются низким содержанием граната. Химический состав названных минералов охарактеризован в работах (O'Brien and Tyni, 1999; Lehtonen, 2005; O'Brien, 2015).

По результатам наших исследований распространенные в кимберлитах трубки Лахтоёки крупные (до 4 мм) зерна магнезиального ильменита и их обломки (рис. 1а), являющиеся продуктами дезинтеграции глубинных пород, обычно сильно резорбированы. Состав таких зёрен характеризуется высоким содержанием MgO (13,6-14,8 мас.%), варьирующим количеством примеси Cr_2O_3 (до 2,6 мас.%), низким содержанием Fe_2O_3 (до 3,0 мас.%). От центра к краю некоторых зёрен наблюдается увеличение содержаний MgO и Cr_2O_3 (от 9,4 до 13,3 и от 0,4 до 2 мас.%, соответственно). Вокруг таких зёрен магнезиального ильменита развиты каймы Mg -содержащего марганцовистого ильменита (MnO 7,5-9,7 мас.%, MgO 4,4-4,5 мас.%), иногда Nb -содержащего рутила и титанита. В образцах кимберлита трубки Ниилонсуо ильменит не встречен.

Мелкие (обычно < 50, реже до 100 мкм) зерна рудных минералов в связующей массе изученных пород представлены, главным образом, оксидными минералами собственно кимберлитового генезиса. В связующей массе кимберлитов трубки Лахтоёки, они представлены преимущественно рутилом, хромшпинелидами и марганцовистым ильменитом (\pm титанит), в меньшей степени – титаномагнетитом, а в кимберлитах трубки Ниилонсуо – многочисленными зёрнами перовскита, реже –

хромшпинелидами и титаномагнетитом. В связующей массе кимберлитов трубки Ниилонсуо также широко распространен джерфишерит.

Зерна хромшпинелидов из связующей массы изученных пород характеризуются высокой степенью идиоморфизма. В кимберлитах трубки Лахтоёки размер зёрен хромшпинелидовобычно не превышает 25 мкм (рис.1б). Обычно они гомогенны и представлены Ti-содержащим алюмомагнезиохромитом, содержащим 39,4-45 мас.% Cr₂O₃, 11-14,9 мас.% Al₂O₃, 5,3-7,1 мас.% TiO₂, 12,7-14,2 мас.% MgO; Cr# = 64–73,3. Иногда встречаются зональные зерна: к краю количество Cr₂O₃ снижается (до 28,8 мас.%), а содержанияTiO₂, FeO_Σ, Fe₂O₃ и особенно Al₂O₃ увеличиваются (до 19,3 мас.% Al₂O₃; Cr# = 50) (рис. 2).

В связующей массе кимберлитов трубки Ниилонсуо хромшпинелиды образуют зональные зерна (рис. 1 в, г), размер которых в отдельных случаях достигает 100 мкм. Центры зерен характеризуются высоким содержанием Cr₂O₃ (51,9-54,5 мас.%) при содержаниях Al₂O₃ 5-8 мас.%, TiO₂ 4,5-5 мас.%, MgO 11,4-12,4 мас.% и Cr# = 81,7-87,3 (рис. 2). Краевые участки зерен обеднены Cr₂O₃ (до 16,7-25,7 мас.%), но обогащены Al₂O₃ (до 27,4-31,2 мас.% Al₂O₃; Cr# = 26,4-69,4), MgO (13,6-15,6) и Fe₂O₃. Иногда зерна окружены каймами Mg-содержащего титаномагнетита. Встречаются зерна титаномагнетита(Cr₂O₃0,7-4,3мас.%, Al₂O₃ 1,3-10,7 мас.%, TiO₂ 17,3-19,2 мас.%, MgO 13,5-15мас.%) размером до 25 мкм.

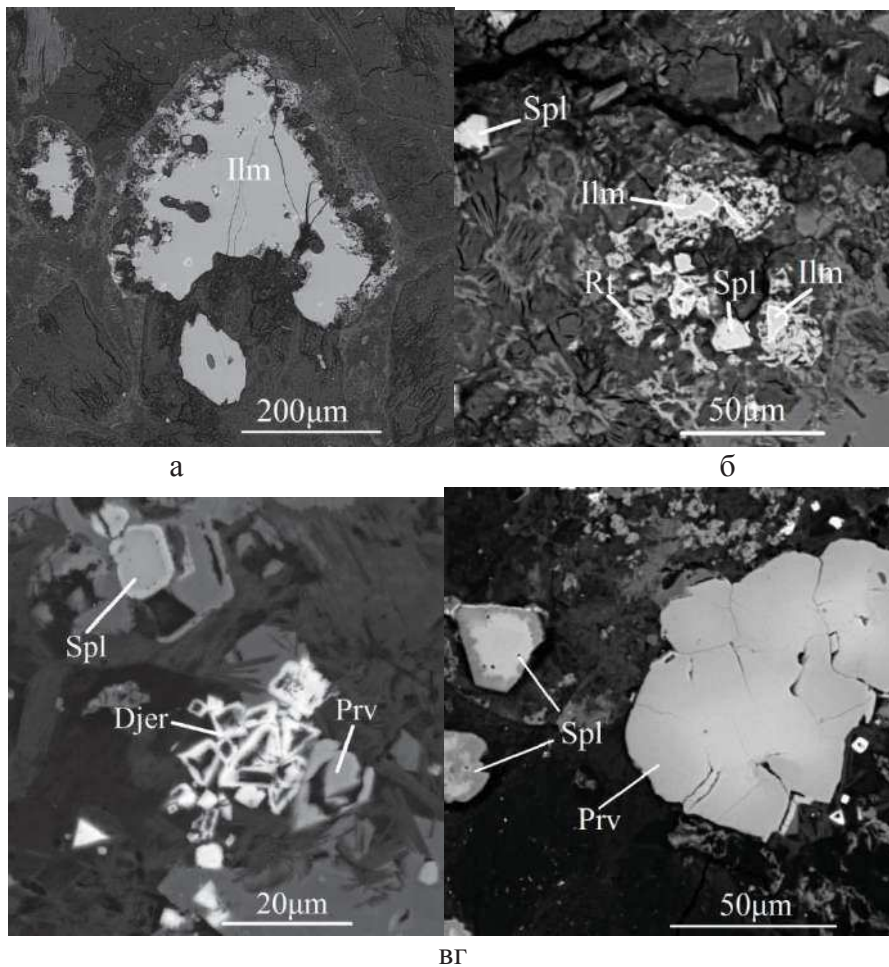


Рисунок 1. Минералы кимберлитов трубки Лахтоёки(а,б) и Ниилонсуо(в,г): а–обломок резорбированного ксенозерна (вкрапленника)магнезиального ильменита; б-г – оксидные и сульфидные минералы связующей массы. Изображения в отражённых электронах

Выявленный характер зональности (увеличение содержаний Al_2O_3 к краю зерен) в хромшпинелидах связующей массы кимберлитов изученных тел поля Каави нетипичен для хромшпинелидов, кристаллизующихся из кимберлитового расплава (Бовкун, 2000). Присутствие зерен хромшпинелидов с аналогичной зональностью в кимберлитах Финляндии отмечалось ранее (O'Brien and Tyni, 1999). Возможно, их образование обусловлено высокой скоростью роста кристаллов и вариациями скорости диффузии хрома в расплаве на контакте с быстро растущим кристаллом (Roeder and Schulze, 2008).

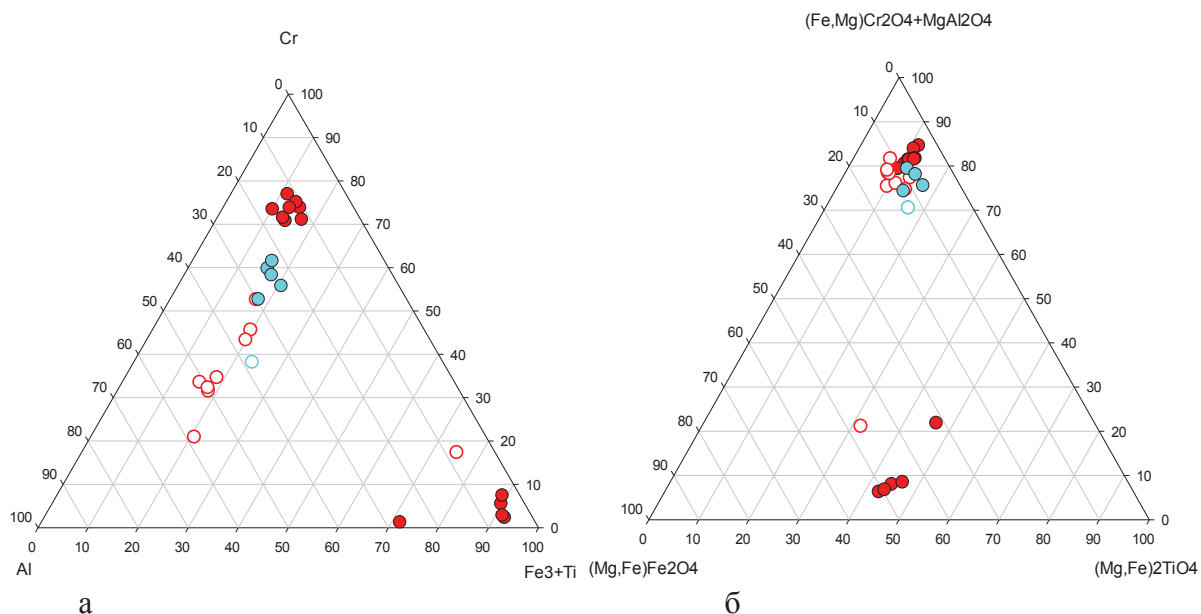


Рисунок 2. Диаграммы составов в основных элементах (а) и миналах (б) для микрокристаллических (<100 мкм) шпинелидов из связующей массы кимберлитов трубок Ниилонсуо (красные кружки) и Лахтоёки (голубые). Залитые и незалитые кружки – центры и края зерен, соответственно

Перовскит, широко распространенный в связующей массе кимберлитов трубки Ниилонсуо (рис. 1в, г), слагает крупные зерна размером до 100-200 мкм, нередко образующие срастания с магнезиальным титаномagnetитом. Выделения перовскита, как правило зональны. Центральные участки зерен обогащены редкоземельными элементами (до 5,9 мас.% REE_2O_3), Fe_2O_3 (до 1,7 мас.%), Na_2O (до 0,45 мас.%). Среди редкоземельных элементов наиболее высокие концентрации характерны для церия (до 3,6 мас.% Se_2O_3), более низкие – для лантана и неодима. К краю зерен содержания REE_2O_3 и Na_2O всегда уменьшаются, содержания CaO и SrO возрастают. Перовскит наиболее поздней генерации, образующий тонкие внешние каймы вокруг описанных выше зональных зерен этого минерала, отличается высокими содержаниями SrO (до 3,7 мас.%), Na_2O (до 1 мас.%) и содержит до 3 мас.% Fe_2O_3 , 2 мас.% REE_2O_3 и 0,9 мас.% Nb_2O_5 .

Рутил образует прерывистые каймы вокруг крупных зерен магнезиального ильменита. И мелкие (до 10 мкм) зёрна в связующей массе кимберлитов трубки Лахтоёки (рис. 1б). Часто обрастает Sr-содержащим апатитом. Для рутила характерны примеси Nb_2O_5 (1,6-3 мас.%) и FeO (1,3-1,8 мас.%).

В связующей массе кимберлитов трубки Ниилонсуо многочисленны (до 10 мкм) мелкие зерна джерфшерита (рис. 1в). Их состав характеризуется высоким содержанием Fe (до 48,2 мас.%), Cu (3,9-5,8 мас.%) и низким содержанием Ni (0,6-2,4 мас.%), K (5,9-8,4 мас.%).

В результате проведённых исследований для трубок Лахтоёки и Ниилонсуо выявлены различия в петрохимии и геохимии кимберлитов, количественном соотношении оксидных минералов ксеногенного и собственно кимберлитового генезиса.

Установлено, что в кимберлитах трубки Лахтоёки, относящихся к умереннотитанистому типу и обладающих повышенной алмазонасностью по сравнению с кимберлитами других тел Финляндии, основным минералом-концентратором TiO_2 является магнезиальный ильменит (в меньшей степени – рутил), тогда как в убогоалмазонасных кимберлитах высокотитанистого типа трубки Ниилонсуо основным минералом титана является перовскит. Сравнительно крупный размер зёрен этого минерала в изученных породах указывает на длительность его кристаллизации. Перовскит является и основным концентратором редкоземельных элементов, повышенное содержание которых присуще кимберлитам данной трубки. Ранее отмечалось, что высокое содержание перовскита в кимберлитах характерно преимущественно для низко- и неалмазонасных тел (Бовкун, 2000).

Литература

1. Бовкун А.В. Минералогия оксидов из связующей массы кимберлитов Якутии (генетические и прикладные аспекты). Автореф. дис. насоис.ученой степени канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 2000, 22с.
2. Lehtonen M. Kimberlites in Finland: information about the mantle of the Karelian craton and implications for diamond exploration. Academic dissertation. University of Helsinki, Finland. 2005
3. O'Brien H. Kimberlite-hosted diamonds in Finland. In: W.D. Maier, R. Lahtinen and H. O'Brien. Mineral Deposits of Finland. Elsevier, 2015. P. 345-375
4. O'Brien H., Peltonen P, Vartiainen H. Kimberlites, carbonatites, and alkaline rocks. In: Developments in Precambrian Geology. Elsevier, 2005. V. 14. P. 605–644.
5. O'Brien, H.E., Tyni, M. Mineralogy and Geochemistry of Kimberlites and Related Rocks from Finland. In: J.J. Gurney, J.L. Gurney, M.D. Pascoe and S.H. Richardson (Eds.), Proceedings of the 7th International Kimberlite Conference, Cape Town. 1999. P. 625-636.
6. Roeder P.L., Schulze D.J. Crystallization of groundmass spinel in kimberlite. Journal of Petrology. 2008, V.49. P. 1473-1495.