

УДК 552.333.5

Sr–Nd-ИЗОТОПИЯ И ICP-MS-ГЕОХИМИЯ КИМБЕРЛИТОВ ВОСТОЧНОГО ПРИАЗОВЬЯ, ИХ ВОЗРАСТ И ПРИРОДА ЛИТОСФЕРНОГО ИСТОЧНИКА

© 2003 г. Е. В. Юткина, В. А. Кононова, Н. А. Козарь, А. П. Князьков

Представлено академиком В.И. Коваленко 15.01.2003 г.

Поступило 24.01.2003 г.

Впервые полученные прецизионные данные о состоянии Rb–Sr- и Sm–Nd-изотопных систем и распределении редких элементов (ICP-масс-спектрометрия) в кимберлитах Восточного Приазовья позволили охарактеризовать и сопоставить их геохимические особенности с кимберлитами Архангельска и других регионов. Как и результаты предшествующих исследований авторов, касающихся источников кимберлитов северной окраины Восточно-Европейской платформы [1], вновь полученные данные используются для решения фундаментальных проблем петрологии – расшифровки источников вещества кимберлитов, а также глубинного строения одной из крупнейших структур Земли – Восточно-Европейской платформы, в частности ее южной окраины.

Исследованные кимберлиты (4 трубки и 2 дайки) приурочены к самому восточному блоку Украинского щита – Приазовскому кристаллическому массиву, вблизи его северного сочленения с Донбассом. Эта структура, консолидированная в архее и переработанная в протерозое, сложена гранитоидами нижнепротерозойского возраста. Кимберлиты вскрыты среди поля эффузивных и эксплозивных толщ разнообразного состава (лимбургиты, верлиты, базальты и др.) девонского возраста. Алмазы в трубках не обнаружены. Вместе с тем установлена алмазоносность посткимберлитовых коллекторов, в которых выделены как кимберлитовые, так и метаморфогенные типы алмазов [2].

В рамках настоящего исследования получены данные о Rb–Sr-возрасте двух трубок (по биотиту и валовой пробе кимберлита), который составил

383.3 ± 3.8 млн. лет (обр. 293/11) для трубки Новоласпинская и 384.7 ± 3.9 млн. лет (обр. 1459-а) для трубки Южная.

Исследовались четыре наименее измененных образца (их характеристика приведена в табл. 1) из имевшейся в нашем распоряжении коллекции (12 образцов керна с глубин от 19 до 115 м из скважин участка Петровский, трубок Новоласпинская, Надежда и Южная). Образцы 293/11 (трубка Новоласпинская), 396/46 (дайка Новоласпинская) и 1459-а (трубка Южная) представляют собой породы с брекчиевидной текстурой (большинство ксенолитов – это обломки пород из вмещающих толщ) и порфировой структурой. Вкрапленники – это серпентинизированный оливин и частично хлоритизированный флогопит. Псевдоморфозы серпентина по оливину нередко зональны, что, по-видимому, отражает зональность “материнских” кристаллов оливина. Составы серпентина заметно варьируют, указывая на различную магнезиальность первичных минералов. Так, в обр. 293/11 максимальная *mg#* серпентина (псевдоморфозы по крупным мегакристам оливина) составляет 0.9. Магнезиальность серпентина в основной массе ниже и составляет 0.82. В обр. 396/46 первичный оливин был, по-видимому, еще более железистым (*mg#* серпентина основной массы составляет 0.72).

Выделяются две генерации флогопита: флогопит-I, величина магнезиальности которого *mg#* = 0.86–0.88, представляет собой крупные мегакристы размером до 1 см, а мелкие чешуйки флогопита-II с *mg#* = 0.86–0.92 распределены в основной массе породы в количестве 3–5% от ее общего объема. Химические составы слюд обеих генераций довольно близки. Вместе с тем слюды основной массы характеризуются немного более низкими содержаниями TiO₂, чем флогопит-I (1.1–2.4 и 1.4–2.7 мас. % соответственно), а также значительными вариациями Al₂O₃ и K₂O. Основная масса пород содержит также пикроильменит, перовскит, титаномагнетит и сфен. В кимберлитах дайки Новоласпинская (обр. 396/46) отмечено

*Институт геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии
Российской Академии наук, Москва
Государственное предприятие “Южургеология”,
Днепропетровск, Украина
Акционерная компания “АЛРОСА”,
Мирный, Республика Саха–Якутия*

Таблица 1. Характеристика калиевых ультраосновных пород Восточного Приазовья

№ обр.	Объект	Глубина, м	Площадь, м ²	Минеральный состав	Порода
293/11	Трубка Новоласпинская	95.5	50–70	[Ol], Phl, Ilm, Prv, Ti-Mag, Spn, Cal	Кимберлит
396/46	Дайка Новоласпинская	50.0	Нет данных	[Ol], Phl, Ilm, Ti-Mag, Cal, Spn	То же
1459-а	Трубка Южная	85.0	250	[Ol], Phl, Ilm, Ti-Mag, Chl	»
401/8	Трубка Южная	66.4	250	Cpx, Ms?, Chl, Ilm, Mag, Opaq	Ферробазальт

Примечание. [Ol] – псевдоморфозы серпентина по оливину, Phl – флогопит, Cal – кальцит, Cpx – клинопироксен, Prv – перовскит, Ilm – ильменит, Ti-Mag – титаномагнетит, Spn – сфен, Mag – магнетит, Chl – хлорит, Opaq – рудный минерал, Ms – мусковит.

значительное (около 25%) количество микролитов кальцита в основной массе, что отражается и на химическом составе породы.

Обр. 401/8 из трубки Южная резко отличается от описанных выше. Это массивная темная порода, частично раскристаллизованная, с равномерной зернистой структурой. Породообразующими фазами являются клинопироксен ($mg\# = 0.75–0.78$), по составу отвечающий авгиту, и существенно калиевый (K_2O 6.6–8.2%), с величиной магнетиальности $mg\# = 0.47–0.56$, минерал слюдистого облика, по составу близкий мусковиту. Среди аксессуарных минералов встречен ильменит с примесью MnO до 4.4 мас. %, а также сульфиды, мелкая вкрапленность которых довольно равномерно распределена по породе. Основная масса породы полностью хлоритизирована. В нормативном составе этого образца – значительное количество плагиоклаза (34%) и кварц (2%), нефелин отсутствует. С учетом петрографо-минералогических и петрохимических характеристик ($FeO_{общ}$ 16.2 и TiO_2 7 мас. %) порода определена как ферробазальт.

Присутствие представителей двух разных семейств магматических пород в одной толще (трубка Южная) подтверждается, в частности, и их химическим составом: на дискриминантной диаграмме MgO–Ni по [3] (рис. 1) они разместились соответственно в полях кимберлитов (поле 4) и базальтов (область перекрытия полей 1 и 2).

Геохимические особенности кимберлитов Восточного Приазовья рассматриваются в сопоставлении с кимберлитами севера Восточно-Европейской платформы, в первую очередь Архангельской провинции (с использованием преимущественно авторских анализов, выполненных в тех же лабораториях [1]), кимберлитами групп I и II Южной Африки, кимберлитами Западной Африки (Сьерра-Леоне, Коиду), Северной Австралии (Ариес) [4, 5]. Для представления полученных результатов использован ряд диаграмм (рис. 2–4), на которых составы общепринятых групп кимберлитов и лампроитов показаны в виде полей, заимствованных из цитируемых работ. Следует иметь в виду, что для проанализированных ким-

берлитов индекс контаминации* С.И. несколько повышен: 1.82 и 1.72 в обр. 396/46 (дайка Новоласпинская) и обр. 1459-а (трубка Южная) соответственно. И только обр. 293/11 (С.И. = 1.27, трубка Новоласпинская) удовлетворяет необходимым требованиям по [4].

Как и все кимберлиты, исследованные образцы обогащены редкими и редкоземельными элементами. Содержание РЗЭ в изученных трех образцах кимберлитов довольно устойчивое. Индикаторное отношение $(La/Yb)_n$ в кимберлитах Восточного Приазовья колеблется в пределах 98.6–163.8, тогда как в ферробазальте (трубка Южная, обр. 401/8) составляет всего 28.3. Характер распределения РЗЭ (рис. 2) в кимберлитах Восточного Приазовья повторяет практически распределение этих элементов в образцах Кепинского поля Архангельской провинции.

Судя по распределению редких элементов (рис. 3), мантийные источники рассматриваемых проявлений калиевых магм были обогащены несовместимыми элементами. И хотя в целом по уровню обогащения они близки к кимберлитам Кепинского поля, в поведении некоторых, особенно высокозарядных, элементов отмечается заметная неустойчивость. В первую очередь обращают на себя внимание повышенные концентрации Pb в обр. 1459-а и 396/46 (31.11 и 19.06 ppm соответственно). Содержание Pb в обр. 1459-а (трубка Южная) почти в пять раз выше, чем в обр. 293/11 (трубка Новоласпинская).

Аномально высокие содержания Zr и Hf (521–604 и 12.8–14.8 ppm соответственно) характерны для всех проанализированных кимберлитов. Повышенный цирконий – это, по-видимому, характерная черта региона: высокие содержания циркония отмечались в пиропе из трубок Восточного Приазовья [7], циркониевая минерализация типична для пород расположенного неподалеку Мариупольского комплекса. Такие высокие концентрации циркония изредка встречаются в кимберлитах, например в Benfontein Sills [8], однако в кимберлитах северной окраины Восточно-Евро-

* С.И. = $(SiO_2 + Al_2O_3 + Na_2O)/(2K_2O + MgO)$ по [6].

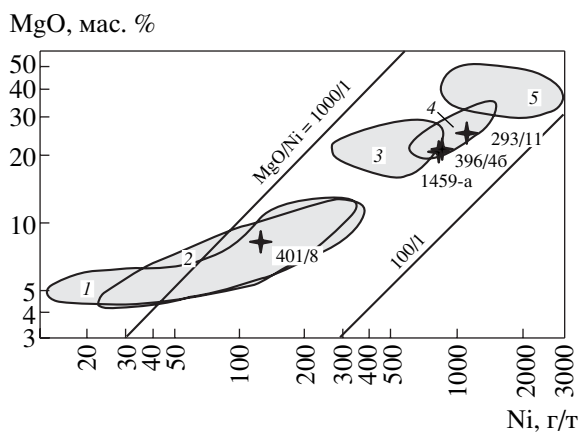


Рис. 1. Соотношение MgO–Ni в исследованных образцах Восточного Приазовья. Поля составов пород: 1 – щелочные базальты, 2 – субщелочные базальты, 3 – пироксениты, 4 – кимберлиты, 5 – ультрабазиты.

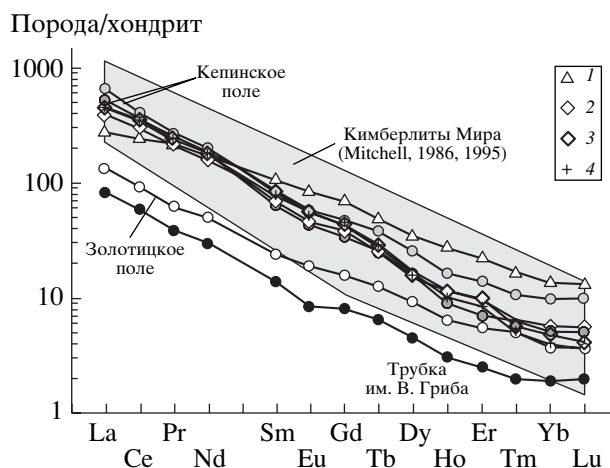


Рис. 2. Нормализованное к хондриту по [10] распределение редкоземельных элементов в кимберлитах. 1 – Fe–Ti-базальт, обр. 401/8; 2–4 – кимберлиты обр. 396/46 (2), обр. 1459-а (3), обр. 293/11 (4).

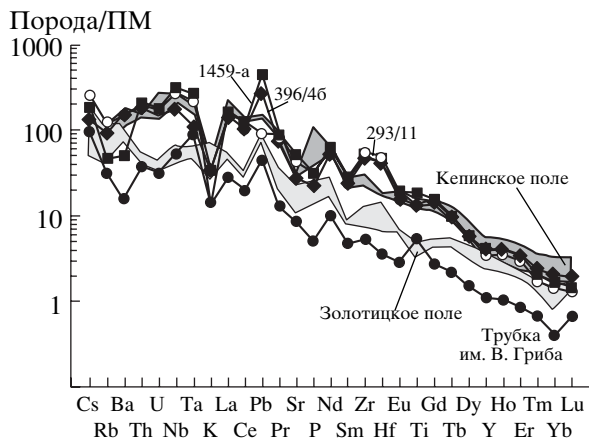


Рис. 3. Распределение редких элементов в кимберлитах Восточного Приазовья (данные для примитивной мантии (ПМ) по [10]).

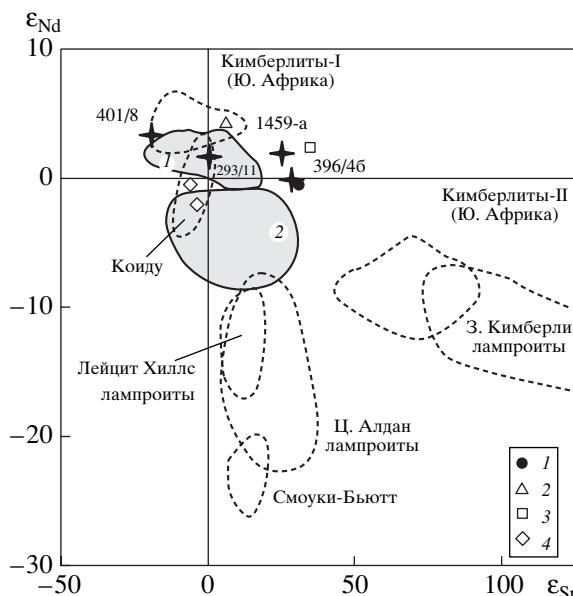


Рис. 4. Изотопный состав Sr и Nd в породах Восточного Приазовья в сравнении с кимберлитами и лампроитами Мира: 1–4 – кимберлиты северной окраины Восточно-Европейской платформы: Верхотинское поле (трубка им. В. Гриба) (1), Кандалакша (2), Средний Тиман (3), Герский берег (4). Цифры в кружках – поля составов кимберлитов Архангельской провинции: 1 – Кепинское поле, 2 – Золотицкое поле. Поля кимберлитов и лампроитов Мира по [4, 5].

пейской платформы, включая Архангельскую провинцию, подобные концентрации не отмечались.

Изотопные отношения Sr и Nd в изученных породах представлены на рис. 4. Изотопный состав Sr в исследованных образцах кимберлитов изменяется незначительно (ϵ_{Sr} варьирует от 0.7 до 29) и заметно снижается в ферробазальтах ($\epsilon_{Sr} = -20$). Отметим, что величина ϵ_{Sr} в лампроитах Западной Австралии, например, варьирует от +94 до +228 [9]. Несколько повышенная величина ϵ_{Sr} в образцах 1459-а и 396/46 коррелируется с увеличением индекса контаминации по сравнению с обр. 293/11, что, вероятно, связано с некоторым их обогащением коровым материалом. Значения

ϵ_{Nd} в изученных породах располагаются в основном в области положительных значений. При этом в кимберлитах величина ϵ_{Nd} варьирует в пределах от +1.9 до –0.1, а в базальте возрастает до +3.3. На диаграмме ϵ_{Sr} – ϵ_{Nd} (см. рис. 4) точки составов кимберлитов Восточного Приазовья попадают в пределы или вблизи поля кимберлитов Ке-

пинского поля Архангельской провинции, а для обр. 396/46 (дайка Новоласпинская) значения $\epsilon_{\text{Sr}}-\epsilon_{\text{Nd}}$ почти совпадают с таковыми в высокоалмазонной трубке им. В. Гриба. Обращает на себя внимание, что обр. 293/11 с наименьшим С.И. = 1.27 попадает в центр точек кимберлитов Кепинского поля на диаграмме (см. рис. 4).

В результате проведенных исследований показано: 1) кимберлиты и базальтоиды, хотя и присутствуют в единых геологических толщах, но формировались из различных мантийных источников – близких BSE и PREMA соответственно; 2) кимберлиты Восточного Приазовья по вещественному составу (характер обогащения редкими элементами, изотопный состав Sr, Nd и др.) близки кимберлитам Кепинского поля Архангельского региона, а также кимберлитам I группы Южной Африки; 3) судя по обогащению Zr и Hf всех изученных разновидностей пород, а также мантийных минералов (пироп), мантия этого региона была, по-видимому, обогащена этими элементами.

Авторы выражают глубокую признательность руководству и сотрудникам АК “АЛРОСА” за предоставленные образцы по трубкам Восточного Приазовья, а также сотрудникам лабораторий ИГЕМ РАН, ОИГГиГ СО РАН, ИГГД РАН за комплекс прецизионных аналитических исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 03–05–64214, 03–05–06019) и грантов Президента РФ (МК–1472.2003.05 и НШ–1251.2003.5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кононова В. А., Левский Л. К., Первов В. А. и др. // Петрология. 2002. Т. 10. № 5. С. 493–509.
2. Geiko Yu. V., Lykov L. I., Metalidi V. S. et al. // Минерал. журн. 2002. Т. 24. № 2/3. С. 74–86.
3. Илунин И.П. // ДАН. 1981. Т. 261. № 5. С. 1198–1202.
4. Taylor W.R., Tompkins L.A., Haggerty S.E. // Geochim. et cosmochim. acta. 1994. V. 58. P. 4017–4037.
5. Smith C.B., Gurney J.J., Skinner E.M.W. // Trans. Geol. South Afr. 1985. V. 88. P. 267–280.
6. Clement C.R. Unpubl. PhD Thesis. Cape Town: Univ. Cape Town. 1982. 250 p.
7. Панов Ю.Б. Типохимизм минералов-спутников алмаза из кимберлитов Приазовья Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Киев, 2001. 23 с.
8. Pearson J. M., Taylor W.R. // Can. Miner. 1996. V. 34. Pt 2. P. 201–219.
9. Fraser K.J., Hawkesworth C.J., Erlank A.J. et al. // Earth and Planet. Sci. Lett. 1985. V. 76. P. 57–70.
10. Sun S.-S., McDonough W.F. In: Mag. Oceanic Basins. Spec. Publ. L.: Geol. Soc., 1989. P. 313–345.