

16. Palmer, M.R., Swihart, G.H., 1996. Boron isotope geochemistry: an overview // Boron: Mineralogy, Petrology and Geochemistry / E.S. Grew, L.M. Anovitz (Eds.), Mineral. Soc. Am., Washington. Rev. Mineral. 33. P. 709-744.

17. Spears D.A. Boron in some British Carboniferous sedimentary rocks. // Geochim. Cosmochim. Acta. 1965. V. 29. P. 315-328.

## АПАТИТ ПИРОКСЕНИТОВ СУРОЯМСКОГО МАССИВА

**Шагалов Е.С.\***, **Холоднов В.В.\***, **Пучков В.Н.\*\***, **Киселева Д.В.\***, **Жилин И.В.\*\*\***

*\*Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия*  
*e-mail: shagalov@igg.uran.ru, holodnov@igg.uran.ru, kiseleva@igg.uran.ru*

*\*\*Институт геологии УНЦ РАН, Уфа, Россия*  
*e-mail: puchkv@anrb.ru*

*\*\*\*Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия*  
*e-mail: utemoff@rambler.ru*

## APATITE FROM PYROXENITES OF SUROYAM MASSIF

**Shagalov E.S.\***, **Kholodnov V.V.\***, **Puchkov V.N.\*\***, **Kiseleva D.V.\***, **Zhilin I.V.\*\*\***

*\*Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Ekaterinburg, Russia*  
*e-mail: shagalov@igg.uran.ru, holodnov@igg.uran.ru, kiseleva@igg.uran.ru*

*\*\* Institute of Geology USC RAS, Ufa, Russia*  
*e-mail: puchkv@anrb.ru*

*\*\*\*Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia*  
*e-mail: utemoff@rambler.ru*

The concentrations of halogens and impurity elements in apatites in two types of ore pyroxenites of the Suroyam massif, based on cathodoluminescence and IR-spectroscopy methods are presented. A comparison with apatites of some other ultramafic massifs is given.

Суоямский массив с одноименным месторождением вкрапленных апатитсодержащих титаномагнетитовых руд находится в составе Нязепетровского аллохтона, расположенного в Уфимском амфитеатре, к западу от Главного Уральского разлома [5]. Массив относится к дунит-пироксенит-габбровой формации. По данным [4] породы массива подверглись кали-натровому метасоматозу, а в [9, 10] указывается на наличие крупных тел нефелиновых сиенитов в его структуре. Разброс К-Аг датировок [4] пород массива, 594-333 млн лет, может, хотя и не буквально, указывать на длительный диапазон его формирования (включая поздние метасоматические процессы калишпатизации). Однако полученная недавно изохрона по пироксениту и флогопиту определяет возраст соответствующей минеральной ассоциации весьма точно как  $415.2 \pm 1.1$  млн. лет [8]. По данным [12], среди подобных ультрамафитовых комплексов массив имеет наибольшие концентрации редких и редкоземельных элементов.

Ниже приводятся первые результаты исследований образцов Суоямского массива, представленных В.Н. Пучковым, и отобранных им совместно с И.В.Жилиным. Образцы представлены крупно-гигантозернистыми флогопитовыми рудными пироксенитами (обр. 4 и 29) с разрозненными скоплениями титаномагнетита и среднезернистой разностью с сидеронитовой структурой (обр. 25).

В рудных пироксенитах содержится порядка 6,5 % апатита (среднее значение  $P_2O_5 = 2,03\%$ ). В образце 29 апатита существенно больше, чем в других образцах. Апатит образует ксеноморфные сегрегации нескольких зерен, выполняя друзовые пустоты в породе. Размер сегрегаций в исследованных образцах составляет порядка  $1 \text{ см}^3$ . Отмечаются и отдельные идиоморфные в

сечении зерна размером до 3 мм в поперечнике. Как включение в пироксене и в слюде апатит очень редок. Рентгеноструктурными исследованиями (по методике [3]) было определено, что апатит является фторапатитом с содержанием F = 2.5-2.95 %, Cl = 0,2-0.24 %. Данные ИК-спектроскопии указывают на небольшую примесь (CO<sub>3</sub>)<sup>2-</sup> и (OH)<sup>-</sup> группировок. По содержанию галогенов он приближается к значениям в апатитах некоторых пород Платиноносного пояса Урала – неизменных рудных пироксенитов качканарского типа, габбро-амфиболитов Нижнетагильского массива и др. [9]. Апатиты в рудах и породах Баронского месторождения содержат несколько больше хлора за счет (OH)<sup>-</sup> группировки при тех же значениях фтора. Ранние породы и титаномагнетитовые руды Волковского массива содержат на 0,5-1% больше хлора и на 1-1,5% меньше фтора.

Апатит является основным концентратором РЗЭ в данных породах. Спектры РЗЭ (рис. 1) характеризуются отсутствием европиевой аномалии и существенным преобладанием легких лантаноидов над тяжелыми (La/Yb = 59-72), это больше чем в апатите Баронского месторождения, где La/Yb = 40 [1]. Сумма РЗЭ варьирует в небольших пределах 1473±20 г/т (табл. 1), что почти в 1,5 раза больше чем в апатитах Баронского месторождения и существенно больше (в 3 раза) чем в апатите из ранних титаномагнетитовых габброидов самого Волковского массива [1]. В этих апатитах, в сравнении с апатитом Баронского месторождения, в 1,5-2,5 раза больше Sr, Zr, Ba, As, что отражает повышенную щелочность пород Сураоямского массива, но несколько меньше Y, V, Zn, Se и Cu. Однако на Баронском месторождении медь является главным компонентом, и тонкие включения медь-содержащих минералов могли повлиять на анализ.

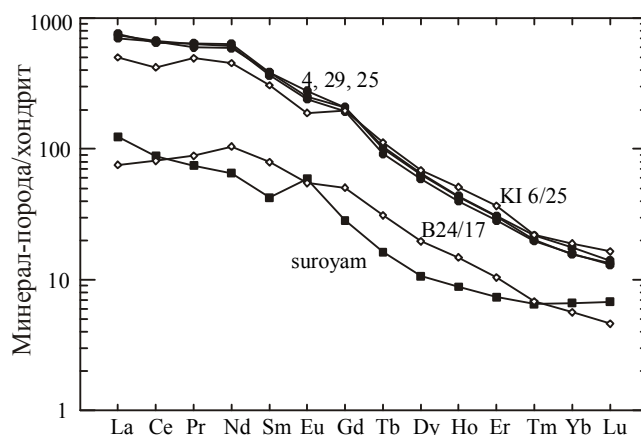


Рис. 1. Нормированное на хондрит содержание РЗЭ в апатитах из пироксенитов Сураоямского массива, вмещающих пироксениты (suroyam [12]), апатите (KI6/25) и апатитовом оливините (B24/17) Баронского месторождения [1].

Таблица 1  
Микроэлементный состав апатитов из рудных пироксенитов Сураоямского массива

	4	29	25		4	29	25		4	29	25
Li	0,32	0,23	0,24	As	7,21	8,71	6,50	Pr	82,71	77,86	83,52
Be	0,01	0,01	0,00	Se	1,13	1,31	1,24	Nd	383,94	373,11	400,71
B	4,58	7,67	13,78	Rb	1,00	0,43	0,67	Sm	74,12	78,07	78,17
Na	562,57	762,91	708,35	Sr	5378,6	6253,9	5402,7	Eu	18,58	21,43	19,39
Mg	3957,9	1742,9	3601,6	Y	71,88	75,80	77,91	Gd	53,44	57,54	57,67
Al	1877,5	1024,2	1890,9	Zr	2,65	3,19	2,46	Tb	4,58	5,17	5,02
Si	3098,6	2652,9	2672,3	Nb	0,03	0,03	0,01	Dy	20,33	22,32	21,75
K	399,25	247,81	378,67	Mo	0,41	0,11	0,26	Ho	3,09	3,37	3,31
Sc	1,85	1,33	0,83	Ru	0,01	0,01	0,00	Er	6,40	6,91	6,83
Ti	38,35	31,19	23,20	Rh	0,25	0,33	0,22	Tm	0,69	0,77	0,71
V	139,00	118,88	131,60	Pd	0,42	0,54	0,42	Yb	3,48	3,86	3,45
Cr	0,36	0,14	0,00	Ag	0,41	3,99	1,67	Lu	0,44	0,48	0,45
Fe	3205,6	2052,5	2967,3	Cd	0,07	0,05	0,10	Hf	0,17	0,17	0,62
Mn	197,91	113,76	208,33	Sn	0,13	0,10	0,09	Ta	0,11	0,06	0,03
Co	3,96	3,52	4,18	Sb	0,02	0,04	0,00	W	0,20	0,16	0,02
Ni	8,71	7,34	9,06	Te	0,01	0,02	0,00	Tl	0,07	0,02	0,15
Cu	7,39	6,84	7,83	Cs	0,02	0,01	0,00	Pb	11,01	2,81	3,98
Zn	11,06	9,19	13,74	Ba	17,77	9,93	16,75	Bi	0,04	0,08	0,01
Ga	4,02	3,02	4,10	La	243,56	230,15	250,13	Th	12,00	8,70	10,54
Ge	0,52	0,47	0,49	Ce	581,76	570,93	562,29	U	2,37	2,82	2,36

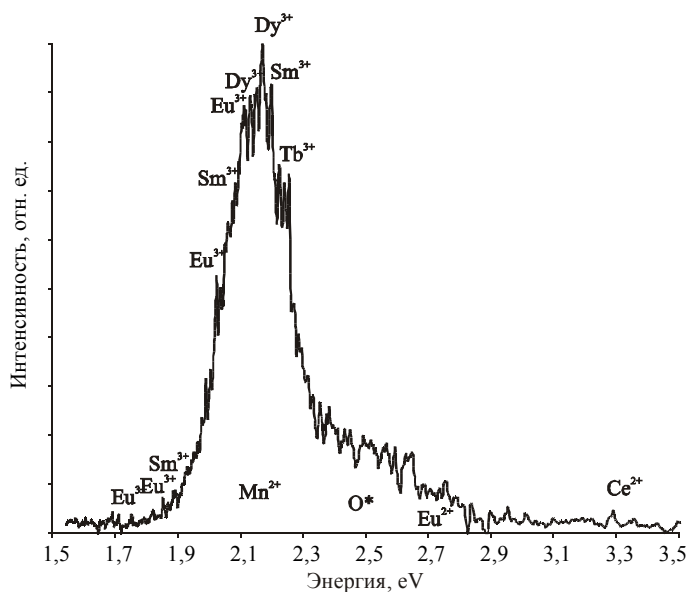


Рис. 2. Спектр импульсной катодолуминесценции апатита из пироксенитов Суроямского массива.

TR<sup>3+</sup>. Преобладание Eu<sup>2+</sup> над Eu<sup>3+</sup> указывает на восстановительный характер среды при образовании апатита [13]. Спектры, подобные изученным, характерны для апатитов из щелочного пегматита (г. Лепхэ Нельм, Ловозеро), некоторых архейских гранитоидных пород балтийского щита [6], и миаскитов Вишневых гор [2]. От апатитов из габбро-амфиболитов Кусинской интрузии [2, 7] спектры отличаются отсутствием ярко выраженной полосы Ce<sup>2+</sup> и полосы Mn<sup>2+</sup>.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант 07-05-96006-р-Урал-а, грант 08-05-00018-а, а также программы ОНЗ РАН №10.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аникина Е.В., Пушкарев Е.В., Алексеев А.В., Берсенев С.Я. Особенности химического состава рудоносных и пострудных габброидов Баронского золото-палладиевого рудопоявления (Волковский массив) // Ежегодник-2005. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. С. 127-132.
2. Горобец Б.С., Рогожин А.А. Спектры люминесценции минералов: Справочник. М.: Изд-во ВИМС, 2001. 312с.
3. Гуляева Т.Я., Шагалов Е.С. Экспрессный рентгенографический метод определения F и Cl во фторапатитах // Ежегодник-2001. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. С. 309-311.
4. Ефимова Л.П. Геологическая позиция и возраст Суроямского гипербазитового массива на западном склоне Урала // Докл. АН СССР. 1973. Т. 210. № 5. С. 1160-1162.
5. Жилин И.В., Пучков В.Н. Геология и рудоносность Нязепетровской зоны (Средний Урал). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2009. 184 с.
6. Жиличева О.М. Люминесцентные свойства апатита из пород Балтийского щита // Электронный научно-информационный журнал «Вестник Отделения наук о Земле РАН» №1(26). 2008. URL: [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-2008/informbul-1\\_2008/mineral-10.pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2008/informbul-1_2008/mineral-10.pdf)
7. Портнов А.М., Горобец Б.С. Люминесценция апатита из различных типов горных пород // Докл. АН СССР. 1969. Т. 104. № 1. С. 199-202.
8. Пучков В.Н., Жилин И.В., Ронкин Ю.Л. и др. Геологическая природа и возраст Суроямского клинопироксенитового массива (Средний Урал) // (В данном сборнике).
9. Селиверстов Г.Ф., Жилин И.В., Петров В.И., Гоголан А.М. Суроямское месторождение ванадий-apatит-титаномагнетитовых руд // Разведка и охрана недр. 1969. №8. С. 8-11.
10. Формации титаномагнетитовых руд и железистых кварцитов (железорудные месторождения Урала) / Под ред. А.М. Дымкина. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. 264 с.
11. Холоднов В.В., Коновалова Е.В. Галогены в эволюции интрузивного магматизма и эндогенного оруденения Тагильского мегасинклинария // Уральская минералогическая школа-2006. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. С. 121-132.

Высокие концентрации РЗЭ в минерале проявились и на спектрах катодолуминесценции (рис. 2), выполненных на приборе импульсной катодолуминесценции «КЛАВИ-Р» (накопление – 40 импульсов с частотой 1 Гц, время экспозиции 150 мс). Можно предполагать, что желтовато-зеленое свечение апатита обусловлено присутствием пиков Eu<sup>2+</sup> (+ O\*[6]) и TR<sup>3+</sup> с существенным преобладанием последних. Основными трехвалентными РЗЭ являются Sm<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>, Eu<sup>3+</sup> и др. Слабо проявлены линии Ce<sup>2+</sup>, характерные для апатитов из ультраосновных и щелочных пород. Концентрация Mn в апатитах не превышает 0,02%. При таких концентрациях Mn<sup>2+</sup> не является основным люминофором [7] и вероятно осуществляет сенсibilизационную роль в присутствии

12. *Fershtater G.B., Montero P., Borodina N.S. et al. Uralian magmatism: an overview // Tectonophysics. 1997. V. 276. P. 87-102.*

13. *Roeder P.L., MacArthur D., Ma X.-P. et al. Cathodoluminescence and microprobe study of rare-earth elements in apatite // Amer. Mineral. 1987. V. 72. № 7-8. P. 801-811.*

## МОНЦОНИТОИДЫ В РАССЛОЕННЫХ ПЕРИДОТИТ-ГАББРОВЫХ МАССИВАХ КОМПЛЕКСА НУЙЧУА (СЕВЕРНЫЙ ВЬЕТНАМ)

**Шелепаев Р.А.\***, Поляков Г.В.\*, Чан Чонг Хоа\*\*, Нго Тхи Фьонг\*\*, Изох А.Э.\*,  
Чан Куок Хунг\*\*, Буй Ан Ньен\*\*, Сухоруков В.П.\*

*\*Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия*

*e-mail: rshel@uiggm.nsc.ru*

*\*\*Институт геологических наук ВАХТ, Ханой, Вьетнам*

## MONZONITOIDS OF LAYERED PERIDOTITE-GABBRO INTRUSIONS OF NUICHUA COMPLEX (NORTHERN VIETNAM)

**Shelepaev R.A.\***, Polyakov G.V.\*, Trang Trong Hoa\*\*, Ngo Thi Phuong\*\*, Izokh A.E.\*,  
Tran Quoc Hung\*\*, Bui An Nien\*\*, Sukhorukov V.P.\*

*\*Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia*

*e-mail: rshel@uiggm.nsc.ru*

*\*\*Institute of Geological Sciences VAST, Hanoi, Vietnam*

Widespread in Northern Vietnam complex Nuichua consists of layered large lherzolite-vehlite-troctolite-gabbro intrusions and some small monzodiorite or monzogabbro bodies. These rocks were studied at western contact of Nuichua intrusion. U-Pb data of zircon from monzodiorite show  $250.4 \pm 2.0$  Ma, from Nuichua layered gabbro intrusions –  $251 \pm 3.4$  Ma. Thus, layered rocks of Nuichua complex display the same age as monzodiorite. Our investigations reveal genetic relation between layered intrusion and small monzodiorite or monzogabbro bodies and allow joining all of these rocks into one Permian-Triassic assemblages. In that case monzodiorites or monzogabbros are the result of crystallization of residual liquid from differentiation in intermediate chamber of parental magma for layered rocks of Nuichua intrusion.

Широко известный на севере Вьетнама комплекс расслоенных перидотит-габбровых массивов Нуйчуа первоначально объединялся с гранитами Пиабиок в сложную гипербазит-габбро-гранитную серию Бансанг-Пиабиок поздне триасового возраста [2, 5]. Полученная на ранней стадии изучения комплекса Rb-Sr датировка габброидов плутона Нуйчуа – 195 млн. лет [9] соответствовала этому возрасту. Однако она базировалась на единичном и не очень надежном определении, которое впоследствии никем воспроизведено не было. Тем не менее, до самого недавнего времени плутон Нуйчуа, как и одноименный комплекс расслоенных массивов в целом, относился к поздне триасовым магматическим образованиям, связанным с рифтогенными структурами мезозойской тектоно-магматической активизации.

Авторами получены новые данные о возрасте габброидов массива Нуйчуа по циркону SHRIMP методом ( $251 \pm 3.4$  млн. лет) и сопряженных с ними гранитов комплекса Пиабиок Ar-Ar ( $250.5 \pm 1$  млн. лет) и U-Pb ( $242 \pm 2$  млн. лет) методами. Эти датировки отвечают пермско-триасовому рубежу и соответствуют второму этапу развития Эмейшаньской изверженной провинции (платформа Янцзы). Они позволяют отнести комплекс Нуйчуа к производным Эмейшаньского мантийного плюма, проявившегося на юге Китайского кратона в пермско-триасовую эпоху [1, 3, 6, 7, 8, 11].

Массивы комплекса Нуйчуа сложены доминирующей по объему лерцолит-верлит-троктолит-габброидной расслоенной серией и проявившейся несколько позднее пегматоидной ассоциацией пород, состав которой находится приблизительно в том же диапазоне основности и