

**ГЛЫБООБРАЗНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ ГРАНАТ-АНОРТИТ-
КЛИНОПИРОКСЕН-АМФИБОЛОВЫХ ПОРОД САИТОВСКОЙ СЕРИИ
(ИЛЬМЕНОГОРСКИЙ КОМПЛЕКС, ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

Вализер П.М.*, **Дубинина Е.В.***, **Краснобаев А.А.****, **Медведева Е.В.***,
Никандров С.Н.*, **Никандров А.С.***, **Русин А.И.****

**Ильменский государственный заповедник УрО РАН, Миасс, Россия*

e-mail: mev_62@inbox.ru

***Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

**BLOCK-LIKE INCLUSIONS OF GARNET-CLINOPYROXENE-AMPHIBOLE ROCKS
OF THE SAITOVO SERIES (ILMENOGORSKY COMPLEX, SOUTH URAL)**

Valizer P.M.*, **Dubinina E.V.***, **Krasnobaev A.A.****, **Medvedeva E.V.***,
Nikandrov S.N.*, **Nikandrov A.S.***, **Rusin A.I.***

**Ilmensky State Reserve UB RAS, Miass, Russia*

e-mail: mev_62@inbox.ru

***Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Ekateriburg, Russia*

Block like mafic and ultramafic inclusions within metamorphosed metaterrigenous rocks of the Saitovo series have been studied. Mafic rocks consist of garnet-anortite-clinopyroxene-amphibole assemblage corresponding $T=750-550^{\circ}\text{C}$ and $P=5-8.5$ kbar (Geopatch 2.1). The concentration and distribution of REE in these rocks reflect crustal nature of protolith. These geochemical features were obtained during the movement in regional-scale shear-zone.

На юго-восточном берегу оз. Б Миассово среди мусковит-графитовых, мусковитовых кварцито-сланцев и кварцито-гнейсов сайтовской серии, расположены глыбообразные тела амфиболитов. Некоторые из них пространственно сопряжены с телами метаультрабазитов, представленными оливин-энстатит-актинолитовыми породами. В отдельных случаях метаультрабазиты дезинтегрированы и представляют собой рыхлый материал серовато-зеленого цвета, среди которого хорошо заметны обломки кристаллов энстатита и актинолита. Форма тел преимущественно изометричная, реже дайкообразная, размер их варьирует от $0,5\times 7\text{м}$ до $2\times 12\text{м}$. Тела не имеют четко выраженного зонального строения. Цвет пород варьирует от зеленовато-черного до зеленовато-серого. Текстура – линзовидно-полосчатая. Линзовидные обособления сложены гранат-пироксен-полевошпатовым агрегатом (рис. 1).

Структура пород: среднезернистая, микроструктура гетерогранобластовая, порфиробластовая.

Минеральный состав: амфибол – 40 %; пироксен – 30 %; плагиоклаз – 15 %; гранат – 10 %; минералы группы эпидота-клиноцоизита – 3 %; кальцит, цеолиты – 2 %; рутил, магнетит, циркон, титанит – менее 1%. Гетерогранобластовый агрегат ($0.7\times 0.2 - 0.06\times 0.1\text{мм}$) сложен индивидами пироксена, амфибола, цоизита, полевого шпата. Отдельные крупные гранобласты пироксена имеют волнистое угасание, а также они содержат ориентированные включения. Порфиробласты образованы гранатом (5-8 мм), реже плагиоклазом (до 4 мм), форма ограничения имеет размытые (тенеvidные) очертания.

Порфиробласты содержат многочисленные включения (до 40 % от площади зерна) кварца, плагиоклаза, амфибола, пироксена, титанита. Около 5 % включений, вероятно синтектонические, ориентированы параллельно сланцеватости. По гранату развивается соссюрито-



Рис. 1. Гранат-анортит-клинопироксен-амфиболовая порода

Таблица 1

Химический состав минералов из гранат-анортит-клинопироксен-амфиболовых пород

Минералы	Гранат		Пироксен		Амфибол		Эпидот	Плагиоклаз	
	1	2	3	4	5	6	7		
Зерно	core		rim		core		core	core	
SiO ₂	38,54	38,52	51,37	50,84	37,84	40,53	38,16	44,09	43,58
TiO ₂	–	–	0,21	0,30	0,87	0,68	0,43	–	–
Al ₂ O ₃	20,87	21,19	2,31	3,51	17,63	16,17	29,04	35,38	36,45
FeO	14,74	18,71	10,01	10,64	20,34	18,43	6,36	–	–
MnO	1,84	0,82	0,03	0,48	–	0,11	0,08	–	–
MgO	1,19	1,97	12,21	10,92	7,04	8,18	0,00	–	–
CaO	22,18	20,25	23,15	23,31	12,27	11,69	23,91	20,02	16,58
Na ₂ O	–	–	0,71	0,00	1,35	0,74	–	0,00	2,72
K ₂ O	–	–	–	–	1,25	1,66	–	–	–
Сумма	99,88	99,95	99,79	99,70	97,72	97,51	97,98	99,49	99,33

Примечание: Анализы выполнены в лаборатории КМИМ ИМин УрО РАН, аналитик В.А. Котляров.

подобный агрегат. На границе индивидов граната хорошо заметны каймовидные скопления зерен пироксена. Титанит является минералом-узником в гранате, плагиоклазе, пироксене. Циркон, представленный единичными зёрнами, расположен на границе зерен плагиоклаза, пироксена, амфибола.

Гранаты ряда алмадин-гроссуляр образуют крупные порфиробласты и идиобласты размером до 1 мм. Крупные индивиды характеризуются однородным составом (табл. 1), а в отдельных идиобластах отмечается неоднородность выраженная в различной направленности вариация содержания кальция, магния и марганца.

Клинопироксены соответствуют по своему составу диопсиду с соотношением магния к железу как 2:1. Минералы характеризуются однородным составом, F = 31-36 % и не содержат щелочных элементов. Амфиболы представлены индивидами группы кальциевых амфиболов серий чермакита – паргасита – магнезиогастингсита (F = 47.7-59.8 %; Al^{IV} 1.99-2.7 ф.е.; Al^{VI} 0.6-2.7 ф.е). Паргаситы в вакантной позиции А содержат до 0,5 ф.е. калия. Индивиды амфибола не зональны, иногда проявлена неоднородность выраженная от центра к краю в увеличении содержания кремнезема, незначительном увеличении концентраций натрия и кальция.

Плагиоклазы представлены преимущественно анортитом, иногда битовнитом. Отмечаются индивиды битовнита сложенные в краевой части анортитом.

Минералы группы эпидота-клиноцоизита представлены преимущественно клиноцоизитом с железистостью от 13 до 16 %.

Таблица 2

Химический состав гранат-анортит-клинопироксен-амфиболовых пород

	Л1-2000	Л3-2000	Л5-2000	Sk03-3	Sk03-2	Sk03-5	Sk03-6
SiO ₂	46,38	48,40	38,86	37,32	38,10	32,56	39,34
TiO ₂	0,55	0,6	1,7	1,74	1,46	2,46	2,82
Al ₂ O ₃	19,43	20,84	18,88	17,80	18,04	22,10	19,32
Fe ₂ O ₃	3,03	3,22	3,85	4,62	4,83	6,17	3,48
FeO	7,00	6,53	6,46	5,75	5,66	7,63	8,8
MnO	0,14	0,15	0,21	0,18	0,2	0,17	0,16
MgO	4,85	4,29	3,69	3,39	3,51	7,42	6,47
CaO	11,01	10,40	22,56	23,16	23,14	16,31	16,39
Na ₂ O	3,32	3,94	0,28	0,24	0,28	1,08	0,92
K ₂ O	0,22	0,18	0,17	0,16	0,16	0,7	0,68
P ₂ O ₅	0,1	0,1	0,25	0,29	0,25	0,2	0,19
П.п.п.	3,40	0,70	2,82	4,44	4,02	2,8	0,84
H ₂ O ⁻	0,50	0,14	0,22	0,01	0,16	0,08	0,08
CO ₂	–	–	–	3,35	2,82	2,47	0,53
Сумма	99,93	99,49	99,95	99,95	99,81	99,68	99,49

Примечание: Анализы выполнены в лаборатории ИГЗ УрО РАН, аналитик Г.К. Звонарева.

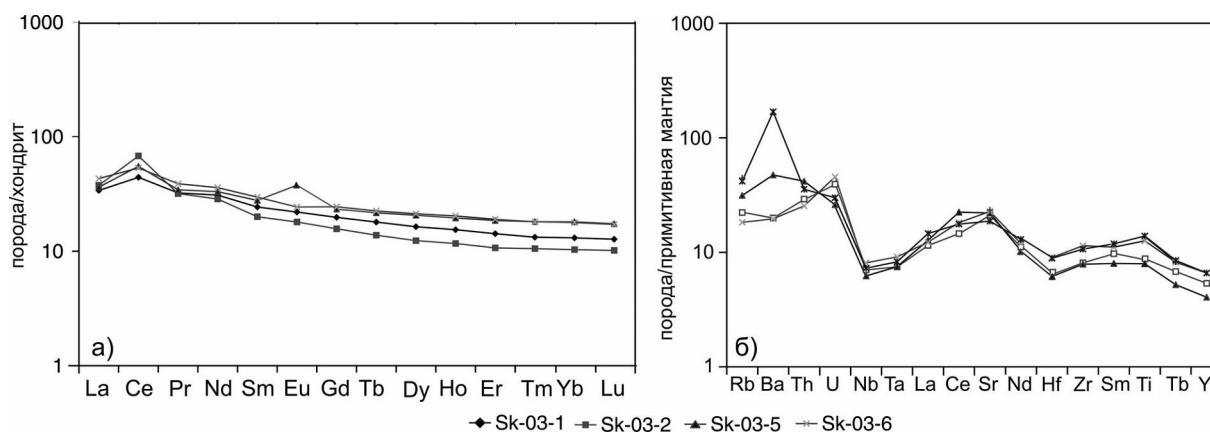


Рис. 2. Распределение РЗЭ (а) и мультиэлементов (б) в гранат-анортит-клинопироксен-амфиболовых породах.

По химическому составу эти породы сопоставимы с высокоглиноземистыми ультраосновными и основными породами нормального и субщелочного ряда (табл. 2). Распределение РЗЭ в этих породах характеризуется незначительным преобладанием ЛРЗЭ над ТРЗЭ (рис. 2а), слабой положительной аномалией Се. Высокие содержания Се и La характерны для нижнекоровых образований [3] для них же характерна слабая дифференциация ЛРЗЭ и ТРЗЭ. Характер линии распределения РЗЭ (с отрицательным наклоном) сопоставим с распределением этих элементов в породах щелочно-ультраосновных серий интрузий центрального типа, однако в последних общая сумма РЗЭ превышает содержания в хондрите в 100-1000. Распределение РЗЭ в том числе и мультиэлементов в эклогитах и кальций-силикатных гранатитах (Молданубикум) характеризуется резкой дифференциацией между группами ЛРЗЭ и ТРЗЭ (в сотни раз более высокими содержаниями ЛРЗЭ, чем гранат-плаггиоклаз-амфибол-пироксеновых пород),

Распределение мультиэлементов (рис. 2б) характеризуется четко выраженной отрицательной аномалией Nb и Ta. концентрации этих элементов контролируются минералами титанит и ильменит. В целом такой характер распределения РЗЭ и мультиэлементов может свидетельствовать о коровом происхождении гранат-плаггиоклаз-амфибол-пироксеновых пород. Высокие значения Ba определяются значительными количествами плаггиоклаза в породе. Можно предположить, что первичным источником вещества для этих пород был подкоровый субстрат, а коровые характеристики породы приобрели по мере продвижения к поверхности в региональной сдвиговой зоне [2]. Условия образования, гранат-анортит-клинопироксен-амфиболовых породах рассчитанные по программе «Geopatch 2.1», позволяют определить область при снижении температур от 750° до 550°С и давлении от 5 до 8,5 кбар. Использование клинопироксен-плаггиоклаз-кварцевого барометра позволяет предположить, что формирование такой ассоциации возможно в области сверхвысоких давлений до 30 кбар.

Минеральная ассоциация альмандин-гроссуляр – паргасит – диопсид – анортит – клиноцоизит характерна для эклогитов и кальций силикатных гранатитов зоны Молданубикум (Богемский массив), условия образования для этих минералов определяется в области давлений 28-31 кбар и температур 750-1100°С [4]. Минералы из пород зоны Молданубикум и из гранат-анортит-клинопироксен-амфиболовых пород имеют весьма близкие составы.

Возрастные датировки полученные U/Pb (SHRIMP) для цирконов из гранат-анортит-клинопироксен-амфиболовых пород характеризуются двумя кластерами 662±14 млн.лет и 543±7,1 млн. лет. Возможно, образование пород мафит-ультрамафитовой ассоциации произошло на границе позднего протерозоя и венда в условиях нижней коры, а эксгумация в позднем кембрии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубинина Е.В., Вализер П.М. Скаполитсодержащие породы ильменогорского комплекса (Южный Урал) // Записки ВМО, 2007. № 1. С. 112-122.
2. Русин А.И. Метаморфические комплексы Урала и проблема эволюции метаморфизма в полном цикле развития литосферы подвижных поясов. Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. Екатеринбург, 2004. 46 с.

3. *Kerrich R., Wyman D.A.* The trace elements systematics of Igneous Rocks in Mineral Exploration: An Overview // Trace elements geochemistry of volcanic rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration. Geological Association of Canada. Winnipeg, Manitoba. 1996. P. 1- 51

4. *Vrana S., Fryda J.* Ultrahigh-pressure grossular-rich garnetite from the Moldanubian zone, Czech Republic // Eur. J. Miner. 2003. Vol. 15. P. 43-54.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РУДОВМЕЩАЮЩИХ УЛЬТРАМАФИТАХ ХРОМИТОНОСНЫХ МАССИВОВ ПОЛЯРНОГО УРАЛА

Вахрушева Н.В.

**Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
e-mail: nv250190@yandex.ru*

RARE-EARTH ELEMENT DISTRIBUTION IN ORE-ENCLOSING ULTRAMAFITES OF THE POLAR URALS CHROMITE-BEARING MASSIFS

Vakhrusheva N.V.

**Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Ekaterinburg, Russia
e-mail: nv250190@yandex.ru*

Rare-earth element (REE) distribution in ore-enclosing ultramafites of the Polar Urals chromite massifs has been studied. It was established that for the wallrock dunites, enclosing chromites of the aluminiferous type it is characteristic the increase to the ore contacts of light lanthanoids. In dunites, enclosing disseminated-streaky mineralization of the high-chromous type it is observed a considerable decrease of the REE concentration. Chromic ores of the aluminiferous type are slightly enriched with light, while the ores of high-chromous type – with heavy lanthanoids. The established particularities in the REE distribution testify to the existence of two different processes of chromite formation in the Polar Urals ultramafites.

В ходе поисковых работ на хромиты исследовано распределение редкоземельных элементов в околорудных ультрамафитах и хромовых рудах хромитоносных массивов Полярного Урала – Войкаро-Сыньинском и Рай-Из, методом ICP-MS (лаборатория физико-химических методов исследования ИГГ УрО РАН).

Для рудопроявлений хромовых руд глиноземистого типа, локализованных в дунит-гарцбургитовом комплексе с невысоким содержанием дунитовой составляющей, в околорудных и интрарудных дунитах отмечается заметное повышение содержаний легких лантаноидов (рис. 1). Примером таких рудопроявлений могут быть рудные тела Ямботывисского и Бурхойлинского участков северной части Войкаро-Сыньинского массива, где анализировались ультрамафиты и хромовые руды, вскрытые буровыми скважинами.

Геохимические особенности околорудных ультрамафитов рудопроявлений высокохромистого типа изучены для р.п. Пайты (Войкаро-Сыньинский массив) и р.п. Енгайское (м-в Рай-Из). В обоих случаях рудные тела представлены пачками вкрапленно-полосчатых руд с преобладанием редко- и средневкрапленных разновидностей, перемежающихся с прослоями дунит-пегматитов и апогарцбургитовых метаморфитов (амфибол-оливин-антигоритовых и амфибол-оливиновых пород).

В околорудном пространстве хромитовых тел высокохромистого типа наблюдается заметное обеднение редкоземельными элементами по сравнению с «фоновыми» породами, что наиболее контрастно проявляется в пегматоидных дунитах, вмещающих высокохромистое оруденение уч. Пайты (Войкаро-Сыньинский массив) и р.п. Енгайское (м-в Рай-Из).

В околорудных амфиболизированных гарцбургитах, вмещающих глиноземистое оруденение (рис. 2), отмечается накопление тяжелых РЗЭ, тогда как в апогарцбургитовых амфибол-оливин-антигоритовых породах, ассоциирующих с пегматоидными дунитами и высокохромистыми