

УДК 551.711.72 (477 + 470.22 + 470.323)

© **В.В. Демедюк, 2011**

*Институт геохимии, минералогии и рудообразования
им. Н.П. Семеновко НАН Украины, г. Киев*

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПАЛЕОАРХЕЙСКИХ ЭНДЕРБИТОВ ОРЕХОВО-ПАВЛОГРАДСКОЙ СТРУКТУРЫ УКРАИНСКОГО ЩИТА (ВАСИЛЬКОВСКИЙ УЧАСТОК)

Эндербиты Орехово-Павлоградской структуры по геохимическим характеристикам существенно отличаются от палеоархейских эндербитов Днестровско-Бугского мегаблока Украинского щита: более высоким содержанием редкоземельных элементов (РЗЭ), наличием отрицательных аномалий Nb и Ti. В древнейших эндербитах Днестровско-Бугского мегаблока отсутствуют отрицательные аномалии Nb и Ti при меньшем содержании РЗЭ и значительно большем V, Cr, Co, Ni, Cu. По геохимическим характеристикам эндербиты Васильковского карьера сходны с островодужными кислыми породами. Останцы тоналитов карьера сформировались в результате гранитизации и регрессивного метаморфизма эндербитов.

Ключевые слова: тоналит, палеоархей, Орехово-Павлоградская структура, РЗЭ.

Вступление. Проблемы формирования древнейшей континентальной коры Украинского щита (УЩ) и ее тектонической эволюции в эо- и палеоархее (3,7–3,2 млрд лет) наиболее сложные и наименее изучены. Согласно геофизическим данным, древнейшие метаморфические комплексы Днестровско-Бугского мегаблока УЩ трассируются через Черниговское поднятие в Днепровско-Донецкой впадине (ДДВ) с гранулитогнейсовыми комплексами Брянского блока Воронежского кристаллического массива (ВКМ). Многие исследователи считают, что они являются фрагментами палеоархейского Белорусско-Подольского протоконтинента [1]. В структурах УЩ и ВКМ наблюдается сходная система незакономерно чередующихся гранулит-гнейсовых блоков, разделенных изоклиналильно-моноклиналильно дислоцированными позднеархейскими зеленокаменными комплексами, что согласуется с этой гипотезой [2]. В структуре щита палеоархейские комплексы пород Днестровско-Бугского и Приазовского мегаблоков разъединены зеленокаменными поясами Среднеприднепровского мегаблока, которые начали формироваться 3,2 млрд лет тому назад. В то время как гранулитогнейсовые комплексы Днестровско-Бугского мега-

блока хорошо обнажены и хорошо изучены, древнейшие образования Орехово-Павлоградской структуры, перекрытые мощным чехлом четвертичных образований, исследованы значительно слабее. Они изучались только по скважинам [3, 4], а единичные обнажения есть только в северной части Орехово-Павлоградской структуры [5]. Важнейшие нерешенные проблемы Орехово-Павлоградской структуры – выяснение возрастных соотношений: между метаморфическими породами новопавловской толщи, представленной основными кристаллосланцами, железисто-кремнистой формацией и гнейсами различного состава с пироксенитами, эндебритами и тоналитами новопавловского комплекса; между тоналитами и эндебритами новопавловского комплекса.

Геологическое строение участка работ. Орехово-Павлоградская структура, длиной около 135 км и шириной 15–20 км, сформировалась в результате коллизии Среднеприднепровского и Приазовского мегаблоков [6]. Ее современная структура является результатом наложения нескольких фаз складчатости и последующих дислокаций [5, 7, 8]. В северной части Орехово-Павлоградской структуры древнейшие породы новопавловской толщи образуют среди мигматитов линейно вытянутые полосы шириной от 100 до 1500 м и протяженностью до 10–14 км. Эти полосы приурочены к узким вытянутым антиклинальным складкам второго – третьего порядков, а также залегают в ядре Волчанской антиклинали первого порядка [3, 5, 7, 8]. Они вскрыты буровыми скважинами Васильковского профиля, а также выходят на земную поверхность в карьере и единичных обнажениях в районе урочища Белая Скала.

Наиболее сохранившиеся древнейшие породы вскрыты в крайнем северном забое карьера Васильковского РДРСУ. В стенках карьера и во взорванной массе мигматитов встречены тектонические линзы относительно слабо измененных тоналитов и эндебритов. Изучить их взаимоотношения в обнажениях не представляется возможным ввиду фрагментарности выходов. Вместе с тем вопрос о генетических соотношениях широко распространенных палеоархейских тоналитов и эндебритов (биотит-пироксеновых ортогнейсов) имеет весьма важное значение для реконструкции последовательности тектоно-метаморфических процессов, в результате которых сформировались породы новопавловской толщи.

Объектом исследования являются тоналиты и эндебриты, отобранные в Васильковском карьере РДРСУ. Проба тоналитов (99-163) отобрана из линзообразного тела размером 30×70 см. По тектоническим плоскостям

тям согласно сланцеватости в нем тоналиты (5–7 см) чередуются с тонкими прожилки (2–3 мм) лейкократовых гранитов. Проба эндербитов (8/233а) отобрана из глыбы, находившейся во взорванной массе породы.

Эндербиты (обр. 8/233а) – средне- и крупнозернистая порода с массивной текстурой. Минеральный состав, %: кварц 5–20; плагиоклаз (с микропертитовыми вростками) 70; ромбический пироксен до 0–10; биотит 2–10; циркон, апатит – единичные зерна. По химическому составу относятся к нормальному петрохимическому ряду кислых пород натриевой и калиево-натриевой серий [11] (табл. 1). Содержание редкоземельных элементов (РЗЭ) $\Sigma_{\text{РЗЭ}} = 82,87$ ppm (табл. 2). На мультиэлементной диаграмме выделяются отрицательные аномалии Nb, Sr, Ti (рис. 1). Распределение РЗЭ сильно дифференцированное: $(\text{La/Yb})_N = 19,77$; $(\text{La/Sm})_N = 6,31$; $(\text{Yb/Gd})_N = 0,47$ при $\text{Yb}_N = 4,6$ (рис. 2). Выделяется положительная европиевая аномалия $\text{Eu/Eu}^* = 1,14$.

Таблица 1. Химический состав пород из карьера с. Васильковка, %

Компонент, параметр	1/8-233а	2/99-163	3/10-300
SiO ₂	64,91	66,76	66,47
TiO ₂	0,12	0,66	0,42
Al ₂ O ₃	15,87	14,85	14,88
Fe ₂ O ₃	0,10	0,72	0,13
FeO	4,45	2,80	5,47
MnO	0,03	0,05	0,12
MgO	1,87	1,36	2,20
CaO	4,25	4,95	3,88
Na ₂ O	5,78	4,70	3,80
K ₂ O	1,08	1,90	1,40
S _{общ}	0,02	Сл.	<0,02
P ₂ O ₅	0,25	0,18	0,11
H ₂ O ⁻	0,11	0,01	0,09
П.п.п.	0,90	0,76	0,63
Сумма	99,74	99,70	99,60
Na ₂ O/K ₂ O	5,4	2,5	2,71
Na ₂ O+K ₂ O	6,86	6,60	5,20
K _ф	70,87	72,13	71,79
al'	2,47	3,04	1,91

Примечание: 1 – эндербит (обр. 8–233а); 2 – тоналит (обр. 99–163); 3 – эндербит, Одесский карьер (обр. 10/300). Анализы выполнены в химической лаборатории Института геохимии минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеновко НАН Украины.

Эндербиты Васильковского карьера по геохимическим характеристикам существенно отличаются от палеоархейских эндербитов Одесского карьера Побужья (обр.10/300, табл. 2, рис. 1, 2). В древнейших эндербитах Одесского карьера значительно ниже содержание РЗЭ ($\Sigma_{\text{РЗЭ}} = 42,85 \text{ ppm}$), отсутствуют отрицательные аномалии Nb и Ti и существенно выше содержание V, Cr, Co, Ni и Cu. По геохимическим характеристикам эндербиты Васильковского карьера (обр.8/233а) сходны с островодужными кислыми породами [13].

Тоналиты (проба 99–163) – среднезернистые породы с массивной текстурой, возраст 3,5 млрд лет [14,15]. Минеральный состав, %: биотит – 4–6; кварц – 12–15; плагиоклаз – 79; микроклин, гранат, циркон, апатит и рудный минерал – в единичных зернах. Изредка встречается гиперстен. По химическому составу тоналиты относятся к нормальному петрохимическому ряду кислых пород калиево-натриевой серии [11] (табл. 2). На мультиэлементной диаграмме выделяются отрицательные аномалии Nb, Sr, Ti (см. рис. 1). Распределение РЗЭ в тоналитах сильно дифференцированное: $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}} = 64,49$; $(\text{La}/\text{Sm})_{\text{N}} = 9,05$; $(\text{Yb}/\text{Gd})_{\text{N}} = 0,21$, при $\text{Yb}_{\text{N}} = 4,7$; $\Sigma_{\text{РЗЭ}} = 253,38 \text{ ppm}$ (см. табл. 2, рис. 2). В них выделяется отрицательная европиевая аномалия $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,81$, которая, наиболее

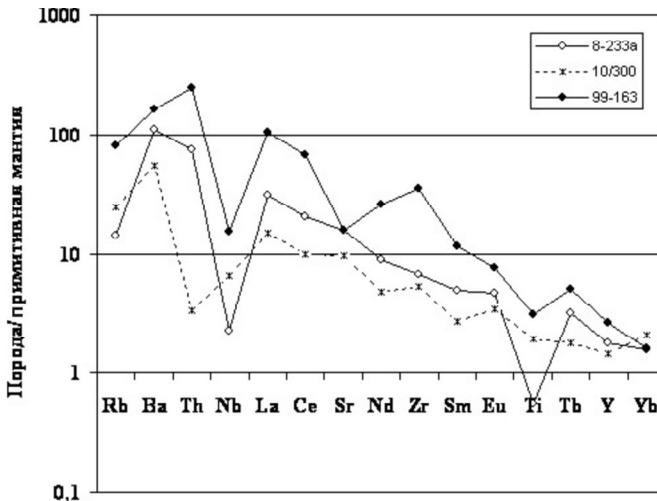


Рис. 1. Мультиэлементная диаграмма для эндербитов и тоналитов. Нормировано на примитивную мантию [12]

Таблиця 2. Содержания элементов в тоналитах и эндербитах, г/т (ppm)

Элемент, параметр	Проба		
	1/8-233a	2/99-163	3/8-300
Li	17,3	–	10,7
Be	1,8	0,65	1,3
Sc	4,9	–	9,1
V	16,7	50	65,5
Cr	12,5	42	57,1
Co	8,2	9	13,9
Ni	12,9	8	37,6
Cu	14,0	–	51,2
Zn	72,7	44	71
Ga	16,8	20	21,5
As	0,82	–	1,0
Rb	9,0	51,0	15,5
Sr	335	330,0	205
Y	8,1	12	6,6
Zr	75,7	397	59,0
Nb	1,6	11	4,6
Mo	0,38	–	0,60
Cd	< ПО	–	< ПО
Sb	0,32	–	0,16
Cs	0,21	–	0,045
Ba	763	1140	382
La	21,5	71,5	10,3
Ce	36,3	119	17,4
Pr	3,5	11,20	1,9
Nd	12,1	35	6,4
Sm	2,2	5,10	1,2
Eu	0,78	1,28	0,57
Gd	2,0	4,60	1,2
Tb	0,34	0,55	0,19
Dy	1,8	2,70	1,2
Ho	0,37	0,40	0,28
Er	0,95	1,00	0,90
Tm	0,12	0,13	0,13
Yb	0,78	0,80	1,02
Lu	0,13	0,12	0,16
Hf	2,2	9	1,76
Ta	0,19	0,27	0,21
W	0,20	0,06	0,25
Pb	11,8	9	10,5
Th	6,3	21	0,28
U	1,2	1,10	2,3
$\Sigma_{\text{PЗЭ}}$	82,87	253,38	42,85
(La/Yb) _N	19,77	64,49	7,24
(La/Sm) _N	6,31	9,05	7,84
(Yb/Gd) _N	0,47	0,21	1,03
Eu/Eu*	1,14	0,81	1,45

Примечания. Анализы элементов получены методом ICP-MS: 1, 3 – в Институте проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН, г. Черноголовка, Россия; 2 – в ЦЛ ВСЕГЕИ, г. Санкт-Петербург, Россия. ПО – предел обнаружения.

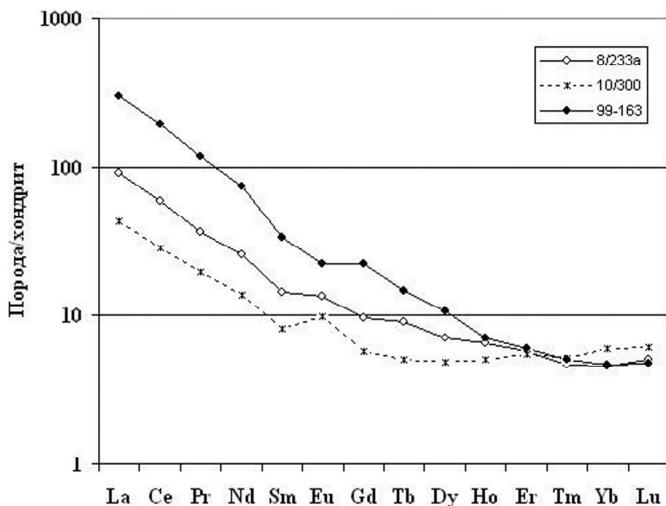


Рис. 2. Распределение РЗЭ для эндробитов и тоналитов. Нормировано на хондрит [12]

вероятно, является результатом гранитизации, с которой связан привнос легких РЗЭ.

При сравнении химического состава эндробитов и тоналитов Васильковского участка установлено, что в тоналитах более высокое содержание SiO_2 , K_2O и меньшее содержание Al_2O_3 и MgO (см. табл. 1). В отличие от эндробитов, тоналиты обогащены Ba, Rb, Th, легкими РЗЭ, Nb, V, Cr.

В тоналитах и эндробитах отмечаются низкие содержания тяжелых РЗЭ, при $\text{Yb}_N = 4,6-4,7$, что указывает на возможное наличие в рестите их магматического источника граната.

Выводы. По геохимическим характеристикам эндробиты Васильковского участка имеют существенные отличия от палеоархейских эндробитов Побужья, что указывает на их выплавление из различного по составу субстрата и, вероятно, разные геодинамические условия образования. Наблюдаемые в Васильковском карьере останцы тоналитов сформировались в результате гранитизации и регрессивного метаморфизма эндробитов.

1. Пастухов В.Г., Астахов К.П., Багинян М.К. и др. Геодинамическая карта Украины. М: 1 : 1 000 000. объясн. зап. – Киев: Гос. комитет Украины по геологии и использованию недр, Гос. геол. предприятия “Геолпрогноз”, 1993. – 213 с.

2. *Чернышов Н.М., Ненахов В.М., Лебедев И.П., Стрик Ю.Н.* Геодинамическая модель формирования Воронежского кристаллического массива // Геотектоника. – 1997. – № 3. – С. 21–30. – С. 3–16.
3. *Жуков Г.В., Киктенко В.Ф., Качанов Е.Н., Мозилевец И.И.* Орехово-Павлоградская железорудная провинция // Железисто-кремнистые формации Украинского щита. – Киев: Наук. думка, 1978. – Т. 1. – С. 253–272.
4. *Shcherbak N.P., Bartnitsky E.N., Bibikova E.V., Boiko V.L.* Age and evolution of the Early recambrian Continental Crust of the Ukrainian Shield // Archean Geochemistry. The origin and evolution of the Archean Continental Crust // Eds Kroner, G.N. Hanson, A. Goodwin. – Springer-Verlag, 1984. – С. 235–250.
5. *Некряч А.И.* Комплексное геолого-геофизическое изучение докембрийского складчатого пояса на примере Орехово-Павлоградской зоны Украинского щита // Геологическая съемка сложноподстилаемых комплексов / В.Д. Вознесенский, Н.В. Горлов, А.В. Доливо-Добровольский и др. – Л.: Недра, 1980. – С. 159–168.
6. *Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Переверзев С.И. и др.* Возрастные соотношения метаморфических и магматических комплексов Среднеприднепровского и Приазовского мегаблоков // Доп. НАН України. – 2005. – № 8. – С. 121–126.
7. *Семененко Н.П.* Метаморфизм подвижных зон. – Киев: Наук. думка, 1966. – 380 с.
8. *Чекунов А.В.* Структура земной коры и тектоника юга европейской части СССР. – Киев, Наук. думка, 1972. – 175 с.
9. *Киктенко В.Ф.* Геологическое строение и типы железистых кварцитов центральной части Орехово-Павлоградской структурно-фациальной зоны // Геохимия и рудообразование. – 1976. – Вып. 5. – С. 40–47.
10. *Переверзев С.И.* Новопавловская толща Приазовья: особенности состава и стратиграфического положения // Мінеральні ресурси України. – 2004. – С. 15–18.
11. *Классификация и номенклатура магматических горных пород:* Справ. пособие / Богатиков О.А., Гольшакова В.И., Ефремова С.В. и др. – М.: Недра, 1981. – 160 с.
12. *Sun S.S., McDonough W.F.* Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Saunders A.D., Norry M.J. Magmatism in the Ocean Basins. – Geol. Society Spec. Publ., № 42. – P. 313–345.
13. *Конди К.* Архейские зеленокаменные пояса. – М.: Недра, 1981. – 159 с.
14. *Артеменко Г.В., Демедюк В.В., Довбуш Т.И.* 3400 млн лет – минимальный возраст тоналитов Васильковского участка Орехово-Павлоградской зоны // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. – 1998. – № 6. – С. 126–130.
15. *Щербак Н.П., Бибикина Е.В., Лобач-Жученко С.Б. и др.* Палеоархей восточной части Украинского щита // Минерал. журн. – 2009. – 31, № 3. – С. 3–10.

Геохімічні особливості палеоархейських ендербітів Орехово-Павлоградської структури Українського щита (Васильківська ділянка) В.В. Демедюк

РЕЗЮМЕ. Ендербіти Орехово-Павлоградської структури за геохімічними характеристиками істотно відрізняються від палеоархейських ендербітів Дністровсько-Бузького мегаблока Українського щита: вищим вмістом рідкісноземельних елементів (РЗЕ), наявністю негативних аномалій Nb і Ti. У найдавніших ендербітах Дністровсько-Бузького мегаблока відсутні негативні аномалії Nb і Ti за меншого

вмісту РЗЕ та значно вищої концентрації V, Cr, Co, Ni, Cu. За геохімічними характеристиками ендербіти Васильківського кар'єру подібні до кислих порід острівних дуг. Останці тоналітов, що спостерігаються у кар'єрі, сформувались у результаті гранітизації та регресивного метаморфізму ендербітов.

Ключові слова: ендербіт, тоналіт, палеоархей, Оріхово-Павлоградська структура, РЗЕ.

Geochemical features of paleoarchaeal enderbites of Orekhov-Pavlograd structure Ukrainian Shield (Vasilkovka region) V.V. Demedyuk

SUMMARY. Enderbites of Orekhov-Pavlograd structure differ significantly on geochemical characteristics from paleoarchaeal enderbites of Dniester-Bug block. In these higher contents of REE and there are negative anomalies of Nb and Ti, whereas in the oldest enderbites of Dniester-Bug block no negative anomalies of Nb and Ti at a lower REE content and significantly higher content of V, Cr, Co, Ni, Cu. According to geochemical characteristics enderbites Vasilkovska Quarry are similar to island-arc acid rocks. Observed in Vassilkovka Quarry tonalites formed as a result granitization and retrograde metamorphism of enderbites.

Keywords: enderbite, tonalite, paleoarchaeal, Orekhov-Pavlograd structure, REE.