

УДК 551.71/.72 (477 + 470.22 + 470.323)

Г.В. Артеменко, И.А. Самборская, В.В. Демедюк

## ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАБАЗИТОВ КОМАТИИТ-БАЗАЛЬТОВОЙ АССОЦИАЦИИ ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ СТРУКТУР ПРИАЗОВСКОГО И СРЕДНЕПРИДНЕПРОВСКОГО МЕГАБЛОКОВ УКРАИНСКОГО ЩИТА

Выполнено геохимическое изучение metabазитов коматиит-базальтовой ассоциации зеленокаменных структур Среднеприднепровского и Приазовского мегаблоков Украинского щита. Выявлено, что в тектонических зонах они в значительной мере изменены постмагматическими процессами. Установлено подобие metabазитов коматиит-базальтовой ассоциации зеленокаменных структур Среднеприднепровского и Приазовского мегаблоков по геохимическим характеристикам, которые указывают на их формирование из идентичных мантийных плюмовых источников. Метабазиты по составу аналогичны вулканитам океанических или окраинно-континентальных плато.

E-mail: regul@igmof.gov.ua

Полученные в последние годы данные указывают на существенные различия в истории геологического развития Приазовского и Среднеприднепровского мегаблоков Украинского щита (УЩ) до рубежа 3,2 млрд лет [2, 7]. На Среднеприднепровском мегаблоке не обнаружены признаки присутствия палеоархейского фундамента, в то время как на Приазовском в мезоархейских метатерригенных породах обнаружен кластогенный циркон возрастом 3,4–3,8 млрд лет, что указывает на присутствие древнейших континентальных пород. В связи с этим весьма актуальны исследования состава магматических пород мезоархейских (3,2–3,0 млрд лет) зеленокаменных поясов этих мегаблоков для оценки состава их мантийных источников. Особенный интерес представляют исследования вулканических пород коматиит-базальтовой ассоциации, формирующейся на начальных этапах образования зеленокаменных поясов.

Согласно данным [10] предполагается, что коматиитовые расплавы формируются при плавлении горячей части зарождающегося

плюма в нижней мантии, в то время как пространственно ассоциирующие с ними базальтовые магмы — при плавлении более холодной верхней мантии, захваченной при всплывании плюма.

В результате проведенных ранее исследований установлено, что в зеленокаменных поясах Приазовского мегаблока распространены Al-деплементированные Ti-обогащенные и Al-недеплементированные коматииты, а на Среднеприднепровском мегаблоке — Al-недеплементированные Ti-деплементированные коматииты, которые выплавлялись из плюмовых магматических источников [1]. Анализ соотношений высоковалентных (*HFS*) и редкоземельных (*RE*) элементов (*HFSE/REE*) в коматиитах Косивцевской, Сорокинской зеленокаменных структур (ЗС) также позволяет сделать вывод о наличии как глубинных (300–600 км), так и малоглубинных (<300 км) магматических источников коматиитов. Метабазальты коматиит-базальтовой ассоциации, тесно ассоциирующие с коматиитами, чаще всего по химическому составу соответствуют толеитовым базальтам [3, 8]. Для определения их генезиса в настоящее время используются отношения *HFS* элементов — Nb/Y, Zr/Y,

© Г.В. Артеменко, И.А. Самборская,  
В.В. Демедюк, 2009

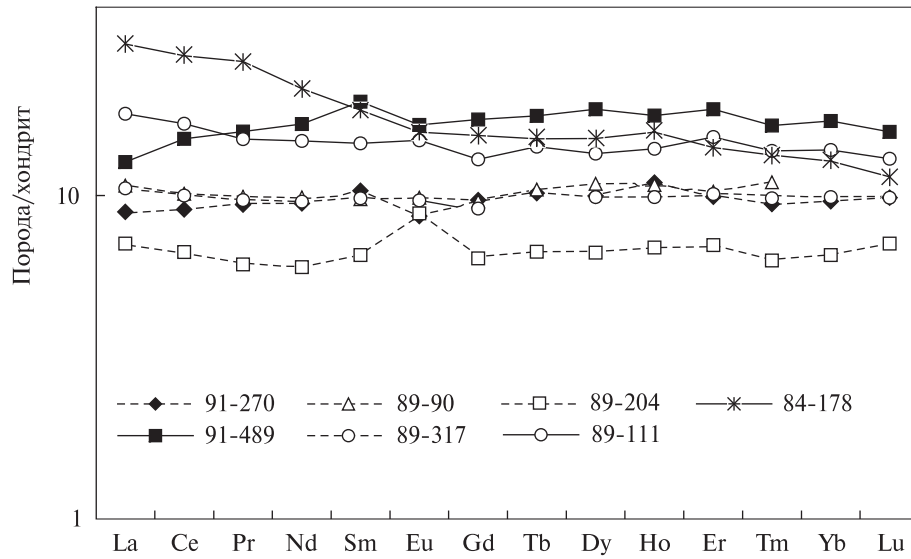


Рис. 1. Нормированное на хондрит C1 [15] распределение РЗЭ в метабазитах зеленокаменных структур Приазовского мегаблока

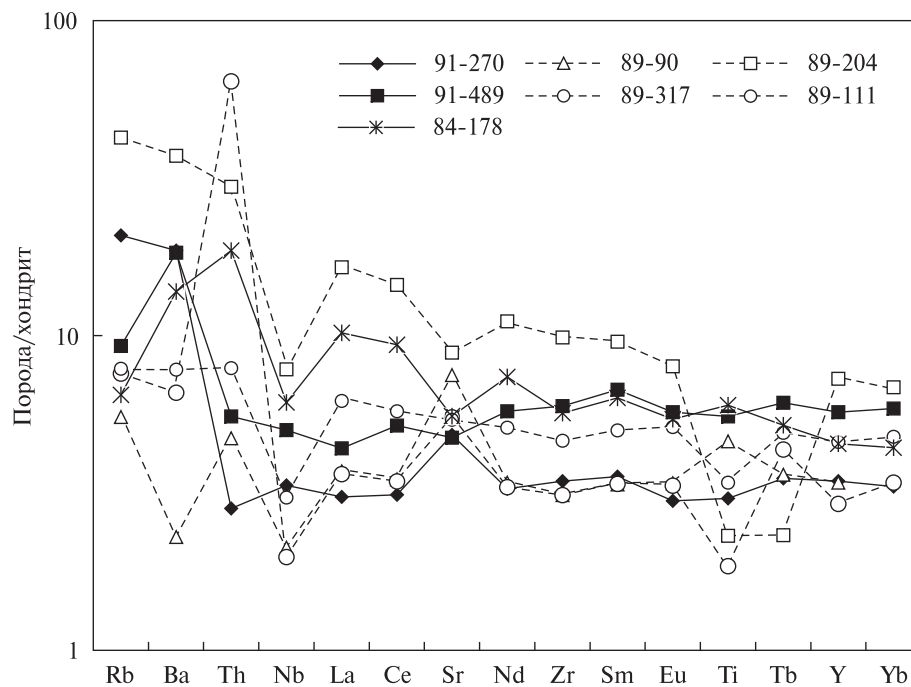


Рис. 2. Мультиэлементная диаграмма (нормирование на примитивную мантию [15]) для метабазитов зеленокаменных структур Приазовского мегаблока

$(\text{Nb}/\text{La})_N$  [11–14]. Отношение  $(\text{Nb}/\text{La})_N$  — показатель ассимиляции базитовым расплавом корового вещества или плавления источника в присутствии воды, что характерно для обстановок островных дуг или воздействия флюида. Для разделения базальтов, выплавленных из глубинных магматических источников (плюмовых), и базальтов из относительно малоглу-

бинных источников в работах [9, 12] предложена диаграмма  $\text{Zr}/\text{Y} - \text{Nb}/\text{Y}$ , на которой поля двух типов базальтов разделены линией, удовлетворяющей математической зависимости  $\Delta \text{Nb} = \lg(\text{Nb}/\text{Y}) + 1,74 - 1,92 \lg(\text{Zr}/\text{Y})$ . Базальты из плюмовых источников располагаются на диаграмме выше этой линии ( $\Delta \text{Nb} > 0$ ), а базальты из относительно малоглубинных ис-

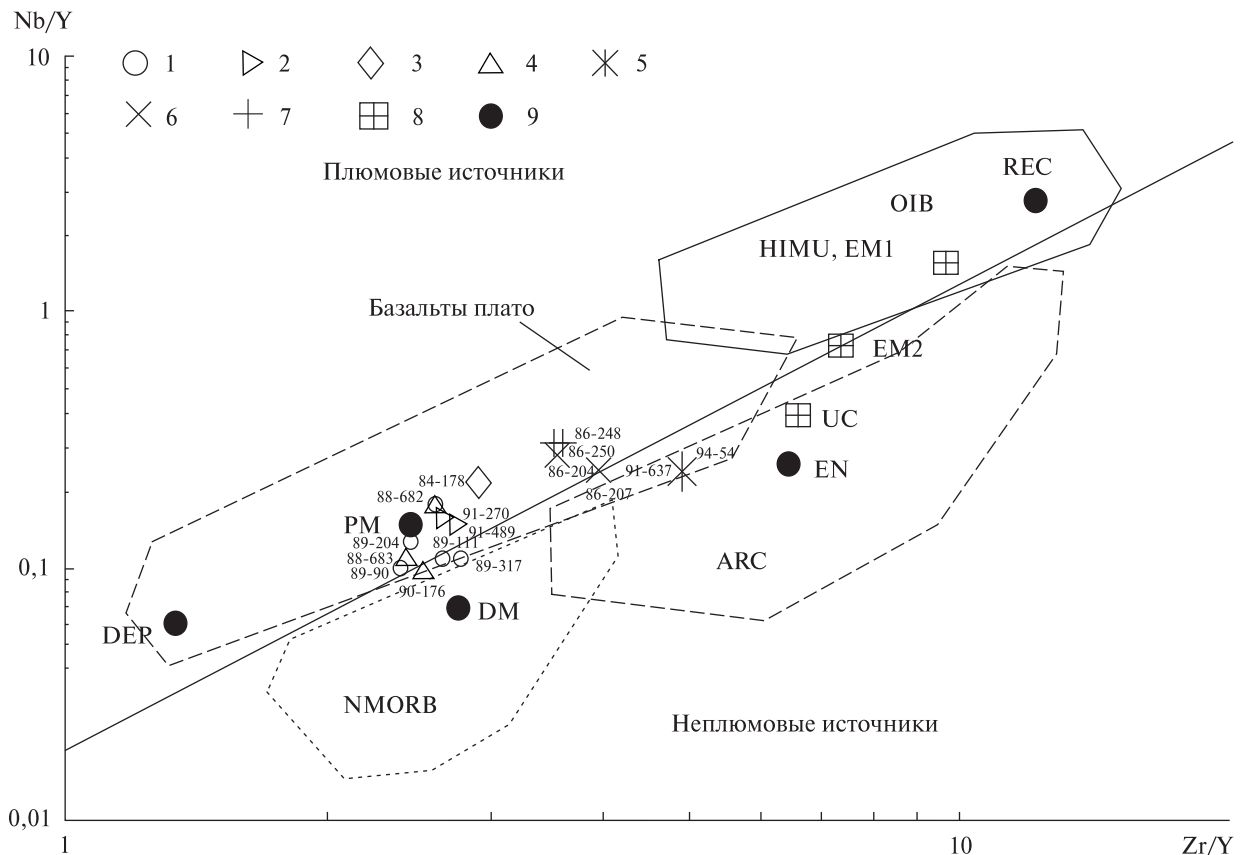


Рис. 3. Диаграмма Zr/Y — Nb/Y [11] для метабазитов зеленокаменных структур Приазовского и Среднеприднeповского мегаблоков: 1 — Косивцевская ЗС, 2 — Новогородская ЗС, 3 — Сорокинская ЗС, 4 — Высокопольская ЗС, 5 — Восточно-Анновская полоса, 6 — Саксаганская синклираль, 7 — ксенолиты амфиболитов в саксаганских плагиогранитах; 8, 9 — состав магматических источников [15]. Цифрами указаны номера проб

точников — ниже ( $\Delta Nb < 0$ ). Концентрация и характер распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) в базитах позволяют оценить механизм их формирования, характеризуют состав источника плавления, степень и условия плавления.

**Приазовский мегаблок.** Метабазальты Косивцевской ЗС характеризуются широкими вариациями значений содержания, %:  $SiO_2$  — 45,62—50,50;  $MgO$  — 6,53—9,50;  $TiO_2$  — 0,50—1,0; коэффициент магнезиальности пород ( $mg$ ) составляет 0,33—0,50 [6] (табл. 1). Содержание  $Cr$  — 99—240;  $Ni$  — 50,7—93;  $V$  — 242—340 ppm (табл. 2). Они характеризуются слабо дифференцированным распределением РЗЭ —  $(La/Sm)_N = 1,07$ —1,24;  $(Yb/Gd)_N = 1,02$ —1,09;  $(La/Yb)_N = 1,06$ —1,30;  $\Sigma PZ\text{Э} = 16,91$ —38,78 ppm (рис. 1). Метабазальты с отношением  $(Nb/La)_N = 0,51$ —0,59 образовались преимущественно из расплава, контаминированного коровым веществом, или были изменены при неизохимическом метаморфиз-

ме. На мультиэлементной диаграмме на графиках распределения элементов выделяются отрицательные аномалии Nb и Ti, за исключением обр. 89-90, для которого характерна положительная аномалия Ti, что указывает на кумуляцию титаномагнетита (рис. 2).

Согласно значениям отношений  $HFS$  элементов, метабазальты (обр. 89-90, 89-204) располагаются выше линии  $\Delta Nb$  ( $\Delta Nb > 0$ ) (рис. 3), что свидетельствует об образовании базальтового расплава из плюмового источника. Образцы 89-317 и 89-111, для которых  $(Nb/La)_N = 0,51$ —0,57 (табл. 2), имеют  $\Delta Nb < 0$ , что, наиболее вероятно, — результат неизохимического метаморфизма.

В метабазальтах Сорокинской ЗС (обр. 84-178) содержание  $SiO_2$  составляет 49,82;  $MgO$  — 6,42;  $TiO_2$  — 1,30 %;  $Cr$  — 138;  $Ni$  — 68,30 ppm;  $mg = 0,31$  (табл. 1, 2). Отношение  $(Nb/La)_N = 0,63$  указывает на контаминацию базальтового расплава коровым материалом либо метасоматоз. Распределение РЗЭ в породах

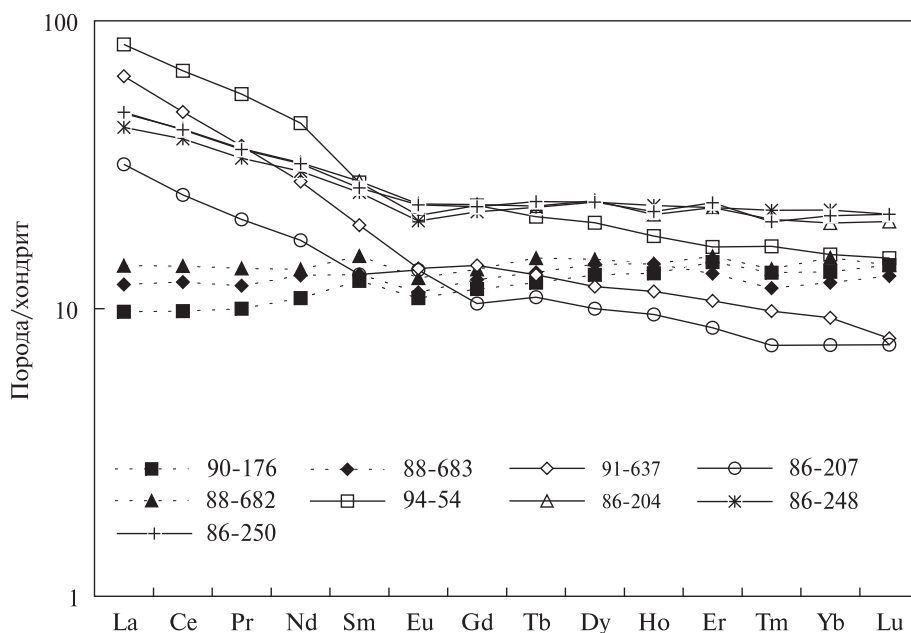


Рис. 4. Нормированное на хондрит C1 [15] распределение РЗЭ в метабазах зеленокаменных структур Среднеприднепровского мегаблока

дифференцированное —  $(La/Yb)_N = 2,31$ ;  $(La/Sm)_N = 1,61$ ;  $(Yb/Gd)_N = 0,83$ ;  $\Sigma PЗЭ = 53,32$  ppm (рис. 1). На мультиэлементной диаграмме на их графиках выделяются отрицательные аномалии Nb, Sr, Eu и положительная — Ti (рис. 2). Метабазиты, имеющие  $\Delta Nb > 0$ , образованы из расплава, выплавившегося из плюмового источника (табл. 2; рис. 3).

В Новогоровской ЗС выделяются метабазиты с низким и высоким содержанием  $TiO_2$  (табл. 1). В метабазах с низким содержанием  $TiO_2 = 0,66$  % (обр. 91-270) содержание V составляет 224, Cr — 247, Ni — 65,4 ppm (табл. 2). Они обеднены легкими РЗЭ —  $(La/Sm)_N = 0,86$ ;  $(Yb/Gd)_N = 0,99$ ;  $(La/Yb)_N = 0,93$ ;  $\Sigma PЗЭ = 24,3$  ppm (рис. 1). Характерная особенность базальтов Новогоровской ЗС — отсутствие отрицательной ниобиевой аномалии (рис. 2).

В метабазах с высоким содержанием  $TiO_2 = 1,2$  % (обр. 91-489) содержание V составляет 349, Cr — 16,80, Ni — 41,3 ppm (табл. 2). Они обеднены легкими РЗЭ —  $(La/Sm)_N = 0,65$ ;  $(Yb/Gd)_N = 0,99$ ;  $(La/Yb)_N = 0,75$ ;  $\Sigma PЗЭ = 42,06$  ppm (рис. 1).

Метабазиты Новогоровской ЗС характеризуются положительными значениями  $\Delta Nb$ , что свидетельствует об их образовании из плюмового источника (табл. 2; рис. 3).

**Среднеприднепровский мегаблок.** Метабазиты Высокопольской ЗС характеризуются ши-

рокими вариациями значений содержания  $SiO_2$  (47,95—50,58);  $MgO$  (6,35—8,14);  $TiO_2$  (0,76—1,04 %); Cr (108—295); Ni (81,8—148 ppm) (табл. 1, 2). Суммарное количество РЗЭ — 29,19—36,42 ppm. Присутствуют метабазиты с плоским распределением РЗЭ (обр. 88-683) —  $(La/Sm)_N = 0,92$ ;  $(Yb/Gd)_N = 0,98$ ;  $(La/Yb)_N = 0,99$ , обедненные легкими РЗЭ (обр. 90-176) —  $(La/Sm)_N = 0,78$ ;  $(Yb/Gd)_N = 1,15$ ;  $(La/Yb)_N = 0,73$  и обогащенные легкими РЗЭ (обр. 88-682) —  $(La/Sm)_N = 6,05$ ;  $(Yb/Gd)_N = 1,15$ ;  $(La/Yb)_N = 0,94$  (рис. 4). Исходя из значения отношения  $(Nb/La)_N = 0,72—0,87$ , часть метабазитов образовалась из расплава, незначительно контаминированного коровым веществом (табл. 2). Метабазиты Высокопольской ЗС характеризуются положительными значениями  $\Delta Nb$ , что свидетельствует об их образовании из расплава, выплавившегося из плюмового источника (табл. 2; рис. 3).

В метабазите Восточно-Анновской полосы (обр. 94-54) содержание  $SiO_2$  составляет 50,87;  $MgO$  — 5,05;  $TiO_2$  — 1,43 %; Cr — 108; Ni — 60,80; V — 221 ppm;  $mg = 0,28$  (табл. 1, 2). Они существенно контаминированы коровым материалом ( $(Nb/La)_N = 0,31$ ) в результате неизохимического метаморфизма или смешения расплава и корового вещества. Распределение РЗЭ в них дифференцированное —  $(La/Sm)_N = 3,01$ ;  $(Yb/Gd)_N = 0,68$ ;  $(La/Yb)_N = 5,37$ ;

Таблица 1. Химический состав метабазитов зеленокаменных структур Приазовского и Среднеприднепровского

Компонент	Номер анализа/пробы							
	1/90-176	2/88-682	3/88-683	4/86-204	5/86-207	6/86-248	7/86-250	8/91-637
SiO <sub>2</sub>	47,95	50,58	49,44	49,38	50,80	48,67	49,39	55,54
TiO <sub>2</sub>	0,76	0,80	1,04	1,91	0,47	2,20	1,91	0,85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,31	14,04	14,02	12,38	13,60	12,20	13,82	14,39
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,87	1,79	1,26	3,03	>0,10	5,12	4,27	1,63
FeO	10,65	11,94	11,30	12,60	11,52	11,70	11,43	8,44
MnO	0,21	0,10	0,24	0,25	0,27	0,18	0,18	0,25
MgO	7,53	6,35	8,14	6,28	7,74	5,30	5,16	6,36
CaO	9,92	9,58	10,85	8,42	6,37	8,70	9,35	8,54
Na <sub>2</sub> O	2,34	2,10	1,37	2,85	5,14	2,48	2,58	1,60
K <sub>2</sub> O	0,20	0,40	0,30	0,75	2,18	1,21	1,10	0,44
S <sub>общ</sub>	0,08	0,15	0,16	0,12	>0,02	0,05	0,10	0,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,10	0,12	0,09	0,18	0,03	0,21	0,21	0,14
CO <sub>2</sub>	—	—	—	0,28	Не опр.	0,82	0,14	—
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,03	0,12	0,12	0,01	0,06	Следы	Следы	0,03
П. п. п.	1,41	1,61	1,78	1,40	1,96	2,56	1,74	1,56
Сума	99,57	99,68	100,11	99,83	100,14	100,42	100,38	99,78
mg	0,38	0,32	0,39	0,29	0,40	0,24	0,25	0,39

Примечание. 1 — миндалекаменный метабазальт, Высокопольская ЗС, сурская свита, скв. 21122, гл. 217,0 м гл. 468,5—470,5 м (обр. 88-683); 4 — метабазальт, Саксаганская синклиналь, шахта Родина, гор. 1240,0 м Рог, Октябрьский карьер (обр. 86-248); 7 — то же, там же (обр. 86-250); 8 — амфиболит, Саксаганская синклиналь, скв. 24194, гл. 165,5 м (обр. 94-54); 10 — метабазальт, Сорокинская ЗС, б. Собачья, ольгинская свита (обр. 84-178); гл. 151,5—157,5 м (обр. 89-317); 13 — то же, там же, скв. 791, гл. 203,0—203,1 м (обр. 89-204); 14 — то же же, там же, скв. 309, гл. 240,0 м (обр. 91-489). Химические анализы выполнены в ИГМР им. Н.П. Семеновко

$\Sigma P3Э = 109,56$  ppm (табл. 2). На мультиэлементной диаграмме на графике распределения элементов выделяются отрицательные аномалии Nb и Sr (рис. 5). Метабазиты Восточно-Анновской полосы характеризуются отрицательным значением  $\Delta Nb$ , что является, вероятнее всего, результатом неизохимического метаморфизма (табл. 2; рис. 3).

Изучены также образцы амфиболитов Криворожской структуры из шахты Родина, ксенолиты амфиболитов в саксаганских плагиогранитах из расположенного рядом карьера Октябрьский и из Криворожской сверхглубокой скважины (СГС).

Нижняя часть разреза Саксаганской синклинали сложена метаморфизованными базальтами и андезитобазальтами [4, 5]. Метабазальты Саксаганской синклинали, вскрываемые в шахте Родина (обр. 86-204, 86-207), характеризуются содержанием, %: SiO<sub>2</sub> — 48,38—50,80; MgO — 6,28—7,74; TiO<sub>2</sub> — 0,47—1,91; mg — 0,29—0,40. Содержание Cr составляет 27,1—91,2; Ni — 65,90; V — 234—321 ppm (табл. 1, 2). Эти метабазальты существенно контаминированы коровым веществом, на что указывают низкие значения отношения

$(Nb/La)_N = 0,41—0,49$ . Распределение P3Э в них дифференцированное —  $(La/Sm)_N = 1,72—2,42$ ;  $(Yb/Gd)_N = 0,72—0,86$ ;  $(La/Yb)_N = 2,41—4,25$ ;  $\Sigma P3Э = 44,22—81,90$  ppm (рис. 4).

Ксенолиты амфиболитов в карьере Октябрьский (обр. 86-248, 86-250) содержат, %: SiO<sub>2</sub> — 49,39—48,67; MgO — 5,16—5,30; TiO<sub>2</sub> — 1,91—2,20 %, а также, ppm: Cr — 86-89; Ni — 61—67; V — 330—384 (табл. 1, 2). Они контаминированы коровым веществом, на что указывают низкие значения отношения  $(Nb/La)_N = 0,55—0,64$ . Амфиболиты обогащены легкими P3Э —  $(La/Sm)_N = 1,69—1,83$ ;  $(Yb/Gd)_N = 0,93—1,01$ ;  $(La/Yb)_N = 1,94—2,29$ ;  $\Sigma P3Э = 77,19—81,82$  ppm (рис. 4).

Проба амфиболитов из Криворожской СГС (обр. 91-637) отобрана из зоны тектонического надвига. Порода интенсивно рассланцована и окварцована (SiO<sub>2</sub> — 55,54; MgO — 6,36; TiO<sub>2</sub> — 0,85 %; mg = 0,39). Содержание Cr — 22; Ni — 70; V — 224 ppm (табл. 1, 2). Амфиболиты существенно контаминированы коровым веществом ( $(Nb/La)_N = 0,25$ ). Распределение P3Э дифференцированное —  $(La/Sm)_N = 3,29$ ;  $(Yb/Gd)_N = 0,66$ ;  $(La/Yb)_N = 6,90$ ;  $\Sigma P3Э = 75,73$  ppm (рис. 4). Весьма

блоков УЩ, %

Номер анализа/пробы							
9/94-54	10/84-178	11/89-90	12/89-317	13/89-204	14/89-111	15/91-270	16/91-489
50,87	49,82	45,62	47,20	48,60	50,50	47,20	54,60
1,43	1,30	1,00	0,94	0,50	0,74	0,66	1,20
14,81	13,44	14,24	14,22	14,40	14,02	15,54	14,34
2,92	3,29	5,09	3,46	2,00	2,10	2,20	2,15
9,99	10,73	9,76	10,05	7,70	10,87	10,08	11,00
0,21	0,28	0,27	0,32	0,20	0,24	0,18	0,25
5,05	6,42	9,00	6,60	9,50	6,53	7,80	3,00
8,54	9,99	10,74	12,66	11,90	10,85	12,13	8,90
2,49	2,56	2,10	1,62	1,92	1,90	1,86	2,10
0,86	0,31	0,20	0,30	1,00	0,40	0,29	0,50
0,02	0,03	Не опр.	Не опр.	0,08	0,03	Следы	0,10
0,20	0,17	0,24	0,16	0,08	0,03	0,06	0,03
0,74	0,10	Не опр.	Не опр.	0,52	Не опр.	0,46	—
0,01	0,03	0,06	0,04	Следы	0,03	Следы	0,05
1,38	1,62	1,94	2,63	1,38	1,57	1,30	1,57
99,52	100,09	100,26	100,20	99,75	99,81	99,76	99,79
0,28	0,31	0,38	0,33	0,50	0,33	0,39	0,19

(обр. 90-176); 2 — метабазальт, там же, скв. 22325, гл. 262,5 м (обр. 88-682); 3 — то же, там же, скв. 22325, (обр. 86-204); 5 — то же, там же (обр. 86-207); 6 — амфиболит, ксенолит в саксаганских плагиогранитах, г. Кривой Криворожская СГС, гл. 4335,8 м (обр. 91-637); 9 — метабазальт, Восточно-Анновская полоса, сурская свита, 11 — метабазальт, Косивцевская ЗС, скв. 741, гл. 207,0 м (обр. 89-90); 12 — то же, там же, скв. 742, (обр. 89-111); 15 — то же, Новогорожская ЗС, новогорожская толща, скв. 300 С, гл. 373,4 м (обр. 91-270); 16 — то НАН Украины.

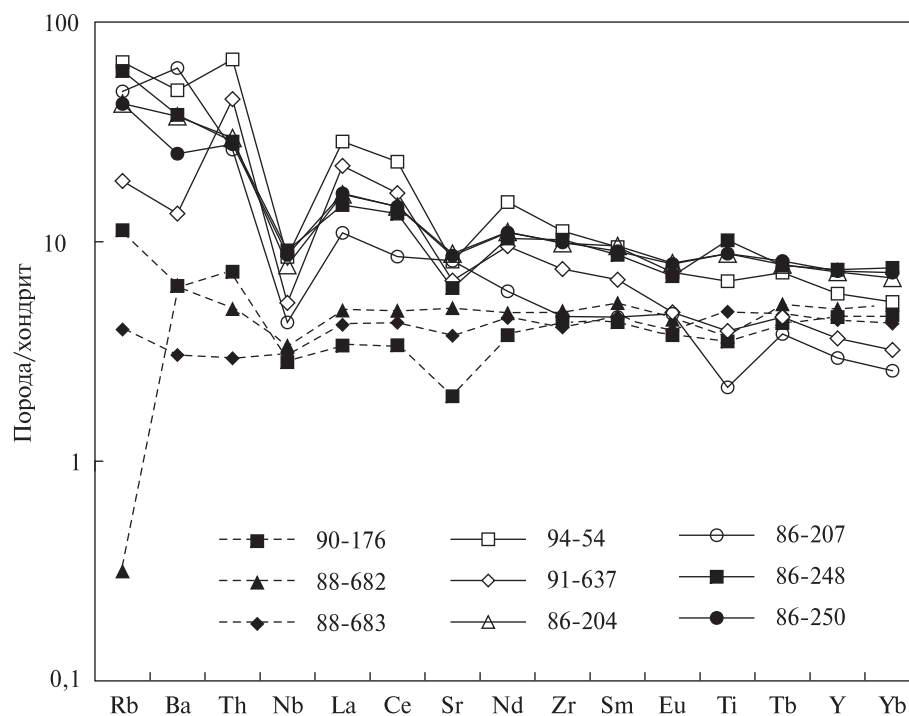


Рис. 5. Мультиэлементная диаграмма (нормирование на примитивную мантию [15]) для метабазитов зеленокаменных структур Среднеприднепровского мегаблока

Таблица. Результаты ICP анализов метабазитов коматиит-базальтовой ассоциации, ppm

Элемент	Номер анализа/пробы							
	1/90-176	2/88-682	3/88-683	4/86-204	5/86-207	6/86-248	7/86-250	8/91-637
Rb	7,15	<0,20	2,53	27,00	30,70	38,00	26,90	12
Sr	41,80	105,00	78,60	186,00	173,00	130,00	182,00	140
Ba	43,90	44,20	21,30	260,00	431,00	264,00	176,00	93,80
V	308,00	314,00	303,00	321,00	234,00	384,00	330,00	224
Cr	295,00	108,00	247,00	91,20	27,10	85,70	89,00	22,40
Co	60,50	49,00	51,90	46,90	57,20	48,50	48,80	50,30
Ni	81,80	84,80	148,00	65,90	65,90	60,80	66,60	69,80
Cu	91,50	—	—	—	—	—	—	—
Zn	83,70	—	—	—	—	—	—	—
Ga	15,80	—	—	—	—	—	—	—
Y	20,60	22,40	20,00	33,10	13,40	33,90	33,40	16,50
Nb	2,02	2,39	2,20	5,57	3,06	6,50	6,22	3,76
Ta	0,14	0,17	0,15	0,39	0,22	0,44	0,42	0,27
Zr	48,90	54,40	45,90	111,00	51,40	115,00	112,00	84,50
Hf	1,27	1,53	1,58	3,20	1,71	3,34	3,31	2,39
U	<0,10	0,13	<0,10	0,64	0,89	0,64	0,63	0,85
Th	0,62	0,42	0,25	2,52	2,23	2,43	2,36	3,79
La	2,31	3,34	2,87	11,30	7,52	10,10	11,40	15,20
Ce	6,00	8,59	7,57	25,70	15,20	23,80	25,60	29,50
Pr	0,95	1,31	1,14	3,42	1,94	3,16	3,39	3,49
Nd	5,07	6,39	6,09	15,00	8,06	14,00	14,90	12,90
Sm	1,91	2,33	2,01	4,24	2,01	3,87	4,02	2,98
Eu	0,63	0,74	0,66	1,34	0,79	1,17	1,33	0,80
Gd	2,40	2,81	2,59	4,72	2,14	4,46	4,64	2,90
Tb	0,46	0,56	0,50	0,85	0,41	0,84	0,88	0,49
Dy	3,33	3,77	3,62	6,02	2,54	5,95	5,95	3,03
Ho	0,75	0,81	0,81	1,20	0,54	1,29	1,23	0,65
Er	2,40	2,51	2,19	3,71	1,42	3,71	3,86	1,76
Tm	0,34	0,35	0,30	0,52	0,19	0,56	0,51	0,25
Yb	2,28	2,55	2,09	3,37	1,27	3,74	3,57	1,58
Lu	0,36	0,36	0,33	0,51	0,19	0,54	0,54	0,20
Ge	—	—	—	—	—	—	—	—
Mo	0,98	—	—	—	—	—	—	—
Sn	0,68	—	—	—	—	—	—	—
Cs	0,43	—	—	—	—	—	—	—
W	0,36	—	—	—	—	—	—	—
Pb	0,82	—	—	—	—	—	—	—
ΣREE	29,19	36,42	32,77	81,90	44,22	77,19	81,82	75,73
(La/Yb) <sub>N</sub>	0,73	0,94	0,99	2,41	4,25	1,94	2,29	6,90
(La/Sm) <sub>N</sub>	0,78	6,05	0,92	1,72	2,42	1,69	1,83	3,29
(Yb/Gd) <sub>N</sub>	1,15	1,10	0,98	0,86	0,72	1,01	0,93	0,66
Eu/Eu*	0,90	0,88	0,88	0,92	1,17	0,86	0,94	0,83
(Nb/La) <sub>N</sub>	0,87	0,72	0,77	0,49	0,41	0,64	0,55	0,25
Ti/Ti*	0,90	0,79	1,15	1,13	0,52	1,42	1,12	0,86
ΔNb	0,01	0,03	0,09	-0,04	-0,02	0,004	0,001	-0,26

вероятно, что такое распределение РЗЭ обусловлено неизохимичностью метаморфического преобразования базитов.

Согласно отношениям *HFS* элементов, амфиболиты Саксаганской синклинали и Криворожской СГС контаминированы коровым

веществом и имеют отрицательные значения ΔNb, что, наиболее вероятно, объясняется вторичными наложенными процессами. Ксенолиты амфиболитов в саксаганских плагиогранитах имеют положительные значения ΔNb, что свидетельствует об их образовании из

Номер анализа/пробы							
9/94-54	10/84-178	11/89-90	12/89-317	13/89-204	14/89-111	15/91-270	16/91-489
41,70	4,11	3,50	4,80	22,40	4,98	13,20	5,88
171	117	158	116	294	114	102	100
342	96,70	16	46	550	54,40	130	128
221	290	270	242	244	340	224	349
108	138	99	123	240	163	247	16,80
45,30	48,60	60	48,80	53	53,70	49,80	46,60
60,80	68,30	90	50,70	70,90	93	65,40	41,30
—	—	71	104	12,60	—	47,80	—
—	—	70	77	71,00	—	81	—
—	—	12,60	13,60	15,50	—	13,30	—
26,40	20,60	15,50	13,30	12,10	20,90	15,70	26
6,08	4,37	1,51	1,41	1,49	2,18	2,38	3,57
0,73	0,28	<0,10	<0,10	0,11	0,16	0,12	0,25
126	63,90	35	35	28	52,20	38,90	67,30
3,25	2,06	1,02	0,99	0,78	—	1,12	2,18
1,04	0,87	0,47	0,84	0,15	0,25	0,082	0,11
5,74	1,58	<0,40	5,50	0,16	0,67	0,24	0,47
19,60	6,99	2,54	2,49	1,68	4,25	2,11	3,01
41,00	16,60	6,19	6,11	4,09	10,20	5,53	9,17
5,28	2,47	0,94	0,92	0,58	1,42	0,89	1,50
20,60	10,00	4,61	4,47	2,80	6,89	4,41	7,77
4,20	2,81	1,49	1,50	1,00	2,22	1,58	2,99
1,22	0,91	0,57	0,56	0,51	0,86	0,50	0,96
4,69	3,15	1,97	1,87	1,31	2,66	1,99	3,53
0,78	0,56	0,39	0,20	0,25	0,53	0,38	0,66
5,05	3,81	2,76	2,51	1,69	3,42	2,53	4,70
1,01	0,89	0,61	0,56	0,39	0,79	0,62	1,00
2,71	2,33	1,70	1,67	1,16	2,51	1,64	3,06
0,42	0,34	0,28	0,25	0,16	0,35	0,24	0,42
2,62	2,17	—	1,68	1,11	2,35	1,63	2,89
0,38	0,29	—	0,25	0,18	0,33	0,25	0,40
—	—	1,60	1,48	1,98	—	1,65	—
—	—	<0,60	<0,60	6,54	—	<1,00	—
—	—	0,31	0,36	0,76	—	—	—
—	—	0,23	0,40	0,66	—	1,15	—
—	—	<0,15	0,44	0,27	—	0,50	—
—	—	2,36	15,00	4,30	—	2,20	—
109,56	53,32	24,35	25,04	16,91	38,78	24,30	42,06
5,37	2,31	—	1,06	1,09	1,30	0,39	0,75
3,01	1,61	1,10	1,07	1,09	1,24	0,86	0,65
0,68	0,83	—	1,09	1,02	1,07	0,99	0,99
0,84	0,94	1,02	1,02	1,36	1,08	0,86	0,90
0,31	0,63	0,59	0,57	0,89	0,51	1,13	1,19
0,94	1,15	1,34	1,79	0,89	0,69	0,96	0,96
-0,20	0,12	0,05	-0,04	0,13	-0,01	0,16	0,08

расплава, выплавившегося из плюмового источника (табл. 2; рис. 3). Метабазиты Саксаганской синклинали подобны по содержанию таких малоподвижных элементов, как Cr, Ni, Mg, Ti, метабазитам архейских зеленокаменных поясов. Обогащенность легкими РЗЭ ме-

табазитов Саксаганской синклинали обусловлена, вероятно, привнесом этих элементов при метасоматозе.

Согласно Nb-Zr-Y систематике базальтов, основанной на отношениях *HFS* элементов, метабазиты коматиит-базальтовой ассоциа-



ции зеленокаменных поясов Среднеприднепровского и Приазовского мегаблоков, не контаминированные коровым материалом, расположены выше линии  $\Delta Nb$ , что указывает на выплавление базальтовых расплавов из плюмовых источников, состав которых наиболее близок к источнику *PM* (рис. 3). Геодинамическая обстановка формирования базальтов отвечает современным океаническим или окраинно-континентальным плато.

Метабазиты Саксаганской синклинали и Восточно-Анновской полосы, контаминированные коровым материалом  $((Nb/La)_N = 0,25-0,64)$ , формируют на диаграмме  $Zr/Y - Nb/Y$  отчетливый тренд в сторону компонента *EN*, представляющего коровый источник (рис. 3).

По отношениям *HFS* элементов вулканиды коматиит-базальтовой ассоциации зеленокаменных поясов Приазовского и Среднеприднепровского мегаблоков не имеют значимых различий, что свидетельствует об их формировании из расплавов, выплавившихся из близких по составу мантийных источников.

**Выводы.** 1. Базальты зеленокаменных поясов Среднеприднепровского и Приазовского мегаблоков выплавлялись из плюмовых источников, имевших состав примитивной мантии (*PM*). Геодинамическая обстановка формирования базальтов соответствовала океаническим или окраинно-континентальным плато. В поле "неплюмовых источников" попадают только образцы, контаминированные коровым материалом.

2. Метабазальты Саксаганской синклинали по химическому составу подобны ксенолитам амфиболитов в саксаганских плагиогранитах и метабазитам архейских зеленокаменных поясов Среднеприднепровского мегаблока.

3. Согласно Nb-Zr-Y систематике базальтов, метабазиты коматиит-базальтовой ассоциации зеленокаменных поясов Приазовского и Среднеприднепровского мегаблоков не имеют значимых различий, что свидетельствует об их формировании из аналогичных по составу мантийных источников.

*Работа поддержана проектом № 48/08-Ф НАН Украины и грантом РФФИ № 08-05-90416.*

1. Артеменко Г.В., Самборская И.А. Геохимические отличия перидотитовых и пироксенитовых коматиитов зеленокаменных поясов Приазовского и Среднеприднепровского мегаблоков Украинского щита // *Мінерал. журн.* — 2009. — 31, № 2. — С. 13—19.
2. Бибикова Е.В., Claesson S., Федотова А.А., Артеменко Г.В. Терригенный циркон архейских зеленокаменных поясов — источник информации о ранней коре Земли : Приазовье и Приднепровье // *Изотопные системы и время геологических процессов : Материалы IV Рос. конф. по изотоп. геохронологии.* Т. II. — СПб. : ИП Калалкина, 2009. — С. 72—75.
3. Малюк Б.И. Петрографические и петрохимические особенности вулканидов зеленокаменного комплекса Среднего Приднепровья. Петрохимия и петрогенезис вулканидов // *Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Зеленокаменные пояса и роль вулканизма в формировании месторождений.* — Киев : Наук. думка, 1990. — С. 43—58.
4. Малюк Б.И., Колий В.Д., Паранько И.С. Петрохимическое сопоставление метавулканидов криворожской и конкско-верховцевской серий // *Сов. геология.* — 1991. — № 11. — С. 65—70.
5. Никольский А.П., Ефимов А.Н. Геолого-металлогенический очерк восточной части Украинского щита. — Л., 1960. — 37 с.
6. Переверзев С.И., Лазаренко Е.Н., Стариченко З.А. Косивцевская толща в разрезе западноприазовской серии : состав и генезис // *Геол. журн.* — 1989. — № 1. — С. 123—131.
7. Пігулевський П.Г., Кічурчак В.М. До питання зв'язку розташування корисних копалин з петрологією верхньої мантиї (на прикладі південно-східної частини УЩ) // *Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Геологія.* — 2004. — Вип. 31—32. — С. 36—40.
8. Сиворонов А.А., Малюк Б.И., Берзенин Б.З. и др. Метаморфизованные вулканогенные формации раннекембрийских зеленокаменных поясов Украинского щита. Статья 2. Петрохимия и генезис // *Геол. журн.* — 1981. — № 6. — С. 19—28.
9. Baksi A.K. Search for a deep mantle component in mafic lava using Nb-Y-Zr plot // *Can. J. Earth Sci.* — 2001. — 38. — P. 813—834.
10. Campbell I.H., Griffiths R.W., Hill R.I. Melting in an Archean mantle plume : Heads it's basalts, tails it's komatiites // *Nature.* — 1989. — 339. — P. 697—699.
11. Condie K.C. High field strength element ratios in Archean basalts : a window to evolving sources of mantle plumes ? // *Lithos.* — 2005. — 79. — P. 491—504.
12. Fitton J.G., Sunders A.D., Norry M.J. et al. Thermal and chemical structure of the Iceland plume // *Earth and Planet. Sci. Lett.* — 1997. — 133. — P. 197—208.

13. Kerr A.C., White R.V., Saunders A.D. LIP Reading : recognizing Oceanic Plateaux in the Geological Record // J. Petrol. — 2000. — **41**, No 7. — P. 1041—1055.
14. Kerrich R., Polat A., Wyman D., Hollings P. Trace element systematics of Mg- to Fe-tholeiitic basalt suites of the Superior Province : implications for the Archean mantle reservoirs and greenstone // Lithos. — 1999. — **46**. — P. 163—187.
15. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Magmatism in the Ocean Basins. / A.D. Saunders, M.J. Norry. — 1989. — P. 313—345. — (Geol. Soc. Spec. Publ.; No 42).

Ин-т геохимии, минералогии и рудообразования  
им. Н.П. Семеновко НАН Украины, Киев

Поступила 06.10.2009

*РЕЗЮМЕ.* Виконано геохімічне вивчення метабазитів коматііт-базальтової асоціації зеленокам'яних структур Середньопридніпровського та Приазовського мегаблоків Українського щита. Виявлено, що в тектонічних зонах вони значно змінені післямагматичними процесами. Встановлено, що метабазити коматііт-базальтової асоціації зеленокам'яних структур Середньопридніпровського та Приазовського мегаблоків мають близькі геохімічні характеристики, що вказує на їх формування з ідентичних мантієвих плюмових джерел. Метабазити за складом аналогічні вулканітам океанічних або окраїнно-континентальних плато.

*SUMMARY.* Geochemical investigation of metabasites of greenstone's komatiite-basalt association of the Middle-Dnieper and Peri-Azov Megablocks of the Ukrainian Shield is realized. It is discovered, that in tectonic zones they are greatly modified by postmagmatic processes. It is established, that metabasites of greenstone's komatiite-basaltic association of the Middle-Dnieper and Peri-Azov Megablocks have similar geochemical characteristics. That points to their formation from similar composition of mantle plume magmatic seats. Metabasites are analogous as to their composition to vulcanite of oceanic or marginal-continental plateaus.