

УДК 552.43 : 550.42 : 550.93 (477)

И.А. Самборская

ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ КРИСТАЛЛОСЛАНЦЕВ ЦЕНТРАЛЬНОПРИАЗОВСКОЙ СЕРИИ (ПРИАЗОВСКИЙ МЕГАБЛОК УЩ)

Выполнены геохимические исследования основных кристаллосланцев центральноприазовской серии из стратотипических разрезов. Установлено, что по характеру распределения редкоземельных элементов и их суммарному содержанию они сопоставимы с кристаллосланцами верхнетокмакской толщи западноприазовской серии. По сравнению с метабазами Косивцевской и Новогоровской зеленокаменных структур в основных кристаллосланцах центральноприазовской серии существенно выше содержание высокозарядных некогерентных элементов — Nb, Ta, Zr, Hf, а также Y, что свидетельствует, вероятно, об эволюционных изменениях состава мантии и условий магмообразования при формировании земной коры Приазовского мегаблока.

Вступление. К востоку от Орехово-Павлоградской структуры, в древнейшем метаморфическом комплексе Приазовского мегаблока, выделены две ассоциации пород — метабазиты и биотитовые гнейсы (более древняя ассоциация) и графитовые, силлиманитовые, ставролитовые, кордиеритовые, гранатовые гнейсы и сланцы, рудные и безрудные кварциты, кристаллические известняки. Нижняя толща выделена как западноприазовская, а верхняя — как центральноприазовская серии. Аналогами последней в различных структурно-фациальных зонах служат волчанская и драгунская толщи. Все имеющиеся варианты стратиграфического расчленения метаморфических пород, объединенные в эти серии, до настоящего времени обоснованы недостаточно. Согласно новым геохронологическим данным, амфибол-биотитовые гнейсы кайинкулакской толщи западноприазовской серии имеют изотопный возраст 3,1—2,95 млрд лет [2]. Возраст останцов метабазитов верхнетокмакской и кайинкулакской толщ до сих пор неясен. Убедительные данные о возрасте пород центральноприазовской серии также отсутствуют. Одни авторы считают их архейскими [5, 8], а другие — палеопротерозойскими [4]. Поэтому интересным представляется

изучение химического состава основных кристаллосланцев этой серии с целью сравнения с кристаллосланцами западноприазовской серии и слабометаморфизованными базальтами Косивцевской и Новогоровской зеленокаменных структур (ЗС) Приазовского мегаблока, установление их возможного эволюционного тренда и геохимических критериев разделения метабазитов разного возраста.

Породы центральноприазовской серии распространены в пределах Центрального и Западного Приазовья, где слагают крупные структуры первого порядка — Мангушский и Корсакский синклиории. Глубокометаморфизованные образования этой серии представлены биотитовыми, амфиболовыми, пироксеновыми, графитовыми, гранатовыми, силлиманит-кордиерит-корунд- и шпинельсодержащими, пироксен-гранатовыми и другими гнейсами и кристаллическими сланцами, полевошпатовыми, слюдистыми и магнетитовыми кварцитами, мраморами и кальцифирами. Эта серия разделена на две свиты — темрюкскую и сачкинскую. Стратотипический разрез темрюкской свиты — разрез по берегу р. Темрюк [6].

Породы *западноприазовской серии* разделены на две толщи — верхнетокмакскую (нижнюю) и кайинкулакскую (верхнюю) [2]. Верхнетокмакская толща обнажается в верховьях

© И.А. Самборская, 2010

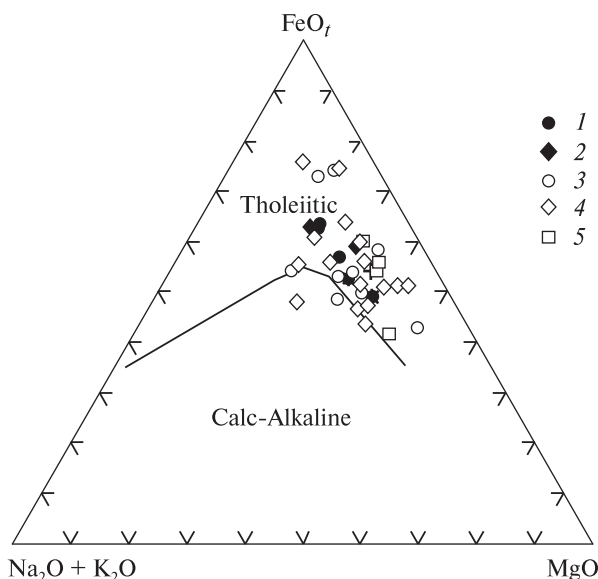


Рис. 1. Диаграмма AFM для кристаллосланцев Приазовского мегаблока УШ. Серия: 1 — западноприазовская [1], 2 — центральноприазовская, 3 — западноприазовская [3, 7], 4 — центральноприазовская [7]; 5 — базальты зеленокаменных поясов Приазовского мегаблока [1]

Fig. 1. Diagram of AFM for basic crystalline shists of the Peri-Azovian megablock of USh. Series: 1 — West-Peri-Azovian [1], 2 — Central-Peri-Azovian, 3 — West-Peri-Azovian [3, 7], 4 — Central-Peri-Azovian [7]; 5 — basalts of greenstone structures of the Peri-Azovian megablock [1]

р. Молочная (Токмак) и в северо-восточной части Салтычанского блока, восточнее Семеновского разлома, ее мощность более 2,5 км. Толща сложена кристаллосланцами основного состава (двупироксен-амфибол-плагиоклазовыми, биотит-двупироксен-плагиоклазовыми и диопсид-амфибол-плагиоклазовыми), пироксеновыми, амфиболовыми и биотитовыми гнейсами и амфиболитами с прослоями гранатовых и пироксен-магнетитовых кварцитов. Кайинкулакская толща широко развита западнее Семеновского разлома (к западу от п.г.т Черниговка). Она представлена гнейсами, среди которых преобладают биотит-амфиболовые и пироксеновые разности, при подчиненном развитии гранат-биотитовых гнейсов, железистых кварцитов и пироксен-содержащих кристаллосланцев.

Объект исследования — кристаллосланцы центральноприазовской серии драгунской толщи, отобранные из обнажений ж/д выемки у станции Верхний Токмак II (обр. 83/27, 83/28, 83/33) и кристаллосланцы центральноприазовской серии темрюкской свиты, отобранные на правом берегу р. Темрюк на участке

Старченково возле хут. Садовый (обр. 84-125). Состав редких и редкоземельных элементов в основных кристаллосланцах был определен с помощью метода масс-спектропии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) на масс-спектрометре Elan 6100 в ЦЛ ВСЕГЕИ.

Амфибол-плагиоклазовые кристаллосланцы (обр. 83/27, 83/28) имеют гранобластовую структуру. Состоят из зеленой роговой обманки (50 %), плагиоклаза (45 %), кварца (2—3 %), единичных зерен апатита и рудных минералов. Таблитчатые кристаллы плагиоклаза и зеленой роговой обманки часто содержат округлые включения кварца. Некоторые кристаллы плагиоклаза полисинтетически сдвойникованы. Биотита нет.

Таблица 1. Химический состав основных кристаллосланцев центральноприазовской серии
Table 1. Chemical composition of basic crystalline shists of the Central-Peri-Azovian series

Компонент, %	1	2	3	4
SiO ₂	48,89	48,96	51,09	48,04
TiO ₂	0,84	1,04	1,14	1,49
Al ₂ O ₃	15,95	13,66	15,28	11,22
Fe ₂ O ₃	5,47	2,26	9,44	6,87
FeO	8,13	12,47	1,94	7,18
MnO	0,22	0,22	0,26	0,18
MgO	5,73	8,14	8,01	8,25
CaO	10,26	9,49	10,26	12,02
Na ₂ O	2,56	2,04	1,56	2,10
K ₂ O	0,52	0,60	0,40	0,20
S _{общ.}	0,34	Сл.	Сл.	Сл.
P ₂ O ₅	0,15	0,12	0,12	0,36
CO ₂	0,10	0,25	0,10	Не опр.
H ₂ O ⁻	0,07	Сл.	0,13	0,69
П. п. п.	1,17	1,13	0,11	1,80
Сумма	100,40	100,38	99,84	100,39
K _ф , %	70,36	64,41	58,69	63,00
al'	0,83	0,60	0,79	0,50
Na ₂ O/K ₂ O	4,92	3,40	3,90	10,50

Примечание. Выемка возле ж/д на станции Верхний Токмак II: 1, 2 — амфибол-плагиоклазовый кристаллосланец (1 — обр. 83/27; 2 — обр. 83/28); 3 — двупироксен-плагиоклазовый кристаллосланец, обр. 83/33 правый берег р. Темрюк, в 100 м выше дамбы, ниже с. Старченково; 4 — пироксен-плагиоклазовый кристаллосланец, обр. 84-125. Анализы выполнены в лаборатории ИГМР им. Н.П. Семеновко НАН Украины.

Двупироксен-плаггиоклазовый кристаллосланец (обр. 83/33) имеет гранобластовую структуру. Состоит из амфиболизированного моноклинного и ромбического пироксенов (60 %), плаггиоклаза (40 %) и апатита (1 %).

Кристаллосланцы принадлежат к нормальному петрохимическому ряду основных пород ($\text{SiO}_2 = 48,89\text{--}51,09$; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 1,96\text{--}3,08$ %) натриевой (обр. 83/27) и калиево-натриевой (обр. 83/28, 83/33) серий. Они имеют несколько повышенное содержание TiO_2 (0,84–1,14 %) (табл. 1).

Коэффициент железистости пород ($K_{\text{ф}}$) варьирует от 58,7 до 70,4 %. Это низко- и умеренно-глиноземистые породы, значение отношения Ti/Zr в них составляет 121,5 (табл. 1, 2). На диаграммах, отражающих зависимости $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{FeO}_t - \text{MgO}$ (AFM) (рис. 1) и $\text{SiO}_2 - (\text{FeO}_t/\text{MgO})$ (рис. 2) фигуративные точки состава кристаллосланцев лежат в поле пород толеитовой серии.

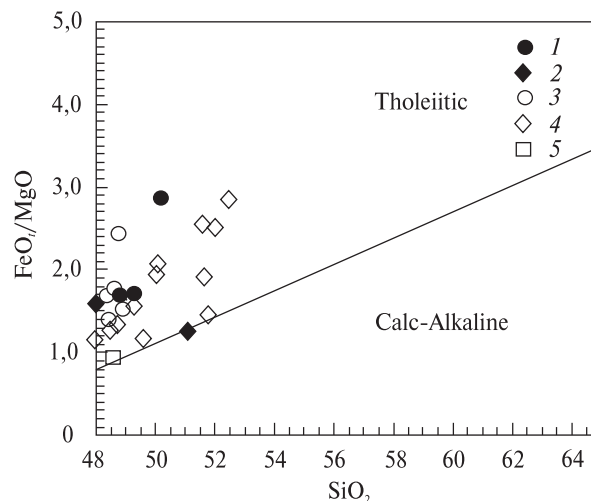


Рис. 2. Диаграмма $\text{SiO}_2 - (\text{FeO}_t/\text{MgO})$ для основных кристаллосланцев и базальтов зеленокаменных поясов Приазовского мегаблока. Усл. обозначения см. на рис. 1

Fig. 2. Diagram of $\text{SiO}_2 - (\text{FeO}_t/\text{MgO})$ for basic crystalline shists and basalts of greenstone structures of the Peri-Azovian megablock. See legend on Fig. 1

Таблица 2. Содержание редких элементов в кристаллосланцах центральноприазовской серии

Table 2. Tables of contents of rare elements are in the basic crystalline shists of the Central-Peri-Azovian series

Компонент, ppm	Обр. 83/28	Обр. 84-125	Компонент, ppm	Обр. 83/28	Обр. 84-125
Be	0,93	<1,00	Gd	2,69	3,66
Rb	5,60	10,00	Tb	0,49	0,60
Sr	79,60	289,00	Dy	3,27	3,53
Ba	47,60	90,70	Ho	0,78	0,69
V	294,00	258,00	Er	2,31	1,87
Cr	128,00	438,00	Tm	0,34	0,26
Co	57,30	59,30	Yb	2,17	1,68
Ni	58,30	225,00	Lu	0,33	0,25
Cu	19,80	73,40	Ge	1,93	1,96
Zn	102,00	86,60	Mo	<1,00	<1,00
Ga	15,20	20,80	Sn	1,80	1,10
Y	20,60	17,10	Sb	0,33	<0,50
Nb	3,81	4,90	Cs	0,28	0,65
Ta	0,26	0,37	W	0,36	<0,50
Zr	51,30	51,70	Pb	6,42	1,77
Hf	1,46	1,79	$\Sigma\text{P3}\Sigma$	34,82	44,59
U	<1,00	1,84	Nb/Nb*	1,08	0,99
Th	0,51	0,84	$(\text{La}/\text{Yb})_N$	1,12	2,05
La	3,40	4,81	Eu/Eu*	0,97	1,06
Ce	8,87	12,40	$(\text{Nb}/\text{La})_N$	1,08	0,98
Pr	1,26	1,89	Ti/Zr	121,54	172,78
Nd	6,22	9,15	$(\text{La}/\text{Sm})_N$	1,11	1,13
Sm	1,96	2,71	$(\text{Yb}/\text{Gd})_N$	1,00	0,57
Eu	0,73	1,09			

Примечание. Привязки образцов пород даны в табл. 1. Нормирование на хондрит C1 [9]. Анализы выполнены в ЦЛ ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург, Россия).

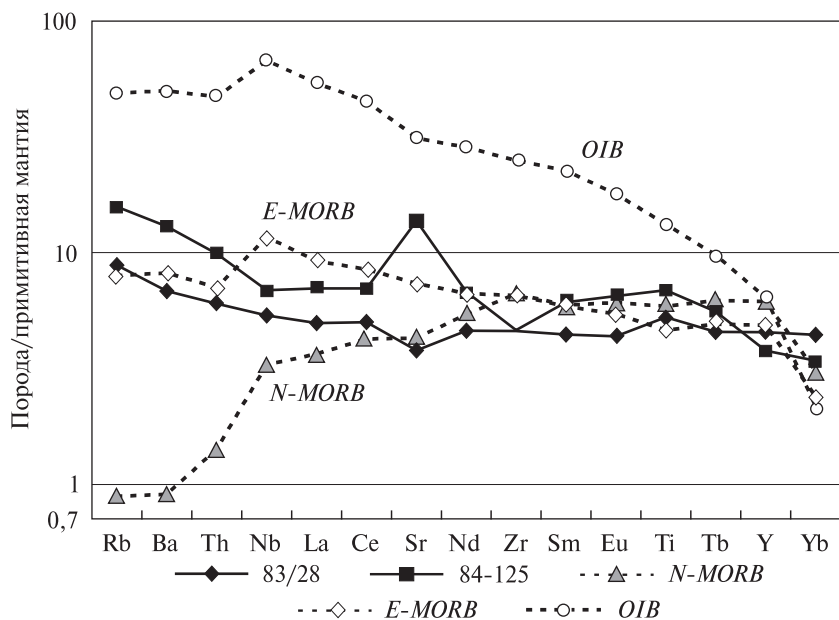
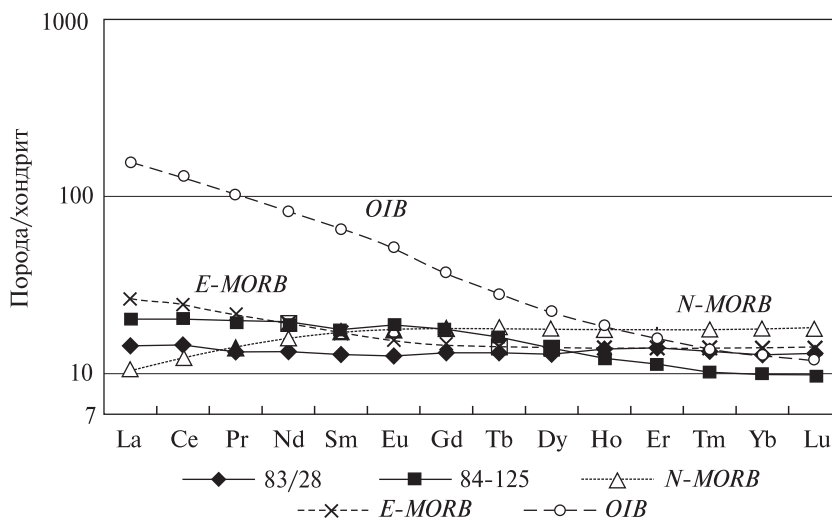


Рис. 3. Мультиэлементная диаграмма для основных кристаллосланцев центральноприазовской серии (нормирование на примитивную мантию [9])

Fig. 3. Multielement diagram for basic crystalline shists of the Central-Peri-Azovian series (normalized for a primitive mantle [9])

Рис. 4. Нормированное на хондрит C1 [9] распределение РЗЭ в основных кристаллосланцах центральноприазовской серии

Fig. 4. Normalized for chondrite [9] REE distribution in basic crystalline shists of the Central-Peri-Azovian series



На мультиэлементной диаграмме выделяются положительная аномалия Ti и отрицательные Sr, Eu и Nb (рис. 3). Распределение РЗЭ не дифференцированное — $(La/Yb)_N = 1,12$; $(La/Sm)_N = 1,11$; $(Yb/Gd)_N = 1$. Суммарное содержание РЗЭ — 34,82 ppm. По содержанию РЗЭ и характеру их распределения кристаллосланцы драгунской толщи подобны к срединноокеаническим базальтам (*E-MORB*) (рис. 3, 4).

Двупироксен-плагиоклазовый кристаллосланец (обр. 84-125) имеет слабо выраженную сланцеватость, структура породы гранобластовая. Состоит из моноклинного и ромбического пироксенов (65 %), плагиоклаза (30 %), кварца (5 %). Кристаллы пироксенов

содержат пойкилитовые включения кварца. Кристаллы плагиоклаза полисинтетически sdвойникованы.

Порода относится к нормальному петрохимическому ряду основных пород натриевой серии ($SiO_2 = 48,04$; $Na_2O + K_2O = 2,30$ %), имеет несколько повышенное содержание TiO_2 (1,49 %) (табл. 1), низкоглиноземистая, $K_\phi = 63$ %. Высокое значение отношения Ti/Zr (172,8), положительная аномалия европия ($Eu/Eu^* = 1,06$), повышенное содержание Sr (289 ppm), Cr (438 ppm), Ni (225 ppm) (табл. 2) указывают на процесс дифференциации исходной магмы и накопления рудного компонента. На диаграммах *AFM* (рис. 1) и $SiO_2 - (FeO_t/MgO)$ (рис. 2) фигуративная

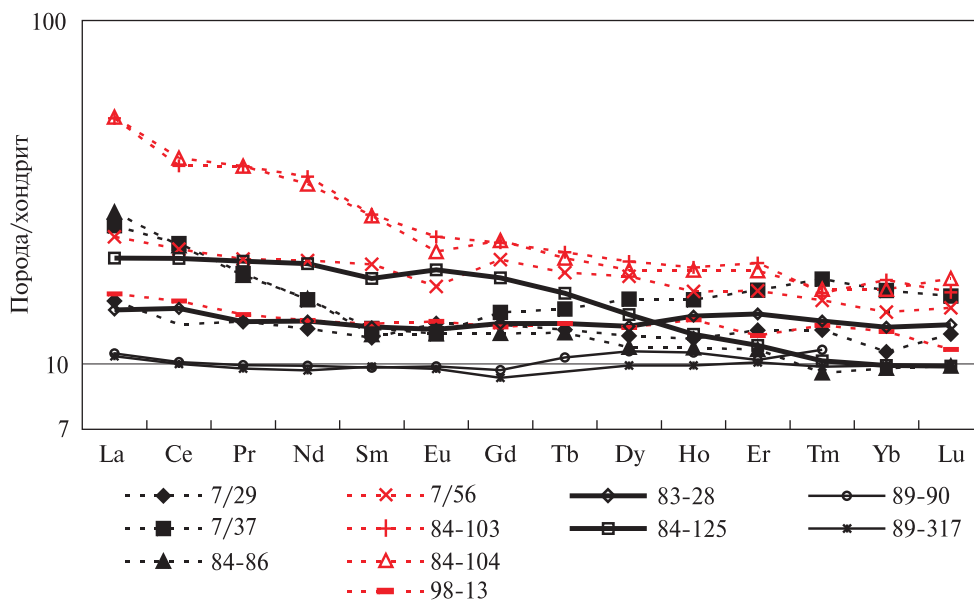


Рис. 5. Нормированное на хондрит C1 [9] распределение РЗЭ в основных кристаллосланцах центральноприазовской (обр. 83/28, 84-125), западноприазовской серий верхнетокмакской (обр. 7/29, 7/37, 84-86) и кайинкулакской толщ (обр. 7/56, 84-103, 84-104, 98-13) и базальтов зеленокаменных поясов Приазовского мегаблока (обр. 89-90, 89-317)

Fig. 5. Normalized for chondrite [9] REE distribution in basic crystalline shists of the Central-Peri-Azovian series (sample 83/28, 84-125), Verkhniy Tokmak thickness of the West-Peri-Azovian series (sample 7/29, 7/37, 84-86) and Kayinkulak thickness (sample 7/56, 84-103, 84-104, 98-13) and basalts of greenstone structures of the Peri-Azovian megablock (sample 89-90, 89-317)

точка состава этого кристаллосланца лежит в поле пород толеитовой серии.

На мультиэлементной диаграмме наблюдаются положительные аномалии Sr, Eu, Ti и отрицательная Nb (рис. 3). Распределение РЗЭ слабо дифференцированное — $(La/Yb)_N = 2,05$; $(La/Sm)_N = 1,13$; $(Yb/Gd)_N = 0,57$. Суммарное содержание РЗЭ — 44,59 ppm. По содержанию и характеру распределения РЗЭ кристаллосланцы темрюкской свиты подобны *E-MORB* (рис. 3, 4).

В результате геохимического сопоставления кристаллосланцев центральноприазовской серии с кристаллосланцами верхнетокмакской и кайинкулакской толщ западноприазовской серии и метабазами зеленокаменных поясов Приазовского мегаблока [1] установлено, что изученные кристаллосланцы относятся к нормальному петрохимическому ряду основных пород натриевой и калиево-натриевой серии. Это низко- и умеренно-глиноземистые породы. На диаграммах *AFM* (рис. 1) и $SiO_2 - (FeO_i/MgO)$ (рис. 2) большинство фигуративных точек их состава лежат в поле пород толеитовой серии. По характеру распределения РЗЭ и их суммарному содержанию (34,8—44,6 ppm) кристаллосланцы центральноприазовской серии сопоставимы с кристаллослан-

цами верхнетокмакской толщи западноприазовской серии ($\Sigma РЗЭ$ 32,7—49,9 ppm) (рис. 5).

Выводы. Приведенные результаты свидетельствуют, что основные кристаллосланцы центральноприазовской серии относятся к нормальному петрохимическому ряду основных пород натриевой и калиево-натриевой серии и характеризуются несколько повышенным содержанием TiO_2 . Это низко- и умеренно-глиноземистые породы толеитовой серии. По характеру распределения РЗЭ и их суммарному содержанию они сопоставимы с кристаллосланцами верхнетокмакской толщи западноприазовской серии.

По сравнению с метабазами Косивцевской и Новогоровской зеленокаменных структур, основные кристаллосланцы центральноприазовской серии несколько обогащены легкими РЗЭ, характеризуются более высоким содержанием Sr, Ni, Co, существенно большим содержанием высокочargedных некогерентных элементов — Nb, Ta, Zr, Hf, а также Y. Значения отношений элементов $Nb/Nb^* = 1,08$ и $(La/Nb)_N = 0,91$ указывают на отсутствие коровой контаминации исследованных пород и свидетельствуют о том, что исходные породы для них выплавлялись из мантийного субстрата.

1. *Артемченко Г.В., Швайка И.А., Демедюк В.В. и др.* Геохимия основных кристаллосланцев западноприазовской серии (Приазовский мегаблок УЩ) // *Мінерал. журн.* — 2009. — **31**, № 1. — С. 50—57.
2. *Бибикова Е.В., Лобач-Жученко С.Б., Артемченко Г.В. и др.* Позднеархейские магматические комплексы Приазовского террейна Украинского щита : геологическое положение, изотопный возраст, источники вещества // *Петрология.* — 2008. — **16**, № 3. — С. 227—247.
3. *Зарицкий А.И., Каныгин Л.И., Кирикилица С.И. и др.* Железисто-кремнистая формация докембрия Мариупольского рудного поля. — М. : Недра, 1974. — 152 с.
4. *Каляев Г.И.* Тектоника докембрия Украинской железорудной провинции. — Киев : Наук. думка, 1965. — 188 с.
5. *Кравченко Г.Л.* Новые данные о составе и возрасте железисто-известково-силикатных сланцев Приазовья // *Геол. журн.* — 1970. — **30**, № 6. — С. 53—60.
6. *Полуновский Р.М.* Характеристика разреза гнейсовой серии Центрального Приазовья и вопросы ее стратиграфии // *Докл. АН СССР.* — 1969. — **187**, № 6. — С. 1360—1364.
7. *Раздорожный В.Ф., Бородыня Б.В., Князькова И.Л.* Отчет о геологическом доизучении площади масштаба 1 : 200 000 территории листа L-37-VII (Бердянск) в 1991—2000 гг. Бердянским ГСО // *Кн. 1—11. Текст, текстовые и графические приложения. Приазовская КГП. Волноваха Донецкой обл., 2000.*
8. *Шербак Н.П., Артемченко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н.* Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Архей. — Киев : Наук. думка, 2005. — 243 с.
9. *Sun S.S., McDonough W.F.* Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts : implications for mantle composition and processes // *Magmatism in the Ocean Basins / Eds. 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. Семеново НАН Украины, Киев

Поступила 15.02.2010

РЕЗЮМЕ. Виконано геохімічні дослідження основних кристалосланців центральноприазовської серії зі стратотипових розрізів. За характером розподілу рідкісноземельних елементів та їх сумарним вмістом вони подібні до кристалосланців верхньотокмакської товщі західноприазовської серії. На відміну від метабазитів Косивцевської та Новогорівської зеленокам'яних структур, в основних кристалосланцях центральноприазовської серії істотно вищий вміст високочарядних некогерентних елементів — Nb, Ta, Zr, Hf, а також Y, що свідчить, ймовірно, про еволюційні зміни складу мантії та умов магноутворення у процесі формування земної кори Приазовського мегаблоку.

SUMMARY. Geochemical studies of basic shists of the Central-Peri-Azovian series from stratotypical section were carried out. They are similar to the normal petrochemical row of basic rocks of sodium and potassium-sodium series, have something increased contents of TiO₂. These are low- and moderately aluminous rocks of tholeiitic series. The quantity of values of elements Nb/Nb* = 1.08 and (La/Nb)_N = 0.91 testify that source rocks was melted from mantle substrate and specify the absence of contaminated crystal material. By the nature of the distribution of REE and their total content, they are comparable with basic shists of Verchniy Tokmak thickness of the West-Peri-Azovian series. In relation to the metabasites of the Kosivtsevo and Novogorovka GS, in the basic shists of Central-Peri-Azovian series there are much higher contents of highly incoherent elements — Nb, Ta, Zr, Hf and Y, which indicates, perhaps, the evolutionary changes in the mantle composition and magma formation conditions in the formation of the Earth's crust of the Peri-Azovian megablock.