

УДК 553.493 (477.62)

Е.М. Шеремет<sup>1</sup>, С.Г. Кривдик<sup>1</sup>,  
С.Н. Стрекозов<sup>2</sup> А.В. Дубина<sup>1</sup>, Л.Д. Сетая<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення  
ім. Н.П. Семененко НАН України  
03680, г. Київ-142, Україна, пр-т Акад. Палладина, 34  
E-mail: EvgSheremet@yandex.ru

<sup>2</sup> Приазовська КГРЭ, КП "Південукргеологія"  
85700, г. Волноваха, Донецька обл., Україна, ул. Центральна, 20  
E-mail: ssss21161@gmail.com

## К ВОПРОСУ О ГЕНЕЗИСЕ АНАДОЛЬСКОГО РЕДКОЗЕМЕЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (УКРАИНА)

В настоящее время имеется определенное количество публикаций по минералогии Анадольского редкоземельного месторождения Восточного Приазовья. Но в них нет достаточно аргументированной точки зрения на его генезис. Новые данные по геохимическим и петрологическим особенностям месторождения дают возможность предложить новую, на наш взгляд, гипотезу о его происхождении. Существенно цериевый состав редкоземельных элементов, отчетливая анизотропия ортита, кристаллическое состояние бритолита, а также существенно углекислый состав флюидов наиболее удовлетворительно объясняет гипотеза о связи Анадольского месторождения со щелочными породами и, наиболее вероятно, со щелочно-ультраосновным (карбонатитовым) комплексом (черниговского типа). Происхождение Анадольского рудопроявления, скорее всего, связано с глубинными мантийными флюидами щелочного характера, следствием которых стало образование Азовского редкоземельного, Мазуровского редкометалльно-редкоземельного месторождений и всех редкометалльно-редкоземельных рудопроявлений Восточного Приазовья, а также широкое развитие в регионе фенитизированных пород. Анадольское ортитовое рудопроявление — первое вскрытое рудопроявление в серии выявленных зон щелочных метасоматитов в пределах Восточного Приазовья.

*Ключевые слова:* щелочные метасоматиты, редкометалльно-редкоземельные, геохимия, Восточное Приазовье, Анадольское ортитовое рудопроявление.

**Введение.** Относительно происхождения Анадольского редкоземельного месторождения Восточного Приазовья Украинского щита (УЩ) до настоящего времени нет достаточно аргументированной точки зрения, несмотря на имеющиеся публикации. В статье приведены новые данные о петрологических и геохимических особенностях формирования месторождения, которые дали возможность сделать выводы о его генезисе.

**Объект и методы исследований.** Объектом исследования было Анадольское редкоземельное месторождение Восточного Приазовья УЩ — одно из перспективных и инвестицион-

но привлекательных месторождений для добычи редкоземельных элементов. Геологические, петрографические, петро-, геохимические исследования пород и руд месторождения, анализ и сопоставление его с аналогами, известными по литературным источникам, дали возможность обосновать приведенную в статье точку зрения на происхождение Анадольского месторождения.

**Цель исследований** заключалась в рассмотрении петрологических и геохимических аспектов формирования месторождения, чтобы на основе его генезиса сделать вывод о возможном открытии подобного типа рудопроявлений в Восточном Приазовье.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Анадольское редкоземельное месторождение

© Е.М. ШЕРЕМЕТ, С.Г. КРИВДИК, С.Н. СТРЕКОЗОВ,  
А.В. ДУБИНА, Л.Д. СЕТАЯ, 2016

изучали многие ученые [2, 3, 5, 7–13]. Оно приурочено к Криворожско-Павловской зоне разломов и залегает среди гранитов и мигматитов анадольского комплекса (рис. 1) с многочисленными ксенолитами диорито-гнейсов, плагиоклазовых теневого мигматитов токмакского комплекса и биотитовых, биотит-амфиболовых, пироксен-амфиболовых гнейсов и кристаллосланцев темрюкской свиты. Последние иногда образуют линзы и полосы мощностью 50–250 м и протяженностью 350–1500 м. Кроме того, в некоторых шлифах встречаются существенно кварцевые породы (кварциты?) с амфиболом, повышенным содержанием магнетита и редкими, довольно крупными, зернами сфалерита.

Все ксенолиты более или менее гранитизированы: рассеяны жилами гранитов анадольского комплекса. Выявлены также полосчатые и порфиробластические мигматиты.

Месторождение расположено в шести километрах к востоку от Октябрьского массива нефелиновых сиенитов с Мазуровским редкометалльно-редкоземельным месторождением, сообщение о котором впервые появилось в 1991 году [10]. Форма главного рудного тела — жильная (его еще называют "ортитовой дайкой"). Выделяется ряд более мелких жил и зон подобной минерализации [5]. Вблизи зоны дробления, катаклаза и милонитизации мощностью от 30 м до 400 м прослежено рудное тело в северо-западном направлении на 1000 м и на глубину 400 м при мощности от 0,7 до 3,0 м. Представляется, что рудная зона приурочена к маломощной (1–10 м) полосе трещиноватости, "залеченной" телом "ортитов" и мелкими прерывистыми жилками аналогичного состава. Оруденелая зона трещиноватости пересекает зону милонитизации и расположенные в ней дайки камптонитов. Контакты рудного тела четкие, слабо извилистые; вмещающие породы изменены от полевошпатовых метасоматитов, метасоматически измененных плагиомигматитов и калишпатовых гранитов висячем крыле до катаклазитов (тонкорассланцованных пород микроклинового и кварц-микроклинового состава) в лежащем крыле. Мощность измененных пород — 0,5–4,0 м.

Вмещающие оруденение породы анадольского комплекса, по результатам картировочного бурения Приазовской КГРЭ, представлены теновыми плагиомигматитами и плагиогранито-гнейсами (скв. 304, см. рис. 1). В скв.

305 (рис. 1) они представлены полосчатыми, линзовидно-полосчатыми, гнейсовидными, очень часто порфиоровидными теновыми мигматитами в разной степени гранитизированными и калишпатизированными. В отдельных интервалах нео- и палеосомы в мигматитах образуют полосы от первых сантиметров до метров. Значительные интервалы гнейсовидных порфиоровидных гранитов с содержанием темноцветных до 10–15 % (среднее) прорваны жилами массивных розовато-серых среднезернистых лейкократовых калишпатовых гранитов. В других интервалах преобладают жилы среднезернистых или пегматоидных лейкократовых гранитов. Иногда среднезернистые лейкократовые граниты имеют "тени" субстрата.

В скв. 306 (рис. 1) обнаружены среднезернистые теновые мигматиты, переходящие местами в граниты, часто с теневой гнейсовидностью, от лейко- до меланократовых с весьма неравномерным распределением минералов в породе. Состав, %: полевые шпаты — 45–60, кварц — 25–35, темноцветные — 15–20. По трещинам развиты хлоритизация и эпидотизация. В скв. 325 на гл. 192,5 м зафиксирована мелкозернистая щебенка от темно-зеленого до черного цвета (предположительно дайка камптонита). На глубине 117 м подсечена мелкая щебенка рудных пород (ортититов).

Состав пород, по данным описания шлифов, таков, %: плагиомигматит: плагиоклаз — 65–70, кварц — 10, микроклин-микрпертит — 5–7, биотит — 10–12; аксессуарные: сфен — 1–2, монацит, рудный — 0,5; вторичные: оксиды железа — 2, хлорит-серицит — 2, рудная пыль, мирмекиты. Граниты биотитовые со следами катаклаза, состав, %: микроклин — 20–40, плагиоклаз — 25–55, кварц — 25, биотит — 5–10; аксессуарные: апатит, циркон рудный; вторичные: землистый эпидот-хлоритовый материал — продукт разложения биотита, серицит в виде пелитоморфного агрегата по плагиоклазам, хлорит, оксиды железа, карбонаты. Оруденелый катаклазированный метасоматит (по мигматиту биотитовому?), состав, %: микроклин-пертит — 40–45, альбит-олигоклаз — 20, розетки хлорит-актинолита — 25–30, эпидот-ортитовый агрегат — до 10; аксессуарные: сфен, апатит, циркон в темноцветных минералах, рудный; вторичные: хлорит, эпидот, карбонат, гидроксиды железа, пелит и т. д., землистый агрегат (лейкоксен?) по вмещающим породам.

Рис. 1. Схематическая геологическая карта Анадольского рудопроявления: 1 — граниты протерозойского анадольского комплекса, 2 — плагиомигматиты архейского токмакского комплекса, 3 — гнейсы и кристаллосланцы темрюкской свиты архейского возраста, 4 — тектониты нерасчлененные (зоны милонитизации, дробления, катаклаза), 5 — разрывные нарушения, установленные по комплексу геофизических данных, 6 — предполагаемые разрывные нарушения, 7 — геологические границы стратифицированных подразделений, 8 — установленные контуры рудного тела, 9 — контуры рудного тела, предполагаемые по геохимическим данным, 10 — канава и ее номер, 11 — скважина и ее номер

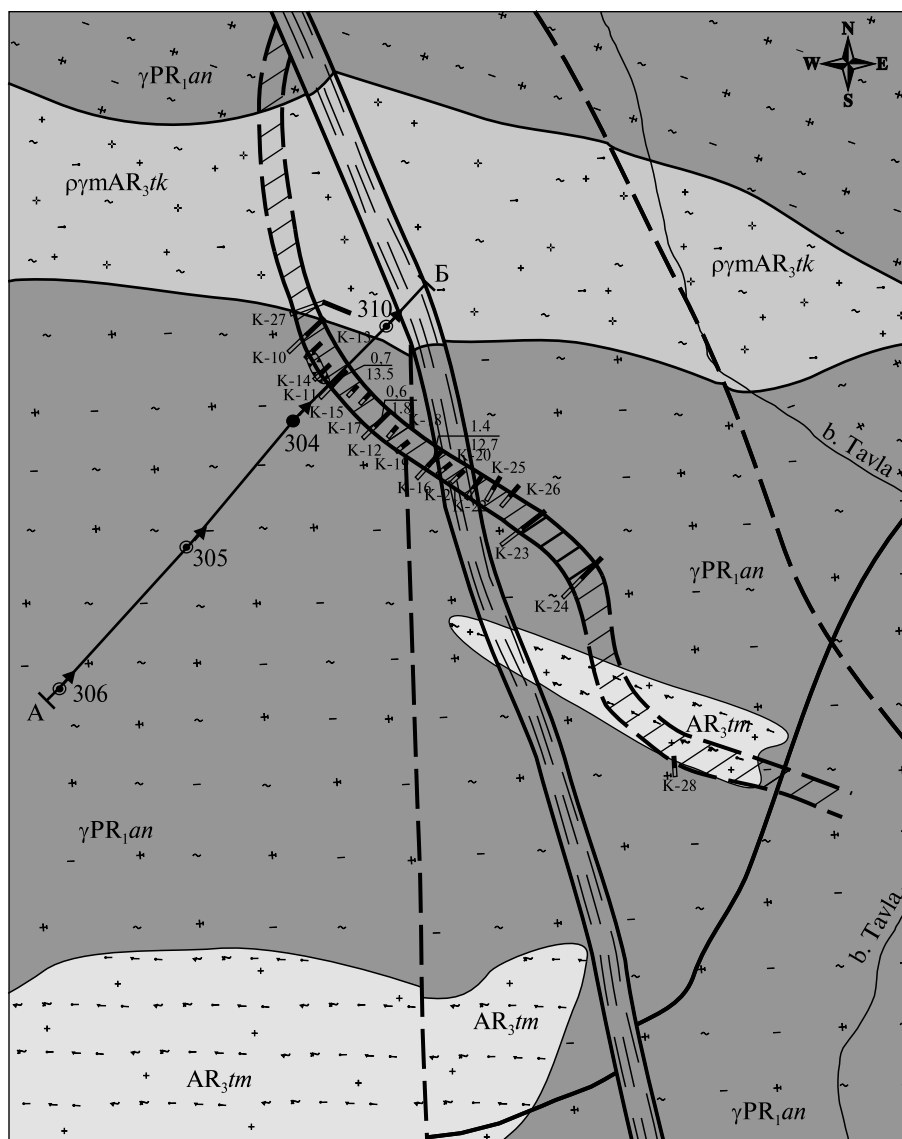


Fig. 1. Schematic geologic map of the Anadol ore occurrence: 1 — granites of the Proterozoic Anadol complex, 2 — plagiogranite of Archean Tokmak complex, 3 — gneisses and crystalline slates of Archean Temryuk suite, 4 — undifferentiated tectonites (zones of mylonitization, crushing, cataclasis), 5 — rupture dislocations, established according to the geophysical data, 6 — rupture dislocations, 7 — geological boundaries of stratified units, 8 — the established outlines of the ore body, 9 — outlines of the ore body, supposed as based on the geochemical data, 10 — ditch and its number, 11 — borehole and its number

Главный минерал рудного тела — ортит (алланит). Этот наиболее распространенный редкоземельный силикат метасоматитов (10–100 % от объема рудной породы) представлен несколькими генерациями. Он содержится как в массивных, так и в полосчатых разностях метасоматитов. Апатит, флюорит и кварц в полосчатых разностях образуют тонкие мономинеральные прослои (0,3–0,8 см), которые чередуются с прослоями ортита. В перекристаллизованных массивных метасоматитах эти

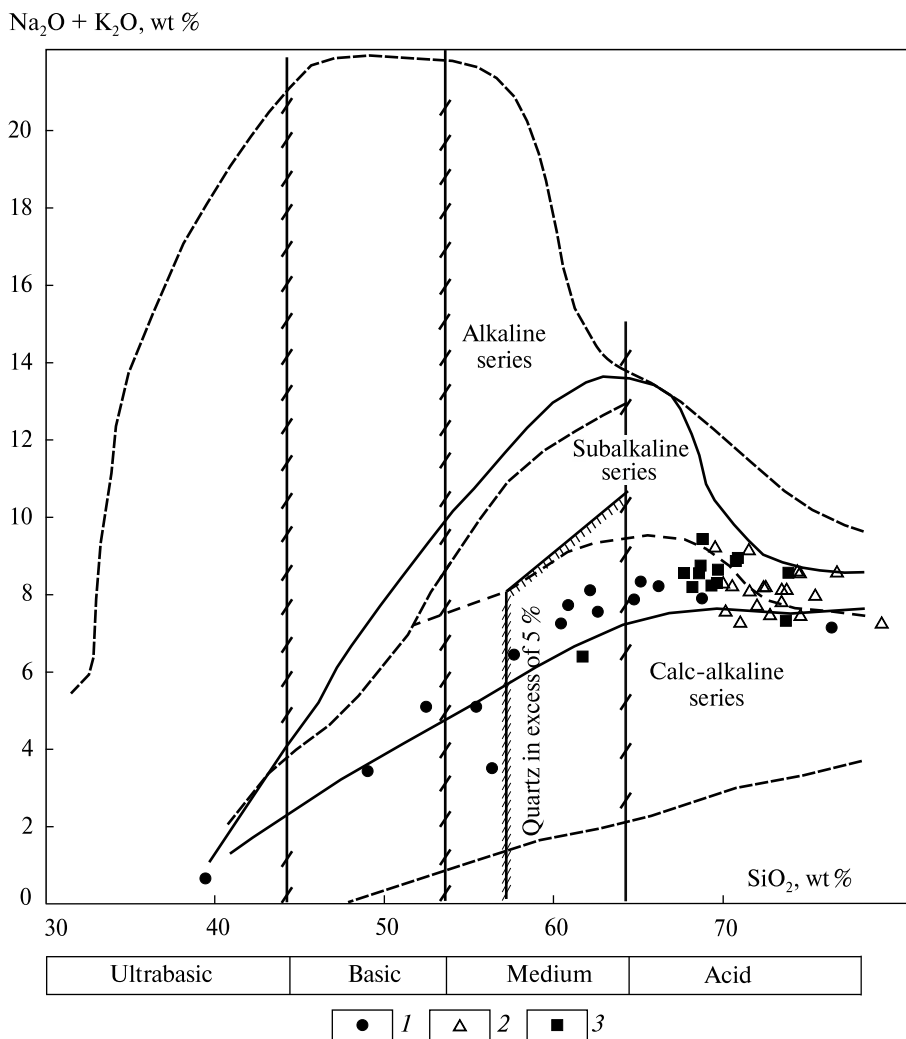
минералы составляют мономинеральные скопления в виде линзочек и коротких прожилков мощностью от первых миллиметров до первых сантиметров.

Согласно проведенным исследованиям [10], гнезда, линзы и жильные выделения ортита размером 10–15 см и более встречаются с паразитом, бастнезитом и церитом.

В других работах [5, 10, 11] отмечено также наличие флюорит-апатит-ортитовых и амфибол-апатит-ортитовых метасоматитов. По име-

Рис. 2. Химический состав метасоматически измененных пород Анадольского рудопроявления и сравниваемых с ними гранитов анадольского и хлебодаровского комплексов Приазовья на диаграмме  $\text{SiO}_2/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ , по [4]: 1 — породы Анадольского рудопроявления; 2 — граниты Володарского массива южнокальчикского комплекса и Кальмиусского массива хлебодаровского комплекса; 3 — граниты салтычанского комплекса

Fig. 2. Chemical compositions of metasomatic altered rocks of the Anadol ore occurrence and compared with them granites of the Anadol and Khlebodarovka complexes of the Azov region on the diagram  $\text{SiO}_2/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ , in [4]: 1 — rocks of the Anadol ore occurrence; 2 — granites of the Volodarsk massif of South Kalchik complex and Kalmius massif of Khlebodarovka complex; 3 — granites of Saltychia complex



ющимся данным [10]. среди редкоземельных элементов в ортите преобладают оксиды церия (53,57 %), лантана (20,87 %), празеодима (16,9 %) и неодима (14,63 %) практически при отсутствии урана и тория. По данным Б.С. Панова [11], Анадольское месторождение даст возможность удовлетворить потребность Украины в редкоземельном минеральном сырье более, чем на 30 лет.

Исследованные образцы руд представлены среднезернистыми (участками до крупнозернистых) массивными породами, в которых ортит (алланит) и флюорит выглядят как идио- и субидиоморфные минералы, а ксеноморфный кварц выполняет интерстиции между их кристаллами. При этом флюорит имеет даже более идиоморфные, чем ортит (алланит), очертания, его кристаллы часто включены в последний. Редко наблюдаются также мелкие включения ортита во флюорите.

Кроме ортита встречаются редкоземельные минералы — бритоцит и фтор-карбонат [12]. Бритоцитоподобный минерал в шлифах бесцветный, иногда он имеет изометрические шестигранные очертания, почти полностью метамиктен или проявляет слабую анизотропию, чаще всего образует включения в ортите. Возможно, ортит развивался частично по бритоциту. Содержание предполагаемого бритоцита не превышает 10–20 % от объема породы. О наличии бритоцита могут свидетельствовать слабо проявленные, но характерные для этого минерала линии на рентгенограммах.

Редкоземельные фтор-карбонаты образуют мельчайшую вкрапленность (с высоким дву- преломлением) в бритоците и ортите, изредка во флюорите. Возможно, они образовались при изменении бритоцита.

Главный породообразующий и рудный минерал ортит образует удлиненно-призматичес-

Таблица 1. Химический и нормативный составы пород из разведочных канав Анадолского ортитонового рудопроявления  
 Table 1. Chemical and normative compositions of rocks of the exploratory ditches Anadol orthite ore occurrence

Компонент	Номер пробы															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	К-17/Б 1042	К-17/Б 1043	К-17/Б 1045	К-19/Б 1051	К-22/Б 1065	Т-1/1100	К-10/Б 1002	К-11/Б 1004	К-11/Б 1006	К-21/Б 1060	К-26/Б 1079	К-26/Б 1081	К-26/Б 1082	Т-1/1109	Т-1/1113	Руда
<i>Химический состав</i>																
SiO <sub>2</sub>	48,93	55,63	60,43	52,59	60,21	55,37	52,39	66,12	39,42	65,07	60,99	57,77	60,89	62,61	64,89	34,94
TiO <sub>2</sub>	0,59	0,74	0,37	0,99	0,27	0,37	0,94	0,57	0,78	0,57	0,97	0,94	0,89	0,79	0,89	0,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,25	8,82	14,1	12,08	14,89	11,38	10,71	13,78	14,21	15,61	15,48	15,16	15,28	14,03	12,86	10,54
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,47	11,11	2,87	7,55	4,02	8,2	11,02	3,16	14,14	0,49	2,19	1,69	1,63	3,28	2,05	5,02
FeO	0,52	1,86	1,29	4,29	1,00	1,86	3,00	1,29	3,79	1,36	1,43	1,22	1,14	2,36	2,72	7,00
MnO	1,52	0,9	0,11	1,02	0,12	1,02	0,24	0,07	2,10	0,04	0,06	0,06	0,05	0,25	0,21	1,98
MgO	1,30	1,26	1,57	2,5	1,39	1,56	4,61	1,16	1,65	1,19	1,28	1,12	1,33	2,06	2,42	1,06
CaO	7,94	5,07	4,66	6,45	3,28	4,68	4,66	2,52	10,15	2,77	3,58	5,98	3,98	2,65	2,98	14,61
Na <sub>2</sub> O	0,38	0,52	3,44	4,53	5,32	3,75	1,64	4,2	0,2	3,54	3,38	3,67	4,46	3,77	3,77	0,05
K <sub>2</sub> O	3,06	4,00	3,95	2,6	2,87	1,35	4,11	3,95	0,40	4,79	3,38	2,79	3,46	3,85	4,16	0,10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,40	0,49	0,20	0,48	0,37	1,46	0,15	0,16	0,41	0,12	0,21	0,2	0,23	0,13	0,18	0,04
F	0,1	0,08	0,06	0,08	0,06	0,24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,32
SO <sub>3</sub> norm	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	<0,02	0,06	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	0,05
H <sub>2</sub> O <sup>norm</sup>	2,16	1,14	1,32	0,82	1,24	0,61	1,85	0,44	0,88	0,72	1,78	1,95	1,48	0,61	0,28	0,05
П. п. п.	6,16	5,61	4,87	2,08	3,71	3,33	4,34	2,03	5,67	3,35	3,82	6,82	4,88	3,38	2,06	2,68
TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,55	2,28	0,35	1,50	1,05	4,38	—	0,28	5,62	0,21	—	0,27	—	—	—	19,32
Сумма	99,33	99,51	99,59	99,56	99,80	99,58	99,71	99,73	99,48	99,88	99,55	99,64	99,70	99,80	99,53	100,1*
<i>Нормативный состав</i>																
Britholite**	2,53	3,69	0,58	2,45	1,73	7,59	—	0,46	10,04	0,35	—	0,45	—	—	—	28,90
Quartz	22,362	30,8660	16,82	4,61	11,83	21,41	14,30	21,42	17,45	19,11	15,34	15,80	14,26	18,33	18,75	17,24
Anorthite	24,96	10,70	12,21	5,12	8,77	4,10	10,40	7,28	39,55	13,10	13,41	18,34	12,27	10,28	6,05	13,74
Diopside	7,69	7,30	7,59	13,89	3,10	—	10,34	3,14	1,28	—	3,14	6,28	5,66	1,78	4,84	—
Hedenbergite	—	—	—	3,70	—	—	—	—	—	0,09	—	—	—	0,24	1,55	—
Enstatite	—	—	0,80	—	2,05	4,04	7,49	1,57	3,83	3,15	1,94	0,16	0,92	4,53	3,96	2,17
Ferrosilite	—	—	—	—	—	5,52	—	—	—	1,24	—	—	—	0,69	1,46	12,68
Albite	3,53	4,75	31,28	39,67	47,74	33,07	14,85	36,53	1,82	31,26	39,45	34,18	40,43	33,56	32,84	0,43
Orthoclase	19,90	25,51	25,09	15,89	17,98	8,31	25,98	23,98	2,54	29,55	21,26	18,15	21,91	23,75	25,31	0,61
Wollastonite	1,13	—	—	0,05	—	—	—	—	—	—	—	1,82	—	—	—	—
Apatite	1,06	1,27	0,52	1,19	0,94	3,80	0,37	0,38	1,08	0,29	0,52	0,51	0,57	0,31	0,43	0,10
Fluorite	0,20	0,16	0,12	0,16	0,12	0,51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9,11
Ilmenite	1,23	1,51	0,76	1,95	0,55	0,73	1,91	1,12	1,59	1,13	1,96	1,96	1,81	1,57	1,74	0,29
Magnetite	5,42	7,32	3,70	11,32	3,00	8,53	8,27	2,81	18,02	0,74	2,12	1,55	1,35	4,96	3,06	7,47
Hematite	9,99	6,93	0,53	—	2,19	—	6,09	1,31	2,80	—	0,87	0,80	0,82	—	—	—
Corundum	—	—	—	—	—	2,39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,26
Σ	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Примечание. \* — с поправкой на F; \*\* — условный бриггитовый минал рассчитан так: к TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> добавлено 20 % SiO<sub>2</sub> и 20 % CaO. Здесь и в табл. 2: 1, 2 — кварц-микроклиновый метасоматит с примесью ортита; 3–5 — кварц-альбит-микроклиновый метасоматит; 6 — микроклин-альбитовый метасоматит с высоким (около 20 %) содержанием ортита; 7, 8 — кварц-альбит-микроклиновый метасоматит с примесью ортита; 9 — кварц-эпидот-ортитовый метасоматит; 10–15 — кварц-эпидот-альбит-микроклиновый метасоматит с примесью ортита; 16 — редкоземельная руда (ортит + бритуит + кварц + флюорит из центральной части жилы). Анализы выполнены в химической лаборатории Института геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеновко (ИГМР) НАН Украины, аналитик А.И. Самчук.

Note. \* — corrected for F; \*\* — conditional britholite mineral calculated as follows: to TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> were added 20 % SiO<sub>2</sub> and 20 % CaO. Here and in Table 2: 1, 2 — quartz-microcline metasomatite with orthite admixture; 3–5 — quartz-albite-microcline metasomatite; 6 — microcline-albite metasomatite with high content of the orthite (about 20 %); 7, 8 — quartz-albite-microcline metasomatite with orthite admixture; 9 — quartz-epidote-orthite metasomatite; 10–15 — quartz-epidote-albite-microcline metasomatite with orthite admixture; 16 — rare-earth ore (orthite + britholite + quartz + fluorite from the central part of the vein). Analyses carried out in the chemical in the Laboratory in M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation (IGMOF) of the NAS of Ukraine, analyst A.I. Samchuk.

Таблица 2. Содержание элементов-примесей в ортитоносных породах Анадольского месторождения  
 Table 2. The contents of trace element in orthite-bearing rocks of the Anadol ore occurrence

Компонент	Номер пробы														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	К-17/Б 1042	К-17/Б 1043	К-17/Б 1045	К-19/Б 1051	К-22/Б 1065	Т- 1/1100	К-10/Б 1002	К-11/Б 1004	К-11/Б 1006	К-21/Б 1060	К-26/Б 1079	К-26/Б 1081	К-26/Б 1082	Т- 1/1109	Т- 1/1113
	<i>Элементы по данным спектрального анализа, г/т</i>														
Ti	3000	3000	2000	3000	2000	3000	3000	1000	3000	800	5000	4500	4000	3500	3500
V	80	~80	80	80	150	150	300	80	200	~80	100	200	80	~200	~80
Cr	~20	20	30	10	40	60	600	30	6	30	50	50	50	250	100
Mo	8	3	—	—	—	2	2	5	—	1	2	~2	2	1	1
Zr	—	400	500	—	—	400	300	400	1000	800	500	800	500	400	400
Nb	~80	80	6	60	80	100	3	4	300	3	3	5	4	~10	5
Cu	300	500	200	60	80	80	100	80	60	80	100	80	80	80	80
Pb	—	5000	300	300	3000	>10000	3000	400	3000	1000	350	2000	2000	450	350
Bi	5	5	2	3	3	10	~2	~2	4	1	~2	3	3	2	2
Zn	200	200	80	—	200	400	200	80	200	300	60	60	—	300	500
Sn	8	8	3	5	5	6	6	6	⊥	3	5	3	5	5	4
Ga	20	~10	30	8	20	20	10	30	8	20	20	20	30	20	10
Be	30	40	6	30	8	40	1	~2	⊥	1	5	2	5	2	4
Sc	30	40	~30	40	30	40	80	8	50	10	40	50	30	40	30
Ce	>10000	>10000	500	>10000	~10000	>10000	100	~1000	>10000	~10000	300	800	500	300	100
La	>10000	>10000	~500	>10000	>10000	>10000	60	800	>10000	800	150	800	400	300	80
Y	500	300	80	500	300	800	~50	50	600	50	60	80	60	60	50
P	800	800	800	800	1000	3000	1000	1000	2000	800	800	~1000	800	800	600
Yb	40	30	8	50	30	80	5	6	30	5	6	8	6	6	5
Li	20	—	—	10	—	20	—	10	40	10	10	—	10	10	—
Ba	—	>10000	—	1000	2000	2000	1500	8000	2000	~10000	3000	1500	4500	800	3000

Примечание. ⊥ — перекрытие спектральных линий. Полуколичественный спектральный анализ выполнен в лаборатории ИГМР НАН Украины.  
 Note. ⊥ — overlapping spectral lines. Semi-quantitative spectral analysis carried out in the Laboratory in IGMOF of the NAS of Ukraine.

кие кристаллы размером до 1–6 мм и более, нередко сдвойникован и всегда проявляет отчетливый плеохроизм — от почти бесцветного до буровато-коричневого и желтовато- или зеленовато-коричневого цвета разной интенсивности. Обычна зональность кристаллов.

В весьма незначительном количестве попадаются желтоватые слюдястые и эпидотоподобные минералы в виде мелких включений во флюорите. Установлен аксессуарный галенит, что подтверждается повышенным содержанием (до 0,5 %, в отдельных пробах до 1,0 %) свинца в породе (данные спектрального анализа).

Петрографическое описание пород, ообранных из разведочных канав по рудам ортитов, приводится ниже.

При изучении шлифов из экзоконтактовых ореолов этой существенно ортитовой жилы можно сделать вывод: вмещающие гранитоиды преобразованы в альбит (олигоклаз)-микроклиновые метасоматиты с эпидотом, амфиболом (типа актинолита или роговой обманки) и ортитом. Содержание последнего в таких метасоматитах достигает первых процентов. На некоторых участках в единичных шлифах наблюдаются щелочные метасоматиты или первые признаки преобразования пород типа фенитизации. Похоже, что щелочные метасоматиты развиваются по лейкократовым (аплитоидным) гранитам и состоят преимущественно из альбита и микроклина с редкой вкрапленностью эгирина и щелочного амфибола типа рибекита (сине-зеленая окраска, прямое погасание и низкое двупреломление). Иногда амфибол и эгирин образуют розеткоподобные сростания. В более меланократовых породах (гнейсах, кристаллосланцах с кварцем) изредка наблюдаются изменения минерального состава — на границе кварца и исходной роговой обманки образуется промежуточная кайма сине-зеленого (субщелочного?) амфибола. Подобные преобразования наблюдались в типичных щелочных метасоматитах (фенитах) Восточного Приазовья, в районах нижнего течения р. Кальмиус, балки Вали Тарама, Дмитровского карьера.

Однако нет полной уверенности в том, что эти щелочные метасоматиты непосредственно связаны с формированием ортитовой жилы. Не исключено, что последняя приурочена к той же тектонической зоне, что и широко распространенные щелочные метасоматиты Вос-

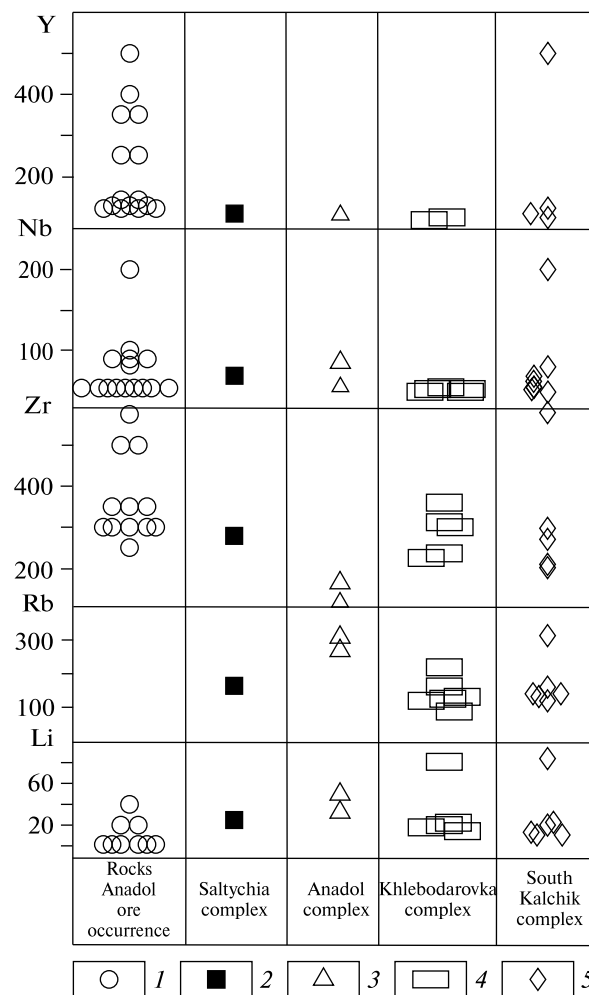


Рис. 3. Распределение значений среднего содержания Li, Rb, Zr, Nb, Y в гранитоидах Приазовья (2–5 приведены, по [17]): 1 — вмещающие ортит породы Анадольского месторождения; 2 — граниты салтычанского комплекса; 3 — гранитоиды анадольского комплекса; 4 — гранитоиды хлебодаровского комплекса; 5 — граниты, граносиениты и сиениты южнокальчикского комплекса

Fig. 3. The distribution of average content values of Li, Rb, Zr, Nb, Y in granitoids in the Azov region (2–5 are given, by [17]): 1 — country rocks of the Anadol ore occurrence; 2 — granites of the Saltychia complex; 3 — granitoids of the Anadol complex; 4 — granitoids of the Khlebodarovka complex; 5 — granites, granosyenites and syenites of the South Kalchik complex

точного Приазовья. Экзоконтактовые микроклин-альбитовые метасоматиты с амфиболом, эпидотом и ортитом, несомненно, связаны с формированием ортитовой жилы.

Результаты химического анализа свидетельствуют о содержании в них SiO<sub>2</sub> в пределах 35–58 % и 60–64 %, т. е. здесь представлен весь спектр вмещающих оруденение пород.

Фемические компоненты, часть кальция и алюминия были рассчитаны на нормативные пироксены и анортитовый минал, а натрия и калий — на альбит и ортоклаз соответственно. Таким образом, модальный эпидот, а также часть алюминия и кальция, ортита рассчитаны как нормативные анортитовые и пироксеновые миналы. При этом был введен условный бритолитовый минал (до 29 %) —  $\text{KTR}_2\text{O}_3$  добавлено по 20 %  $\text{SiO}_2$  и  $\text{CaO}$ . Как видно из этих расчетов, в наиболее меланократовых породах рассчитывается содержание пироксенов и значительное количество магнетита, а в более глиноземистых содержание анортитового минала достигает 40 %. Кроме того, в богатых редкоземельными элементами породах рассчитывается корундовый минал (до 7,0 %).

На диаграмме химического состава  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ , по [4], (рис. 2) точки состава пород Анадольского рудопроявления расположились в полях от ультраосновных до кислых пород диаграммы, в основном в поле субщелочных образований, часть — на границе поля известково-щелочных пород. Какого-либо тяготения рассматриваемых образований к областям распространения составов сравниваемых гранитоидов комплексов Приазовья не наблюдается. Нет и тождественности с химическим составом пород анадольского комплекса, вмещающих породы оруденения (по данным Приазовской КГРЭ).

По данным бурения, как видно из петрографического описания пород, вмещающими породами служат гнейсы, плагиомигматиты и мигматиты. В них (химический состав приведен в табл. 1) и локализовано ортитовое оруденение явно наложенного характера.

В табл. 2 приведено содержание редких и редкоземельных элементов в породах Анадольского рудопроявления и в гранитоидах комплексов Приазовья.

По ряду элементов рассматриваемые породы Анадольского рудопроявления сравниваются с гранитоидами Приазовья на диаграмме рис. 3.

Определенное подобие по содержанию лития и циркония существует между рассматриваемыми породами и гранитами салтычанского комплекса. Но сравниваемые ортитоносные породы по отношению к салтычанским гранитам обладают резко повышенным содержанием иттрия при весьма высокой концентрации

легких лантаноидов. Пробы с резко повышенным содержанием суммы редкоземельных элементов, по данным химического анализа (сумма их колеблется от 0,21 до 5,6 %, а в наиболее богатых рудах составляет 19,3 % (табл. 1); по данным Приазовской КГРЭ среднее содержание  $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$  из 105 проб составляет 1,5 % (при колебаниях от 0,2 до 15—20 %) имеют содержание иттрия от 300 до 800 г/т (табл. 2), в то время как в гранитах салтычанского комплекса с аксессуарным ортитом сумма TR не превышает 500 г/т, по данным [17]. Сравнение спектра редкоземельных элементов, нормированных по хондриту, в ортитах Анадольского рудопроявления с результатом анализа ортита салтычанского комплекса, выполненное В.Н. Бельским [2], свидетельствует об их существенном различии. Глубокий европиевый минимум, характерный для ортита салтычанских гранитов, обычно объясняется перераспределением TR между ортитами и полевыми шпатами (полевошпатовое фракционирование). Этот эффект, очевидно, не проявлялся в процессе формирования Анадольского рудопроявления.

Флюорит-кварц-ортитовые породы — это высокотемпературные образования, т. к. исследование расплавных включений в ортите из вмещающих ортит пород Анадольского рудопроявления показало, что, согласно [3], температура кристаллизации материнского флюида изменялась от  $>850^\circ\text{C}$  (температура диссоциации ранней генерации алланита) до менее  $400^\circ\text{C}$  (поздняя генерация) и до  $170\text{—}140^\circ\text{C}$  (кварц). Давление по газовой-жидким включениям в кварце составляло  $\ll 30$  МПа. Температура включений —  $140\text{—}170^\circ\text{C}$ .

Согласно [12], характерная черта Анадольского рудопроявления — близкое соседство минеральных парагенезисов от реститов наиболее ранних силикатов РЗЭ — бритолита и церита — до криптокристаллических продуктов их разложения (гетита, кремнезема и бастнезита), что говорит о локальном характере воздействия флюидов, циркуляция которых осуществлялась по сети микротрещин. Устойчивая ассоциация гателита и торнебомита с выделениями пористых масс бастнезита и флюорита указывает на фтор-карбонатный характер позднего флюида.

В настоящее время авторам не известны генетические аналоги Анадольского (Тавловского) редкоземельного проявления.



В какой-то мере Анадолевское рудопроявление напоминает редкометалльные эпидот-кварцевые метасоматиты массива Халдзан-Бурэтэг в Монголии [1], но для последних характерна ассоциация TR с ниобием (фергусонит) и цирконием. Главные рудные минералы этих метасоматитов — ортит, фергусонит и чевкинит. Анадолевские существенно ортитовые породы имеют также некоторое сходство с богатыми ортитом (до 20—30 %), существенно пироксеновыми или амфиболовыми породами, нередко присутствующими среди фенитов или сиенитов черниговского карбонатитового комплекса [6]. Однако последние образуют маломощные тела и не представляют практического интереса.

Можно предположить, что ортитовые породы Анадолевского рудопроявления генетически связаны со субщелочными и щелочными породами протерозойского южнокальчикского комплекса. Их ортит (обычно анизотропный и ярко плеохроирующий) похож на одноименный минерал из пород Черниговского массива (фениты, сиениты, твейтозиты, карбонатиты), а также Южно-Кальчикского массива и Азовского месторождения. Однако, существенно цериевый состав TR, отчетливая анизотропия ортита, кристаллическое состояние бритолита, а также существенно углекислый состав флюидов наиболее удовлетворительно объясняются гипотезой о связи Анадолевского ме-

сторождения со щелочными породами и, вероятнее всего, со щелочно-ультраосновным (карбонатитовым) комплексом (черниговского типа). В исследуемых существенно цериевых рудах этого месторождения хондритномированный спектр подобный таковым в карбонатитах и сопровождающих их породах. Редкоземельные элементы Анадолевского месторождения отличаются существенно меньшим содержанием HREE и Y от состава редкоземельных элементов Азовского и Мазуровского месторождений [15, 16]. В Кальмиусской зоне разломов, где находится рудопроявление, на глубине предполагается наличие штока щелочных пород, на что указывает широкое распространение здесь фенитизированных образований [14].

По мнению [12], происхождение Анадолевского рудопроявления, скорее всего, связано с глубинными мантийными расплавами и сопровождающими их флюидами щелочного характера, следствием которых стало образование Азовского, Мазуровского месторождений и всех редкометалльно-редкоземельных рудопроявлений Восточного Приазовья, а также широкое развитие в регионе фенитизированных пород.

Анадолевское ортитовое рудопроявление — это первое вскрытое рудопроявление в серии выявленных зон щелочных метасоматитов Восточного Приазовья.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Г.В., Рупп Г.С. Редкометалльные эпидот-кварцевые метасоматиты массива Халдзан-Бурэтэг // Зап. Всерос. минерал. об-ва. — 1996. — Ч. 125, вып. 6. — С. 24—30.
2. Бельський В.М. Фізико-хімічні умови формування рідкісноземельної та ітрієвої мінералізації Приазов'я (за флюїдними включеннями в мінералах) : Автореф. дис. ... канд. геол. наук / Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України. — К., 2013. — 22 с.
3. Бельський В.М., Кульчицька Г.О., Возняк Д.К., Гречановська О.Є. Хімічний склад аланіту як індикатор флюїдного режиму формування Анадолевської "дайки" (Приазовський мегаблок Українського щита) // Мінерал. журн. — 2013. — 35, № 1. — С. 50—59.
4. Богати́ков О.А., Гоньшакова В.И., Ефремова С.В. Классификация и номенклатура магматических горных пород : Справ. пособ. — М. : Недра, 1981. — 159 с.
5. Волкова Т.П. Геолого-геохимические критерии оценки редкометалльных месторождений в щелочных комплексах Приазовья (Украинский щит) : Дис. ... д-ра геол. наук. — Киев, 2004. — 462 с.
6. Глевасский Е.Б., Кривдик С.Г. Докембрийский карбонатитовый комплекс Приазовья. — Киев : Наук. думка, 1981. — 228 с.
7. Кривдик С.Г., Седова Е.В. Тавловское (Анадолевское) редкоземельное рудопроявление Восточного Приазовья // Науч. тр. ДонНТУ. Сер. гор.-геол. — 2008. — № 7 (135). — С. 151—154.
8. Кульчицька Г., Возняк Д., Галабурда Ю., Бельський В., Остапенко С. Про умови утворення Анадолевської аланітової "дайки" (Східне Приазов'я) // Мінерал. зб. — 2012. — № 62, вип. 2. — С. 141—147.
9. Мельников В., Гречановська О., Юшин О., Вишневіський О., Стрекозов С. Мінеральні асоціації "ортитової дайки" та умови утворення Анадолевського рідкісноземельного рудопрояву Приазов'я // Мінерал. зб. — 2012. — № 62, вип. 2. — С. 128—140.
10. Панов Б.С., Ивантишин О.М., Кривонос В.П., Полуновский Р.М. Новое проявление акцессорной ортитовой минерализации в Приазовье // Докл. АН УССР. — 1991. — № 4. — С. 97—101.

11. Панов Б.С., Панов Ю.Б. Рудные формации Приазовской редкоземельно-редкометалльной области Украинского щита // Минерал. журн. — 2000. — 22, № 1. — С. 81—86.
12. Хоменко В.М., Вишневикий А.А., Стрекозов С.Н. Торнебомит и гателит Анадольского рудопроявления в Приазовье: первая находка в Украине // Минерал. журн. — 2013. — 35, № 4. — С. 32—43.
13. Хоменко В.М., Реде Д., Косоруков О.О., Стрекозов С.М. Бритолит, церит та бастнезит Анадольського рудопрояву (Східне Приазов'я) // Мінерал. журн. — 2013. — 35, № 3. — С. 11—26.
14. Шеремет Е.М., Кривдик С.Г., Седова Е.В. Редкометалльные граниты Украинского щита (петрология, геохимия, геофизика и рудоносность) / Под ред. А.Н. Пономаренко, А.В. Анциферова. — Донецк : Ноулидж, 2014. — 250 с.
15. Шеремет Е.М., Мельников В.С., Стрекозов С.Н., Козар Н.А., Возняк Д.К. Азовское редкоземельное месторождение Приазовского мегаблока Украинского щита (геология, минералогия, геохимия, генезис, руды, комплексные критерии поисков, проблемы эксплуатации) / Ред. А.Н. Пономаренко, А.В. Анциферов. — Донецк : Ноулидж, 2012. — 374 с.
16. Шеремет Е.М., Седова Е.В. Генетические аспекты редкометалльно-редкоземельного оруденения Южно-Кальчикского и Октябрьского комплексов Приазовья (Украинский щит) // Міжнар. конф. "Еволюція докембрійських гранітоїдів і пов'язаних з ними корисних копалин у зв'язку з енергетикою Землі і етапами її тектономагматичної активізації" (Київ. нац. ун-т, 4—6 берез. 2008 р.) : Зб. наук. пр. — К. : УкрДГРІ, 2008. — С. 169—177.
17. Шербаков И.Б. Петрология Украинского щита. — Львов : ЗУКЦ, 2005. — 366 с.

Поступила 25.07.2016

#### REFERENCES

1. Andreev, G.V. and Ripp, G.S. (1996), *Zap. Vseros. mineral. ob-va*, Ch. 125, Vyp. 6, Moscow, RU, pp. 24-30.
2. Belskyi, V.M. (2013), *Fiziko-khimichni umovi formuvannya ridkiszozemel'noi ta itrievoi mineralizatsii Priazov'ya (za flyuidnymy vkluchennyamy v mineralakh)*, Abstract of PhD dissertation, Kyiv, UA, 22 p.
3. Belskyi, V.M., Kulchytska, H.O., Voznyak, D.K. and Grechanovs'ka, O.Ye. (2013), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Kyiv, Vol. 35, No 1, pp. 50-59.
4. Bogatkov, O.A., Gon'shakova, V.I. and Efremova, S.V. (1981), *Klassifikatsiya i nomenklatura magmaticallykh gornnykh porod*, Sprav. posob., Nedra, Moscow, RU, 159 p.
5. Volkova, T.P. (2004), *Geologo-geokhimicheskie kriterii otsenki redkometal'nykh mestorozhdenii v shchelochnykh kompleksakh Priazov'ya (Ukrainskiy shchit)*, Thesis of D.Sc., Kiev, UA, 462 p.
6. Glevasskyi, E.B. and Kryvdik, S.G. (1981), *Dokembriyskiy karbonatitoviy kompleks Priazov'ya*, Nauk. dumka, Kiev, UA, 228 p.
7. Kryvdik, S.G. and Sedova, E.V. (2008), *Nauch. tr. DonNTU, Ser. gor.-geol.*, Donetsk, No 7 (135), UA, pp. 151-154.
8. Kulchytska, H., Voznyak, D., Galaburda, Yu., Belskyi, V. and Ostapenko, S. (2012), *Mineral. zb.*, Lviv, No 62, Vyp. 2, UA, pp. 141-147.
9. Melnikov, V., Grechanovska, O., Yushin, O., Vyshnevskiy, O. and Strekozov, S. (2012), *Mineral. zb.*, Lviv, No 62, Vyp. 2, UA, pp. 128-140.
10. Panov, B.S., Ivantishin, O.M. and Krivonos, V.P. (1991), *Dokl. AN USSR*, No 4, RU, pp. 97-101.
11. Panov, B.S. and Panov, Yu.B. (2000), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Kyiv, Vol. 22, No 1, pp. 81-86.
12. Khomenko, V.M., Vyshnevskiy, O.A. and Strekozov, S.N. (2013), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Kyiv, Vol. 35, No 4, pp. 32-43.
13. Khomenko, V.M., Rede, D., Kosorukov, O.O. and Strekozov, S.N. (2013), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Kyiv, Vol. 35, No 3, pp. 11-26.
14. Sheremet, E.M., Kryvdik, S.G. and Sedova, E.V. (2014), *Redkometal'nye granity Ukrainskogo shchita (petrologiya, geokhimiya, geofizika i rudonosnost')*, in Ponomarenko, O.M. and Antsiferov, A.V. (eds), Noulidzh, Donetsk, UA, 250 p.
15. Sheremet, E.M., Melnikov, V.S., Strekozov, S.N., Kozar, N.A. and Voznyak, D.K. (2012), *Azovskoe redkozemel'noe mestorozhdenie Priazovskogo megabloka Ukrainskogo shchita (geologiya, mineralogiya, geokhimiya, genezis, rudy, kompleksnye kriterii poiskov, problemy ekspluatatsii)*, in Ponomarenko, O.M. and Antsiferov, A.V. (eds), Noulidzh, Donetsk, UA, 374 p.
16. Sheremet, E.M. and Sedova, E.V. (2008), *Mizhnar. konf., Kyiv Nats. Univ., 4-6 berez. 2008 r.*, UkrDGRI, Kyiv, UA, pp. 169-177.
17. Shcherbakov, I.B. (2005), *Petrologiya Ukrainskogo shchita*, ZUKTS, L'viv, UA, 366 p.

Received 25.07.2016

Є.М. Шеремет <sup>1</sup>, С.Г. Кривдік <sup>1</sup>,  
С.М. Стрекозов <sup>2</sup>, О.В. Дубина <sup>1</sup>, Л.Д. Сетая <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення  
ім. М.П. Семененка НАН України  
03680, м. Київ-142, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34  
E-mail: EvgSheremet@yandex.ru

<sup>2</sup> Приазовська КГРЕ, КП "Південьукргеологія"  
85700, м. Волноваха, Донецька обл.,  
Україна, вул. Центральна, 20  
E-mail: ssss21161@gmail.com

#### ДО ПИТАННЯ ШОДО ГЕНЕЗИСУ АНАДОЛЬСЬКОГО РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНОГО РОДОВИЩА (УКРАЇНА)

Натепер є певна кількість публікацій щодо мінералогії Анадольського рідкоземельного родовища Анадольського рідкісноземельного родовища Східного Приазов'я Українського щита, де відсутня достатньо аргументована точка зору на його генезис. У цій статті викладено нові дані щодо петрологічних і геохімічних особливостей формування цього родовища, що дають змогу запропонувати нову, на наш погляд, гіпотезу стосовно його генезису. Істотно церієвий склад рідкісноземельних елементів, виразна анізотропія ортиту, кристалічний стан бритоліту, а також істотно вулекислий склад флюїдів найбільш задовільно пояснює гіпотеза про зв'язок Анадольського родовища з лужними породами і, найімовірніше, з лужно-ультраосновним (карбонатитовим) комплексом (чернігівського типу). Походження Анадольського рудопроаяву, швидше за все, пов'язане з глибинними мантійними флюїдами лужного характеру, наслідком яких є формування Азовського рідкісноземельного, Мазурівського рідкіснометалево-рідкісноземельного родовищ і всіх рідкіснометалево-рідкісноземельних рудопроаявів Східного Приазов'я, а також широке розповсюдження у регіоні фенітизованих порід. Анадольський ортитовий рудопроаяв є першим розкритим рудопроаявом у серії виявлених зон лужних метасоматитів Східного Приазов'я.

*Ключові слова:* лужні метасоматити, рідкіснометалево-рідкісноземельні, хімічний склад, Східне Приазов'я, Анадольський ортитовий рудопроаяв.

E.M. Sheremet <sup>1</sup>, S.G. Kryvdik <sup>1</sup>,  
S.N. Strekozov <sup>2</sup>, O.V. Dubyna <sup>1</sup>, L.D. Setaya <sup>1</sup>

<sup>1</sup> M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy  
and Ore Formation of the NAS of Ukraine  
34, Acad. Palladin Av., Kyiv-142, Ukraine, 03680  
E-mail: EvgSheremet@yandex.ru

<sup>2</sup> Priazov KGREKP "Pivdenukrgeology"  
20, Central Str., Volnovaha, Donetsk region, Ukraine, 85700  
E-mail: ssss21161@gmail.com

#### ON GENESIS OF RARE-EARTH ANADOL ORE OCCURRENCE (UKRAINE)

In spite of the great number of publications concerning mineralogy of the Anadol rare-earth deposit of East Azov region of the Ukrainian Shield, there is no a well-reasoned point of view as to its genesis. This article contains new information as to petrology and geochemical features of forming deposits, which allows making the following conclusion about its genesis. Substantially cerium composition of rare-earth elements, distinct anisotropy of orthite, crystalline state of britholite, and also substantially of CO<sub>2</sub>-rich fluids most satisfactorily explained a hypothesis about connection of Anadol deposit with alkaline rocks and, probably, with alkaline-ultrabasic rocks (carbonatites) complex (Chernihivka type). The origin of the Anadol ore occurrence is probably related to deep fluids of the mantle of alkaline character; that resulted in formation of the Azov rare-earth elements and Mazurivka rare and rare-earth elements of the deposit and all occurrences of rare and rare-earth element ores within the limits of the East Azov region, and also wide distribution of fenitized rocks. The Anadol orthite ore occurrence is the first exposed one in the series of discovered zones in alkaline metasomatites within the limits of the East Azov region of the Ukrainian Shield.

*Keywords:* alkaline metasomatic rocks, rare-metal–rare-earth, chemical composition, East Azov region, Anadol orthite ore occurrence.