

УДК 553.069 (477.62)

ПЕРСПЕКТИВНА ОЦІНКА ПРОЯВІВ РІДКІСНИХ ЗЕМЕЛЬ У СХІДНОМУ ПРИАЗОВ'Ї ТА ПІВДЕННОМУ ДОНБАСІ

Корєнєв В. В., Стрекозов С. М.

(Приазовська КГП КП «Південукргеологія, м. Волноваха, Україна)

Козар М. А.

(КП «Південукргеологія, м. Дніпропетровськ, Україна)

Рассмотрены наиболее перспективные группы проявлений редкоземельного оруденения в пределах Восточного Приазовья и Южного Донбасса. Дана их краткая характеристика и показана возможность дальнейшего развития минерально-сырьевой базы Украины.

The most promising groups of rare-earth mineralization manifestations within East Priazovie and South Donbass are considered. Their brief description is given and possibility for further development of Ukraine mineral resources base is shown.

Сучасна промисловість застосовує рідкісні землі у більш ніж 100 областях народного господарства. Більша частина РЗЕ використовується у вигляді сумішних з'єднань, оксидів (РЗО), мішметалу, каталізаторів при крекінгу нафти, при виробництві особливих сортів скла і кераміки, а також у металургії. На початок 90-х рр. минулого століття на ці види промисловості приходилось понад 95 % сумарного споживання РЗЕ.

На сьогодні в Україні руди рідкісноземельних металів не видобуваються і потреби в РЗО задовольняються за рахунок імпорتنих поставок.

У Східному Приазов'ї роботами різних років виявлені та вивчені чисельні геохімічні аномалії та прояви рідкісних земель.

Найбільш вивченими є Азовське і Петрово-Гнугівське родовища, деякі монацитвміщуючі розсипи.

З метою нарощування мінерально-сировинної бази рідкісних земель, починаючи з 2006 р., Приазовською КГП КП «Південукргеологія» проводяться ревізійні роботи по оцінці рідкісноземельних об'єктів у центральній та східній частинах Українського щита. Аналізуючи результати проведених робіт, а також літературні дані, на сьогодні у Східному Приазов'ї можна виділити деякі групи проявів рідкісноземельного зруденіння, які, на нашу думку, є найбільш перспективними для виявлення нових родовищ РЗЕ.

Гідротермально-метасоматична генетична група, представлена Анадольським рудопроявом.

Анадольський рудопрояв рідкісних земель розташований на правому березі б. Тавла, в 2,5-3,0 км на північний схід від с. Анадоль Волноваського району Донецької області. В структурному плані район рудопрояву знаходиться в межах Приазовського блоку Українського щита та приурочений до Анадольського масиву гранітоїдних порід.

В геологічній будові району робіт приймають участь утворення верхньотокмацької товщі західно-приазовської серії, темрюцької світи центрально-приазовської серії, породи анадольського комплексу і дайкового комплексу та відклади четвертинної системи [1, 2].

Породи темрюцької світи (AR_{3tm}) у межах району робіт розповсюджені у вигляді ксенолітів розміром до перших сотень метрів. Тут переважають гнейси біотитові, біотит-амфіболові, біотит-гранат-амфіболові та кристалосланці піроксенові, двопіроксенові, амфібол- та гранатвміщуючі. Також відмічаються прошарки (до 5-12 м) кварцитів польовошпатових та лінзи (до 0,5 м) кальцифірів та діопсидитів. Всі різновиди ксенолітів в тому чи іншому ступені гранітизовані: розсічені жилами гранітів анадольського комплексу.

Породи верхньотокмацької товщі (AR_{3vt}) розвинуті у вигляді смуги субширотного простягання шириною 50-250 м. Тут переважають плагіомігматити і мігматити сірі, рожево-сірі, середньозернисті, нечіткосмугасті до масивних, з реститами біотито-

вих гнейсів. Потужність порід верхньотокмакської товщі перевищує 260 м.

Породи анадольського комплексу (PR_{1an}) розповсюджені по всій площі району робіт. У складі комплексу об'єднані поширені двопольовошпатові гранітоїди, біотитові, лейкократові, масивні, гнейсовидні, та мігматити біотитові, амфібол-біотитові, тіньові, смугасті. Вік гранітоїдів комплексу, встановлений різними методами, коливається від 1750 до 2100 млн р.

Породи дайкового комплексу (PR₃) досить поширені у межах досліджуваної площі, що обумовлено наявністю великих розломів. Вони представлені дайковими тілами діабазів, діабазових порфіритів, лампрофірів, приуроченими до розривних порушень. Потужність дайкових тіл становить перші метри. Вік порід комплексу, встановлений різними методами, коливається від 1400 до 1600 млн р.

Породи кристалічного фундаменту перекриваються четвертинними відкладами (Q), представленими ґрунтово-рослинним шаром, суглинками палево-бурими, жовто-бурими, рідко – супісками. Потужність четвертинних відкладів – до 1,7 м.

Розривні порушення представлені зоною мілонізації та дроблення порід, що розтинає ділянку з північного заходу на південний схід (простягання 335-340°). Також присутні розриви північно-східного та субмеридіонального простягання. Частина з них припускається за геофізичними даними.

Зона мілонізації (потужність 30-60 м) субвертикальна, або круто (85°) падає у південно-західному напрямку, вміщує дайки лампрофірів та перекривається четвертинними відкладами.

Породи кристалічного фундаменту вміщують рудне тіло та навколорудні метасоматити, які утворюють продуктивну зону, що перетинає зону мілонізації та дайки лампрофірів.

На виклинцюванні та у контактах рудного тіла розвинуті лужні метасоматити, представлені польовошпатовими метасоматитами, окварцованими та епідотизованими плагіомігматитами і калішпатизованими гранітами. Потужність змінених порід 0,5-4,0 м. Часто метасоматити також містять ортитову мінералізацію, яка має вигляд різнонаправлених тонких розсічок та про-

жилків потужністю до перших міліметрів. Структура метасоматитів гетерогранобластова, пойкилітобластова.

Рудне тіло жильного типу, суттєво ортитового складу, простежено гірничими виробками поблизу із зоною мілонітів. Протягання рудного тіла $310-325^\circ$, на флангах напрямок змінюється на субмеридіональний ($330-350^\circ$). Падіння похиле – $21-49^\circ$ на південь-захід.

У всіх канавах розкритий тільки один рудний перетин. На глибині основне рудне тіло, як правило, супроводжується субпаралельними жилками меншої потужності.

Рудне тіло перетинає зону мілонітизації та розташовані в ній дайки лампрофірів. Контакти рудного тіла чіткі, слабо звивисті, вміщуючі породи зазвичай метасоматично змінені. Рудна порода чорна, смолисто-чорна з буроватим відтінком, середньокрупнокристалічної структури, масивної, плямисто-смугастої, грубо- та тонкосмугастої текстури. Характерною є значна мінливість текстурно-структурних особливостей і розмірів мінеральних агрегатів.

У деталізаційному блоці гірничими виробками рудне тіло простежене на 220 м по простяганню та на 419 м по падінню та розбурене свердловинами до абсолютної відмітки -5 м. Відстань між виробками 12-60 м по простяганню рудного тіла та 51-154 м по падінню. Потужність рудного тіла коливається від 0,45 до 2,04 м, середня – 0,99 м. Місцями всередині рудного тіла спостерігаються релікти вміщуючих порід розміром від перших міліметрів до 1 м. Середній вміст суми триоксиду рідкісних земель (РЗЕ) по ортититовій жилі становить 6,863 %, максимальний сягає 19,4 %. Руди дуже багаті, жильного типу.

За наявними даними, Анадольський рудопрояв відноситься до гідротермально-метасоматичної генетичної групи, до рудної формації рідкісноземельних метасоматитів.

Головним мінералом-концентратором РЗЕ є ортит, який концентрує близько 97 % суми РЗЕ і поширений як в масивних, так і в смугастих різновидах рудного тіла. Крім ортиту, встановлені церит та бастнезит, а також стронційвміщуючий різновид фторапатиту, які також містять РЗЕ.

Ортит – найбільш розповсюджений рідкісноземельний силікат метасоматитів (10-100 % від обсягу рудної породи), представлений, як і більшість мінералів, декількома генераціями. Ортит складає суцільні ділянки, представлені агрегатами витягнутих кристалів, які мають темний, переважно бурий колір. Середні розміри кристалів 0,5×1,5 мм. У місцях перекристалізації суцільні виділення ортиту представлені крупнішими кристалами (перші міліметри), у кварцових прожилках спостерігаються витягнутопризматичні кристали розміром до 1,5 см. Для суцільних мас ортиту характерні центричні структури, обумовлені розвитком віялоподібних зростків кристалів ортиту.

За даними селективного аналізу РЗЕ хімічним методом (середнє з 4-х визначень), виконаного у УДІМРі (м. Сімферополь), отримані такі вмісти РЗЕ (в процентах від загальної суми): лантан – 22,4; церій – 50,02; неодим – 20,5; празеодим – 4,22, самарій – 1,65; європій – 0,2; ітрій – 0,1; ітербій – 0,07; інші РЗЕ – 0,84. Вміст РЗЕ церієвої (легкої) групи становить 97,14 %, РЗЕ ітрієвої групи – 2,86 %.

За результатами цих аналізів визначаємо, що РЗЕ Анадоцького рудопрояву представлені суттєво церієвою групою: коефіцієнт Солодова (TR_{Ce}/TR_{Y}) становить 34 [3].

За геохімічними даними було встановлено, що із збільшенням вмісту РЗЕ у рудному тілі закономірно збільшується вміст таких елементів, як Pb, Mn, Bi, Be, Nb, Mo, Sn, Sr, Zn, Ag, Cd та закономірно зменшується вміст V, Ga, Cr, Co. Але концентрації інших компонентів (навіть Pb, який іноді обумовлює розсіяну галенітову мінералізацію) не досягають промислових значень і практичного значення не мають.

Іонна генетична група. Представлена двома формаціями: ітрієвоземельна в корах вивітрювання по алюмосилікатних породах та ітрієвоземельна в глинистих породах серед карбонатних порід.

Ітрієвоземельна формація в корах вивітрювання по алюмосилікатним породам представлена Стародубівським рудопроявом.

Стародубівський рудопрояв РЗЕ розташований в Першотравневому районі Донецької області, в 1,6 км на захід від с. Червона Україна та у 8,8 км на схід від с. Стародубівка.

В структурному відношенні Стародубівський рудопрояв РЗЕ приурочений до невеликого (2,5 × 1,5 км) масиву рожевих метасоматичнозмінених гранітів. Масив знаходиться в узлі перетину двох потужних тектонічних зон північно-східного та північно-західного простягань. Вони фіксуються розвитком процесів грейзенізації та альбітизації порід, які тяжіють до тектонічних порушень, переважно північно-західного простягання, тріщинуватих зон і розломів, що опіряють ці тектонічні структури.

У межах рудопрояву, в корінних породах і зоні кінцевих і, частково, проміжних продуктів вивітрювання, відкартовано площі, які містять концентрації РЗЕ, вищі за 0,05 %.

Ділянки з рідкісноземельною мінералізацією в корінних породах не утворюють витриманих по падінню та простягання аномальних зон, рудних тіл, мають вкрай нерівномірний розподіл корисних компонентів і невисокий вміст ітрію – до 0,05 %. Підвищена концентрація РЗЕ в корінних породах пов'язана з альбітизованими і грейзенізованими різновидами гранітів. Рідкісноземельна мінералізація в гранітах Стародубівського масиву представлена бастнезитом, колумбітом, ітроциртолітом.

Перспективною на РЗЕ є глиниста кора вивітрювання порід, де накопичились більші порівняно з корінними породами вмісти РЗЕ, переважно ітрієвої групи.

У масиві виділено дві перспективні ділянки, пов'язані з лінійно-площинними за морфологією корама вивітрювання та три ділянки, що характеризують розвиток плащеподібних кор вивітрювання.

Найкраще вивчено перспективну площу № 1, відкартовану переважно за даними спектрального аналізу глинистої зони кори вивітрювання в 14 свердловинах, зосереджених у відносно вузькій тектонічній зоні північно-західного простягання. Параметри зони – 1250 × 150 × 14,2 м.

Виділене за результатами хімічного аналізу рудне тіло найкраще вивчене свердловиною № 0314 у південно-східній частині рудної зони. Свердловина розкрила лінійну кору вивітрювання

метасоматично змінених гранітів, представлену (зверху-вниз) структурною каоліновою зоною, яку змінюють інтенсивно каолінізовані граніти проміжної зони кори вивітрювання. Середня потужність тіла складає 20,2 м, в т.ч. потужність зони кінцевих продуктів вивітрювання – 8,0 м.

Проведені по керну свердловини № 0314 аналітичні дослідження показали, що в гранітному масиві утворилась глиниста кора вивітрювання із сорбованими РЗЕ переважно ітрієвої групи. Руди багаті. Середній вміст суми РЗЕ по перетину виробки сягає 0,79 %, при звичайних значеннях 0,46-1,29 %. Вміст оксидів суми РЗЕ та оксиду ітрію в одній детально вивченій пробі сягають відповідно 0,89 % та 0,427 %, частка Y_2O_3 – близько 48 %.

По пробах С-2, Ст-0314 та Аз-25 були виконані детальніші дослідження (ВНІХТ, м. Москва). Ці проби були скомпоновані з керну кори вивітрювання гранітів з рудним вмістом РЗЕ. Результати досліджень наведені нижче (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Спектр РЗЕ в рудах Стародубівського прояву (у відносних процентах від суми РЗЕ, прийнятої за 100 %)

№ проби	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
С-2	8,5	21,3	3,9	21,0	8,4	1,1	8,8
Ст-0314	8,0	13,9	4,1	17,6	5,5	0,7	8,4
№ проби	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
С-2	2,2	11,2	1,8	5,7	0,92	4,5	0,68
Ст-0314	1,7	13,1	2,2	9,4	1,50	11,9	2,00

Виконано хімічний та мінералогічний аналізи проби Аз-25. За результатами хімічного аналізу встановлений такий вміст компонентів, (у процентах): SiO_2 – 47,8, TiO_2 – 4,18, Al_2O_3 – 21,07, Fe_2O_3 – 6,11, FeO – 0,1, MnO – 0,03, CaO – 1,98, MgO – 0,99, Na_2O – 0,88, K_2O – 1,44, P_2O_5 – 0,39, $S_{общ}$ - <0,1, U – 0,0024, п.п.п. – 14,24, H_2O – 8,26, C - <0,05, $CaCO_3$ – 0,26, CaF_2 – 0,64, $\sum TR_2O_3$ – 0,89.

Таблиця 2

Характеристика спектру РЗЕ в рудах Стародубівського прояву

№ пп	№ проби	∑(La- Nd)	∑(Sm- Ho)	∑(Er- Lu)	Y ₂ O ₃	∑TR ₂ O ₃	Y ₂ O ₃ / ∑TR ₂ O ₃
		Відносні %			Абсолютні %		
1	С-2	54,7	33,5	11,8	0,012	0,04	30,0
2	СТ-0314	43,6	31,6	24,8	0,43	0,94	45,74

Вміст РЗЕ церієвої групи 43,6-54,7 %, РЗЕ ітрієвої групи – 45,3-56,4 %. Рідкісні землі Стародубівського прояву представлені суттєво ітрієвою групою – відношення ітрію до суми РЗЕ становить 30-46.

Руди мають алюмосилікатну основу. За мінеральним складом основну масу проби (88 %) складають глинисті мінерали: каолініт, монтморилоніт – 54,94 % та слюдисті – гідрослюда, мусковіт, серицит – 33,5 %.

Рідкісні землі зв'язані з фторкарбонатами групи бастнезита і, частково, знаходяться в розсіяному і сорбованому виді у глинистій фракції руди.

Ітрієвоземельна формація в глинистих породах серед карбонатних порід представлена проявами РЗЕ в межах Південного Донбасу.

Роботами останніх років у зоні зчленування Донбасу з Приазовським блоком УЩ встановлено ряд проявів РЗЕ. Рідкісноземельне зруденіння приурочене до глинистих порід, що залягають серед карбонатних порід нижнього карбону. Раніше ці глинисті породи відносили до палеоген-неогенових відкладів, що заповнюють карстові порожнини карбонатних порід. Останні роботи показали, що ці породи утворились в результаті гідротермальної діяльності під час тектонічної активізації [4, 5].

Продуктивною зоною, що контролює розташування рудовміщуючих аргілізитів, є зона тектонічного меланжу, розвинута у вигляді широких повздовжніх смуг майже цілком дезінтегрованих порід. Зони меланжу в насувах простягаються на відстань від перших кілометрів до десятків кілометрів у субширотному напрямку і мають ширину 0,5-3,5 км та більше.

Рудовміщуючими породами є аргілізити – глинисті породи,

простежені у вигляді тіл неправильної форми з чіткими геологічними границями. Вони представлені чорними, темно-сірими, сірими, білими, жовто-сірими та бурими різновидами з уламками карбонатних та кременистих порід. Рудні тіла характеризуються досить різноманітною текстурою дислокацій (плойчасті, брекчієві, смугасті), часто зім'яті у різноманітні складки. Потужність рудних тіл в межах рудопрояву коливається від перших сантиметрів до перших десятків метрів. Розташування аргілізитів у розрізі теригенно-карбонатних порід дуже нерівномірне. Вміщуючі карбонатні породи на контактах з аргілізитами часто вилужені до карбонатної «сипучки».

Аргілізити у зоні зчленування Донбасу з Приазовським блоком УЩ розвинуті досить широко. Основним їх породоутворюючим мінералом є каолінит, також у невеликих кількостях відзначені сульфіди (в основному пірит), кварц та ін. Вивчалися особливості структури каолініту з теригенно-карбонатних порід району. В теригенних прошарках, складених вуглецевистими кременисто-глинистими сланцями і алевролітами, в результаті метасоматичних процесів поширені каолінит, хлорит, гідрослюда (іліт, алюмоселадоніт). Для каолініту важливим структурно-генетичним показником є ступінь досконалості структури, яка визначається взаєморозташуванням шарів і залежить від зовнішніх умов мінералоутворення, від відповідності фізико-хімічних параметрів середовища межах стійкості структури мінералу, а також епігенетичних змін (у тому числі і механічних деформацій). Каолініти утворюють безперервний ряд від різновидів з досконалою структурою і триклінною елементарною коміркою до недосконалих за структурою різновидів, в яких через зсув шарів, комірка в середньому є моноклінною. У проаналізованих зразках каолініту за ступенем упорядкованості виявлено обидва типи каолініту.

Чорні різновиди аргілізитів характеризуються високим вмістом органічної речовини. За даними фазового аналізу (лабораторія ІГМР НАН України, аналітик Красюк О. П.) вміст $C_{\text{орг}}$ у цих породах сягає 14 %. За даними силікатного аналізу цієї ж лабораторії встановлено такий вміст компонентів (у процентах): SiO_2 – 35,27, TiO_2 – 0,56, Al_2O_3 – 17,01, Fe_2O_3 – 10,58, FeO – 1,57, MnO –

0,02, MgO – 1,23, CaO – 1,85, Na₂O – 0,31, K₂O – 1,55, P₂O₅ – 0,21, H₂O⁻ – 2,29, п.п.п. – 23,02, SO_{3заг.} – 7,53.

За даними хімічного аналізу вміст суми триоксиду РЗЕ земель по аргілізитах сягає 1,03 %.

За даними мінералогічного аналізу (лабораторії КВ УкрДГ-РІ, ІГМР НАН України, Приазовської КГП), мінералів-концентраторів РЗЕ не виявлено, тобто ці елементи знаходяться у сорбованому глинистими мінералами стані, що було підтверджено додатковими аналітичними дослідженнями.

За даними селективного аналізу РЗЕ хімічним методом, виконаного у лабораторії КВ УкрДГРІ (м. Сімферополь), отриманий такий вміст РЗЕ (в процентах від загальної суми): лантан – 22,79; церій – 14,36; неодим – 27,34; празеодим – 2,28, самарій – 1,44; європій – 0,73; гадоліній – 1,44; діспрозій – 0,91; ітербій – 1,37; ітрій – 27,34. Вміст РЗЕ церієвої (легкої) групи становить 66,77 %, РЗЕ ітрієвої (середньої, важкої та власне ітрій) групи – 33,23 %.

За результатами цих аналізів визначаємо, що РЗЕ Жоголівського рудопрояву представлені суттєво ітрієвою групою: коефіцієнт Солодова (TR_{Ce}/TR_Y) становить 2 [3].

За геохімічними даними було встановлено, що із збільшенням вмісту РЗЕ у рудних тілах закономірно збільшується вміст таких елементів, як Sc, Be, Li, Sr, Co, Ni, Nb, V, Zr, Mn, та закономірно зменшується вміст Mo, Ag, Bi, W, Pb, Sn, Ba, Ge, Zn. Але концентрації інших компонентів не досягають промислових значень і практичного значення не мають.

Розглянуті групи проявів рідкісноземельного зруденіння є дуже різноманітними за геологічною будовою, генетичними особливостями та структурним контролем зруденіння. Вони характеризуються промисловим вмістом РЗЕ, певними параметрами розповсюдження продуктивних зон і є досить перспективними для вивлення нових промислових об'єктів. Більша частина цих рудопроявів була виявлена ще наприкінці минулого століття, але деякі з них виявлені роботами останніх років, що свідчить про можливість подальшого нарощування мінерально-сировинної бази України.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Металеві та неметалеві корисні копалини України / Д. С. Гурський, С. В. Нечаєв, В. І. Калінін та ін. - Київ-Львів.: 2005. - Т. 1, 459 с.
2. Геологічна будова та особливості зруденіння Анадольського рудопрояву рідкісноземельних елементів (Східне Приазов'я) / С. М. Стрекозов, В. В. Корєнєв, М. А. Козар // Актуальные проблемы геологии, прогноза, поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых / Судакские геологические чтения. – К.: 2010. - С. 156-157.
3. Усова Ю.Т., Солодов Н.А. Формационно-парагенетические типы месторождений иттрия и иттриевых лантаноидов. - М.: 1989. – 48 с.
4. Метаморфические и метасоматические комплексы Приазовья и Южного Донбасса / С. В. Горяйнов, В. В. Корєнєв. и др. – Харьков.: 2009. – 304 с.
5. Юдин В.В. Геодинамика Южного Донбасса. - К.:, 2003. – 92 с.