

УДК 553.493.5(477)

В. Загнітко, д-р геол.-мін. наук, проф.
E-mail: zagnitkow@i.ua,В. Михайлов, д-р геол. наук, проф.
E-mail: vladvam@gmail.comКиївський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна,С. Кривдік, д-р геол.-мін. наук, проф.
E-mail: kryvdik@ukr.net,В. Сидорчук, пров. інж.
E-mail: sydvit@gmail.comІнститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України
Пр. Акад. Палладіна, 34, м. Київ, 03680, Україна

ГЕНЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА РЕСУРСИ РІДКІСНОМЕТАЛЕВИХ РОДОВИЩ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. С.Є. Шнюковим)

Рідкісні метали є важливою складовою світової економіки. Україна володіє розвинутою мінерально-сировинною базою рідкісних металів, але жоден з її об'єктів наразі не розроблюється, що спричиняє збитки народному господарству країни. Майже всі відомі ендегенні родовища рідкісних металів Українського щита (Zr, Nb, Ta, TR, Sr, Li, Be, Rb тощо) генетично пов'язані з комплексами палеопротерозойських (1,7–2,1 млрд років) лужних порід, карбонатитів та пегматитів. Більшість цих родовищ відносять до відомих традиційних типів, проте вони мають низку специфічних і навіть унікальних мінералогічних, геохімічних та петрологічних особливостей. Окрім того, в цьому регіоні відкрито нові типи родовищ, які не відомі на інших докембрійських щитах (зокрема сильно збагачені Zr та TR безнефелінові сієніти, петалітові пегматити, U-Sc-V метасоматити, гентгельвінові родовища Be та інші). Завданням цієї статті було показати особливості і перспективність рідкіснометального зруденіння Українського щита (УЩ), оцінити ресурси рідкісних металів за так званим коефіцієнтом унікальності, який вираховується як відношення прогнозних ресурсів елементів до їх кларку в земній корі. На території УЩ за ресурсами ніобію гігантським родовищем можна вважати Чернігівське (Новополтавське); крупними – Ожгарське та Яструбецьке; цирконію: гігантським – Яструбецьке, середніми – Чернігівське, Ожгарське, Азовське; рідкісних земель: крупними – Чернігівське та Яструбецьке, середніми – Ожгарське і Азовське; танталу: крупними – Чернігівське та Ожгарське; стронцію: крупним – Чернігівське; літію: середнім – Полохівське родовище в петалітових пегматитах; скандію: крупним – Жовторіченське. Такий підхід буде сприяти об'єктивності оцінки рівня інвестиційної привабливості цих родовищ. Разом з тим, більшість із рудних об'єктів є комплексними, тому інвестиційну привабливість можуть мати навіть середні та дрібні за розмірами родовища, враховуючи добре розвинуту інфраструктуру та наявність гірничодобувних та переробних підприємств на території УЩ.

Ключові слова: рідкісні метали, родовища, ресурси, коефіцієнт унікальності.

Постановка проблеми. Рідкісні метали мають стратегічне значення для сучасних галузей світової економіки, враховуючи різке зростання попиту і використання у новітніх ІТ та інших технологіях, атомній та реактивній техніці, металургії, електроніці, радіотехніці, електротехніці тощо. Родовища рідкісних металів широко відомі і розробляються у всьому світі (Маунтин-Пасс, Грін-Кав-Спрингс в США, Баян-Обо, Гвангдонг, Хунту, Лонгнан в Китаї, Стрейндж-Лейк в Канаді, Буена-Норте в Бразилії, Фонг-Тхо у В'єтнамі, Стинкемпскрааль в ПАР, Конголон, Мобаз, Келеман в Мозамбіку та ін.). Україна володіє достатньо розвинутою мінерально-сировинною базою (МСБ) рідкісних металів, але жодний об'єкт на сьогодні не підготовлений до промислового освоєння і не розробляється. Залучення об'єктів МСБ рідкісних металів України до промислового освоєння є одним з актуальних і нагальних питань геологорозвідувальної галузі нашої країни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Питанням МСБ рідкісних металів України присвячена значна кількість наукових досліджень [3, 4, 6, 15, 16, 19 і багато інших]. В цих роботах розглянуто особливості геологічної будови, складу, мінералогії та геохімії відомих проявів і родовищ рідкісних металів України, показано їх важливе геолого-економічне значення для економіки нашої країни. Але треба мати на увазі, що хоча Український щит (УЩ) і є перспективною рідкіснометалевою провінцією світу, але в багатьох відношеннях – незвичною. Перш за все, це визначається тим, що всі ендегенні родовища і переважно більшість рудопроявів рідкісних металів генетично пов'язані з протерозойськими (1,7–2,1 млрд р.) інтрузивними комплексами. Останні представлені лужними та сублужними породами, карбонатитами, гранітоїдними пегматитами. В більшості випадків руди рідкісних металів залягають безпосередньо в магматичних породах (тобто мають магматичний генезис). Меншою мірою

вони пов'язані з метасоматитами, які супроводжують рудоносні магматичні породи.

Не дивлячись на те, що більшість відомих родовищ рідкісних металів УЩ належать до традиційних типів, які пов'язані з нефеліновими та лужними сієнітами, карбонатитами та лужними гранітами, вони мають багато специфічних особливостей. Це дозволяє говорити про їх неповторність (за своїм мінеральним складом та деякими геохімічними і петрологічними особливостями). Зокрема, останнім часом в межах УЩ відкрито деякі родовища рідкісних металів, які не мають світових аналогів (сильно збагачені Zr та TR сієніти; скандієносні лужні метасоматити тощо).

Формулювання цілей статті. Завданням цієї статті було показати особливості і перспективність рідкіснометального зруденіння УЩ, оцінити ресурси рідкісних металів за так званим коефіцієнтом унікальності, який вираховується як відношення прогнозних ресурсів елементів до їх кларку в земній корі.

Характеристика родовищ, пов'язаних з лужними комплексами.

Карбонатити Чернігівського комплексу (Приазов'я) відкриті понад 30 років тому і добре вивчені [5, 27]. Родовище рідкіснометалевих, але загалом небагатих руд, пов'язане з карбонатитами цього комплексу, належить до найбільшого в межах УЩ за ресурсами. Ці карбонатити розглядаються як комплексні руди на апатит та рідкісні метали. Під час їх розробки супутньо можуть також вилучатися молібденіт, ільменіт, флогопіт, карбонати.

За мінеральним складом виділяються декілька типів карбонатитів, серед яких переважають доломіт-кальцитові різновиди (від доломітовмісних кальцитових до майже повністю доломітових) з олівіном та флогопітом (бефорсити). Їм підпорядковані кальцитові карбонатити з біотитом, флогопітом, піроксенном, Na-Ca-амфіболом, олівіном (совіти, альвікіти). Карбонатити Чернігівського комплексу

містять, як правило, близько 10 % апатиту, а деякі різновиди, зокрема, бейфорсити, в північній частині масиву нерідко супроводжуються такими багатими апатитом (інколи разом з магнетитом) породами, як фоскорити, де вміст апатиту сягає 20–80 %. Такі рідкісні метали як Nb, Ta, Zr розподілені досить нерівномірно. Карбонатити північної та центральної частин комплексу в більшості випадків є рудами Nb, Ta та TR. В той же час, аналогічні породи південної частини загалом збіднені Nb (нерідко до 10–50 ppm) при дещо вищому загальному вмісті фосфору. Середній вміст Nb в карбонатитах не перевищує 300–600 ppm [13, 27]. Наведені в літературі [3, 11] досить високі концентрації рідкісних елементів (0,1–0,3 % Nb; 0,5–1,0 % TR) в карбонатитах стосуються, очевидно, саме північної частини цього комплексу.

Карбонатити, як це і властиво цим породам, збагачені стронцієм (в середньому біля 1 %), хоча неоднорідність спостерігається в розподілі і цього елемента (його вміст значно вищий в північній частині комплексу, де інколи в бейфорситах досягає 3–4 %) [13]. При цьому спостерігається позитивна кореляція між вмістом стронцію та рідкісних земель.

Характерним рідкісноземельним мінералом карбонатитів (особливо бейфорситів) є практично безторієвий (0,23 %) монацит. Інші власне рідкісноземельні мінерали карбонатитів, крім монациту та згаданого вище Се-фергусоніту – це ортит, бурбанкіт, анкіліт. Проте ці мінерали мають підпорядковане значення. Звертає на себе увагу відсутність в цих карбонатах з порівняно високим вмістом рідкісних земель таких мінералів, як бастнезит, паризит, синхізит тощо. До того ж в карбонатитах відсутній флюорит, незважаючи на досить високий вміст фтору в апатиті (до 3,2 % F), слюдах (до 2,7 %) та амфіболах (до 1,4 %).

Значна частина рідкісних земель розсіюється в апатиті (0,7–1,5, інколи до 7 % TR₂O₃) та породоутворювальних карбонатах (до 0,7 % TR₂O₃ в кальциті). В останньому також зосереджується основна маса стронцію (до 5,8 % в кальциті та до 2,2 % в доломіті) [13]. Практичний інтерес, як і у всіх карбонатитах, представляють кори вивітрянання, в яких концентрується колумбіт та частково апатит. Потужність кори вивітрянання в окремих ділянках, приурочених до зон розломів, сягає 300 м [3]. Крім карбонатитів, рудними породами в ме-

жах Чернігівського комплексу можуть бути також лужні піроксеніти з ільменітом, а також феніти. В останніх вміст Nb₂O₅ становить 0,15–0,37 %, а цирконію – до 0,7–1,0 % [13]. Рудні мінерали представлені колумбітом, пірохлор-гатчетолітом та цирконом.

Карбонатити та карбонатитоподібні породи відомі також в інших лужних масивах УЩ (Октябрський, Малотерсянський, Проскурівський, Покрово-Київський) [13, 26, 27] (Рис. 1). Хоча це здебільшого малопотужні тіла, які не мають практичного значення, сама їх наявність та діагностика в них рідкісноземельних та ніобієвих мінералів може свідчити про перспективність території УЩ на виявлення родовищ рідкісних елементів та апатиту, подібних до Чернігівського.

До карбонатитів, на нашу думку, належать кальцитові дайки та жили з егірином та апатитом, які були виявлені вперше одним із авторів у Хлібодарівському кар'єрі [3]. Хлібодарівський кар'єр розташований на захід від Октябрського масиву. В кар'єрі переважають породи чарнокітової серії, які перетинаються гранітами, дайками камптонітів і кальцитовими жилами (дайками). Переважають плагіоклазові (ендербітові) різновиди чарнокітів. В чарнокітах зустрічаються ксеноліти двопіроксенових кристалосланців.

Про карбонатитову природу цих карбонатних утворень свідчать: високий вміст стронцію (1–3 %), підвищений – рідкісних земель, наявність таких характерних мінералів карбонатитів, як апатит, пірохлор, монацит, ізотопно-геохімічні дані. Однією із ознак наявності карбонатитів є процес інтенсивної фенітизації вмісних гранітоїдів та інших силікатних, особливо кварцвісних порід. Зокрема, Хлібодарівська карбонатитова дайка, яка розтинає чарнокіти та кристалічні сланці, в чарнокітах утворює фенітові ореоли, що інколи в 2–3 рази потужніші за самі карбонатні тіла, але зовсім не залишають ореолів у кристалосланцях. По чарнокітах розвиваються егірин-лужнопольовошпатові, рибекіт-егірин-лужнопольовошпатові та рибекіт-егіринові породи. Егірин, лужний амфібол (рибекіт) та альбіт нерівномірно розсіяні в жильному кальциті, де іноді зустрічаються і виділення апатиту та пірохлору. На південному продовженні дайки, за даними геологів Приазовської ГРЕ (В.В. Васильченко, 1998 р.), буровими роботами в св. 229 встановлені карбонатні тіла потужністю до 1,0 м з паразитом.

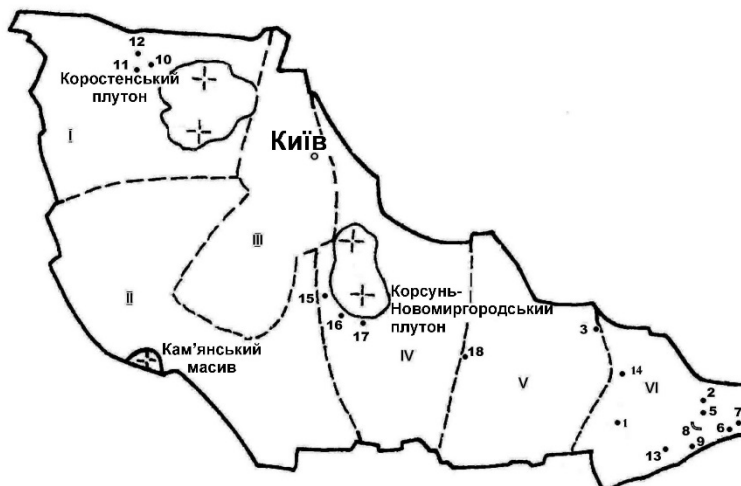


Рис. 1. Ендогенні родовища та прояви рідкісних металів на УЩ

Арабськими цифрами позначені масиви та прояви рідкісних металів: 1 – Чернігівський масив, 2 – Октябрський масив, 3 – Малотерсянський масив, 4 – Покрово-Київський масив, 5 – Хлібодарівський прояв, 6 – Петрово-Гнутівський прояв, 7 – Кальміуський масив, 8 – Південно-Кальчицький масив, 9 – Азовське родовище, 10 – Яструбецький прояв, 11 – Пержанське родовище, 12 – Суцано-Пержанське родовище, 13 – Родовище Крута Балка, 14 – Шевченківське родовище, 15 – Шполянсько-Ташлицький рудний район, 16 – Родовища Станкуватське та Надія, 17 – Полохівське, 18 – Жовторіченське. Римськими цифрами позначені мегаблоки щита: I – Волинський, II – Росинсько-Тікицький, III – Дністровсько-Бузький, IV – Інгулецький, V – Середньопридніпровський, VI – Приазовський

Як особливий багатий рідкісними землями тип карбонатитів деякі дослідники [14] розглядають Петрово-Гнутівську жилу (дайку), яка складається зі змінної кількості кальциту, флюориту та паризиту. В.І. Кузьменко [13] розглядав цю породу як гідротермальне утворення у зв'язку з нефеліновими сієнітами, яких, однак, на цій території до сьогоднішнього дня ще не виявлено. Ця паризит-кальцит-флюоритова жила залягає серед граносієнітів Кальміуського масиву Приазов'я. Її потужність становила 0,3–2,9 м. Під час другої світової війни цю жилу було практично повністю відпрацьовано і вивезено до Німеччини, а проведені пізніше пошуково-розвідувальні роботи в цьому районі не дали обнадійливих результатів, хоча було виявлено малопотужні

жили з флюоритом та рідкісноземельними фторкарбонатами. В деяких публікаціях [3] згадується про наявність тут жил потужністю до 4 м і протяжністю до 6–250 м, зрідка до 600 м і високим вмістом фторкарбонатів. За мінералогічними та геохімічними особливостями руди Петрово-Гнутово подібні до багатих лужними лантаноїдами карбонатитів Маунтин-Пас (США) та проблематичних щодо генезису порід відомого родовища Байян-Обо (Китай), які більшість дослідників відносять до карбонатитів. Проведені нами ізотопно-геохімічні дослідження свідчать про глибинне джерело кисню та вуглецю в кальциті з карбонатних порід Петрово-Гнутівської ділянки (Табл. 1).

Таблиця 1. Геолого-геохімічна характеристика лужних масивів Українського щита, з якими пов'язане рідкіснометальне зруденіння

Геологічна ситуація (структурно – морфологічний тип)	Склад карбонатів	Вік (млн р.), метод	Геохімічні характеристики						Рудна спеціалі- зація
			$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$	Sr (r/r)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Сума TR (r/r)	La/Yb (по типах)	
Чернігівський карбонатитовий масив									
Крутопадаючі дайкоподібні тіла та серії паралельних дайок потужністю 50–60, іноді до 100 м серед фенітів, нефелінових та лужних сієнітів, лужних піроксенітів	Кальцит 70–80 % (сьовіти, альвікіти); доломіт, кальцит 60–70 % (бефорсити); кальцит 25–50 % (кімберлітові карбонатити)	2090–2190 U-Pb	-(3,0–8,1)	5,9–13,5	2000	0,7006	2800	I – 46,5; II – 82,2; III – 128; IV – 140	P2O5, Zr, Nb
Петрово-Гнутівська флюорит-карбонатна дайка									
Дайка (0,3–2,85 м) серед граносієнітів	Кальцит, паризит	1920–2100 по Pb	-(5,5–8,1)	10,1–16,6					TR (паризитова)
Хлібодарівський кар'єр									
Малопотужні жили (5–50 см) серед чарнокітів	Кальцит	1825±35 K-Ar	-(2,4–8,5)	8,5–13,2	5520	0,70258±5,5		40	P2O5, Nb, TR, Sr
Октябрський масив									
Малопотужні жильні утворення (до 1 м) серед основних та ультраосновних порід, лужних та нефелінових сієнітів	Кальцит, іноді сидерит, доломіт	1615±30 K-Ar	-(5,1–8,6)	6,2–14,1	8355–10000	0,7024–0,7029	589–3345	8,4–66,2 (середнє 33,5)	P2O5, TR
Малотерсянський масив									
Жильні тіла потужністю від декількох см до 16 м	Кальцит, іноді сидерит, доломіт, анкерит	1740 K-Ar	-(5,6–10,6)	10,7–21,0	2780	0,70232±48	2300–20000		TR

Отже, незважаючи на проблеми щодо генезису, формаційної приналежності та пошуків продовження багатих паризитом дайок Петрово-Гнутово, Октябрського масиву та Хлібодарівського кар'єру, можна вважати, що територія УЩ, зокрема його Приазовський блок, є перспективною на виявлення багатих лантаноїдами руд карбонатитового типу.

Октябрське (Мазурівське) родовище рідкісних металів (Nb, Ta, Zr, TR, Y) пов'язане переважно з маріуполітами та альбітованими нефеліновими пегматитами (власне пегматоїдними маріуполітами). Маріуполіти в районі балки Мазурової (північно-східна частина масиву) залягають серед основних порід (габро, піроксеніти) як пологі (від горизонтальних до 30–35°) плитоподібні тіла (їх виявлено чотири). Потужність їх змінюється від 1 до 79 м [3]. Породоутворювальні мінерали маріуполітів – нефелін, альбіт, егірін, інколи мікроклін. Головні акцесорні мінерали рідкісних металів – циркон, пірохлор, бритоліт. Вміст їх, особливо циркону, може змінюватися в досить суттєвому інтервалі. Інколи циркон стає породоутворювальним мінералом, досягаючи 2–5 %. Проте стосовно Nb та TR маріуполіти не є багатими рудами. Разом з тим є два важливих фактори, які можуть зробити рентабельним експлуатацію цього родовища. По-перше, маріуполіти є комплексними рідкісно-

металево-алюмінієвими рудами, для яких розроблені технологічні схеми [8]. Було встановлено, що при виробництві 1 млн т глинозему супутньо вилучається до 1000 т Nb₂O₅ [22]. Другим фактором є те, що через досить низький вміст радіоактивних елементів пірохлоровий концентрат без технічної переробки його на Nb₂O₅ можна безпосередньо використовувати як легуючу добавку при виробництві сталі.

Азовське родовище локалізоване в межах розшарованого штоку сієнітів площею близько 3,8 км², розташованого в периферичній частині Південно-Кальчицького масиву сієнітів і граносієнітів (схід Приазов'я) [16, 23, 28]. Сієніти штоку розрізняються складом лужних польових шпатів, асоціацією фемічних мінералів, наявністю кварцу. Виділяють три відміни сієнітів: а) лужноземельні (двопольовошпатові); б) лужні меланократові; в) лужні лейкократові (пертозити).

Циркон і бритоліт – головні рудоутворювальні мінерали, але практичне значення мають також ортит і рідкісноземельні карбонати. Зруденіння представлено вкрапленням кристалів і їх зростків. Незважаючи на те, що існують наявні ознаки сингенетичного росту циркону і бритоліту, Zr- і TR-зруденіння переважно розділені у просторі. За морфологічними ознаками виділяють дві високотемпературні генерації циркону (~1200 і 850 °C,

за включеннями розплаву) [21]. Бритоліт пізнішої генерації має підвищений вміст Y та важких лантаноїдів. Мінералогічна специфіка лужних сієнітів – високий вміст флюориту.

Шаруватий характер розподілу циркону та бритоліту, іноді з утворенням шліроподібних (майже мономінеральних) скупчень (рудних горизонтів), імовірно є результатом кумуляції цих мінералів в процесі кристалізаційної диференціації сієнітового розплаву. Розвідувальними роботами зафіксовано два чітких горизонти цирконій-рідкісноземельних руд.

Яструбецьке родовище подібне до Азовського. Правда, тут відомі тільки багаті цирконієві руди з порівняно низьким вмістом рідкісних земель. Проте в сієнітах цього масиву виявлено такі ж мінерали рідкісних земель, як і на Азовському родовищі (бритоліт, ортит, бастнезит) [12]. Це дозволяє допускати можливу наявність в Яструбецькому масиві також багатих рідкісними землями руд. Крім того, виявлено ніобієвий мінерал – фергусоніт [12].

Багаті цирконієві руди виявлені бурінням на глибинах від 500 до 1000 м, де виділяється кілька збагачених цирконом горизонтів товщиною до кількох метрів. Згідно з запропонованою раніше моделлю [12], рудоносні сієніти, серед яких сформувалися рудні поклади типу Азовського та Яструбецького родовищ, є похідними базитових магм, спорідненими з материнськими розплавами анортозит-рапаківігранітних плутонів. Власне ці сієніти представляють сієнітовий тренд диференціації таких базитових магм при низькій фугитивності кисню за ферровською або близькою до нею схемою кристалізаційного фракціювання. З таких позицій Південно-Кальчицький масив, серед сієнітів якого залягає Азовське родовище, розглядається як істотно сієнітовий значно еродований аналог анортозит-рапаківігранітного плутону. Відзначимо, що вік рудоносних сієнітів Яструбецького та Азовського родовищ практично ідентичний віку граніт-рапаківі та основних порід Коростенського та Корсунь-Новомиргородського плутонів, що не суперечить гіпотезі про генетичну спорідненість цих порід.

Виходячи з цих даних, можна вважати, що територія УЩ в цілому є перспективною на виявлення нового типу багатих на Zr, TR та Y руд, подібних до таких в Азовському та Яструбецькому родовищах. Найбільш перспективними є площі Південно-Кальчицького масиву, Коростенського та Корсунь-Новомиргородського плутонів та їх ореолів (як це має місце з Яструбецьким сієнітовим масивом). Наявність таких сієнітів з чіткою спеціалізацією на Zr, TR та Y є однією з специфічних особливостей металогенії докембрію УЩ.

Родовища, пов'язані з гранітами та метасоматитами.

Пержанське родовище берилію є одним з найвідоміших серед рідкіснометалевих об'єктів в межах УЩ. Цьому родовищу присвячено багато публікацій, окремі відомості з яких узагальнені в монографічних роботах [16, 17]. Найбільш популярною щодо генезису цього родовища є точка зору про зв'язок берилієвої мінералізації (переважно гентгельвін, в меншій мірі фенакіт) з різноманітними метасоматитами. Серед останніх найпоширенішим є істотно лужнопольовошпатові породи, які називаються кварц-польовошпатовими, кварц-біотит-польовошпатовими або лужними метасоматитами [16] та пертозитами [17]. Ці породи залягають серед так званих пержанських гранітів, які часто іменують апогранітами або гідротермально-метасоматичними утвореннями. За даними [3] берилієносні лужні метасоматити утворюють серію рудних зон з багатим гентгельвіновим зруденінням довжиною до 5 км при ширині 35–100 м. Кожна зона складається із серії кулісоподібно розташованих рудних тіл потужністю від перших до 20–

30 м. Руди відзначаються високою якістю (вміст BeO – 0,55 %) і порівняно простим збагаченням. При цьому фенакітове зруденіння (0,2 % BeO) просторово розрізнене з гентгельвіновим і локалізується в західному ендоконтакті пержанських гранітів у граніт-порфірах і дрібнозернистих гранітах. Фенакітове зруденіння має підпорядковане значення. В іншій роботі [17] наводиться значно менший вміст берилію (230–240 ppm) в цих породах.

В асоціації з гентгельвіном в пертозитах перебувають такі акцесорні мінерали, як мартит, циртоліт, галеніт, сфалерит, зрідка каситерит з мікровключеннями колумбіту тощо. Можна припускати також наявність акцесорних ніобатів в пертозитах.

Щодо генезису, то ми разом з іншими авторами вважаємо, що Пержанське берилієве (гентгельвінове) родовище просторово та, ймовірно, генетично, пов'язане з лужними та лужнопольовошпатовими гранітами (вмісні породи) та породами сієніт-граносієнітового складу (відомими під назвами пертозити або польовошпатові метасоматити).

Суцано-Пержанське родовище ітро-флюоритових руд досліджено від західної межі Яструбецького масиву на відстані 3 км у південно-західному напрямку [7]. Вмісні породи – пержанські граніти та біотит-польовошпатові метасоматити. За даними згаданих авторів рудні ітро-флюоритові тіла мають пласто- та лінзоподібну форму, потужність від сантиметрів до 25 м і протяжність до 840 м. Вміст флюориту в рудах сягає 54 %, середній – 28 %. Флюорит утворює гнізда та прожилки у кварц-польовошпатовій масі. Ітрії та інші рідкісні землі переважно ітрієвої групи концентруються у флюориті (до 0,55 %) та у цирконі (до 3,23 %). Вважається, що рідкісноземельно-флюоритова мінералізація пов'язана з процесами грейзенізації пержанських гранітів [7].

Родовище Крута Балка. За масштабами зруденіння це родовище належить до категорії середнього рівня. Пегматити локалізовані в архейських метаморфічних породах Сорокінської зони (Приазов'я) [20]. Кварц-альбітові зі сподуменом тіла розташовані на верхніх горизонтах, глибше – майже безрудні мікроклінові. За характером мінеральних асоціацій, морфології та зональності виділяють два типи пегматитів. Перший – тіла з добре проявленою зоною блокового мікрокліну та кварцу (50 % об'єму тіла) і рудною кварц-альбіт-сподуменовою зоною (30 % об'єму тіла). Другий тип – це великі лінзоподібні та плитоподібні тіла з роздувами та апофізами. Більша частина тіла припадає на кварц-альбітову (до 25 %) та кварц-альбіт-сподуменову зону (до 60 %). Переважна більшість промислових тіл належить до другого типу. Головним рудним мінералом є сподумен, але промислове значення мають також берил, тантало-ніобати, літєві фосфати, кукейт, холмквітит. Співвідношення Ta/Nb сильно коливається (в танталіті >1.0). Вважається, що пегматити родовища належать до альбітового і альбіт-сподуменового типу [21]. Проте, виділення альбітового типу викликає сумніви, оскільки кількість мікрокліну тут сягає 30 %. Ймовірніше, це мікроклін-альбіт-сподуменовий тип.

Шевченківське родовище. Вмісні породи – гнейси і сланці амфіболітової фації метаморфізму. За співвідношенням польових шпатов і літєвих силікатів розрізняють п'ять типів жил. Найбагатші на літій альбіт-мікроклін-сподуменові тіла містять сподумен і петаліт в різних пропорціях. Максимальний вміст кожного мінералу може сягати 80 %. В петалітових ділянках жил виникають "роздуви" потужністю до 100 м, тоді як потужність самої жили (без петаліту) найчастіше не перевищує 20–30 м. В альбітових, мікроклін-альбітових і мікроклінових пегматитах вміст сподумену змінюється в

широких межах, досягаючи в його скупченнях 50–60 %. При цьому скупчення агрегатів сподумену спостерігається в різних частинах тіла. Немає закономірності в розподілі інших мінералів (кварцу, лужних польових шпатів). Відсутність зональності пегматитів – характерна риса промислових тіл цього родовища. В багатих тілах не виявлено мінерали, характерні для рідкіснометалевих пегматитів – берил, лепідоліт, поліхромний турмалін, полукіт. Проте присутні в незначних кількостях хризоберил, ганіт, нігерит, силіманіт, а в зальбандах – залізистий гексагональний кордієрит (секанаїт). Вміст мусковіту сягає 10–15 %, але концентрація літію незначна (<0,2 % Li₂O). Серед тантало-ніобатів переважає колумбіт та ільменорутит, але загальний вміст їх низький. Сподумен утворює характерні псевдографічні зростання з кварцом і такі агрегати – головний промисловий тип руди. Петаліт є підпорядкованим мінералом (в порівнянні зі сподуменом), але іноді утворює значні за розміром скупчення.

Пегматити Шполян-Ташлицького району. В межиріччі Шполи і Ташлика знайдено два пегматитових поля з промисловими жилами літєвої спеціалізації [7]. Родовища Надія і Станкувате розташовані серед амфіболітів в південній частині рудного району, Полохівське – в східній частині серед високоглиноземистих гнейсів з кордієритом та гранатом. Головними рудними мінералами південних родовищ є сподумен і петаліт. Їх співвідношення значно коливається, але переважає сподумен (сподумену до 20–25 %, петаліту до 14 %).

В родовищі Станкувате середній вміст Li₂O сягає 2,2 %, в Надії – 1,06 %. Середній вміст Ta₂O₅ – 0,006 % [9]. Полохівське родовище суттєво петалітове (до 25 % петаліту, сподумену менше 1 %), але за рахунок високої концентрації низьколітєвого петаліту середній вміст Li₂O в породі становить біля 1,2 %. Петаліт утворює потужні "роздуви" розміром 90–130 м. Багата рудна мінералізація прослідковується більше як на 500 м на глибину і за простяганням. Рідкісні луѓи концентруються в ортоклазі (Rb₂O до 0,9 %) і в слюдах (до 0,27 % Cs₂O). Вміст оксиду цезію в біотиті екзоконтактів сягає 4,9 % [10].

Подібно до пегматитів Шевченківської зони, пегматити Кіровоградського блоку мають "аномальний" мінеральний склад. Кількість кварцу в пегматитах не перевищує 15 %. Це значно менше, ніж для відомих пегматитів сподумен-мікроклін-альбітового типу (>25 %). Мусковіт спостерігається зрідка, але присутньо багато силіманіту. В них відсутній берил, турмалін, лепідоліт, дуже мало Li-фосфатів. Характерні (як акцесорні) багаті на алюміній мінерали (кордієрит-секанаїт, Al-Фешпінель, силіманіт).

Уявлення про генезис цих пегматитів досить неодноточні і суперечливі. Зокрема припускається, що дрібнозернистий петаліт (головна руда Полохівського родовища) утворюється в результаті динамо-метаморфічної переробки ранніх суттєво сподуменових пегматитів [1]. Наявність ортоклазу та незначна кількість водо- та фторвмісних мінералів [1, 2, 9] дозволяє також зробити висновок про те, що магматичний розплав, з якого формувалися ці рідкіснометалеві пегматоїди, був бідний леткими компонентами. Цим, очевидно, обумовлені специфічні мінералогічні особливості родовищ Шполян-Ташлицького району, відмінних від типових літєвих пегматитів.

Жовторіченське родовище скандію. Це родовище знаходиться в північній частині Криворізького басейну.

Воно пов'язане з карбонатно-натрієвими метасоматитами, що розвиваються в діопсидових кварцитах, актинолітових сланцях і, можливо, частково в доломітах криворізької серії. Протяжність рудоносною зони біля 100 м, а її потужність, очевидно, не перевищує перші десятки метрів [24, 25].

Рудоносні метасоматити складаються з альбіту 6–15 %, егірину 9–21 %, амфіболів (рибекіт, арфедсоніт, тремоліт, актиноліт) – 11–21 %, карбонатів – 21–46 %, кварцу – 6–26 %, тальку – 3–10 % та апатиту – 3–20 %. Руди характеризуються підвищеним вмістом малакону (до 1–2 %), який утворює окремі скупчення. Це родовище належить до комплексних, за розробленою технологічною схемою з його руд можуть вилучатися, крім Sc, також V, U, TR, Y, Zr, Hf, P [24]. Вміст Sc та супутніх компонентів в рудах становить (в ppm): Sc – 50–200; U – 50–60; TR₂O₃ – 400–1000, Y – 20–500; V₂O₅ – 1700–2700; Hf – 140–150 та P₂O₅ – 2,6–5,8 % [25]. Головні корисні компоненти Sc та V ізоморфно входять в породоутворювальні мінерали: в егірині 0,2–0,3 % Sc₂O₃ і 1,0–7,6 % V₂O₅; в лужних амфіболах, відповідно 0,1–0,2 % і 0,4–2,4 % і в апатиті до 0,2 % Sc₂O₃ (частіше 0,02–0,04 %) [24]. Власних мінералів скандію поки не виявлено.

Отже, Жовторіченське родовище скандію суттєво відрізняється від всіх розглянутих вище родовищ рідкісних металів УЩ. Останні майже завжди проявляють чіткий генетичний зв'язок з магматичними породами (карбонатити, нефелінові та лужні сієніти, пегматити), тоді як для Жовторіченського родовища цей зв'язок залишається проблематичним. Це генетичне питання є актуальним і для альбітитових родовищ урану, які, очевидно, є спорідненими з Жовторіченським родовищем. В цій короткій статті неможливо дати вичерпний огляд існуючих гіпотез щодо генезису цих родовищ, але нам здається досить ймовірною концепція про глибинне (мантієне) джерело як уранових, так і розглянутого скандієвого родовища центральної частини УЩ [24]. Принагідно зауважимо, що уранові родовища Кіровоградського блоку супроводжуються полем протерозойських дайок глибинних порід (сублужні та лужні габроїди, толеїти, сієніти, кімберліт-лампроїти). Очевидно, це свідчить про активізацію цього району в протерозой, надходження глибинного матеріалу (магми, флюїди) в земну кору, яка ставала проникливою внаслідок інтенсивної розривної тектоніки.

Ресурси рідкісних металів родовищ УЩ. Нами оцінено ресурси рідкісних металів УЩ за так званним коефіцієнтом унікальності, який вираховується як відношення прогнозних ресурсів елементів до їх кларку в земній корі. За даними С.В. Осокіна та ін. [18], гігантськими вважаються такі родовища, в яких коефіцієнт унікальності дорівнює або більший за 10¹¹. До крупних відносяться родовища з коефіцієнтом унікальності 10¹⁰, середніх – 10⁹, дрібних – 10⁸ (Табл. 2). На УЩ за запасами ніобію гігантським родовищем можна вважати Чернігівське (Новополтавське), крупними – Октябрське та Яструбецьке; цирконію: гігантським – Яструбецьке, середніми – Чернігівське, Октябрське, Азовське; рідкісних земель: крупними – Чернігівське та Яструбецьке, середніми – Октябрське і Азовське; танталу: крупними – Чернігівське та Октябрське; стронцію: крупним – Чернігівське; молібдену: крупними – Вербинське та Східно-Сергіївське, середнім – Балка Мазурова; літію: середнім – Полохівське родовище в петалітових пегматитах. Більшість із згаданих родовищ є комплексними, що підвищує їх цінність.

Таблиця 2. Коефіцієнти унікальності родовищ рідкісних металів Українського щита

Елементи (кларк)	Родовище, рудопрояв	Середній вміст по родовищу	Ресурси, тис. т	К унікальності
Лантаноїди (184)	Чернігівське (Новополтавське)	0,2	3217	$1,75 \times 10^{10}$
		0,3	4824	$2,62 \times 10^{10}$
		0,4	6433	$3,5 \times 10^{10}$
	Октябрське	0,065	237	$1,3 \times 10^9$
	Яструбецьке	0,14	2000	$1,1 \times 10^{10}$
	Азовське	1,3	388,33	2×10^9
Ітрій (20)	Петрово-Гнугівське	5,0–6,0	2,25–2,7	$1,4 \times 10^7$
		Азовське	0,1	29,87
Ніобій (20)	Чернігівське (Новополтавське)	0,072	1150	$0,57 \times 10^{11}$
		0,141	2270	$1,135 \times 10^{11}$
		з корою вивітрювання	1500-2500	1×10^{11}
	Октябрське	0,14	198	$9,9 \times 10^9$
	Яструбецьке	0,021	307	$1,5 \times 10^{10}$
Тантал (2,5)	Чернігівське (Новополтавське)	0,0035	68,7	$2,7 \times 10^{10}$
		0,0016	31,4	$1,25 \times 10^{10}$
		з корою вивітрювання	50–100	3×10^{10}
	Октябрське	0,005–0,01	24–44	$1,4 \times 10^{10}$
Цирконій (170)	Чернігівське	0,014	216	$1,3 \times 10^9$
	Октябрське	0,37	747	$4,4 \times 10^9$
	Азовське	2,5	746,79	$4,4 \times 10^9$
	Яструбецьке	1,46	20800	$1,22 \times 10^{11}$
Стронцій (340)	Чернігівське	1,1	17700	$5,2 \times 10^{10}$
Літій (32)	Полохівське	11700	182	$5,7 \times 10^9$

Висновки.

1. В УЩ розвинені рідкіснометалеві родовища як відомих, так і нових генетичних типів. Вони пов'язані з комплексами лужних порід, карбонатитів та гранітних пегматитів.

2. Більшість з цих родовищ має ряд специфічних мінералогічних, геохімічних та петрологічних особливостей, які відрізняють їх від родовищ традиційних типів. Такими є карбонатитове родовище Приазов'я з Сефергусонітом, Мазурівське (Октябрське) родовище маріуполітів з цирконом, пірохлором та бритоїтом, низка родовищ (Надія, Станкуватське, Полохівське) гранітоїдних пегматоїдів з петалітом, ортоклазом тощо. Крім того, в УЩ виявлені невідомі на інших докембрійських щитах родовища багатих руд Zr, TR та Y, пов'язані з безнефеліновими лужнопольовошпатовими гіперсольвусними сієнітами (Яструбецьке, Азовське).

3. На відміну від більшості докембрійських щитів, де переважають родовища рідкісних металів фанерозойського віку, в межах УЩ всі відомі родовища такого типу мають протерозойський вік (1,7–2,1 млрд р.). Причина пасивності УЩ стосовно фанерозойського магматизму залишається нез'ясованою.

4. На території УЩ за ресурсами ніобію гігантським родовищем можна вважати Чернігівське (Новополтавське); крупними – Октябрське та Яструбецьке; цирконію: гігантським – Яструбецьке, середніми – Чернігівське, Октябрське, Азовське; рідкісних земель: крупними – Чернігівське та Яструбецьке, середніми – Октябрське і Азовське; танталу: крупними – Чернігівське та Октябрське; стронцію: крупним – Чернігівське; літію: середнім – Полохівське родовище в петалітових пегматитах.

5. Такий підхід буде сприяти об'єктивності оцінки рівня інвестиційної привабливості цих родовищ. Разом з тим, більшість із згаданих рудних об'єктів є комплексними, тому інвестиційну привабливість можуть мати навіть середні та дрібні за розмірами родовища, враховуючи добре розвинену інфраструктуру та наявність гірничодобувних та переробних підприємств на території УЩ.

6. Існують реальні перспективи відкриття нових проявів та родовищ рідкісних металів на території Українського щита, пов'язаних з карбонатитами, сублужними та лужними комплексами, що має стати завданням наступних досліджень.

Список використаних джерел

1. Бакаржiev А.Х. Мелкозернистые петалитовые руды – новый вид литийсодержащего минерального сырья Украины / А.Х. Бакаржiev, О.Ф. Макивчук, Б.Н. Иванов, Г.К. Еременко, В.П. Палкин // Минерал. ресурсы Украины. – 2000. – № 1. – С. 16–19.
2. Возняк Д.К. Особливості мінерального складу та умов утворення рідкіснометалевих пегматитів західної частини кировоградського блоку (Український щит) / Д.К. Возняк, В.М. Бугаєнко, Ю.А. Галабурда та ін. // Минерал. жур. – 2000. – 22, № 1. – С. 21–41.
3. Войновский А.С. Провідні рудоформаційні типи ендегенних родовищ кольорових, рідкісних та благородних металів докембрію України / А.С. Войновский, Д.С. Гурський, В.І. Калінін та ін. // Минерал. ресурси України. – 2000. – № 3. – С. 6–10.
4. Галецкий Л.С. Субграфические сподуменовые и петалит-сподуменовые пегматиты одного из докембрійских полей / Л.С. Галецкий, А.И. Зарицкий, Г.И. Князев // Геол. жур. – 1987. – 47, № 1. – С. 136–141.
5. Глевасский Е.Б. Докембрійский карбонатитовый комплекс Приазовья. / Е.Б. Глевасский, С.Г. Кривдик. – К.: Наук. думка, 1981. – 228 с.
6. Гурский Д.С. Металлогеническая специализация магматических комплексов и эпохи рудообразования Украинского щита / Д.С. Гурский, А.С. Войновский, В.А. Колосовская и др. // Минерал. журн. – 2000. – 22, № 2/3. – С. 5–11.
7. Гурский Д.С. До перспективи створення мінерально-сировинної бази плавикового шпату України / Д.С. Гурський, І.В. Шепель, В.С. Металіди, В.Л. Приходько // Минерал. ресурси України. – 1999. – № 2. – С. 3–7.
8. Донской А.Н. Нефелиновый комплекс Октябрського щелочного массива / А.Н. Донской – К.: Наук. думка, 1983. – 152 с.
9. Загнитко В.Н. Изотопная геохимия карбонатных и железисто-кремнистых пород Украинского щита / В.Н. Загнитко, И.П. Луговая. – К.: Наук. думка, 1989. – 315 с.
10. Иванов Б.Н. Екзоконтактивні метасоматити літєвих гранітних пегматитів Шполянсько-Ташлицького рідкіснометалевий рудного району / Б.Н. Иванов, В.В. Лисенко, О.Ф. Макивчук та ін. // Минерал. ресурсы Украины. – 2000. – № 3. – С. 11–13.
11. Капустин Ю.Л. Распределение ниобия и тантала в фергусонитовых карбонатитах и их коре выветривания / Ю.Л. Капустин // Геохимия. – 1990. – № 4. – С. 558–569.
12. Кривдик С.Г. Петрология щелочных пород Украинского щита / С.Г. Кривдик, В.И. Ткачук. – К.: Наук. думка, 1990. – 406 с.
13. Кузьменко В.И. Петрово-Гнугтовское месторождение паразита (УССР) / В.И. Кузьменко // Сов. геология. – 1946. – № 2. – С. 49–51.
14. Марченко Е.Я. О карбонатитовой природе Петрово-Гнугтовской флюорито-карбонатной дайки Приазовья / Е.Я. Марченко, Г.Г. Коньков, В.И. Васенко // Докл. АН УССР. Сер. Б. – 1980. – № 1. – С. 24–27.
15. Михайлов В.А. Редкоземельные руды мира / В.А. Михайлов. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2010. – 223 с.
16. Металіди С.В. Суццано-Пержанская зона (геология, минералогия, рудоносность) / С.В. Металіди, С.В. Нечаев. – К.: Наук. думка, 1983. – 136 с.
17. Мицкевич Б.Ф. Редкие элементы Украинского щита / Б.Ф. Мицкевич, Н.А. Беспалько, О.С. Егоров и др. – К.: Наук. думка, 1986. – 256 с.
18. Осокин С.В. Коэффициенты уникальности месторождений / С.В. Осокин // Геохимия. – 2000.

19. Павлишин В.І. Наукові засади розвитку мінерально-сировинної бази рідкісних металів України / В.І. Павлишин, Ф.Г. Баклан, В.М. Бугаєнко, Д.К. Возняк та ін. // Мінерал. журн. – 2000. – Т. 22, № 1. – С. 5–20.

20. Панов Б.С. Рудные формации Приазовской редкоземельно-редкометалльной области Украинского щита / Б.С. Панов, Ю.Б. Панов // Минерал. журн. – 2000. – Т. 22, № 1. – С. 81–86.

21. Суярко В.Г. Рідкісноземельні елементи в гідротермальних мінералах та підземних водах Донбасу / В.Г. Суярко, В.М. Загнітко, І.К. Решетов // Вісник Харківського національного університету. – 2008. – № 804. – С. 70–75.

22. Солодов Н.А. Минерогения редкометалльных формаций / Н.А. Солодов. – М.: Наука, 1985. – 224 с.

23. Стрекозов С.Н. Геологическое строение и характер оруденения Азовского месторождения / С.Н. Стрекозов, В.В. Васильченко, Д.С. Гурский и др. // Минерал. ресурсы Украины. – 1998. – № 3. – С. 6–9.

24. Тарханов А.В. Минералогия скандиевых руд Желтореченского месторождения / А.В. Тарханов, В.Д. Козырьков, Б.Ф. Мельниченко и др. // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. – 1991. – № 10. – С. 56–70.

25. Тарханов А.В. Желтореченское ванадий-скандиевое месторождение / А.В. Тарханов, А.П. Кудлаев, А.В. Петрин, В.Д. Козырьков // Геология рудных мест. – 1991. – № 6. – С. 50–56.

26. Шраменко И.Ф. Геохимия карбонатитов Украинского щита / И.Ф. Шраменко, В.А. Стадник, В.К. Осадчий. – К.: Наук. думка, 1992. – 212 с.

27. Kryvdik S.G. Isotopic geochemistry of carbonatites of Ukraine / S.G. Kryvdik, V.M. Zagnitko, M.O. Donskiy // Per. Mineral. – 2003. – 72, Special issue. – P. 153–159.

28. Melnikov V.S. The Azov Deposit – a New Type of Rare-metal Objects of Ukraine / V.S. Melnikov, A.A. Kulchitska, S.G. Kryvdik et al. // Miner. j. – 2000. – 22, № 5–6. – P. 39–49.

References

1. Bakarzhiev A.Kh., Makivchuk O.F., Ivanov B.N., Eremenko G.K., Palkin V.P. (2000). Fine-grained ore petalite – a new type of lithium-contained mineral raw materials of Ukraine. Mineral resources of Ukraine, 1, 16–19. [In Russian].

2. Vozniak D.K., Bugayenko V.M., Halaburda Yu.A., Melnykov V.S., Pavlyshyn V.I., Bondarenko S.M., Syomka V.O. (2000). Features of the mineral composition and conditions of formation of rare pegmatites in western part of the Kirovograd block (the Ukrainian shield). Mineral. J., 22, 21–41. [In Ukrainian].

3. Voinovskiy A.S., Gurskiy D.S., Kalinin V.I. et al. (2000). Leading ore formation types of non-ferrous, rare and precious metals endogenous deposits in the Ukrainian Precambrian. Mineral resources of Ukraine, 3, 6–10. [In Ukrainian].

4. Galetsky L.S., Zaritsky A.I., Kniyazev G.I. (1987). Subgraphic spodumene and petalite-spodumene pegmatites for one of Precambrian fields. Geolog. J., 1 (232), 136–141. [In Russian].

5. Glevasskiy E.B., Krivdik S.G. (1981). Precambrian carbonatite complex, Pre-Azov Region. Kyiv: Naukova dumka, 227 p. [In Russian].

6. Gurskiy D.S., Voinovskiy A.S., Kolosovskaya V.A., Zagnitko V.N., Kulish E.A., Shcherbak D.N. (2000). Metallogenic specialization of magmatic complexes and epochs of ore formation of the Ukrainian Shield. Mineral. J., 22, 2/3, 5–11. [In Russian].

7. Gurskiy D. S., Shepel I. V., Metalidi V. S., Prykhodko V. L. (1999). About perspective of formation of mineral-resource base of fluorite in Ukraine. Mineral Resources of Ukraine, 2, 3–7. [In Ukrainian].

8. Donskiy A.N. (1983). The nepheline complex of alkaline Oktyabr'skii massif. Kyiv: Naukova dumka, 152 p. [In Russian].

9. Zagnitko V.N., Lugovaya I.P. (1989). Isotope geochemistry of carbonate and banded iron formation rocks from the Ukrainian Shield. Kyiv: Naukova dumka, 315 p. [In Russian].

10. Ivanov B.N., Lysenko V.V., Makivchuk O.F. et al. (2000). Exocontact metasomatites of lithium granitic pegmatites of Shpoliano-Tashlyk'skii rare metal ore area. Mineral Resources of Ukraine, 4, 11–13. [In Ukrainian].

11. Kapustin Yu.L. (1990). Distribution of niobium and tantalum in fergusonite carbonatites and their weathering residues. Geokhimiya, 4, 558–569. [In Russian].

12. Krivdik S.G., Tkachuk V.I. (1990). Petrology of the alkaline rocks of the Ukrainian Shield. Kyiv: Naukova dumka, 406 p. [In Russian].

13. Kuzmenko V.I. (1946). The Petrovo-Hnutonian parasite deposit (USSR). Sovetskaya geologiya, 2, 49–51. [In Russian].

14. Marchenko E.Ya., Konkov G.G., Vlasenko V.I. (1980). On carbonatite character of the Petrovo-Hnutovian dyke of the Near-Azovian area. Dokl. AN USSR, Ser. B, 1, 24–27. [In Russian].

15. Mikhailov V.A. (2010). Rare earth ores of the world. Kyiv: Kyiv University, 223 p. [In Russian].

16. Metalidi S.V., Nechaev S.V. (1983). The Sushchany-Perga zone (geology, mineralogy, ore-bearing potential). Kyiv: Naukova dumka, 136 p. [In Russian].

17. Mitskevich B.F., Bepalko N.A., Egorov O.S., et al. (1986). Rare elements of the Ukrainian Shield. Kyiv: Naukova dumka, 256 p. [In Russian].

18. Osokin S.V. (2000). Coefficients of uniqueness of ore deposits. Geokhimiya. [In Russian].

19. Pavlyshyn V.I., Baklan F.G., Bugaenko V.M., Voznyak D.K., et al. (2000). Scientific substantiation of development of the mineral-raw base of rare-earth metals in Ukraine. Mineral. J., 22, 1, 5–20. [In Ukrainian].

20. Panov B.S., Panov Yu.B. (2000). The ore formations of the Near-Azovian rare earth – rare metal range of the Ukrainian Shield. Mineral. J., 1, 81–85. [In Russian].

21. Suyarko V.G., Zagnitko V.M., Reshetov I.K. (2008). Rare earth elements in hydrothermal minerals and subsoil waters of Donbass area. Kharkiv: Kharkiv University, 804, 70–75. [In Ukrainian].

22. Solodov N.A. (1985). Minerageny of rare-metal formations. Moscow: Nauka Press, 224 p. [In Russian].

23. Strekozov S.N., Vasilchenko V.V., Hurskiy D.S. et al. (1998). Geological structure and character of mineralization from the Azovian deposit. Mineral Resources of Ukraine, 3, 6–9. [In Russian].

24. Tarkhanov A.V., Kozyrkov V.D., Melnichenko B.F. et al. (1991). Mineralogy of scandium ores of Zheltaya Rechka deposit. Proc. VUZov. Geology and prospecting, 10, 56–70. [In Russian].

25. Tarkhanov A.V., Kudlayev A.R., Petrin A.V., Kozyrkov V.D. (1991). Zheltaya Rechka vanadium-scandium deposit. Geology of ore deposits, 6, 50–56. [In Russian].

26. Shramenko I.F., Stadnik V.A., Osadchy V.K. (1992). Geochemistry of carbonatites of the Ukrainian Shield. Kyiv: Naukova dumka, 212 p. [In Russian].

27. Kryvdik S.G., Zagnitko V.M., Donskiy M.O. (2003). Isotopic geochemistry of carbonatites of Ukraine. Period. Mineral., 72, 153–159.

28. Melnikov V.S., Kulchitska A.A., Kryvdik S.G., Gurskiy D.S., Strekozov S.N. (2000). The Azov deposit – a new type of rare-metal objects of Ukraine. Miner. J., 22 (5–6), 39–49.

Надійшла до редколегії 24.12.16

V. Zagnitko, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof.
E-mail: zagnitkow@i.ua,

V. Mykhailov, Dr. Sci. (Geol.), Prof.
E-mail: vladvam@gmail.com
Taras Shevchenko National University of Kyiv
90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine,

S. Kryvdic, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof.
E-mail: kryvdik@ukr.net,

V. Sydoruk, Lead Engineer
E-mail: sydvit@gmail.com,
M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladina Ave., Kyiv, 03680, Ukraine

GENETIC FEATURES AND RESOURCES OF RARE METAL DEPOSITS OF THE UKRAINIAN SHIELD

Rare metals are an important part of the global economy. Ukraine has developed mineral raw material base of rare metals, but no one of its objects is currently being developed now, causing damage to the national economy of Ukraine. Almost all known endogenous rare metal deposits of the Ukrainian Shield (Zr, Nb, Ta, TR, Sr, Li, Be, Rb, etc.) are related genetically to Paleoproterozoic complexes (1,7–2,1 Ga) of alkaline rocks, carbonatites and pegmatites. The majority of these deposits belong to well-known traditional types, but they have a number of specific and even unique mineralogical, geochemical and petrological features. In addition, the new deposit types were found in this region, not reported in the other Precambrian shields (including nepheline-free syenites highly enriched in Zr and TR, petalite pegmatites, U-Sc-V metasomatites, genthelvite deposits of Be and others). The objective of this article was to show the features and potential of rare-metal mineralization in the Ukrainian shield, to evaluate the resources of rare metals using so-called uniqueness ratio, calculated as the ratio of inferred resources of chemical elements to their clarkes in earth's crust. There are the following types of deposits at the Ukrainian shield for niobium resources: giant one is Chernigivske (Novopoltavske), the large ones are Oktyabr'ske and Yastrubetske; for zirconium: giant one is Yastrubetske, medium ones are Chernigivske, Oktyabr'ske and Azovske; for rare earth elements: large ones are Chernigivske and Yastrubetske, medium ones are Oktyabr'ske and Azovske; for tantalum: large ones are Chernigivske and Oktyabr'ske; for strontium: large one is Chernigivske; for lithium: medium one is Polokhivske deposit in petalite pegmatites; for scandium: large one is Zhovtorichenske. This estimation will contribute to objective evaluation of investment attractiveness level of these deposits. Moreover, most of the ore objects are of a complex type, so even medium and small size deposits can show high level of investment attractiveness, considering a well-developed infrastructure and presence of mining and processing plants on the territory of the Ukrainian shield.

Keywords: rare metals, deposits, resources, uniqueness ratio.

В. Загнитко, д-р геол.-мин. наук, проф.

E-mail: zagnitkow@i.ua,

В. Михайлов, д-р геол. наук, проф.

E-mail: vladvam@gmail.com

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина,

С. Кривдик, д-р геол.-мин. наук, проф.

E-mail: kryvdik@ukr.net,

В. Сидорчук, вед. инж.

E-mail sydvit@gmail.com

Институт геохимии, минералогии и рудообразования имени Н.П. Семененко НАН Украины

Пр. Акад. Палладина, 34, г. Киев, 03680, Украина

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И РЕСУРСЫ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УКРАИНСКОГО ЩИТА

Редкие металлы являются важной составляющей мировой экономики. Украина обладает развитой минерально-сырьевой базой редких металлов, но ни один из ее объектов пока не разрабатывается, что наносит ущерб народному хозяйству страны. Почти все известные эндогенные месторождения редкометальных руд Украинского щита (Zr, Nb, Ta, TR, Sr, Li, Be, Rb и т.д.) генетически связаны с комплексами палеопротерозойских (1,7–2,1 млрд лет) щелочных пород, карбонатитов и пегматитов. Большинство этих месторождений относятся к известным традиционным типам, однако они имеют ряд специфических и даже уникальных минералогических, геохимических и петрологических особенностей. Кроме того, в этом регионе открыты новые типы месторождений, которые неизвестны на других докембрийских щитах (в частности сильно обогащенные Zr и TR безнефелиновые сиениты, петалитовые пегматиты, U-Sc-V метасоматиты, гентгельвиновые месторождения Be и другие). Задача этой статьи – показать особенности и перспективность редкометального оруденения Украинского щита (УЩ), оценить ресурсы редких металлов по так называемому коэффициенту уникальности, который вычисляется как отношение прогнозных ресурсов элементов к их кларку в земной коре. На территории УЩ по ресурсам ниобия гигантским месторождением можно считать Черниговское (Новополтавское), крупными – Октябрьское и Яструбецкое; циркония: гигантским – Яструбецкое, средними – Черниговское, Октябрьское, Азовское; редких земель: крупными – Черниговское и Яструбецкое, средними – Октябрьское и Азовское; тантала: крупными – Черниговское и Октябрьское; стронция: крупным – Черниговское; лития: средним – Полоховское месторождение в петалитовых пегматитах; скандия: крупным – Желтореченское. Такой подход будет способствовать объективности оценки уровня инвестиционной привлекательности этих месторождений. Вместе с тем, большинство рудных объектов являются комплексными, поэтому инвестиционную привлекательность могут иметь даже средние и мелкие по размерам месторождения, учитывая хорошо развитую инфраструктуру и наличие горнодобывающих и перерабатывающих предприятий на территории УЩ.

Ключевые слова: редкие металлы, месторождения, ресурсы, коэффициент уникальности.