

## ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 552.11

Л. Галецький, проф., Л. Романюк, асп.

### ВІДКРИТТЯ ПЕРЖАНСЬКОГО РОДОВИЩА БЕРИЛІЮ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМПЛЕКСНИХ ГЕОХІМІЧНИХ МЕТОДІВ ПОШУКІВ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. М.І.Толстим)

На основі аналізу пометальних геолого-геохімічних карт вдалося встановити загальні й характерні закономірності прояву рідкіснометальної мінералізації на всій площі тектонічної зони і виділити перспективні ділянки для подальших детальних геологічних досліджень та пошуково-розвідувальних робіт, що також забезпечило їх високу ефективність: відкриття і геолого-промислової оцінку унікального родовища берилію – першого в світі у формі гентгельвіну.

On the basis of the by metal geologic-geochemical maps the general and typical principles of rare metal mineralization of Suchany-Perga tectonic-metasomatic activation zone were established. These works also provided high efficiency for discovering and geological assessment of unique deposit of the beryllium.

**Вступ.** Пержанське родовище берилію є поки що єдиним у світі родовищем, де промислові концентрації берилію пов'язані з гентгельвіном [1]. Цей мінерал є кінцевим членом ізоморфної серії мінералів гельвінової групи – каркасних силікатів берилію. Усього в світі відомо близько 50 знахідок мінералів групи гельвіну, які мають лише мінералогічний інтерес, при цьому гентгельвін ( $Zn_4(BeSi_2)_3S$ ) вважається найбільш рідкісним. Усього було відомо близько 10 його екзотичних знахідок, сім із них – у пегматитах. У крайовій частині Українського щита в межах Суцано-Пержанської тектоно-метасоматичної зони активізації вперше у світовій практиці в докембрійських породах знайдено новий високоякісний тип берилієвих руд у лужних (польовошпатових) метасоматитах з гентгельвіном.

Гентгельвінові руди характеризуються високою якістю завдяки високому вмісту берилію і гарним технологічним властивостям. За цими показниками вони переважають усі відомі промислові типи руд берилію. Альбіт-калішпатові метасоматити пов'язані з рідкіснометальними гранітами пержанського комплексу пізнього протерозою. Рудні зони представлені зближеними рудними тілами метасоматитів жилюподібної та лінозоподібної форми.

Рідкіснометальне зруденіння комплексне, разом з берилієм зустрічаються також Та, Nb, Zr, TR, Sn, Мо, Li, Zn, Ag, F.

Головні фактори, які контролюють розвиток і розміщення гентгельвінових родовищ:

1) розвиток зруденіння у межах областей і зон тектоно-магматичної активізації консолідованих структур – найбільші родовища локалізуються у межах довгоживучих лінійних тектонічних зон глибинних розломів; берилій концентрується зазвичай в умовах відносно замкнених систем;

2) зв'язок зруденіння з метасоматично зміненими породами, які відносяться переважно до гранітоїдної лужної формації і збагачені лужними, леткими компонентами і рідкісними елементами;

3) рудоносним формаціям властива певна металогенічна спеціалізація – з ними пов'язане зруденіння Be, Sn, W, Nb, Та, Мо, флюориту, а також поліметалів, Mn; рудоносні породи збагачені (у 1,5-10 разів більше кларку) рядом елементів: Be, F, Li, Rb, Cs, Sn, Nb, Та, Ga, W, TR, Zr, Th, Zn, Pb, Мо, Cu, Cd, Ge, In. Характерне накопичення Rb і відповідно низьке значення відношення K:Rb (40-150).

Важливе значення має широкий і повний розвиток метасоматичних процесів з проявами метасоматично змінених гранітів, заміщених пегматитів і скарнів,

лужних метасоматитів і грейзенів. Накопичення рудної речовини (ювенільне та *in situ*) від першоджерела до виникнення родовища характеризується складним і різноманітним шляхом розвитку з декількома етапами перерозподілу і концентрації корисних компонентів. Сприятлива обстановка виникає в умовах довгоживучих глибинних зон активізації. Тут забезпечуються стабільність рудогенеруючих систем, тривалість і повнота розвитку рудоутворюючих процесів, глибока диференціація речовини.

**Методика проведення досліджень.** У геоморфологічному відношенні район являє собою слабо розчленовану рівнину, значною мірою заболочену і вкриту лісом. Глибина наносів на ділянці робіт – 1-10 м, у середньому 3-5 м.

Відкриття Пержанського родовища берилію здійснювалося при провідній участі комплексного геохімічного картування ендегенних та екзогенних ореолів [3]. Першочергові задачі пошукових робіт у складних умовах району вимагали розробки і практичного використання нових, найбільш ефективних, пошукових методів. У зв'язку з цим був розроблений пошуковий комплекс, що включає площинне крупномасштабне геохімічне картування ендегенних (первинних) ореолів, яке супроводжувалося геолого-петрографічним картуванням. Основним елементом вказаного пошукового комплексу є крупномасштабне геохімічне картування геохімічних ореолів рідкісних елементів, перш за все берилію, ніобію, цирконію, рідкісноземельних елементів та ін. Пошуки мали площинний характер і проводилися по природних виходах кристалічних порід – висипках, брилах, іноді корінних відслоненнях. На заболочених ділянках проводилося геохімічне опробування керну пошуково-картувальних свердловин.

Одночасно проводилося геохімічне, геолого-петрографічне картування та гамма-зйомка. Геохімічне і геолого-петрографічне картування виконувалося по спільній сітці точок спостереження та супроводжувалося гамма-зйомкою. Суміщення цих двох видів робіт забезпечило, з одного боку, геологічну інтерпретацію геохімічних даних, з іншого – більш детальне вивчення і розчленування порід за їх геохімічною характеристикою.

Геолого-петрографічне картування за своїм характером і детальністю відповідає звичайній геологічній зйомці. Відповідно до умов району, основна увага приділялася петрографічному вивченню складних інтрузивних і метасоматичних порід. Одночасно проводилося їх детальне мінералогічне вивчення. За даними цих робіт були побудовані достатньої повноти геолого-петрографічні карти відповідних масштабів, які були

задовільними для інтерпретації геохімічних даних і обґрунтованого проведення пошукових робіт.

Геолого-геохімічне картування здійснювалося у два етапи:

I етап – загальне пошукове картування по сітці 200×100 (50) м,

II етап – деталізаційне картування по сітці 50×25 м.

У кожній точці спостереження відбиралися штучні зразки кристалічних порід вагою 150-200 г з усіх різновидів порід, які зустрічалися в точці.

Проби відбиралися з делювіально-елювіальних висипок, брилових скупчень, зрідка – корінних відслонень. На заболочених ділянках проводилося повне геохімічне опробування (геохімічний каротаж) керну пробурених тут пошуково-картувальних свердловин.

Відібрані таким чином металометричні проби подрібнювали до розміру частинок 0,07 мм, за якими виконувався напівкількісний спектральний аналіз рідкісних, розсіяних та інших елементів: V, W, Ga, Hf, Ge, In, Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Nb, Ta, Sn, Y, La, Ce, Yb, Ag, Pb, Sc, Sb, Th, U, P, Cr, Zn, Ba, Li (всього 32 елементи).

Частина проб ішла на контрольний кількісний аналіз, за яким було встановлено задовільну якість напівкількісних спектральних аналізів при їх значній загальній кількості – понад 10 000.

За одержаними даними були складені геолого-геохімічні карти – поелементні та комплексні. Геохімічні карти створювалися окремо для кожного з основних і побічних елементів-індикаторів метасоматичних і рудоутворюючих процесів – берилію, ніобію, цирконію, рідкісних земель, цинку, свинцю, літію та ін.

На цих картах чітко визначалися первинні геохімічні ореоли різної інтенсивності вказаних вище елементів, які відображають характер, розмах та інтенсивність метасоматичних та рудоутворюючих процесів.

Аналіз геолого-геохімічних карт дозволив визначити основні закономірності розміщення і концентрації корисних компонентів та намітити перспективні ділянки для пошуків.

Перевірка встановлених аномальних ореолів гірничими (канави) і буровими виробками дали змогу безпосередньо виявити корінні рідкіснометальні прояви.

**Результати досліджень.** Однією із перших і знакових знахідок було відкриття за допомогою канави рудного тіла з гентгельвіновими метасоматитами на ділянці Крушинка (Центральна рудоносна зона родовища).

Подальші пошукові і розвідувальні роботи базувалися на одержаних геолого-геохімічних даних і прогнозно-металічних побудовах, що забезпечило ефективне оконтурення та розвідку Пержанського родовища рідкісних металів.

У практиці геолого-пошукових робіт були поширені металометричні зйомки, за допомогою яких вивчають вторинні ореоли розсіяння. Разом з цим дуже мало уваги приділялось іншій стороні геохімічних досліджень – вивченню первинних ореолів. Цей вид досліджень перебував у той час на стадії експериментування, і методика їх проведення була ще не розроблена [5]. Існуюча методика дослідницьких робіт щодо вивчення ендегенних ореолів зводилася, в основному, до буріння й опробування свердловин, шурфів, канав і складного всебічного вивчення рудовміщуючих та рудоносних порід [2, 4, 6]. Такі дослідження виконувалися звичайно на стадії розвідувальних робіт і мали переважно науково-дослідний характер.

У даній статті розглядається досвід успішного проведення площинного геохімічного картування первинних ореолів, безпосереднім результатом якого було виявлення рідкіснометальних проявів у новому районі, де вони не були відомі раніше і, більше того, де важко було навіть передбачити їх знаходження.

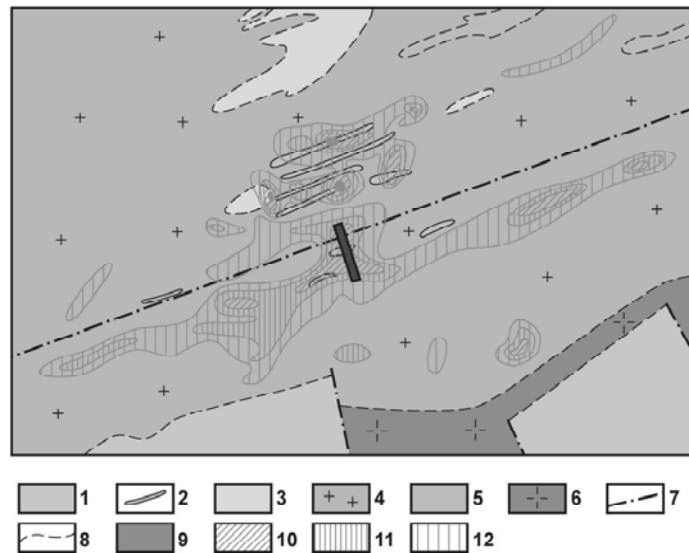


Рис. 1. Схематична геолого-геохімічна карта Пержанського родовища берилію.

1 – вторинні кварцити та сланці, 2 – тіла мінералізованих метасоматитів, що виходять на поверхню, 3 – метасоматичні граніти, окварцовані, 4 – колумбітоносні породи (апограніти), 5 – дрібнозернисті граніти, 6 – середньозернисті граніти, 8 – границі між породами, 9-12 – геохімічні ореоли берилію: 9 – >100 ГФ, 10-100-10 ГФ, 11- 10-5 ГФ, 12 – 5-3 ГФ

Район досліджень розміщений у крайовій частині докембрійського щита. Особливості геологічної будови району визначалися наявністю крупної тектонічної зони, що являє собою лінійну зону глибинних розломів значної довжини, яку можна розглядати як зону активації. У межах зони сформувався складнодиференційований комплекс лужних порід, який включає сублужні калієві

граніти, граносієніти, лужні біотитові, арфведсонітові та егіринові сієніти. Становлення даного комплексу порід супроводжувалось інтенсивною постмагматичною діяльністю – аутометасоматичними і метасоматичними процесами. Вони обумовили широкий розвиток метасоматичних утворень і пов'язані з ними різноманітної рідкіснометальної мінералізації: Be, Nb, Ta, Zr, TR, а

також Sn, F та ін. Домінуюче положення серед метасоматичних утворень мали автосоматично змінені колумбітоносні граніти (апограніти). До поля розвитку цих гранітів були приурочені рідкіснометальні прояви, пов'язані з кінцевими етапами перебігання метасоматичних процесів у локальних тектонічних зонах.

Найбільш ефективні результати були одержані для берилію. Основним елементом-індикатором берилієвого зруденіння є власне берилій; елементи-супутники – індикатори: Zn, Pb, Cu, Th, Sn, Ag, W, Ga, Li, Rb. Між цими елементами-індикаторами і берилієм встановлюються звичайно прямі кореляційні взаємовідношення. Більш широкі ореоли утворюють Be, Pb, Zn, Cu, Sn, Li, Ga. Зовнішні та верхні зони аномальних ореолів складаються переважно Pb, Cu, Li, Th.

Геолого-геохімічною зйомкою були виявлені певні зони, у межах яких локалізуються аномальні геохімічні ореоли берилію та елементів-супутників (рис. 1).

Найбільш широкими є аномальні ореоли з мінімальним аномальним вмістом берилію, який дорівнює трикратній величині геохімічного фону цього елемента для району – 3 ГФ. На фоні цих ореолів виділяються досить чіткі аномальні ділянки інтенсивністю 5 ГФ-50 ГФ та більше. Ореоли в основному витягнуті згідно з простяганням структурних елементів зони.

Завдяки перевірці встановлених ореолів канавами і свердловинами безпосередньо виявлені корінні берилієві прояви. Були знайдені як мінералізовані тіла, що виходять на поверхню, так і "сліпі" (на глибині 50-150 м), які, проте, відбивалися на поверхні аномальними ореолами.

Аналогічні результати було одержано також для ніобію, цирконію, рідкісних земель, що дозволило цілесп-

рямовано й економічно проводити розшукові роботи на ці елементи.

**Висновки.** Аналіз і зіставлення пометальних геолого-геохімічних карт дозволили визначити й просторово виділити природні парагенетичні рідкіснометальні асоціації (рудні формації) та встановити основні закономірності їх розміщення у зв'язку з певними породами і метасоматичними утвореннями.

Згадані закономірності знайшли своє узагальнене відображення на металогенічних і прогнозних картах, які були побудовані на основі пометальних геолого-геохімічних карт. Ці карти дозволили встановити більш загальні й характерні закономірності прояву рідкіснометальної мінералізації всієї площі тектонічної зони і виділити перспективні ділянки для подальших детальних геохімічних досліджень та пошуково-розвідувальних робіт, що забезпечило їх високу ефективність: відкриття і геолого-промислової оцінка унікального родовища берилію – першого в світі у формі гентгельвіну.

Було знайдено також родовища та рудопрояви ряду інших рідкісних та кольорових металів: цирконію, рідкісних земель, ніобію, танталу, літію, олова, вольфраму, молібдену, а також флюориту, дистену.

1. Азарова С.П., Галецький Л.С. Пержанское месторождение гентгельвина – единственный уникальный промышленный рудный объект в мире // Рідкісні метали України – погляд у майбутнє: Зб. наук. праць ІГН НАНУ. – К., 2001. С.3-4. 2. Вопросы изучения и методы поисков скрытого оруденения. – М., 1963. 3. Галецький Л.С. Досвід проведення площинного крупно масштабного геохімічного картування ендегенних ореолів. – К., 1968. 4. Геохимические поиски рудных месторождений. – М., 1959. 5. Красников В.И. Основы рациональной методики поисков рудных месторождений. – М., 1965. 6. Крейтер В.М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых: Ч.1. – М., 1960.

Надійшла до редколегії 13.05.09

УДК 550.424.4; 550.504.84

М. Макаренко, канд. геол.-мінералог. наук, В. Карли, гол. геолог, М. Степанюк, гідролог, В. Коляда, пров. геолог, М. Паталаха, канд. геол.-мінералог. наук, І. Купенко, пров. геофізик, О. Гурін, пров. гідролог, В. Корнієнко, інж.

## ШИРОКОМАСШТАБНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЛІТОГЕОХІМІЧНИХ ПОШУКІВ УРАНОВИХ РОДОВИЩ НА ХМІЛЬНИЦЬКІЙ ПЛОЩІ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. М.І.Толстим)

*У статті дається характеристика геологічної будови Хмельницької площі, перспективної на виявлення уранових родовищ жильно-штоковкового типу. Використання вперше в Україні широко-масштабних літогеохімічних пошуків на основі підрунтової геохімічної зйомки з опробуванням репрезентативного прошарку ґрунтів на уран дозволило дати загальну оцінку площі та визначити зони (ділянки) перспективні на виявлення уранових родовищ.*

*The description of the geological structure of Chmel'nik area which is promising for vein-stockwork uranium deposits is presented in the article. The large-scale lithochemical prospecting was used for the first time in Ukraine. It based upon a subsoil geochemical survey testing accompanied by representative soil layer allowed to generally estimate the area and determine the sites which show promise for uranium deposit detection.*

**Постановка проблеми.** Хмельницька площа (450 км<sup>2</sup>) за результатами робіт геологічних партій № 32, 37, 49, що проведені у 1957–1972 рр, з урахуванням сучасних знань і власного та закордонного досвіду пошуків уранових родовищ, визначена як перспективна на виявлення уранових родовищ гідротермального жильно-штоковкового типу.

Площа має триярнусну будову. Інтенсивно дислокований комплекс докембрійського фундаменту представлений глибоко метаморфізованими гірськими породами, що сформовані протягом декількох тектонічних циклів. Осадочний комплекс, разом з розповсюдженою корою вивітрювання гранітоїдів, має потужність до декількох десятків метрів. Четвертинні відклади створюють малопотужний (перші десятки метрів) чохол, у складі

порід якого переважають субаквальні та лесові фаціальні різновиди.

Кристалічні докембрійські породи є потенційно урановорудними, вони представлені кристалосланцями, гнейсами, чарнокітами, ендербітами, мігматитами і гранітами, а також піроксенітами, горнблендитами і діоритами. Інтрузивні утворення представлені ультраосновними породами, лейкогранітами і дайками основного складу.

Відклади палеогену (бучацька серія середнього еоцену) спостерігаються на окремих ділянках у північно-західній частині площі. Неогенові відклади (глини, піски і алеврити) суцільним чохлом, за виключенням річкових долин, де вони розмиті, розповсюджені на усій території. Хмельницька площа у структурно-геологічному плані знаходиться у межах Подільського блоку Українського