

А. П. Василенко, канд. геол.-мінерал. наук, завідувачка сектору
(Український державний геологорозвідувальний інститут),
alla_vas@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-2560-660X>,

Л. В. Ісаков, д-р геол. наук, професор кафедри загальної і структурної геології
(Національний гірничий університет, Україна),
isakov_1@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-0368-8632>

ПРОГНОЗНІ КРИТЕРІЇ ТА ПОШУКОВІ ОЗНАКИ РІДКІСНОМЕТАЛЕВОГО ЗРУДЕНІННЯ В ПЕГМАТИТАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ТА ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИН УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Для подальшого системного вивчення рідкіснометалевого зруденіння Північно-Західної та Центральної частин Українського щита (УЩ), пов'язаного з пегматитами, розроблено нові та вдосконалено вже наявні прогнозні критерії й пошукові ознаки. Унаслідок виділено чотири групи критеріїв, які систематизовано за принципом поступового наближення до розшукуваного об'єкта.

До першої групи належать критерії прогнозування, пов'язані із загальними закономірностями розміщення пегматитів у часі (геохронологічні) і просторі (мегаструктурні). Саме ці критерії визначають головні структурні одиниці (пегматитові провінції, області та райони) і їхню металогенічну спеціалізацію. Друга група об'єднує регіональні критерії, серед яких виділяються тектоноструктурні, магматичні та метаморфічні. Ці прогнозні критерії визначають формування, локалізацію та становлення пегматитових поясів і полів. Третю групу становлять критерії, що впливають з умов формування, локалізації й становлення пегматитових вузлів і пучків. Четверта група – це ціла низка критеріїв спеціалізації пегматитових тіл, які можна виявити під час безпосереднього вивчення їхньої внутрішньої будови. Ідеться, зокрема, про мінералого-геохімічні, структурно-текстурні, петрохімічні, термобарогеохімічні, термолюмінесцентні критерії, а також прямі та опосередковані пошукові ознаки.

Ключові слова: пегматити, прогнозні критерії, пошукові ознаки, рідкіснометалеве зруденіння.

Вступ

Розроблення та впровадження в практику оцінювальних критеріїв рідкіснометалевого зруденіння в пегматитах є важливою проблемою, яку вивчали усі відомі дослідники цього напрямку (О. І. Гінзбург, М. О. Солодов, Г. Г. Родіонов, С. Г. Шавло та ін.). Вони одноставно вказували на можливість зосередження пошукових робіт на високоперспективних обмежених

за площею ділянках завдяки досить визначеному розміщенню пегматитів у межах геологічних структур та на можливість проведення геологорозвідувальних робіт на основі стійкості рідкіснометалевого парагенезису кожного типу пегматитів.

В останні роки в межах УЩ спостерігалися неабиякі зрушення щодо детальної вивченості архейських утворень на рідкісні метали, пов'язані з пегматитами [3, 6, 7

та ін.]. Це суттєво зменшило прогалину в науковому вивченні пегматитоносних територій, оскільки геологічні чинники є основою для цілеспрямованих досліджень, орієнтованих на виявлення площ розвитку пегматитових полів, їхніх окремих вузлів і тіл, та обґрунтованого прогнозування розшуків родовищ рідкісних металів. Але треба зазначити, що ці дослідження переважно стосувалися Східноукраїнської пегматитової області УЩ, де було виявлено головні типи й асоціації пегматитів; обґрунтовано належність окремих асоціацій пегматитів до відповідних рідкіснометалевих масивів і приуроченість їх до різних геолого-структурних обстановок і породних комплексів; виділено пегматитові вузли, поля та пояси; виконано районування дослідженої території; систематизовано комплекс геологічних і металогенічних критеріїв прогнозування й пошукових ознак у межах продуктивних пегматитових полів і вузлів.

У подальшому, у Центральній і Північно-Західній частинах УЩ було проведено серію пошукових робіт, спрямованих на виявлення рідкіснометалевого зруденіння, пов'язаного з пегматитами. За результатами робіт було відкрито новий Шполянсько-Ташлицький (Інгульський) рідкіснометалевий район, що вміщує як родовища, так і низку рідкіснометалевих проявів, головним чином літію і танталу (Полохівське, Станкуватське, Надія, Липнязьке, Мостове та ін.). Отже, для подальшого системного вивчення рідкіснометалевого зруденіння на цій території виникла потреба в розробленні нових й удосконаленні вже наявних прогнозних критеріїв і пошукових ознак, які поділяються на чотири групи.

Аналіз досліджень та отримані результати

До першої групи належать критерії прогнозування, пов'язані із загальними закономірностями розміщення пегматитів у часі (геохронологічні) і просторі (мегаструктурні), які відображають зв'язок пегматитів зі значними епохами в розвитку Землі, приуроченість їх до великих структурних елементів, мегазональність і

спеціалізацію великих пегматитоносних територій. Саме ці критерії визначають головні структурні одиниці (пегматитові провінції, області й райони) і їхню металогенічну спеціалізацію для виконання дрібно- й середньомасштабних геологічних досліджень та дають змогу визначити перспективи регіону загалом.

Геологічні спостереження й визначення радіологічного віку пегматитів засвідчили, що вони утворюються в усі геологічні епохи. Водночас статистичними підрахунками доведено, що з усіх відомих нині пегматитів на докембрійські родовища припадає понад 80 % усіх запасів Li, Cs, Ta, Be, Sn, які з ними пов'язані. Простежується пряма залежність між розмірами родовищ рідкіснометалевих пегматитів та їхнім геологічним віком. Давні пегматити набагато багатші на рідкісні метали, порівнюючи з молодими. Вони характеризуються меншою кількістю жил, але мають більші розміри. Ця залежність може бути виявлена лише в разі порівняння віку родовищ одного й того самого геолого-промислового типу. Найбільші запаси літію припадають на архейську (28 %) і ранньопротерозойську (22 %) епохи. Виявлені вони в межах пегматитових поясів Канадського, Австралійського, Балтійського та інших щитів. Український щит, який охоплює Інгульський, Волинський, Подільський пегматитові райони, відповідає головним умовам вищезазначених давніх щитів, а вік пегматитів, що їх утворюють, за різними джерелами оцінено в 2800–1700 млн років.

Отже, дані геохронологічного і мегаструктурного критеріїв засвідчують високі перспективи виділених металогенічних підрозділів на виявлення не тільки чималих запасів літію, але й родовищ Cs, Rb, Nb, Ta, Sn. Пегматити рідкісноземельної асоціації того ж віку відповідають усім окресленим критеріям і розвиваються в суміжних до рідкіснометалевих пегматитових полях охарактеризованих пегматитових поясів.

Друга група об'єднує регіональні критерії, серед яких виділено тектонострук-

турні, магматичні і метаморфічні. Цю групу критеріїв визначено за закономірностями загального розвитку й внутрішньої будови геологічних структур, становлення магматичних рідкіснометалевих комплексів і метаморфічних перетворень породних товщ регіонів, сприятливих для формування полів пегматитів. Ці прогностичні критерії визначають формування, локалізацію й становлення пегматитових поясів та полів і сприяють визначенню територій для організації середньо-великомасштабних геологічних досліджень.

Тектоноструктурні критерії. На підставі аналізу пегматитоносних територій і виконаних досліджень можна з великою ймовірністю стверджувати: у докембрійських утвореннях основна маса пегматитових полів рідкіснометалевої та рідкісноземельної спеціалізації розміщена в облямуванні гранітних куполів і масивів, локалізуючись у межах вузьких лінійно витягнутих прогинів, часто контрольована тектонічними зонами, приуроченими до облямування давніх блоків і синкліноних структур, розвинених навкруги гранітних батолітів-куполів. Зазвичай ці зони простягаються на сотні кілометрів, а приурочені до них пегматитові поля здебільшого лінійно витягнені на відстань від 5 до 20 й більше кілометрів і складені серіями зближених, розгалужених плитоподібних або еліпсоїдних округлих тіл, які дискретно розміщені як пучки в межах полів. Керамічні пегматити, звичайно, пов'язані з рідкіснометалевими комплексами, утворюють широкі, ізометричної форми поля в межах гранітогнейсових куполів.

Класичним прикладом приуроченості до вузьких трогових структур є Південноволинський і Братський пегматитові пояси. Зокрема дослідження в межах останнього засвідчили, що певною мірою формування гранітних масивів кіровоградського, новоукраїнського комплексів і пов'язаних з ними пегматитів та великих протяжних трогових синклінорій проходило майже одночасно, але із впровадженням завершальних фаз гранітів і пегматитів уже після формування текто-

ноструктур. На це також указує А. Гінзбург [2], зауважуючи, що радіологічний вік гранітних масивів і пегматитів зазвичай близький віку метаморфічних товщ, що свідчить про формування тих та інших упродовж єдиного тектономагматичного циклу. У такий спосіб ці тектоноструктури ставали найсприятливішими для проникнення пегматитової речовини, зокрема рідкіснометалевої спеціалізації, що утворювалась у великих кількостях на завершальній стадії формування багатофазового інтрузиву. Із цими масивами можливо треба пов'язати й пегматити керамічні та рідкісноземельної ітрію-уранової спеціалізації, розвинені в межах гранітних масивів, особливо їхніх крайових розгнейсованих і мігматитових частинах дрібних гранітних куполів.

Магматичні критерії. Дослідники зазначають, що для докембрійських пегматитів зв'язок з материнськими гранітами не такий явний, як для фанерозойських, і відступає на другий план [2, 9, 10]. Без сумніву, з огляду на доведену гетерогенність пегматитів, частина їх утворюється в процесі метаморфізму й ультраметаморфізму порід, що їх уміщують, а переважна більшість рідкісноземельних пегматитів розміщена серед метаморфічних порід без безпосереднього зв'язку з гранітними масивами. Неабиякою мірою це стосується й керамічних пегматитів. Водночас для рідкіснометалевої асоціації пегматитів цей зв'язок суттєвий, а з нашого погляду – обов'язковий.

Гранітні комплекси, з якими пов'язані рідкіснометалеві пегматити, зазвичай переміщені й диференційовані. Це великі масиви гранітів і гранодіоритів, які формують купольні магматичні структури.

Прикладом може слугувати Коростенський плутон Волинського мегаблока, Новоукраїнський і Корсунь-Новомиргородський плутони Інгульського мегаблока. Пегматитові поля просторово пов'язані із зонами розвитку мусковіт-біотитових і лейкократових гранітів житомирського та кіровоградського комплексів, які є дериватами основних великих масивів.

Безпосередній зв'язок пегматитів, що мають рідкіснометалеву мінералізацію, з гранітними масивами спостерігається в межах Братського пегматитового поясу. Для пегматитів Полохівського родовища визначений просторовий зв'язок з Кіровським і Хмелівським масивами біотитових середньозернистих гранітів. Пегматити родовища Станкуватське і Надія розміщені в західному облямуванні Липнязького гранітного масиву, а пегматити, що вміщують рудопрояви Мостове, Вись, Копанки, тісно пов'язані з Петроострівським гранітним масивом.

Метаморфічні критерії. Важлива глибинність формування пегматитонесних гранітних масивів. Пегматитовий розчин-розплав саме на глибині нижче 1,5 км (що відповідає 300 атм літостатичного тиску) кристалізується без втрати флюїдної частини [1]. Про це свідчать і регіональні метаморфічні перетворення пегматитумісних порід. Зазвичай рідкіснометалеві пегматити давніх платформ приурочені до трогових прогинів, виповнених породами, що зазнали регіонального метаморфізму амфіболітової, епідот-амфіболітової й андалузит-силіманітової фацій, і розміщені в метapelітових породах у зоні метаморфізму, яка відповідає андалузит-кордієрит-мусковітовій і силіманіт-кордієрит-мусковітовій субфаціям, та в metabазитах у зоні метаморфізму, що відповідає субфаціям зеленої і синьо-зеленої рогової обманки епідот-амфіболітової фації. У більш низько- і високотемпературних фаціях рідкіснометалеві пегматити трапляються зрідка.

О. Гінзбург з колегами [1, 2] наводить таку емпіричну залежність розвитку рідкіснометалевих пегматитів зі збільшенням ступеня метаморфізму. З найнижчим ступенем метаморфізму – кордієрит-амфіболовою фацією (примежова з породами зеленосланцевої фації) – асоціюють альбітові й мікроклін-альбітові танталонесні пегматити. До зони розвитку кордієриту (кордієрит-ставроліт-гранат-андалузит-слюдисті, іноді силіманітумісні сланці) приурочені поля мікроклін-альбітових

пегматитів зі сподуменом та альбіт-сподуменові пегматити. З більш високотемпературними стадіями метаморфізму пов'язані альбіт-мікроклінові різновиди, мікроклінові пегматити з берилом, каситеритом.

Наведена закономірність дає змогу різко обмежити площі розшуків рідкіснометалевих пегматитів у межах Центральної та Західної частин УЩ, оскільки описаним умовам відповідають тільки утворення, розвинені в трогових структурах пегматитових поясів.

Пегматити, розвинені в межах високометаморфізованих утворень товщі серій, за цим чинником малоперспективні на виявлення промислових проявів рідкісних металів. Це повністю підтверджується результатами проведених досліджень. У межах відкладів Подільського мегаблока (гранулітова фація) наявні лише одинокі прояви рідкісноземельних металів. Перспектив виявлення родовищ рідкісних металів майже немає.

Відтак потрібно розглянути критерії третього ступеня. Це прогнозні критерії формування, локалізації й становлення пегматитових полів, вузлів і пучків, які можуть бути використані для поставлення пошукових робіт.

Ці критерії доцільно розділити на дві підгрупи: перші впливають з виявлених закономірностей геолого-структурних особливостей структур, які вміщують пегматити, а другі – з геолого-структурних особливостей власне пегматитових полів і вузлів та пучків.

Критерії геолого-структурних особливостей структур і порід, які містять пегматити

На локалізацію, потужність, форму, склад, а також рудну спеціалізацію певним чином впливають мікροструктурні особливості вмісного літологічного комплексу, співвідношення породних різновидів, їхні фізичні й хімічні властивості, мінеральний склад тощо.

Для локалізації пегматитів у межах пегматитумісних структур потрібна низка умов. Передусім це розвиток дрібних плі-

кативних складок і різких підвертань самих структур чи їхніх складників, які сприяють утворенню закритих тріщин-пасток. Для локалізації великих тіл і пучків пегматитових тіл потрібні, по-перше, жорсткі породи, здатні до розтріскування з утворенням великих порожнинних тріщин, а по-друге – літологічна диференціація вмісної товщі з чергуванням м'яких (наприклад, слюдисті сланці) і твердих (роговики, основні та ультраосновні утворення) порід, що сприяло б у разі стресових навантажень формуванню в них порожнинних тріщин. У науковій літературі подібних умов наведено безліч. Наприклад, пегматити Кольського півострова локалізовані майже повністю в лінзоподібних тілах амфіболітів, які становлять усього 3 % від загальної маси сланців пегматитоконтрольованих зон.

Ці умови спостерігаються в межах Липнязького пегматитового поля. Усі пегматитові тіла, що мають рідкіснометалеву мінералізацію, майже не виходять за межі вміщувальних амфіболітів. Пегматити пучка Полохівське контролюються зоною ороговікування та скварцьованих гнейсів.

Крім того, потрібно звертати увагу на хімічний і мінеральний склад порід, що вміщують пегматити і які можуть суттєво впливати на склад пегматитових жил. Значимо, що А. Гінзбург і Г. Родіонов з колегами розробили класифікацію порід за інертністю щодо лужних і рідкісних металів. До інертного класу зачислено кварцити й кристалічні вапняки; базити й ультрабазити визнано такими, що поглинають слабо; різні слюдисті сланці поглинають активно. Можна припустити, що в інертних (неактивних) породах пегматити зберігають флюїдну фазу майже в повному обсязі, тому вони збагачені рідкісними металами та їхніми мінералами. У породах активних і здатних до сорбції (слюдовмісних) пегматити разом з флюїдною фазою розсіюють у вмісні породи рідкісні метали у вигляді ореолів. Очевидно, саме тому в межах рудопрояву Мостове в слюдистих породах наявні великі ореоли літію і немає пегматитів з літєвими мінералами.

Карбонатні породи, які вміщують пегматити, сприяють підвищенню в пегматитових розчинах-розплавах активності вуглекислоти, що зумовлює швидку кристалізацію мінералів кальцію, натрію і літію. Це приводить до утворення незвичайного плагіоклаз-мікроклін-сподуменового і плагіоклаз-сподуменового типу пегматитів. Такі пегматити можливі в межах Кочерівського рудоносного поля.

Великий вплив на формування пегматитів мають теплофізичні властивості вмісних порід. Прискорене тепловідведення може приводити до швидкої розкристалізації розчину-розплаву та утворення серій однотипних жил, а сповільнене, навпаки, – до тривалої, що зумовлює диференціацію пегматитових тіл як за вертикаллю пегматитового пучка, так і всередині пегматитових тіл і як наслідок – чітко окреслену зональність порід.

Критерії геолого-структурних особливостей пегматитових полів, вузлів і пучків

Для оцінки пегматитових вузлів і пучків дуже важливо знати в якій частині (нижній, середній чи верхній) вони розкриті ерозійним зрізом. Визначення рівня ерозійного зрізу – завдання дуже складне, але з огляду на низку ознак його можна вирішити. До ознак, які вказують на те, що ерозією розкрита середня або верхня частина жил, належать: 1) наявність чітко окресленого кварцового ядра, мономінеральної зони блокового мікрокліну і особливо зони лускуватого мусковіту або лепідоліту; 2) чітка зональність, тобто непогана витриманість зон і наявність різких границь між ними; 3) брак ранніх і широкий розвиток пізніх зон; 4) незначна альбітизація мікрокліну пегматитів; 5) підвищене (порівнюючи із середніми для промислових жил цієї провінції) співвідношення Ta/Nb, Cs/K, Rb/K, Cs/Rb і тощо.

На глибокий ерозійний зріз указують такі ознаки: 1) погано окреслена зональність пегматитових тіл, зокрема наявність об'єднаних зон, розпливчасті границі між

зонами; 2) широкий розвиток зони гранітної і графічної структури в мікроклінових, мікроклін-альбітових і сподумен-мікроклін-альбітових пегматитах та апографічної (або мілкозернистої).

З наших досліджень можна зробити висновок, що в межах Корсунь-Новомиргородського плутону немає камерних пегматитів, але наявні рідкіснометалеві, а в межах Коростенського – навпаки. Найпевніше, цей факт пояснюється різним рівнем ерозійного зрізу. За теоретичними й емпіричними розробками глибина ерозійного зрізу Волинського блока, особливо в межах Коростенського плутону, становить 1,5–3,0 км. У такий спосіб його спеціалізація – це камерні пегматити. Глибина ерозійного зрізу Ингульського блока в межах Корсунь-Новомиргородського плутону – 3–7 км, і для нього характерна рідкіснометалева спеціалізація.

Критерій зональності. У межах пегматитового поля чітко простежується площинна зональність гранітних пегматитів у напрямку від материнського інтрузиву: 1) мікроклінові, 2) мікроклін-альбітові та мікроклін-альбітові зі сподуменом, альбітові й альбітові зі сподуменом, 3) альбіт-сподуменові та альбіт-сподумен-петалітові. Характерне “випадіння” із зазначеного ряду окремих типів пегматитів і наявність у пучку здебільшого двох типів пегматитів. Це притаманне, наприклад, Шевченківському пучку, хоча були спроби відтворити в його будові ідеальну зональність [5].

Ідеальний пучок складають пегматити родовища Крута Балка. У його межах виявлено мікроклінові, альбітові й альбітові зі сподуменом пегматити. А тому за даними Л. В. Ісакова [4], маємо право передбачати можливість розміщення безпосередньо поруч з альбітовими зі сподуменом пегматитами порід альбіт-мікроклінового й альбіт-сподуменового складу. Крутобалкинський тип пучка – це серії пегматитових тіл, які положисто залягають у тріщинах відриву в масивах основних та ультраосновних порід.

Треба зауважити, що за нашими спостереженнями в межах Липнязького пегматитового поля чіткої зональності пегматитів немає. Пегматитові пучки формувалися в неспокійних тектонічних умовах. Незначною зональністю, очевидно, можна пояснити розвиток танталоносних пегматитів на флангах пегматитового пучка (мікроклін-альбітові пегматити) і літєвих пегматитів у центральній частині пучка (альбіт-сподуменові та альбіт-сподумен-петалітові пегматити).

Форма і внутрішня структура пегматитових тіл – також характерна ознака для різних типів пегматитів. З’ясовано, що літєносним альбіт-сподуменовим пегматитам притаманна видовжена форма й великі розміри тіл. Зазвичай вони утворюють серії зближених тіл. Альбітові й альбіт-мікроклінові танталоносні пегматити також видовжені, але невеликі за розміром. Мікроклін-альбітові зі сподуменом комплексні рідкіснометалеві пегматити мають звичайно близьку до ізометричної форму й чималі розміри.

І нарешті є ціла низка критеріїв четвертої групи, а також пошукових ознак спеціалізації пегматитових тіл, які можна виявити під час безпосереднього вивчення їхньої внутрішньої будови, мінерального складу структурних зон, комплексів, тонких досліджень мінералів самих пегматитів, геохімічних особливостей пегматитових тіл та ореольних зон навколо них. Це такі критерії, як мінералого-геохімічні, структурно-текстурні, петрохімічні, термобарогеохімічні, термолюмінесцентні. Варто зазначити, що під час мінералогічних досліджень потрібно визначити загальний мінеральний склад порід, мінеральні асоціації та структурну мінералогічну зональність. На цій підставі з’ясовують тип пегматиту і його практичну цінність.

Стисло зупинимося лише на характеристиці петрохімічних і мінералого-геохімічних критеріїв для рідкіснометалевих пегматитів.

Петрохімічні критерії. За петрологічними показниками (співвідношення показників Si/Al; K+Na+Li; Ca+Fe+Mg+Mn+Ti) А. Калита [8] розділяє пегматити на п'ять петрохімічних парагенетичних типів, які мають відповідну рідкіснометалеву спеціалізацію:

- 1) лепідоліт-альбітовий з Li-Ta-мінералізацією;
- 2) альбітовий з Ta-Li-мінералізацією;
- 3) альбіт-мікрокліновий з берилієвою, ніобій-тантал-літєвою, іноді цезієвою й берилієвою, торієвою, ітрієвою мінералізацією;
- 4) амазоніт-альбіт-кварцовий з берилієвою, ніобієвою, торієвою, рідкісноземельною мінералізацією;
- 5) мікроклін-альбіт-кварцовий з цирконієвою, торієвою, ітрієвою, ніобієвою та рідкісноземельною мінералізацією.

За співвідношеннями Al/Ca+Fe+Mg+Mn+Ti; K та Na+Li виділено такі парагенетичні типи пегматитів:

- 1) максимально глиноземисті з Ta-Li-мінералізацією;
- 2) високоглиноземисті з комплексною Li-Rb-Cs-мінералізацією;
- 3) середньоглиноземисті берилієві із супутнім танталом;
- 4) малоглиноземисті амазонітовмісні з берилієвою, ітрієвою і ніобієвою мінералізацією;
- 5) мінімально глиноземисті з рідкісноземельною, торієвою, ітрієвою та ніобієвою мінералізацією.

Мінералого-геохімічні критерії поділено на такі групи:

- 1) за пороудоутворювальними мінералами та їхніми асоціаціями;
- 2) за рудними мінералами;
- 3) за комплексом акцесорних і другорядних мінералів;
- 4) за морфологією мінералів;
- 5) за геохімією мінералів, їхніх парагенетичних спільнот і структурно-мінералогічних зон пегматитів;
- 6) за РТ-умовами формування мінералів та їхніх парагенетичних груп (термобарогеохімічними);

7) за термолюмінесцентними властивостями мінералів, дефектами їхньої кристалічної ґратки тощо.

Колектив дослідників Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення під керівництвом В. І. Павлишина розробив групу оцінювальних методів дослідження мінералів: кварцометричний, слюдометричний, польовошпатометричний тощо, за допомогою яких можна визначати перспективність пегматитів, що містять досліджуваний мінерал. Мінерали аналізують за допомогою радіоспектроскопічного, люмінесцентного, термобарогеохімічного та інших аналізів (валове й індивідуальне вивчення). Ці методи в разі детального їхнього напрацювання стосовно мінералів пегматитів можуть виявитися інформативнішими, ніж візуальні спостереження, з таких причин: по-перше, не потрібно багато речовини для аналізу; по-друге, не потрібне знання потужності, складу чи зональності розкритої пегматитової жили.

І зрештою важливу роль у визначенні ступеня перспективності пегматитових утворень відіграють пошукові ознаки. Це ті чинники, які прямо або опосередковано вказують на наявність рідкіснометалевих покладів у межах пегматитових пучків і пегматитових тіл. Прямі пошукові ознаки – безпосередня наявність корисної копалини у відслоненнях, гірничих виробках або в керні бурових свердловин, первинні геохімічні ореоли, умісти корисної копалини, потужність і морфологія рудного покладу, асоціація рудних мінералів тощо. Супутні пошукові ознаки – потоки й ореоли мінералів-супутників основного компоненту, вторинні геохімічні ореоли, геофізичні аномалії тощо.

На прикладі Станкуватського родовища можна розглянути пошукові ознаки рідкіснометалевих пегматитів Центральної частини УЩ (з огляду на його особливості).

Прямі пошукові ознаки літєвих руд:

1. Наявність рудних (пегматитових) тіл жильного типу. Альбіт-петалітові, сподумен-петалітові плитоподібні зближені

жили розміром 400–1700×350–500×5–75 м; стовбурова потужність: 3,3–191,5 м.

2. Середній уміст корисних компонентів (%): Li_2O – 1,3; Rb_2O – 0,096; Cs_2O – 0,0069; Ta_2O_5 – 0,013; Nb_2O_5 – 0,016.

3. Основні рудні компоненти: літій, тантал.

4. Супутні рудні компоненти: цезій, рубідій, ніобій, берилій, олово.

5. Основні рудні мінерали становлять у середньому 30–40 % і представлені: петалітом, сподуменом, трифіліном, танталоніобатами, ільменорутилом, стрюверитом.

6. Супутні рудні мінерали: холмквістит, каситерит, нігерит.

Прямі пошукові ознаки танталових руд:

1. Наявність рудних тіл жильного типу з переважним поширенням мікроклін-альбітових й альбітових різновидів і кварц-мікроклін-альбітових метасоматитів на північному фланзі Станкуватського родовища.

2. Виділяються два типи танталових руд: комплексні літій-танталові із супутніми ніобієм, рубідієм, цезієм, берилієм, оловом і танталові із супутнім ніобієм, берилієм, оловом, цезієм.

3. Уміст Ta_2O_5 у комплексних рудах коливається від 0,005 до 0,0915 % на потужність 0,4–20,0 м; у безлітєвих різновидах уміст Ta_2O_5 змінюється від 0,0098 до 0,0305 %.

4. Основні рудні мінерали: група залізного танталіту-колумбіту, ільменорутил, стрюверит, титано-тантало-ніобати, тапіоліт, мікроліт.

5. Висококонтрастні первинні ореоли літїю, берилію, ніобію, олова в кристалічних породах мають 20–50-кратне перевищення над фоном.

Опосередковані пошукові ознаки:

1. Високий уміст літїю в підземних водах (від >10 до 3250 мг/л).

2. Зони альбітизації, мікроклінізації у вмщувальних породах, турмалінізації пегматитових тіл, розвиток процесів греїзенізації.

3. Позитивні радіоактивні аномалії за гамма-каротажем, пов'язані з тілами пегматитів.

4. Локальні позитивні гравітаційні аномалії.

5. Відношення $\text{Ta/Nb} = 0,25\text{--}1,0$.

Висновки

Унаслідок проведених робіт виділено чотири групи геологічних критеріїв та низку пошукових ознак рідкіснометалевого зруденіння в пегматитах, які систематизовано за принципом поступового наближення до розшукуваного об'єкта: від визначення перспектив мегаструктур на пегматити до з'ясування перспектив окремих пегматитових полів, вузлів і пучків за парагенезисом мінералів, їхнім хімічним складом і кристалічною структурою. Окреслений комплекс геологічних критеріїв і пошукових ознак дає змогу на досягнутому рівні вивченості визначити ступінь перспективності на рідкіснометалеві пегматити Західної і Центральної частин УЩ та окремих його ділянок зокрема.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гинзбург А. И. О влиянии внешнего давления на ход пегматитового процесса // Геология месторождений редких элементов. – М.: Недра, 1964. – Вып. 22. – С. 74–82.

2. Гинзбург А. И., Тимофеев И. Н., Фельдман Л. Г. Основы геологии гранитных пегматитов. – М.: Недра, 1979. – 296 с.

3. Ісаков Л. В. Про закономірності розміщення, взаємозв'язку та внутрішньої будови рідкіснометалевих пегматитів Шевченківсько-Федорівської структури (Західне Приазов'я) // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2005. – № 2. – С. 46–51.

4. Ісаков Л. В. Про одну з особливостей рідкіснометалевих пегматитів вузла “Крута Балка” // Мін. ресурси України. – 2005. – № 2. – С. 21–22.

5. Ісаков Л. В. Стислий огляд прогнозно-пошукових критеріїв та ознак рідкіснометалевого зруденіння, пов'язаного з пегматитами Західного Приазов'я // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2006. – № 2. – С. 8–15.

6. Ісаков Л. В., Василенко А. П., Бобров О. Б. Геолого-промислові типи родовищ корисних копалин України, пов'язаних з пегматитами // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2007. – № 1. – С. 24–34.

7. *Исаков Л. В.* Геолого-структурні закономірності формування полів гранітних пегматитів Східноукраїнської пегматитової області. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук. – Львів, 2009. – 40 с.

8. *Калита А. П.* Особенности распределения лантаноидов и иттрия в редкоземельных гранитных пегматитах Восточной части Балтийского щита//Особенности распределения редких элементов в пегматитах. – М.: Наука, 1969. – С. 79–100.

9. *Никаноров А. С.* Пространственно-временные закономерности формирования гранитных пегматитов//Геология и генезис мусковитовых пегматитов. – Л.: Наука, 1973. – С. 18–19.

10. *Овчинников Л. Н., Солодов Н. А.* Месторождения литофильных редких металлов. – М.: Недра, 1980. – С. 88–137.

REFERENCES

1. *Ginzburg A. I.* On the influence of external pressure on the course of the pegmatite process//Geologiya mestorozhdenij redkih jelementov. – Moskva: Nedra, 1964. – Iss. 22. – P. 74–82. (In Russian).

2. *Ginzburg A. I., Timofeev I. N., Feldman L. G.* Fundamentals of geology of granite pegmatites. – Moskva: Nedra, 1979. – 296 p. (In Russian).

3. *Isakov L. V.* On the regularities of the location, interrelation and internal structure of the rare-metal pegmatites of the Shevchenkovo-Fedorovskoy structure (Western Pry-

azovia)//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2005. – № 2. – P. 46–51. (In Ukrainian).

4. *Isakov L. V.* On one of the features of the rare metals pegmatites of the “Krutaya Balka”//Mineralni resursy Ukrainy. – 2005. – № 2. – P. 21–22. (In Ukrainian).

5. *Isakov L. V.* Brief review of forecasting and search criteria of rare metal mineralization, tied with pegmatites of Western Pryazvia//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. 2006. № 2. – P. 8–15. (In Ukrainian).

6. *Isakov L. V., Vasylenko A. P., Bobrov A. B.* Geological and industrial types of mineral deposits in Ukraine, tied with pegmatites//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. 2007. – № 1. – P. 24–34. (In Ukrainian).

7. *Isakov L. V.* Geology-structural objective laws of formation of granite pegmatites in the East-Ukrainian pegmatite region. Avtoreferat dysert. ... doctora heolohichnykh nauk. – Lviv, 2009. – 40 p. (In Ukrainian).

8. *Kalita A. P.* Distribution of Lanthanides and Yttrium in the Rare-Earth Granite Pegmatites of the Eastern Part of the Baltic Shield//Osobennosti raspredeleniya redkih jelementov v pegmatitah. – Moskva: Nauka, 1969. – P. 79–100. (In Russian).

9. *Nikanorov A. S.* Regularities in the formation of granitic pegmatites//Geologiya i genезis muscovitovykh pegmatitov. – Leningrad: Nauka, 1973. – P. 18–19. (In Russian).

10. *Ovchinnikov L. N., Solodov N. A.* Deposits of lithophilic rare metals. – Moskva: Nedra, 1980. – P. 88–137. (In Russian).

Рукопис отримано 6.12.2018.

А. Ф. Василенко, Украинский государственный геологоразведочный институт, alla_vas@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-2560-660X>,

Л. В. Исаков, Национальный горный университет, Украина, isakov_l@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-0368-8632>

ПРОГНОЗНЫЕ КРИТЕРИИ И ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПЕГМАТИТАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ УКРАИНСКОГО ЩИТА

Для дальнейшего системного изучения редкометалльного оруденения Северо-Западной и Центральной части УЩ, связанного с пегматитами, разработаны новые и усовершенствованы уже существующие прогнозные критерии и поисковые признаки. В результате выделены четыре группы критериев, которые систематизированы за принципом поступательного приближения к разыскиваемому объекту.

К первой группе принадлежат критерии прогнозирования, позволяющие определить размещение пегматитов во времени (геохронологические) и пространстве (мегаструктурные). Именно эти критерии определяют главные структурные единицы (пегматитовые провинции, области и районы) и их металлогеническую специализацию. Вторая группа объединяет региональные критерии, среди которых выделяются тектоноструктурные, магматические и метаморфические. Эти прогнозные критерии определяют локализацию и становление пегматитовых поясов и полей. Третью группу составляют критерии, которые вытекают из условий формирования, локализации и становления пегматитовых узлов и пучков. Четвертая группа – это критерии специализации пегматитовых тел, которые можно обнаружить во время непосредственного изучения их внутреннего строения. Это такие критерии, как минералого-геохимические, структурно-текстурные, петрохимические, термобарогеохимические, термолуминисцентные, а также прямые и косвенные поисковые признаки.

Ключевые слова: пегматиты, прогнозные критерии, поисковые признаки, редкометалльное оруденение.

A. P. Vasylenko, *Ukrainian State Geological Research Institute*, alla_vas@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-2560-660X>,

L. V. Isakov, *National Mining University, Ukraine*, isakov_l@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-0368-8632>

FORECASTING CRITERIA AND SEARCH SIGNS FOR RARE-METAL MINERALIZATION IN PEGMATITES OF THE NORTHWEST AND CENTRAL PARTS OF THE UKRAINIAN SHIELD

For the further systematic study of rare metal mineralization of the Northwestern and Central parts of the Ukrainian shield, associated with pegmatites, new prognosis criteria and search signs have been developed and improved. As a result, four groups of criteria have been singled out, which are systematized after the gradual approach to the search object.

The first group includes the forecasting criteria that are tied to the general patterns of location of pegmatites in time (geochronological) and space (megastructural). These criteria define the main structural units (pegmatites provinces, regions, districts) and their metallogenic specialization. The second group combines regional criteria among which are distinguished tectonostructural, magmatic and metamorphic. These forecasting criteria define the formation and localization of the pegmatite zones and fields. The third group consists of criteria that emerge from the conditions for the formation and localization of pegmatite nodes and bundles. The fourth group are the criteria of specialization bodies of pegmatites that can be identified during study their internal structure. These are mineralogical-geochemical, structural-textural, petrochemical, thermobarochemical, thermoluminescent, as well as direct and indirect search signs.

Keywords: pegmatites, forecasting criteria, search signs, rare-metal mineralization.