

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертацію Марусяк Валентини Петрівни «**Геологія, мінеральний склад і генезис гідротермалітів Чивчинського рудного району в Українських Карпатах**», подану на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.11 – геологія металевих і неметалевих корисних копалин

**Актуальність теми дисертації.** Вирішенню одного з актуальних завдань геологічної галузі України з виявлення нових золоторудних об'єктів, сприяє, зокрема, вивчення численних проявів ендегенного золотого й поліметалевого гідротермального зруденіння у Чивчинському рудному районі (ЧРР) Мармароського масиву Українських Карпат. Його перспективність впливає зі схожості геологічної будови, структури, мінерального складу гідротермалітів з Рахівським рудним районом (РРР), де вже розвідане золоторудне родовище Сауляк, та Румунською частиною з відомими родовищами колчеданного типу Фундул Молдвей, Пожорита, Валя Колбулуй та поліметалевими родовищами Слетіоара і Демені. Назріла потреба дослідження геологічної будови району, мінерального і хімічного складу, фізико-хімічних умов формування та геолого-генетичного типу гідротермалітів ЧРР, насамперед, термобарогеохімічними і мінералого-фізичними методами, для уточнення їхніх пошукових критеріїв й ознак та наукового обґрунтування геологорозвідувальних робіт в межах району.

Такі передумови визначають актуальність теми дисертації В. П. Марусяк «Геологія, мінеральний склад і генезис гідротермалітів Чивчинського рудного району в Українських Карпатах», яку виконували у рамках державної програми «Золото України» та програм фундаментальних досліджень Міністерства освіти і науки України за численними базовими держбюджетними темами у Львівському національному університеті імені Івана Франка.

Дисертація складається з вступу, 7 розділів, висновків і списку джерел із 136 найменувань, викладена на 192 сторінках тексту, супроводжується 88 рисунками, 25 таблицями. Рукопис структуровано відповідно до чинних вимог.

*У першому розділі «Сучасний стан досліджень Мармароської структурно-металогенічної зони»* висвітлено історію досліджень та питання золотоносності регіону в аспекті загальноукраїнської проблеми. Акцентовано, що перспективний Чивчинський рудний район Мармароського кристалічного масиву Карпатської золоторудної провінції подібний за геологічною будовою з Рахівською частиною масиву, де відкрите і підготоване до експлуатації родовище Сауляк кварц-карбонатного мінерального типу, тут є значна кількість проявів гідротермалітів кварц-карбонатно-сульфідного складу, як надрудних індикаторних зрізів похованого зруденіння, насамперед, золото-поліметалевого, знайдено золотинки в четвертинних алювіальних відкладах як ознака вірогідної наявності золота і поліметалів у корінному заляганні.

*У другому розділі «Методика та методи досліджень»* описано порядок та локалізацію точок відбору зразків із відслонень по глибоко врізаних долинах потоків Чивчинського району (понад 300). Застосовано теоретично обґрунтовані й апробовані термобарогеохімічні і мінералого-фізичні методи (Ермаков, 1950, 1972; Ермаков, Долгов, 1979; Калюжный, 1982; Реддер, 1987; Фаворов, Красников, 1986 та ін.): термо-ЕРС (280 визначень), гомогенізації (400), декрепітаційні (150), кріометричні (100), рентгенфлюоресцентні (30), електронно-мікроскопічні (30), рентгеноструктурні (20).

*У третьому розділі «Характеристика геологічної будови Чивчинського рудного району та його місце в геологічній структурі Українських Карпат»* розглянуто геолого-тектонічну позицію Мармароського масиву як важливого структурного елемента Східних Карпат, в геологічній будові якого беруть участь два різновікові комплекси–автохтонні покриви: *білопотоцький* (гнейсово-сланцевий), метаморфізований за умов епідот-амфіболітової до амфіболітової фації (верхній докембрій), і *діловецький* (кварцито-сланцево-порфіроїдний) метаморфізований за умов фації зелених сланців (ранній палеозой), що визначає сучасний структурний вигляд масиву.

Вікові аналоги білотопоцького і діловецького комплексів у румунській частині – серії Бретіла і Тульгеш. З аналізу геологічної будови Чивчинського району випливає, що основні поперечні порушення фіксуються глибоко врізаними долинами численних потоків, де виявлено основні прояви гідротермалітів. Дослідженнями автора підтверджено думку (Ляхов и др., 1995), що саме з вузлами перетинів поперечних і поздовжніх порушень, як вірогідних основних шляхів міграції глибинних флюїдів, зокрема, вуглеводневих, найімовірно, слід пов'язувати розшуки корінних родовищ золота, а також міді, свинцю, цинку.

У четвертому розділі «**Мінеральний склад проявів гідротермалітів Чивчинського рудного району**» описано два різновікові генетичні комплекси (чи групи) гідротермалітів: колчеданно-поліметалевий (сингенний з вмісними метаморфічними породами) і барит-поліметалевий (гідротермальний – січний жильний). Поліметалеві рудопрояви пізніші від колчеданно-поліметалевих руд і формувалися після основного етапу метаморфізму. Встановлена стадійність гідротермального мінералоутворення виражається у подальших виділеннях мінеральних асоціацій (*кварц-барит-галеніт-сфалерит, халькопірит і пірит-сидерит-анкерит*) на тлі поступового зниження температури. У проявах Добрин, Альбин, Лостун, Мокрин, Попадинець автором встановлено рудні мінерали: пірит, халькопірит, галеніт, наявні майже в усіх точках мінералізації. Сфалерит відсутній у проявах Мокрин і Попадинець. У прояві Альбин, крім піриту, халькопіриту, галеніту, виявлено арсенопірит. До складу гідротермалітів у прояві Лостун входить ще й піротин. Два останні прояви за наявністю означених сульфідів, імовірно, найглибинніші щодо синрудної палеоповерхні їхнього формування (Лазько, 1981). Серед нерудних мінералів найпоширеніші кварц, кальцит, хлорит, слюда, польові шпати. Детальні дослідження особливостей мінеральних парагенезів проявів гідротермалітів ЧРР дають змогу порівняти їх з РРР (золоторудне родовище Сауляк, ймовірно, метаморфогенно-гідротермального класу). Це складає підставу, разом з іншими чинниками і

інтерпретацією даних автора, для спрямування розшукових робіт й на корінний тип золотоносної формації середніх глибин у Чивчинах.

У п'ятому розділі **«Мінералого-фізичні дослідження сульфідних мінералів-напівпровідників»** наведено й обговорено авторські результати вивчення термоелектричних властивостей мінералів-напівпровідників із проявів гідротермалітів. Детально досліджено кристаломорфологію піриту в усіх проявах і встановлено мінімальні, максимальні та середні значення і знак термо-ЕРС кристаликів, розмахи вибірок і габітусні форми (куб, пентагондодекаедр, октаедр). Порівняння термоелектричних властивостей піриту досліджуваних проявів (зокрема Лостун) з родовищем Сауляк і рудопроявом Тукало у РРР може свідчити про надрудний рівень зруденіння проявів Тукало і Лостун. У піриті виявлено такі елементи-домішки як Ni, Co, Cu та As, однак у складі кварцових сульфідних жил спостерігається значно ширший їхній спектр – це Ni, Co, Cu, As, Mn, Sb, Pb, Zn, Ti, Sn, Sr, Nb, рідше Ag, Au та ін. Вивчено кристалики галеніту, виявлено їхню термо-ЕРС і винятково електронну провідність в рудопроявах Добрин і Альбин, сфалериту з галенітом (рудопрояв Добрин) та піротину (рудопрояв Лостун). Досліджено морфологію кристалів кварцу з рудопрояву Добрин. Результати досліджень ЧРР дали змогу автору порівняти власні дані з результатами досліджень в РРР, де наявне золоторудне родовище Сауляк і низка рудопроявів. Це дає змогу акцентувати розшукові роботи на середньоглибинному корінному типі золотоносності у Чивчинах.

У шостому розділі **«Фізико-хімічні умови формування й імовірного золото-поліметалевого зруденіння проявів Чивчинського рудного району»** узагальнено авторські дані комплексного дослідження флюїдних включень у жильному кварці. Найпоширенішими виявилися однофазові, майже чисто водні і метанові, включення. Методом кріометрії встановлено температурний інтервал гетерогенізації останніх: -98—133 °С, що свідчить про, головню, їхній метановий склад, лише на ділянці Добрин виявлено однофазові етанові включення високої

густини. Однофазові водні включення вказують на тепловодний завершальний кварц-карбонатний етап. Отже, тріщини заліковувалися здебільшого метановодними розчинами, тиск при ізоляції яких змінювався від 1,7 до 4,3 кбар, а температура – від 550 до 200 °С, причому ці параметри найвищі для ділянок Великий Прелучний і Добрин. Двофазові газово-рідинні включення, ймовірно, ізольовані при заліковуванні тріщин розтріскування жильного кварцу і гомогенізувалися при температурах 60–125 °С на ділянках Альбин, Добрин, Попадинець, Мокрин, Лостун. Включення у зразках із відслонень Перкалаб і Великий Прелучний гомогенізувалися за температури 230–245 °С. Підвищені температури у зразках у межах Великого Прелучного, можливо, пов'язані з прирозломним розташуванням цієї ділянки. Трифазові включення у кварці з ділянки Перкалаб гомогенізувалися при температурі 305 °С. Густина флюїдів з діоксидом вуглецю і метаново-етанових включень коливається у межах (г/см<sup>3</sup>): Лостун – 0,318–0,342, Мокрин – 0,295–0,344, Великий Прелучний – 0,362–0,377, Добрин – 0,486–0,494 і 0,674–0,802. Температура декрептації (розтріскування) включень змінювалася в широких межах (100–650 °С), з різкою інтенсивністю газовиділення в інтервалі 100–300 °С і 320–520 °С, інколи 500–650 °С. Порівнянням отриманих результатів з родовищем Сауляк і рудопроявами РРР виявлено подібність за багатьма показниками. Низькі температури гомогенізації включень і густина флюїдів можуть свідчити про індикаторні ознаки надрудних ерозійних зрізів, зважаючи на структуру вертикальної термобарогеохімічної зональності родовищ золота середньоглибинної рудної формації.

*У цьому розділі «Пошукові критерії й ознаки виявлення золото-кварцових і золото-поліметалевих рудних об'єктів та оцінка перспективності території Чивчинського рудного району» сформульовано структурний, стратиграфічний, метаморфічний, літолого-фаціальний пошукові критерії золото-кварцових й золото-поліметалевих ендегенних рудних об'єктів гідротермального генезису (з необхідною деталізацією). Автором за власними*

дослідженнями із залученням даних попередників сформульовано пошукові ознаки золото-кварцових й золото-поліметалевих ендегенних рудних об'єктів гідротермального генезису. До прямих пошукових ознак віднесено наявність *самородного золота* в корінних породах хребта Прелучного і *розсипищ золота* (Альбинський розсип, Боркутський розсип та три розсипища у верхів'ї Білого Черемоша). До непрямих пошукових ознаки належать *геологічні* (наявність гідротермальних жил з мінералами-супутниками), *мінералогічні і мінералого-фізичні* (наявність комбінованих габітусних форм піриту від {100} до {210} з переважно *pr*- і *p*-провідністю; наявність галеніту з винятково *n*-провідністю); *термобарогеохімічні* (поширення сингенетичних газопо-рідинних і рідинно-газових включень в гідротермальних утвореннях з гомогенізацією в рідку та газову фазу при однакових температурах (180–210 °С, 230–240 °С), що відбиває процеси гетерогенізації гідротерм; низькотемпературний інтервал гомогенізації включень у кварці (60–125 °С); наявність у кварці включень рідкого й газоподібного CO<sub>2</sub> з різним наповненням та метаново-етанових включень з низькою густиною; ці ознаки дають підстави припустити надрудний ерозійний зріз гідротермалітів на території ЧРР і розглядати їх як індикатори похованого зруденіння. Визначено перспективні ділянки для пошуків корисних копалин: *Лостун* – для проведення розшукових робіт на золото-поліметалеве зруденіння; *Добрин* – єдине місце, де вперше знайдені включення етану, що може вказувати на наявність вуглеводневого покладу в піднасуві масиву, де рекомендовано провести додаткові геолого-структурні і геофізичні дослідження.

### **Наукові новації дисертації.**

1. Виявлено локалізацію максимальних скупчень проявів гідротермалітів в зонах перетину поздовжніх розривних порушень (загальнокарпатського напрямку) із поперечними до них розривними порушеннями (які збігаються з глибоко врзаними долинами потоків), що може бути однією з важливих структурно-тектонічних пошукових ознак золото-поліметалевого зруденіння.

2. Вперше встановлено сульфідно-кварцовий склад парагенезів гідротермалітів ЧРР, як ознака їхньої рудно-формаційної приналежності.

3. Вперше визначено типоморфізм сульфідних мінералів, зокрема, габітусні форми піриту (куб, пентагондодекаедр), різний знак і значення термо-ЕРС піритів, електронна провідність галеніту вказують на надрудний ерозійний зріз гідротермалітів, як індикаторів похованого зруденіння (ділянка Лостун).

4. Вперше за термобарогеохімічними даними встановлено вуглекислотноводний і вуглеводневий склад флюїдів та їхню густину, що також фіксує надрудний ерозійний зріз гідротермалітів у ЧРР, як індикаторів похованого зруденіння. Вперше виявлено етанові включення на ділянці Добрин є ознакою можливої локалізації покладів вуглеводнів у піднасуві Мармароського масиву.

5. Вперше ідентифіковано прямі і непрямі ознаки золото-поліметалевого зруденіння, за якими виділено найбільш перспективну ділянку гідротермалітів на золото-поліметалево зруденіння – Лостун. Це дає підстави, разом з іншими чинниками спрямовувати розшукові роботи на прояви золото-поліметалевої рудної формації у корінних породах середніх глибин в ЧРР.

**Достовірність та обґрунтованість наукових положень і висновків дисертації** забезпечується значним обсягом геологічних та експериментально-аналітичних матеріалів, отриманих з допомогою сучасних прецизійних методів і приладів вивчення мінеральної речовини. Апробація результатів на міжнародних наукових конференціях і опублікування у наукових фахових виданнях України, зокрема тих, які включено до міжнародних наукометричних баз, підтверджує наукову новизну і належну обґрунтованість отриманих даних, а також повне ознайомлення наукової спільноти з основними положеннями дисертації.

**Практична значимість.** Найважливішим висновком отриманих даних у практичному сенсі є обґрунтування передумов пошуків золота в корінних породах і, з врахуванням сучасних знань і даних з газоносності Закарпатського прогину, потреби робіт з пошуків вуглеводнів під насувом Мармароського

масиву. Отже, виявлені термобарогеохімічні і мінералого-фізичні особливості гідротермалітів можуть бути використані для обґрунтування проведення прогностно-розшукових і розшуково-оцінних робіт у ЧРР на золото-поліметалеве зруденіння та у піднасуві Мармароського масиву на поклади вуглеводнів

**Зауваження.** Водночас до дисертації В. П. Марусяк можна висловити низку зауважень:

1. Не заперечуючи права дисертанта обговорювати стан проблеми на свій розсуд, вважаю, що в огляді сучасного стану проблеми слід було заторкувати лише Карпатську мінералогічну провінцію з наголосом на Мармарошському масиві і власне на перспективних рудопроявах Чивчинського рудного району.

2. Автор пише, що «Комплекс аналізів дозволив виявити основні шляхи міграції флюїдів, що необхідно для вивчення корінної золотоносності досліджуваної території» (стор. 52 та ін.), але ж незаперечною в цьому аспекті є й значущість геолого-структурних передумов (!).

3 На рис. 6.15–6.41 (стор. 130–139) наведено дані щодо особливостей розтріскування включень у кварці, однак їхня інтерпретація практично відсутня.

4. Аналіз рис. 6. 42–6.43 (стор. 139–140) не надає доказів однозначної наявності азотних і азотно-метанових включень. Знову ж таки, автор акцентує, що у досліджених зразках взагалі не зафіксовано одно- чи двофазових включень вуглекислотного складу (стор. 145). А, може, він просто не відрізнив включення етану і діоксиду вуглецю у співпадних температурних інтервалах?

5. У списку літератури під номером 13 наведено тези «Умови формування відкладів бадену і сармату Зовнішньої зони Передкарпатського прогину», що не зовсім за темою дисертації. Так само: яке відношення до теми дисертації має відоме родовище родоніту Прелуки в Івано-Франківській області (стор. 25).

6. Сприйняття дисертації ускладнюється поданням важливих рисунків і таблиць у додатках після тексту, насамперед, геологічних карто-схем тощо.

7. Трапляються і неточності перекладу, стилістичні й граматичні помилки.



**Висновок.** Висловлені зауваження не впливають на загальну високу оцінку наукових новацій і не піддають сумніву основні наукові висновки дисертації В. П. Марусяк. Робота ґрунтується на особисто отриманих багатому первинному геологічному матеріалі та оригінальних експериментально-аналітичних даних, проінтерпретованих належним чином.

Автореферат відповідає змістові і послідовності розділів дисертації, містить вступ і висновки, список опублікованих за темою дисертації праць, анотації українською, російською і англійською мовами. Основні наукові результати, положення і висновки роботи повністю висвітлено у наукових фахових виданнях, зокрема тих, які включено до міжнародних наукометричних баз. Результати апробовано на міжнародних наукових конференціях.

У підсумку вважаю, що дисертаційна робота В. П. Марусяк є самостійною завершеною науковою працею, в якій вирішене актуальне наукове завдання з вивчення геології, мінерального складу та фізико-хімічних умов формування гідротермалітів Чивчинського рудного району Українських Карпат в контексті розшуків золото-поліметалевого зруденіння і покладів вуглеводнів у регіоні.

Дисертація відповідає п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор – Валентина Петрівна Марусяк – заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.11 – геологія металевих і неметалевих корисних копалин.

Доктор геологічних наук, професор,  
завідувач відділу геохімії глибинних флюїдів  
Інституту геології і геохімії горючих копалин  
НАН України

  
І. М. Наумко

Власноручність підпису І. М. Наумка засвідчую:  
Вчений секретар ІГГГК НАН України,  
кандидат геологічних наук

  
М. Б. Яковенко

