

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ІНСТИТУТ ГЕОХІМІЇ  
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК  
УКРАЇНИ»

**МАРУСЯК ВАЛЕНТИНА ПЕТРІВНА**

УДК 553.21/.24:549:548.4 (477.8)

**ГЕОЛОГІЯ, МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД І ГЕНЕЗИС  
ГІДРОТЕРМАЛІТІВ ЧИВЧИНСЬКОГО РУДНОГО РАЙОНУ  
В УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТАХ**

Спеціальність 04.00.11 -  
геологія металевих і неметалевих  
корисних копалин

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата геологічних наук

КИЇВ – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі геології корисних копалин і геофізики геологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка.

**Науковий керівник:** доктор геологічних наук, професор

**Павлунь Микола Миколайович,**

Львівський національний університет імені Івана Франка, професор кафедри геології корисних копалин і геофізики

**Офіційні опоненти:**

доктор геологічних наук, професор

**Наумко Ігор Михайлович,** Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, завідувач відділу геохімії глибинних флюїдів, м. Львів

доктор геологічних наук, професор

**Деревська Катерина Ігорівна,** Національний університет «Києво-Могилянська академія», професор природничого факультету, м. Київ.

Захист відбудеться «12» травня 2021р. о 14:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.26.192.01 в Державній установі «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України» за адресою: 03142, м. Київ, просп. Палладіна, 34а. Тел./факс: +38 (044) 502-12-29. Електронна пошта: [igns@nas.gov.ua](mailto:igns@nas.gov.ua).

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України» за адресою: 03142, м. Київ-142, просп. Академіка Палладіна, 34а.

Автореферат розіслано «...» квітня 2021 р

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

кандидат геолого-мінералогічних наук..... В. Г. Яценко

**Актуальність роботи.** Розширення власної золоторудної бази має величезне значення для економічного розвитку кожної країни. Враховуючи те, що економіка України повністю не забезпечена власним видобутком золота (і супутніх металів), виявлення нових золоторудних і золото-поліметалічних об'єктів є надзвичайно актуальним завданням геологічної галузі. У Рахівському і Чивчинському рудних районах (РРР, ЧРР) Українських Карпат (назви приведено за Державною геологічною картою України масштабу 1:200000, аркуші М-34-XXXVI (Хуст), L-34-VI (Бая-Маре), М-35-XXXI (Надвірна), L-35-I (Вишеу-Де-Сус). Карпатська серія. Пояснювальна записка. УкрДГРІ, 2009 р.), які знаходяться в українській частині Мармароського масиву (Мармароська структурно-металогенічна зона), відомі: прояви бокситів, фосфоритів, мідистих пісковиків, рудопрояви й точки мінералізації срібно-поліметалічних, мідно-срібно-поліметалічних руд, золоторудна мінералізація трьох ендегених рудних формаційних типів (золото-кварцовий (родовище Сауляк), золото-сульфідно-кварцевий, золото-сульфідний з піритом й арсенопіритом), прояви розсипного золота в червоноколірних конгломератах верхньої перми, базальних конгломератах великобанської світи еоцену (усі – РРР), конгломератах соймільської світи альб-сеноманського віку (ЧРР), алювіальних відкладах сучасних водотоків (Комплексна..., 2003). Наразі в межах ЧРР відоме родовище родоніту Прелуки. Перспективи ЧРР на виявлення ендегенного золотого й поліметалевого гідротермального зруденіння визначаються схожістю його геологічної будови, структури, мінерального складу гідротермалітів з РРР, та Румунською частиною Мармароського масиву, де відомі родовища колчеданного типу Фундул Молдвей, Пожорита, Валя Колбулуй та поліметалеві родовища Слетіоара й Демені. Присутність золотин в четвертинних алювіальних відкладах, а також прояви розсипного золота в потоці Альбин та у верхній течії р. Білий Черемош в Чивчинських горах можуть розглядатися як ознаки наявності ендегенного гідротермального золотого зруденіння на території ЧРР.

Дослідження геологічної будови району, мінерального й хімічного складу, реконструкція фізико-хімічних умов формування та класифікація гідротермалітів ЧРР, дотепер не вивчених методами термобарогеохімічних (ТБГХ) і мінералого-фізичних (термо-ЕРС) досліджень, є актуальними для уточнення пошукових критеріїв й ознак з виявлення, зокрема, золоторудних об'єктів, та наукового обґрунтування геологорозвідувальних робіт в межах району.

**Зв'язок роботи з науковими програмами й темами.** Виконання цього дослідження пов'язане із реалізацією державної програми «Золото України», є складовою частиною програм фундаментальних досліджень Міністерства освіти і науки України, що виконувались у Львівському національному університеті (ЛНУ) імені Івана Франка. Базовими були держбюджетні теми: Гк-120Б «Фізико-хімічні умови та зональність розвитку золоторудних формацій України (за даними термобаро-геохімічних досліджень включень в мінералах)» 2002–2003 рр. (№0103U001895); Гк-96Ф «Термобарогеохімічні теоретико-методологічні засади рудно-формаційної типізації родовищ золота в Україні» 2007–2008 рр. (№0107U002038); Гк-03Ф «Теоретичні підґрунтя і практика формування термобарогеохімічного прогнозно-розшукового комплексу постмагматичних рудних формацій» 2009–2011 рр. (№0109U002060); Гк-101Ф «Термобарогеохімічні

дослідження золоторудних формацій України: фізико-хімічні умови формування і прогнозно-металогенічні оцінки» 2012–2014 рр. (№0112U001266).

**Мета** – дослідити мінеральний склад та умови локалізації різних видів гідротермалітів Чивчинського рудного району Українських Карпат, реконструювати фізико-хімічні умови їхнього формування й імовірну перспективність досліджуваного району на золото-поліметалеве зруденіння.

**Об'єкт дослідження** – прояви гідротермалітів ділянок Альбин, Добрин, Попадинець, Лостун, Мокрин та ін. Чивчинського рудного району.

**Предмет дослідження** – умови локалізації, мінеральний склад гідротермалітів, термобарогеохімічні та мінералого-фізичні властивості мінералів (температури гомогенізації, декрепітації, кріометрії включень та термо-ЕРС мінералів-напівпровідників).

#### **Основні завдання роботи:**

- 1) з'ясувати поширення та умови локалізації гідротермалітів у межах ЧРР;
- 2) вивчити мінеральний склад проявів гідротермалітів;
- 3) дослідити типоморфні властивості мінералів гідротермалітів;
- 4) за допомогою термобарогеохімічних (ТБГХ) досліджень газово-рідинних включень в мінералах з'ясувати фізико-хімічні умови формування гідротермалітів;
- 5) визначити пошукові ознаки гідротермального золотого й поліметалевого зруденіння та оцінити вірогідну перспективність ЧРР на золото-поліметалеве зруденіння.

**Методи дослідження.** Під час виконання дисертаційної роботи використано наступні методи досліджень: 1) візуально-мікроскопічні дослідження мінералів; 2) комплекс термобарогеохімічних методів дослідження включень у кварці (гомогенізація, декрепітація, кріометрія); 3) рентгеноструктурний аналіз; 4) рентгенфлюоресцентний аналіз; 5) визначення термо-ЕРС сульфідів-напівпровідників; 6) електронно-мікроскопічні дослідження на скануючому електронному мікроскопі-мікроаналізаторі РЕММА-102-02.

#### **Наукова новизна одержаних результатів:**

**1) встановлено**, що в зонах перетину поздовжніх розривних порушень (загальнокарпатського напрямку) із поперчними до них розривними порушеннями (які збігаються з долинами потоків) локалізуються максимальні скупчення проявів гідротермалітів, що може бути однією з важливих структурно-тектонічних пошукових ознак золото-поліметалевого зруденіння;

**2) вперше визначено** сульфідно-кварцовий мінеральний склад парагенезисів гідротермалітів Чивчинського рудного району, що може бути ознакою їх рудно-формаційної приналежності;

**3) вперше визначено** типоморфні властивості сульфідних мінералів гідротермалітів, що має важливе значення для з'ясування рівня ерозійного зрізу та пошуків похованого зруденіння, зокрема, поширення габітусних форм піриту (куб, пентагондодекаєдр), різний знак і значення термоелектричних властивостей піритів, та електронна провідність галеніту, вказують на надрудний ерозійний зріз гідротермалітів, як індикаторів похованого зруденіння (ділянка Лостун);

**4) вперше проведено** термобарогеохімічні дослідження гідротермалітів у Чивчинському рудному районі, які дозволили встановити вуглекислотно-водний і

вуглеводневий склад флюїдів та їх густину, що також вказує на надрудний ерозійний зріз гідротермалітів, як індикаторів похованого зруденіння. Вперше виявлені етанові включення на ділянці Добрин є ознакою можливої локалізації покладів вуглеводнів в піднасуві Мармароського масиву.

**5) вперше визначено** прямі і непрямі ознаки золото-поліметалевого зруденіння, на підставі яких виділено найбільш перспективну ділянку гідротермалітів на золото-поліметалеве 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.

**Фактичний матеріал.** Дисертацію написано на підставі матеріалу, зібраного й опрацьованого автором під час навчання в аспірантурі з відривом від виробництва геологічного факультету ЛНУ імені Івана Франка та подальшої науково-дослідної роботи. Під час проведення польових досліджень здійснювались опробування та відбір взірців кам'яного матеріалу із проявів гідротермалітів по глибоко врізаних схилах потоків. Загалом, у ЧРР з гідротермалітів відібрано понад 300 взірців порід і мінералів. Проаналізовано фондові й літературні дані (тектонічні, стратиграфічні та ін.). Фактологічні дані щодо реконструкції умов мінералоутворення (температури, тиску і складу мінералотворних флюїдів) отримано за даними близько 400 мінералотермометричних (гомогенізації включень) визначень і близько 250 неглибоких охолоджень (до +2 +4 °С) препаратів з метою виявлення фази рідкого CO<sub>2</sub>, понад 100 криометричних охолоджень вуглеводневих включень до температури порядку -196 °С, понад 150 визначень температури методом декрепітації, 280 аналізів термо-ЕРС сульфідів, 30 рентгенфлюоресцентних і 20 рентгено-структурних аналізів, а також 30 діагностичних визначень на електронному мікроскопі.

**Практичне значення одержаних результатів.** Виявлені термобарогеохімічні і мінералого-фізичні особливості гідротермалітів можуть бути використані для обґрунтування проведення прогностно-розшукових і розшуково-оцінних робіт у Чивчинському районі на золото-поліметалеве зруденіння та поклади вуглеводнів у піднасуві Мармароського масиву.

**Особистий внесок автора.** Польові роботи і аналітичні дослідження кам'яного матеріалу з рудопроявів Чивчинського району виконано автором особисто, а також спільно з колегами, співробітниками геологічного факультету, задокументовано кам'яний матеріал (понад 300 взірців) з проявів гідротермалітів ЧРР: Альбин, Добрин, Мокрин, Лостун, Попадинець, Чемурний, Перкалаб, Великий Прелучний. Автором вивчено особливості геологічної будови й описано мінеральний склад гідротермальних утворень. Визначено за флюїдними включеннями в мінералах термобарогеохімічні показники мінералотворного середовища, вивчено кристаломорфологію сульфідних мінералів, виміряно значення термо-ЕРС мінералів-напівпровідників, виконано декрепітаційні, рентгеноструктурні аналізи.

Наукові праці здобувача опубліковані у співавторстві з І. В. Попівняком Ю.З.Крупським, І.Т.Бакуменком, С.І.Ціхонем, Т.П.Олійником, А.Городечним, П.М.Ніколенко, Д.Головченко, Л.Гопко. Внесок дисертанта й співавторів носить рівноправний характер.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати досліджень апробовано на наукових конференціях: конференції, присвяченій 100-річчю від дня народження Д.П.Бобровника (Львів 2000); конференції, присвяченій 55-річчю геологічного факультету ЛНУ ім. І. Франка (Львів 2000); Молодіжній науковій конференції «Наука про Землю – 2001» (Львів 2001); Міжнародній науковій конференції «Mineral sciences in the Carpathians» Mishkolc, March 6–7, 2003; Міжнародній науковій конференції «Mineral sciences in Carpathians», Mishkolc, 2006; Науковій конференції «Біостратиграфічні, літологічні та палеогеографічні критерії прогнозу і розшуків корисних копалин» (Львів–Чинадієво, 7–10 жовтня 2010); конференції до 65-річчя геологічного факультету ЛНУ ім. І. Франка «Стан і перспективи сучасної геологічної освіти та науки» (Львів 13–15 жовтня 2010); Всеукраїнській науковій конференції «Значення комплексних літо- і біостратиграфічних досліджень під час пошуків нафти і газу (до 350-річчя ЛНУ ім. І. Франка) 2011 р.; Міжнародній науково-практичній конференції «Нафтогазова геофізика – інноваційні технології» (Івано-Франківськ, 25–28 квітня 2011); IV Всеукраїнській науковій конференції «Актуальні питання геологічних досліджень в Україні» (Львів 3–6 жовтня 2013); VI Всеукраїнській науковій конференції «Проблеми геології фанерозою України» (Львів 24–26 вересня 2015); VII Всеукраїнській науковій конференції «Проблеми геології фанерозою України» (Львів 6–8 жовтня 2016); VIII Всеукраїнській науковій конференції «Проблеми геології фанерозою України» (Львів 9–11 жовтня 2017).

**Публікації.** Загальна кількість публікацій за темою дисертації – 27, із них 11 наукових статей у фахових журналах (з яких три входять до міжнародних наукометричних баз, одна стаття видана у закордонному виданні). Опубліковано 16 тез доповідей на наукових всеукраїнських та міжнародних конференціях.

**Структура роботи.** Дисертація обсягом 192 сторінок друкованого тексту складається зі вступу, 7 розділів, висновків і списку використаних 136 літературних джерел, супроводжується 88 рисунками, 25 таблицями.

Автор вдячна за постійну допомогу та консультації науковому керівнику – доктору геологічних наук, професору М. М. Павлуню, а також доктору геолого-мінералогічних наук, професору О. І. Матковському, доктору геологічних наук І. В. Попівняку, доктору геологічних наук, професору Ю. З. Крупському.

#### **Основний зміст роботи.**

У першому розділі «Стан проблеми» показано, що розшуки колчеданних, колчеданно-поліметалевих і золоторудних родовищ є актуальними для багатьох держав. Надра України оцінюють досить високо завдяки наявності відомих родовищ і рудопроявів золота різних геолого-генетичних і рудоформаційних типів у трьох золоторудних провінціях (Український щит, Карпатська, Донецька провінції). Мармароський масив входить до складу Карпатської золоторудної провінції. У Рахівському рудному районі відкрите і підготовлене до експлуатації родовище Сауляк кварц-карбонатного мінерального типу в тонкорозсланцьованій рудоносній товщі. Знайдені у Чивчинському районі золотинки в четвертинних алювіальних відкладах (Ковальчук М., Фігура Л., 2005; 2008) є ознакою вірогідної наявності золота і поліметалів у корінному заляганні.

У другому розділі «**Методика та методи досліджень**», описано порядок та локалізацію точок відбору великої кількості зразків із відслонень по глибоко врізаних долинах потоків Чивчинського району (понад 300 взірців) (рис. 2).

Під час лабораторних досліджень застосовано теоретично обґрунтовані й апробовані методи термобарогеохімічних і мінералого-фізичних досліджень (Ермаков Н. П., 1950, 1972; Ермаков Н. П., Долгов Ю. А., 1979; Калюжный В. А., 1982; Рёддер Э., 1987; Фаворов В. А., Красников В. И., 1986).

На великій кількості зразків із відслонень виконано аналізи: термо-ЕРС (280), гомогенізації (400), декрепітаційні (150), кріометричні (100), рентгенфлюоресцентні (30), електронно-мікроскопічні (30) та рентгеноструктурні (20).

*Термо-ЕРС* дослідження мінералів напівпровідників сульфідів проводилось за методикою розробленою в Львівському національному університеті ім. І. Франка. Головним вимірювальним приладом був мікрвольтметр типу В7-21, де використовувалися електроди-голки, що давали змогу темічно збуджувати будь-яку ділянку поверхні кристала чи його сколу. Це дало можливість розрізняти мінерали-напівпровідники за генераціями, виявляти різницю термоелектричних властивостей мінералів.

*Метод гомогенізації* включень використано з метою визначення кількісних фізико-хімічних характеристик у мінералотворних середовищах. Спостереження та фіксація фазових перетворень у включеннях в ході їхньої гомогенізації (зб. 600–1200х) у спеціальній мікротермокамері під мікроскопом.

*Метод декрепітації* включень застосовано переважно для непрозорих рудних мінералів (оскільки дослідження включень методом гомогенізації неможливе), з метою вирішення генетичних та практичних питань (виявлення відносної температури та послідовності відкладання окремих мінералів). Декрептовакуумний аналіз виконано на вакуумному декрептометрі ВД-4.

*Метод кріометрії* призначений для визначення складу і концентрації мінералотворного середовища. Кріометрію умовно розділяють на дві частини: 1) кріометрію газів; 2) кріометрію рідин. Включення досліджувалися у кріокамерах з використанням рідкого азоту.

*Рентгенфлюоресцентний (РФА)* – один із сучасних спектроскопічних методів дослідження речовини з метою отримання даних щодо її елементного складу. За допомогою цього методу визначатися елементи від берилію (Be) до урану (U). Метод РФА заснований на зборі та подальшому аналізі спектра, отриманого шляхом впливу на досліджуваний матеріал рентгенівським випромінюванням.

*Електронно-мікроскопічні* дослідження виконані на скануючому електронному мікроскопі-мікроаналізаторі РЕММА-102-02 у Науково-технічному і навчальному центрі низькотемпературних досліджень Львівського національного університету імені Івана Франка (аналітик Серкіз Р.Я.).

*Рентгеноструктурний аналіз* здійснено на дифрактометрі ДРОН-3 у міжкафедральній лабораторії рентгеноструктурного аналізу Львівського національного університету імені Івана Франка (аналітик та Чоба О.).

У третьому розділі «**Характеристика геологічної будови Чивчинського рудного району та його місце в геологічній структурі Українських Карпат**» розглянуто стратиграфію Мармароського масиву і його геолого-тектонічну будову.

Ці питання вивчалися численними дослідниками (Чернов В. Г., 1972; Кузовенко В., Шлапінський В., 2007; Шлапінський В. Є., 2018 та ін.), однак дотепер вони трактуються неоднозначно.

Мармароський масив є важливим структурним елементом Східних Карпат, який відрізняється геологічними особливостями від інших зон Карпатської складчастої споруди. Більша частина масиву розташована на території Румунії, де його структуру визначають п'ять тектонічних покривів: Ватра Дорней Якобені, Мастакан, Бістріца Барнар, Фундул Молдвей, Рареу. У межах Українських Карпат лежить його північно-західне закінчення, що розмежоване державним кордоном із Румунією на Рахівський і Чивчинський фрагменти (рис. 1). У геологічній будові Мармароського масиву в межах України беруть участь два різновікових комплекси, що складають два головних автохтонних покриви: *білотопецький* (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). Віковими аналогами білотопецького і діловецького комплексів у румунській частині масиву є серії Бретіла і Тульгеш.

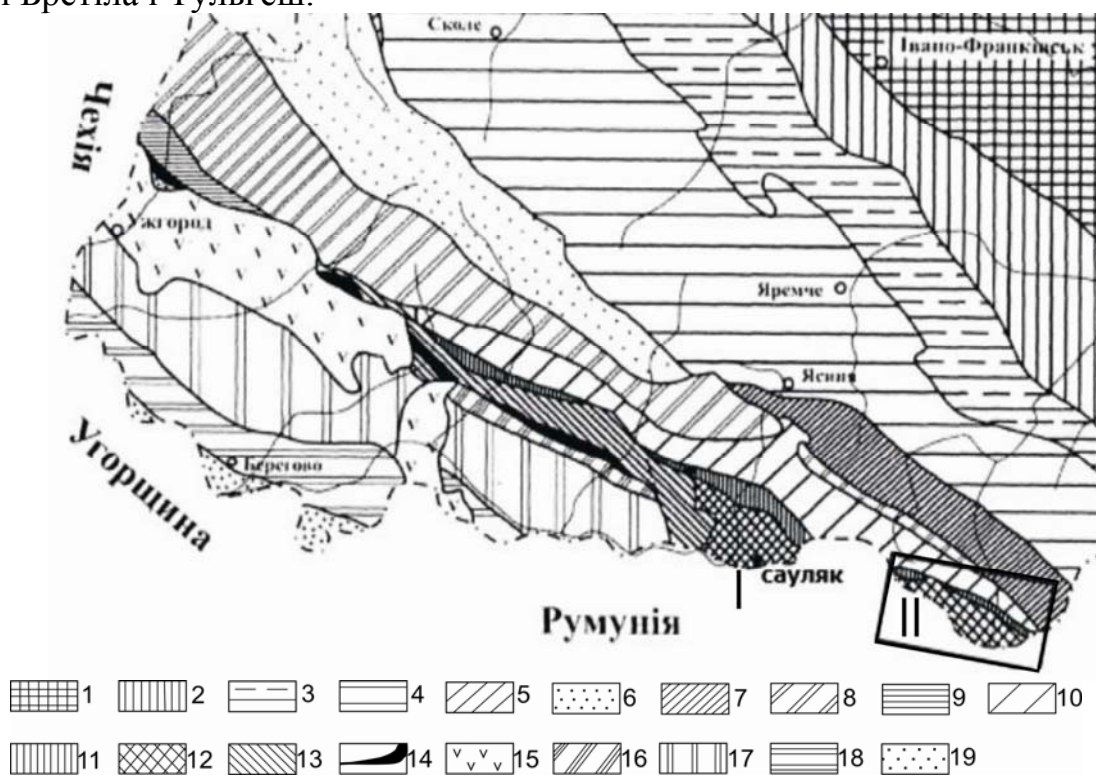


Рис.1. Карта тектонічного районування Українських Карпат з позначенням району досліджень I – Рахівський район (родовище Сауляк); II – Чивчинський район (досліджуваний район):

1 – Південно-західна окраїна Східноєвропейської платформи, Передкарпатський крайовий прогин; 2 – Зовнішня зона; 3 – Внутрішня зона; 4 – Скибова зона; 5 – Субсілезька зона; 6 – Сілезька зона; 7 – Черногорська зона; 8 – Дуклянська зона; 9 – Магурська зона; 10 – Поркулецька зона; 11 – Рахівська зона; 12 – Мармароський масив; 13 – зона Мармароських скель; 14 – зона пенінських скель (закарпатський внутрішній прогин); 15 – Вигорлат-Гутинська ефузивна гряда; 16 – Моноклінна зона; 17 – Центральна зона соледіапірових і брахіантиклінальних складок; 18 – зона Припанонського глибинного розлому; 19 – Панонська міжгірна западина.



Еродована поверхня різних частин метаморфічного комплексу перекривається слабометаморфізованими карбонатно-філітовими утвореннями верхнього палеозою (середній карбон-перм), теригенно-карбонатними й осадоковулканогенними відкладами тріас-юрського віку і потужними товщами крейдового й палеогенового флішу. Метаморфічні комплекси Мармароського масиву, які у рифей-ранньопалеозойський час зазнали метаморфізму і складчастості, в подальшому були перероблені кількома фазами альпійського тектогенезу. Внаслідок цього ускладнилися первинні форми складчастості, проявився повторний метаморфізм і сформувалися два головних автохтонних покрити – білопотоцький і діловецький, які і визначають сучасний структурний вигляд масиву (рис. 2).

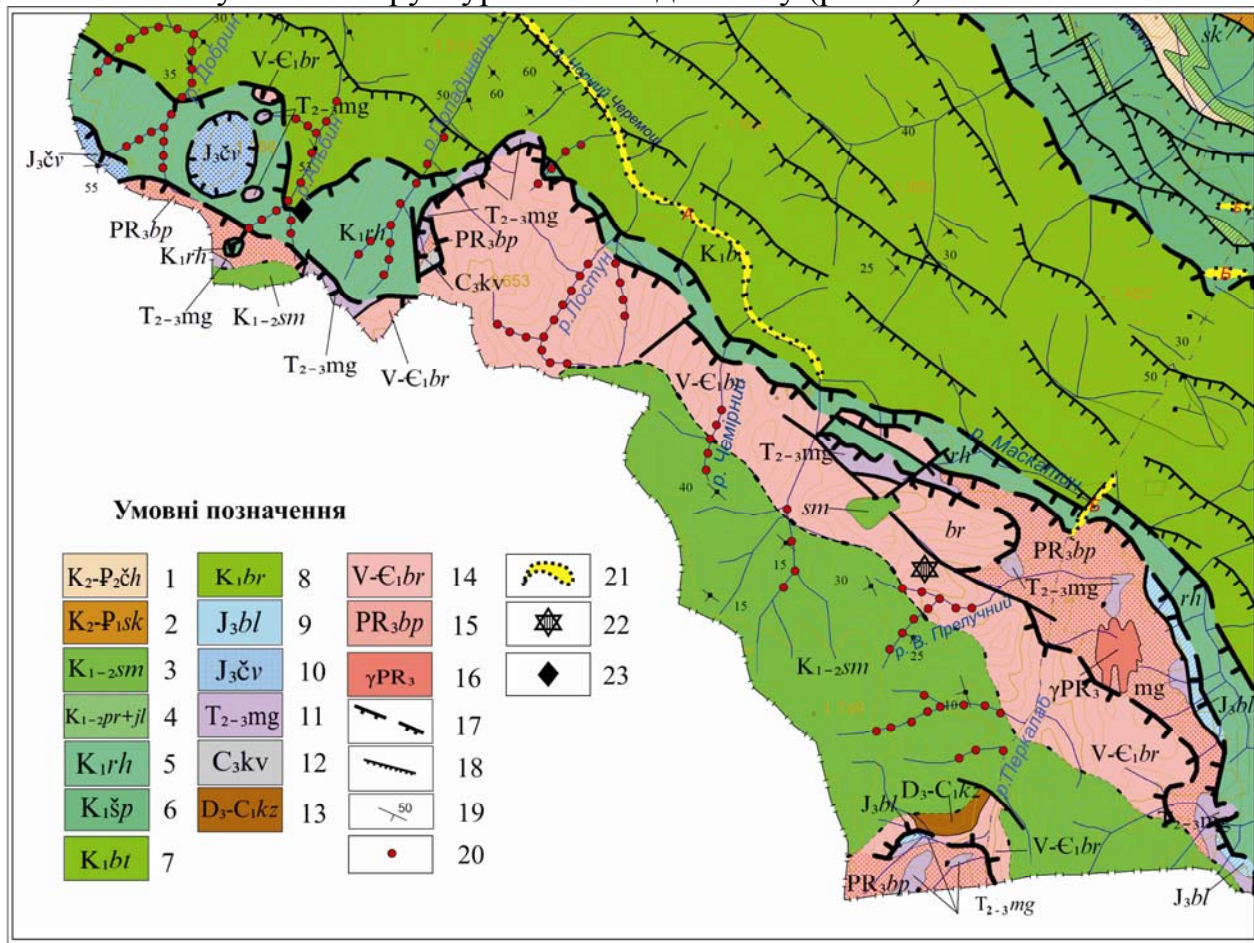


Рис. 2. Геологічна карта-схема дочетвертинних утворень Чивчинського рудного району з відбором проб по точках мінералізації. Масштаб 1:250 000 (згідно з Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000, аркуші М-34-XXXVI (Хуст), L-34-VI (Бая-Маре), М-35-XXXI (Надвірна), L-35-I (Вішеу-Де-Сус). Карпатська серія. К.:УкрДГРІ, 2009):

1 – Чорноголовська світа; 2 – Скупівська світа; 3 – Соймульська світа; 4 – Оркулецька та яловичорська світи об'єднані; 5 – Рахівська світа; 6 – Шипітська світа; 7 – Білотисенська світа; 8 – Буркутська світа; 9 – Болтагульська світа; 10 – Чивчинська світа; 11 – Маргітульська товща; 12 – Кваснинська товща; 13 – Кузинська світа; 14 – Берлебаська світа; 15 – Білопотоцька світа; 16 – Інрузивні утворення верхнього протерозою; 17 – Фронтальні насуви покриттів; 18 – Насуви достовірні; 19 – Елементи залягання похилої поверхні шаруватості; 20 – точки відбору проб; 21 – розсипища золота (А – Альбинський розсип; Б – розсипи верхів'я Білого Черемоша); 22 – родоніт (поклади родоніт-родохрозитової породи) (Прелучний); 23 – прями графіту (Альбин).

Масив включає породи білопотоцької, діловецької, берлебаської та мегурської світ. *Білопотоцька світа* ( $PR_{3br}$ ) закартована у однойменному покриві рахівської та чивчинської частини масиву. На Рахівщині поширена у верхів'ях потоків Білий, Явірниковий, Бредецель, Ліщинка, Вовчий, Видрічка, Квасний та ін. У Чивчинах породи встановлені на вододілі Сарати й Перкалабу, у верхів'ях Боєрівки і Попадинця та ін. Світу складають гнейси та сланці біотитові, двослюдяні й мусковітові, гранатовмісні з лінзами амфіболітів і мармурів. Потужність 3-5 до 40-60 м. *Діловецька світа* ( $R_{3dl}$ ) поширена тільки у Рахівській частині масиву околиці с. Ділове та вододілів потоків Верхнього Розсоша і Явірника. *Берлебаська світа* ( $V-Є_{1br}$ ) на Рахівщині поширена у басейні пот. Берлебаш, Банський, Білий та ін. У Чивчинах закартована у верхів'ї Чорного Черемошу та вододілі Перкалаб. Типовими породами світи є метаморфізовані вулканогенні породи (кварцові порфіри, ріоліти, туфи, туфіти тощо). У нижній частині світа складена вуглисто-кварцовими, вуглисто-хлорит-серицитовими сланцями, кварцито-сланцями (400–600 м). *Мегурська світа* ( $V-Є_{mg}$ ) у Рахівській частині займає простори вододілів р. Косівська, Тиса, Білий Потік. У Чивчинах аналогічні породи на вододілах потоків Попадинця, Альбина, Чемірного представлені серицитовими сірими кварцитами, кварцито-сланцями з прошарками кварц-хлорит-серицитових сланців (400–460 м). Масив – алохтонний насунутий і найбільше припіднятий та виведений на денну поверхню тектонічний елемент, у результаті фаз альпійської складчастості помітно пересунутий до північного сходу. Причиною припідняття масиву є високе розташування автохтонних платформових комплексів під ним. Подальшому пересуванню його до північного сходу перешкодив виступ Подільського блоку платформи [Крупський Ю. З., Марусяк В. П., 2014].

Аналіз геологічної будови Чивчинського району показує, що основні поперечні порушення збігаються з долинами потоків Добрин, Альбин, Мокрин, Попадинець, Лостун, Чемурний, де й розташовані прояви гідротермалітів. Вузли перетинів поперечних порушень із поздовжніми, найвірогідніше, є основними шляхами міграції глибинних флюїдів, зокрема, гідротермальних розчинів вуглеводневого складу. Дослідження проведені нами підтверджують результати ТБГХ-досліджень (Ляхов Ю. В. и др., 1995), що саме з такими місцями, найімовірніше, слід пов'язувати розшуки корінних родовищ золота, а також міді, свинцю, цинку.

У *четвертому розділі «Мінеральний склад проявів гідротермалітів Чивчинського рудного району»* описано речовинний склад рудної мінералізації гідротермалітів. Ряд дослідників виділяють два різновікових генетичних комплексу (чи групи) гідротермалітів: 1) колчеданно-поліметалевий (сингенетичний з вміщуючими метаморфічними породами); 2) барит-поліметалевий (гідротермальний – сікучий жильний).

*Колчеданно-поліметалевий рудний комплекс* включає колчеданні, мідноколчеданні, колчеданно-поліметалеві руди. Вони добре паралелізуються з румунськими родовищами колчеданних руд в кристалічних сланцях, що утворюють разом з ними єдину металогенічну колчеданно-поліметалеву формацію Східних Карпат. Щодо генезису цих руд існує багато поглядів (Смирнов В. И., 1960; Видякин Н. С., 1966; Матковский О. И., 1967 та ін.), але загалом дослідники групують їх у три основних різновиди: сульфідні руди як гідротермальні

післяметаморфічні утворення; сульфідні поклади, що зазнали регіонального метаморфізму; сульфідні руди, що генетично пов'язані з регіональним метаморфізмом.

Першій точці зору суперечить стратиграфічне і структурне розташування, форма рудних тіл, особливості мінерального складу. Дві інші точки зору логічно треба об'єднати, тому що формування сульфідних руд колчеданно-поліметалевого комплексу тісно пов'язане з первинним утворенням усіх осадово-вулканогенних відкладів із подальшим метаморфізмом, тобто вони – полігенні утворення. Генетична спорідненість колчеданно-поліметалевого комплексу є в тому, що руди, які входять до його складу, мають одне джерело походження. Головним першоджерелом рудної речовини (S, Fe, Cu, Pb, Zn) були головним чином вулканічні ексгаляції і гідротермальні розчини, які виносили на дно моря мінеральну масу, де також утворювалися невеликі прожилкові виділення. Вторинне мінералоутворення пов'язане з регресивною стадією метаморфізму, що супроводжувалась інтенсивними метасоматичними змінами вміщуючих порід (окварцюванням і серицитизацією), в результаті яких виникли світлі сланці (серицит, кварц, рідше хлорит) з дрібними вкрапленнями рудних мінералів. Метасоматичні зміни супроводжувалися розкладом фімічних мінералів (хлориту) і польових шпатів із заміщенням їх серицитом і кварцом. Вивільнені в процесі цього заміщення рудні компоненти, особливо залізо, фіксувалися значним виділенням сульфідів. Виходячи з даних стосовно абсолютного віку серициту (270–300 млн.р.), гідротермально-метасоматичні зміни ймовірно проходили в заключну стадію герцинського метаморфізму (Матковський, 1966).

*Барит-поліметалевий рудний комплекс* у Чивчинських горах поширений обмежено (прояви Лостун, Перкалаб). Разом з аналогічними рахівською й румунською частинами масиву вони ймовірно утворюють поліметалеву формацію Східних Карпат. Приуроченість поліметалевих руд до зон тектонічних порушень, у яких уламки метаморфічних порід зцементовані кварц-барит-карбонатним матеріалом, свідчить про їхній післяметаморфічний гідротермальний генезис. Складніше визначити вік і першоджерело рудоносних розчинів. Безперечно, поліметалеві рудопрояви є молодшими від руд колчеданно-поліметалевого комплексу, їхнє формування відбувалося після основного етапу метаморфізму. Вивчення мінеральних парагенезисів і взаємозв'язків між мінералами в барит-поліметалевому рудному комплексі свідчить про стадійність гідротермального мінералоутворення, що супроводжувалося тектонічними рухами. Ця стадійність виражається у подальших виділеннях мінеральних асоціацій (*кварц-барит-галеніт-сфалерит; халькопірит і пірит-сидерит-анкерит*), які формувалися на тлі поступового зниження температури.

У проявах гідротермалітів Добрин, Альбин, Лостун, Мокрин, Попадинець встановлено такі рудні мінерали як пірит, халькопірит, галеніт, що наявні майже в усіх точках мінералізації. Сфалерит відсутній у проявах Мокрин і Попадинець. У прояві Альбин, окрім піриту, халькопіриту, галеніту, виявлено ще й арсенопірит. До складу гідротермалітів у прояві Лостун долучається піротин. Цих два останніх прояви (Лазько, 1981) за наявністю зазначених сульфідів, імовірно, є найглибиннішими щодо синрудної палеоповітряної їхнього формування. Серед

нерудних мінералів найпоширенішими є кварц, кальцит, хлорит, слюда, польові шпати.

Виконані дослідження особливостей мінеральних парагенезів проявів гідротермалітів ЧРР дають можливість порівняти їх з РРР, де міститься золоторудне родовище Сауляк, ймовірно, метаморфогенно-гідротермального класу (Павлунь М. М., 2015), що пов'язане з метаморфічним фундаментом.

Це дає підстави, разом з іншими чинниками та інтерпретацією власних матеріалів досліджень, спрямовувати розшукові роботи, крім поліметалів, і на корінний тип золотоносної формації середніх глибин у Чивчинах.

У *п'ятому розділі «Мінералого-фізичні дослідження сульфідних мінералів-напівпровідників»* наведено результати вивчення термоелектричних властивостей мінералів-напівпровідників із проявів гідротермалітів Добрин, Альбин, Лостун, Мокрин, Попадинець, Великий Прелучний у ЧРР.

За результатами досліджень *піриту* із прояву Добрин представлений такими простими формами як куб, пентагондодекаедр і зрідка октаедр. Загальне значення термо-ЕРС піриту змінюється від +50 до +950 мкВ/град. Значення термо-ЕРС у внутрішній і зовнішній ділянках кристаликів піриту мають межі +100—+780 мкВ/град, числові вектори росту спрямовані в бік низьких значень діркової провідності. Щодо термо-ЕРС у внутрішніх і зовнішніх зонах кристаликів піриту пентагон-додекаедричного габітусу, то їхнє значення змінюється від +80 до +580 мкВ/град, натомість числові вектори росту кристалів спрямовані в бік вищих значень діркової провідності.

У прояві Альбин загальне значення термо-ЕРС піриту змінюється від -430 до +610 мкВ/град, а за дослідженнями внутрішніх і зовнішніх зон кристала кубічного габітусу – від +190 до +520 мкВ/град. Його числові термо-ЕРС вектори росту кристалу спрямовані в бік нижчих значень діркової провідності. Термо-ЕРС кристаликів пентагон-додекаедричного габітусу змінюється від -80 до -420 мкВ/град, а числові вектори росту кристалів спрямовані в бік вищих значень діркової провідності.

Стосовно гідротермалітів прояву Лостун визначено, що загальне значення термо-ЕРС піриту змінюється від -500 до +980 мкВ/град. Вивчення внутрішніх і зовнішніх зон кристаликів піриту кубічного габітусу виявило зміну термо-ЕРС від +200 до +650 мкВ/град, лише тут діркова провідність і числові вектори росту кристалів спрямовані в бік збільшення діркової провідності. Водночас внутрішні й зовнішні зони кристаликів піриту пентагон-додекаедричного габітусу мають термо-ЕРС від -300 до +680 мкВ/град, а числові термо-ЕРС вектори росту кристалів спрямовані в бік вищих значень діркової провідності. Також зазначимо, що у Лостуні виявлено кристалики октаедричного габітусу, в яких загальні значення термо-ЕРС змінюються від -180 до -360 мкВ/град (рис. 3).

У прояві гідротермалітів Мокрин загальні значення піриту варіюють від -450 до +580 мкВ/град. Термо-ЕРС кристаликів піриту кубічного габітусу змінюється від +100 до +580 мкВ/град, а термо-ЕРС кристаликів пентагондодекаедричного габітусу – від -450 до -100 мкВ/град. Натомість у прояві гідротермалітів Попадинець загальні значення термо-ЕРС піриту коливаються від -750 до +730 мкВ/град. Термо-ЕРС

кристаликів кубічного габітусу змінюється від +100 до +730 мкВ/град, пентагондодекаедричного габітусу – від -750 до -100 мкВ/град.

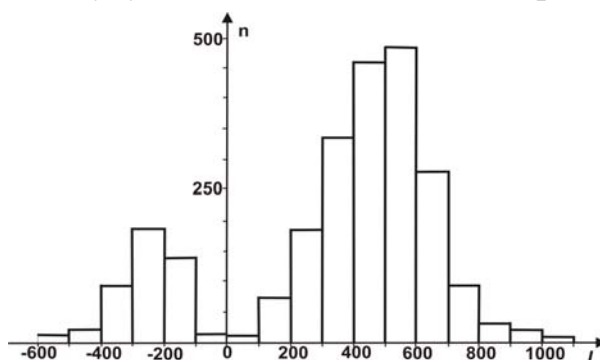


Рис. 3 Гістограма розподілу середніх значень термо-ЕРС піриту прояву Лостун (5 000 замірів)

Заголом отримані результати досліджень дали змогу порівняти власні дані з попередніми даними дослідження родовища Сауляк та низкою рудопроявів РРР [Ціхонь С., Попівняк І., Марусяк В., 2001] і виявити їхню подібність.

Також треба звернути увагу, що на термоелектричні властивості піриту значно впливає кількість елементів-домішок у його складі (Розова Є. В., 1979). У ЧРР у складі кристаликів піриту виявлено невелику кількість елементів-домішок – це Ni, Co, Cu та As. Однак у складі кварцових сульфідних жил спостерігаємо значно більший спектр елементів-домішок – це Ni, Co, Cu, As, Mn, Sb, Pb, Zn, Ti, Sn, Sr, Nb, рідше Ag, Au та інші. У Рахівському рудному районі та, зокрема, на золоторудному родовищі Сауляк у складі прожилків піриту найпоширенішими є такі елементи-домішки як Ni, Co, Cu, Ti [Марусяк В., 2016].

*Галеніт* – головний рудний мінерал у поліметалевих і колчеданно-поліметалевих рудах, зрідка виділяється у складі мідноколчеданних руд. Форма виділення у вкрапленнях розміром 0,5–2 мм, прожилки товщиною до 2–3 мм і гнізда розміром від 1 до 5 мм у кварці, бариті, піриті, карбонатах. Галеніт перебуває у тісній асоціації зі сфалеритом і халькопіритом, піритом. Це свідчить про майже одночасне виділення мінералів, причому галеніт у даному парагенезисі (халькопірит, сфалерит, галеніт) є пізнішим. За дослідженнями, значення завжди електровід’ємної термо-ЕРС галеніту змінюється від -590 до -280 мкВ/град (середні значення -373 мкВ/град), він завжди електронної провідності у прояві Добрин; -640 до -120 мкВ/град (середні значення – 467 мкВ/град) у прояві Альбин і Лостун -610 до -290 мкВ/град (середні значення – 350 мкВ/град) (рис. 4, 5).

Результати досліджень галеніту з ЧРР корелюють з аналогічними показниками з родовища Сауляк та рудопроявами РРР, що відповідає галеніту середньоглибинних утворень золоторудної мінералізації. За даними термо-ЕРС галеніту і знаком провідності можна визначити відносний рівень ерозійного зрізу проявів. Оскільки мінерал завжди електровід’ємний, то це може свідчити про середньоглибинні умови його формування (Фаворов В. А., Красников В. И., 1986).

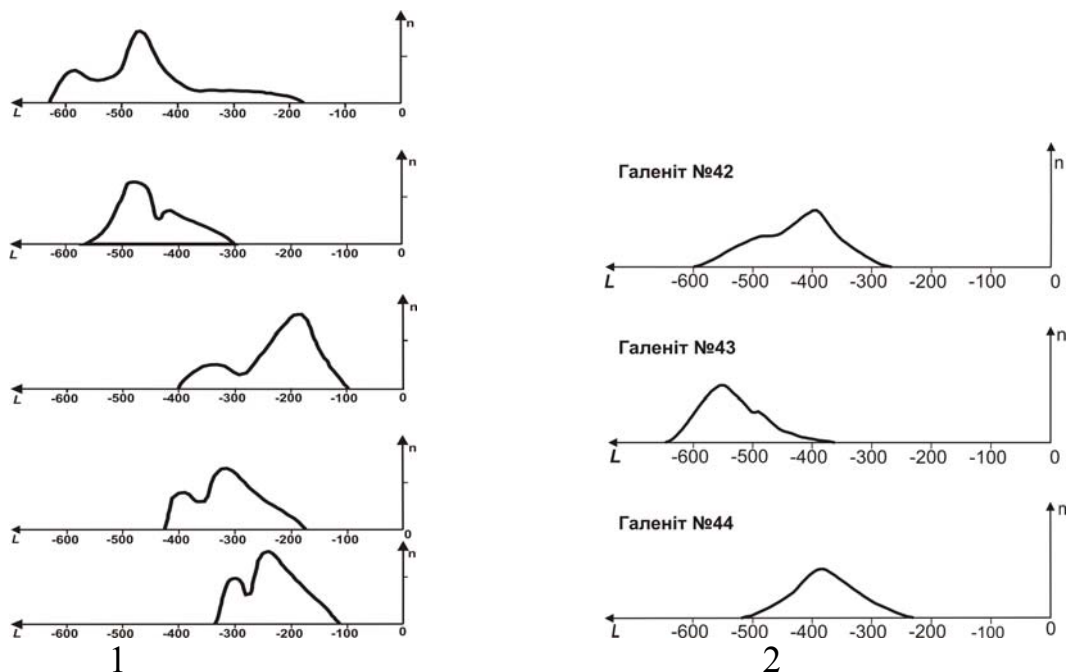


Рис. 4. Генеральні вибірки значень термо-ЕРС галеніту з проявів Альбин (1) і Добрин (2)

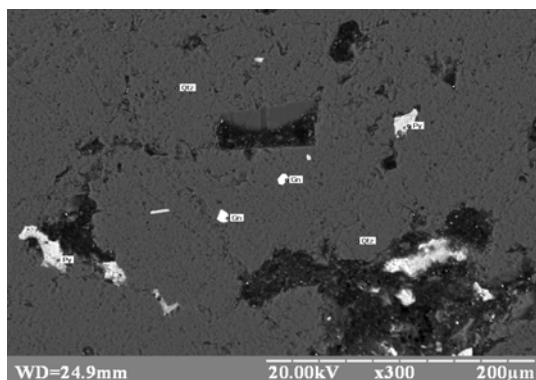


Рис. 5. Поодинокі кристали галеніту і піриту у аншліфах (Альбин), виявленні під час досліджень на електронному мікроскопі – мікроаналізаторі РЕММА-102-02.

*Халькопірит* – головний мінерал мідноколчеданних і колчеданно-поліметалевих руд. Незначні виділення цього мінералу відзначаються майже на всіх ділянках у вигляді дуже дрібних вкраплень. Перебуває у тісній асоціації з піритом, сфалеритом, галенітом. У прояві Добрин вивчено термо-ЕРС халькопіриту, значення якої змінюється від -650 до -10 мкВ/град.

*Арсенопірит* у складі колчеданних і мідноколчеданних руд перебуває у тісній асоціації з піритом, рідше зі сфалеритом. Нами виявлено арсенопірит у проявах гідротермалітів Альбин і Мокрин.

Арсенопірит загалом належить до ймовірних індикаторів золото-сульфідного зруденіння. Слід зауважити, що при рентгенфлюоресцентному дослідженні складу піриту арсен (As) ідентифіковано лише як елемент-домішку. При цьому зазначимо (за Ю. В. Ляховим, 1983), що серед сульфідів пірит, маючи великий електронний потенціал, є переважним осаджувачем золота із розчинів. Позитивно заряджена поверхня кристалу (*p-типу*) сорбує комплексні іони золота. Як встановлено,

наявність As у піриті (як елемента-домішки) підсилює сорбційно-колекторську ємність піриту відносно золота (Павлишин В. І. та ін., 2004).

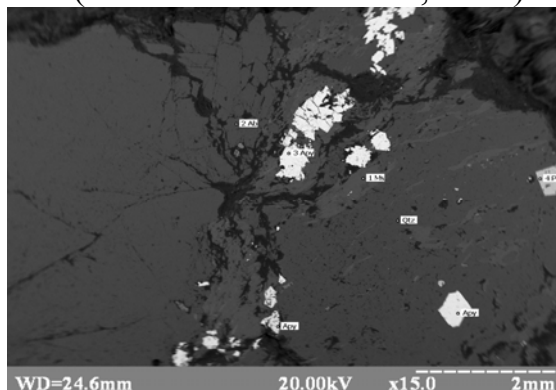


Рис. 6. Арсенопірит у аншлифах (Альбин) під час досліджень на електронному мікроскопі-мікроаналізаторі РЕММА-102-02.

Водночас As виявлено як у Чивчинському, так і у Рахівському районі, зокрема, і на золоторудному родовищі Сауляк, що вказує на певні паралелі.

Порівняльна характеристика термоелектричних властивостей піриту наших досліджуваних проявів (зокрема Лостун) з родовищем Сауляк і рудопроявом Тукало у РРР, може свідчити про надрудний рівень зруденіння проявів Тукало і Лостун.

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 з ділянок Альбин, Добрин, Лостун, Мокрин, Попадинець, Великий Прелучний і Перкалаб. Виявлено включення однофазові, двофазові й трифазові, характеризуються надзвичайно дрібними розмірами, що ускладнює їхнє вивчення (рис. 7,8).

Ідентифікацію *однофазових включень* здійснювали кріометричним методом, що дало змогу встановити температурний інтервал їхньої гетерогенізації: -98—133 °С (табл. 1). Ці включення представлені, головню, метаном, лише на ділянці Добрин виявлено однофазові етанові включення досить високої густини.

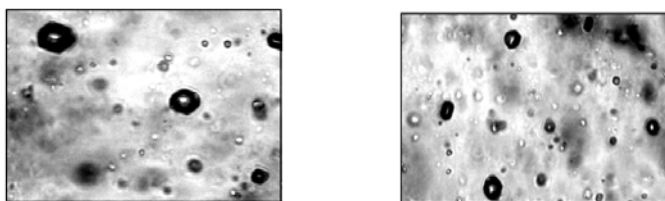


Рис. 7. Поширення рідкісних первинних істотно газових включень (скраплених газів) у кварці ділянки Великий Прелучний. 600<sup>x</sup> крат.

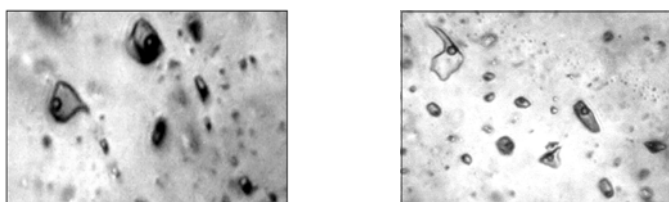


Рис. 8. Поширення двофазових газово-рідинних включень у кварці ділянки Великий Прелучний. 600<sup>x</sup> крат.

**Результати криометричних досліджень  
вторинних однофазових вуглеводневих включень**

Місце відбору	Інтервал $T_{\text{гом}}$ , °C	Густина г/см <sup>3</sup>	Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г	Мольний об'єм, см <sup>3</sup> /моль
<b>Метанові однофазові включення</b>				
Лостун	Від -104,8 до	0,318	3,145	50,446
	-114,4	0,342	2,924	46,901
Мокрин	Від -98,3 до	0,295	3,390	54,376
	-115,5	0,344	2,907	46,628
Великий Прелучний	Від -124,6 до	0,362	2,762	44,302
	-133,0	0,377	2,653	42,554
<b>Етанові однофазові включення</b>				
Добрин	Від -41,0 до	0,486	2,058	61,884
	-46,2	0,494	2,024	60,862

Також наявні однофазові водні включення, що свідчить про тепловодний завершальний кварц-карбонатний етап формування. Отже, при заліковуванні тріщин циркулювали здебільшого метано-водні розчини, тиск при їхній ізоляції змінювався від 1,7 до 4,3 кбар, а температура – від 550 до 200 °C. При цьому тиск і температура були найвищими на ділянці Великий Прелучний і Добрин.

*Двофазові газово-рідинні включення*, ймовірно, були ізолювані при заліковуванні тріщин розтріскування жильного кварцу і гомогенізувалися при температурах 60–125 °C на ділянках Альбин, Добрин, Попадинець, Мокрин, Лостун. Включення у зразках із відслонень Перкалаб і Великий Прелучний гомогенізувалися за температури 230–245 °C. Це, можливо, вказує на наявність розлому в межах цієї ділянки.

*Трифазові включення* у кварці з ділянки Перкалаб гомогенізувалися при температурі 305 °C. При вищих температурах нагрівання включення розгерметизувалися через низьку критичну температуру CO<sub>2</sub>.

Густина флюїдів з діоксидом вуглецю і метаново-етанових включень коливається у межах: ділянка Лостун – 0,318–0,342 г/см<sup>3</sup>; Мокрин – 0,295–0,344 г/см<sup>3</sup>; Великий Прелучний – 0,362–0,377 г/см<sup>3</sup>; Добрин – 0,486–0,494 г/см<sup>3</sup> і 0,674–0,802 г/см<sup>3</sup> (див. табл. 1).

Температуру (декрептації) розтріскування включень на всіх проявах визначали декрептометричним методом, вона змінювалася в широких межах (100–650 °C), з різкою інтенсивністю газовиділення в інтервалі 100–300 °C і 320–520 °C, у деяких випадках 500–650 °C.

Отримані нами результати дали змогу порівняти їх з родовищем Сауляк та рудопроявами РРР та виявити велику подібність за багатьма показниками. Низькі температури гомогенізації включень, низька густина флюїдів на проявах (Альбин, Добрин, Лостун, Попадинець та Мокрин) можуть свідчити про індикаторні ознаки надрудних ерозійних зрізів досліджуваних проявів, зважаючи на властиву структуру вертикальної термобарогеохімічної зональності родовищ золота середньоглибинної рудної формації (Ляхов Ю. В. и др., 1995).



**Сьомий розділ «Пошукові критерії й ознаки виявлення золото-кварцових і золото-поліметалевих рудних об'єктів та оцінка перспективності території Чивчинського рудного району».**

На теперішній час встановлено, що: усі золото-кварцові й золото-поліметалеві рудопрояви й родовище РРР у всячому блоці регіонального насуву метаморфізованих верхньопротерозойсько-нижньопалеозойських порід на осадові товщі мезозою; більша частина золото-кварцових й золото-поліметалевих рудних об'єктів знаходиться у діловецькій (родовище Саукляк) (PR<sub>3dl</sub>) й берлебаській (V-Є<sub>1br</sub>) світах (за Комплексна..., 2003); усі золото-кварцові й золото-поліметалеві рудопрояви й родовище РРР знаходяться серед товщ діафторованих в умовах зеленосланцевої фації метаморфізму метаморфітів амфіболітової фації, які були розсланцьовані та перекристалізовані у бластомілоніти (тонколистуваті кварц-альбіт-серицитові та хлорит-серицитові філоніти) (родовище Сауляк) (діловецької світа (R<sub>3dl</sub>)) чи серед товщ метаморфітів зеленосланцевої фації (берлебаська (V-Є<sub>1br</sub>) світа (Держкарта..., 2009)). В румунській частині Мармароського масиву також відомі золото-колчедані родовища в товщі метаморфізованих верхньопротерозойсько-нижньопалеозойських порід. На підставі цього нами сформульовано наступні пошукові критерії золото-кварцових й золото-поліметалевих ендегенних рудних об'єктів гідротермального генезису на території ЧРР:

- **структурний** – присутність регіонального насуву метаморфізованих верхньопротерозойсько-нижньопалеозойських порід на осадові товщі мезозою;
- **стратиграфічний** – наявність в геологічній будові ЧРР берлебаської (V-Є<sub>1br</sub>) і діловецької (PR<sub>3dl</sub>) світів;
- **метаморфічний** – метаморфізм зеленосланцевої фації порід берлебаської світи (V-Є<sub>1br</sub>) й динамометаморфітів діловецької світи (R<sub>3dl</sub>);
- **літолого-фаціальний** – наявність зон динамометаморфізму зеленосланцевої фації в товщі метаморфічних порід.

**Пошукові ознаки** золото-кварцових й золото-поліметалевих ендегенних рудних об'єктів гідротермального генезису на території ЧРР сформульовано на основі власних досліджень, із залученням даних попередників.

**Прямі пошукові ознаки:**

- **наявність самородного золота** в корінних породах хребта Прелучного (за даними В.В.Грицик и др.1968., О.И.Матковский и др.,1968);
- **наявність розсипищ золота** (Альбинський розсип, Боркутський розсип та три розсипища у верхів'ї Білого Черемоша (Держкарта, 2009)). Шліхові ореоли золота можуть розглядатися як пряма пошукова ознака з виявлення рудних об'єктів золота в товщі метаморфічних порід алохтону регіонального насуву ЧРР.

**Непрямі пошукові ознаки:**

- **наявність гідротермальних жил** з мінералами-супутниками золотого зруденіння (пірит, галеніт, сфалерит, халькопірит та ін.).
- **мінералогічні й мінералого-фізичні:** 1) наявність в гідротермалітах комбінованих габітусних форм піриту від {100} до {210}, яким властива переважно *pr.*- і *p.*-провідність, а числові вектори росту кристалів орієнтовані у бік

вищих значень діркової провідності; 2) наявність галеніту з винятково *n*-провідністю і значеннями термо-ЕРС у межах  $-280 - 640$  мкВ/град;

- **термобарогеохімічні:** 1) поширення сингенетичних газопо-рідинних і рідинно-газових флюїдних включень в гідротемальних утвореннях з одночасною гомогенізацією в рідку та газову фазу при однакових температурах ( $180-210^{\circ}\text{C}$ ,  $230-240^{\circ}\text{C}$ ), що відображає процеси гетерогенізації (кипіння) гомогенних гідротерм у кількох інтервалах; 2) низькотемпературний інтервал гомогенізації флюїдних включень у кварці ( $60-125^{\circ}\text{C}$ ); 3) наявність у кварці включень рідкого й газоподібного  $\text{CO}_2$  з різним наповненням; 4) наявність метаново-етанових включень із низькою густиною флюїдів, що коливається у межах ділянки Лостун  $- 0,318-0,342$  г/с<sup>м<sup>3</sup></sup>; Мокрин  $- 0,295-0,344$  г/с<sup>м<sup>3</sup></sup>; Великий Прелучний  $- 0,362-0,377$  г/с<sup>м<sup>3</sup></sup>; Добрин  $- 0,486-0,494$  г/с<sup>м<sup>3</sup></sup> і  $0,674-0,802$  г/с<sup>м<sup>3</sup></sup>, все ці ознаки дають підстави для припущення про надрудний ерозійний зріз гідротермалітів на території ЧРР, й розгляду цих ознак як індикаторів похованого зруденіння.

За даними власних досліджень у Чивчинському рудному районі визначено перспективні ділянки для пошуків корисних копалин:

- 1) ділянка Лостун – перспективна для проведення розшукових робіт на золото-поліметалеве зруденіння;
- 2) ділянка Добрин – єдине місце де вперше знайдені включення етану, що може вказувати, про наявність вуглеводневого покладу в піднасуві Мармароського масиву, де рекомендовано провести додаткові геолого-структурні й геофізичні дослідження.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальне наукове завдання зі з'ясування особливостей геологічної будови, мінерального складу та фізико-хімічних умов формування гідротермалітів Чивчинського рудного району в Українських Карпатах у контексті розробки мінералого-генетичних пошукових ознак золото-поліметалевого зруденіння Чивчинського району та покладів вуглеводнів у піднасуві Мармароського масиву.

До найвагомійших результатів дисертації належать:

1. Комплексне вивчення гідротермалітів Чивчинського району Українських Карпат дозволило встановити їх велику подібність за комплексом структурно-тектонічних, мінералого-фізичних і термобарогеохімічних ознак та показників з відомими золото-поліметалевими рудними об'єктами Рахівського рудного району (родовище Сауляк і ін.), на підставі чого зроблено висновок про потенційну перспективність досліджуваного району на аналогічне зруденіння. За результатами досліджень для Чивчинського району визначено комплекс прямих і непрямих пошукових ознак золото-поліметалевого зруденіння.

2. В якості головної структурно-тектонічної ознаки просторового розміщення гідротермалітів визначено їх локалізацію загалом вздовж полоси Чивчинського масиву шириною до 10 км і довжиною 42 км, з тяжінням максимальних скупчень проявів гідротермалітів до вузлів перетину продольних (загальнокарпатського напрямку) і поперечних розломів. Вузли перетину цих поздовжніх і поперечних

порушень є найвірогіднішими шляхами міграції глибинних гідротермальних розчинів різного складу. Наші результати підтверджують дослідження Ю. В. Ляхова (1995), що саме з такими місцями найімовірніше слід пов'язувати розшуки корінних родовищ золота і поліметалів.

3. Виявлено наявність рудних мінералів у всіх проявах гідротермалітів. Рудна мінералізація гідротермалітів пов'язана із кварцовими, кварц-польовошпатовими, кварц-баритовими, кварц-барит-карбонатними прожилками гідротермального походження. З рудних мінералів поширені пірит, халькопірит, галеніт, сфалерит, арсенопірит, піротин. Найбільш поширеним серед нерудних мінералів є кварц. Вивчення мінеральних парагенезисів і взаємовідношення між мінералами свідчить про циклічність розвитку процесів гідротермального мінералоутворення (що характерно для більшості відомих золоторудних родовищ). На фоні інверсійно-регресивної мінливості температурно-баричного режиму вона проявляється у закономірній послідовності виділення мінералів (кварц-сульфіди-карбонати), що формувалися на тлі поступового зниження температури.

4. У Чивчинському районі вперше визначено типоморфні властивості сульфідних мінералів гідротермалітів, що мають важливе значення для з'ясування ерозійного зрізу і пошуків похованого зруденіння. Зокрема, поширення габітусних форм піриту (куб, пентагондодекаєдр). Різний знак і значення термо-ЕРС піриту, де переважає  $np$  і  $p$  - провідність, а числові вектори росту (в системі координат  $PB - \alpha_{\text{сер}}$ ) орієнтовані в бік вищих значень діркової провідності. Особливо виняткова електронна ( $n$ ) провідність галеніту. Для галеніту вперше доведено, значення термоелектричних властивостей на ділянках Добрин (-590—280мкВ/град), Альбин (-640—120мкВ/град), Лостун (-610—290мкВ/град) і електронна провідність корелюють з аналогічними показниками з рудопроявів Рахівського району. Отримані результати досліджень піриту і галеніту вказують на надрудний ерозійний зріз гідротермалітів, як індикаторів похованого зруденіння (ділянка Лостун).

5. За термобарогеохімічними дослідженнями вперше вивчено склад газової і рідинної фаз включень флюїдів гідротермалітів з ЧРР. Встановлено, що у вузлах перетину повздовжніх і поперечних порушень флюїдні включення у кварці мають вуглекисотно-водний і вуглеводневий склад. При цьому вуглекисотно-водні включення відповідають за формування на різних ділянках гідротермалітів ймовірного золото-поліметалевого зруденіння, а вуглеводневі (метан-етанові), можуть бути поверхневими індикаторами вірогідної акумуляції в піднасуві Мармароського масиву вуглеводневих покладів.

6. За даними власних досліджень у Чивчинському рудному районі визначено перспективні ділянки для пошуків корисних копалин:

1) ділянка Лостун – перспективна для проведення розшукових робіт на золото-поліметалево зруденіння;

2) ділянка Добрин – єдине місце де вперше знайдені включення етану, що може вказувати, про наявність вуглеводневого покладу в піднасуві Мармароського масиву, де рекомендовано провести додаткові геолого-структурні й геофізичні дослідження.

## ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Статті в наукових фахових виданнях:*

1. Бакуменко І., **Марусяк В.**, Попівняк І. Флюїдні включення в жильному кварці комплексів Чивчинських гір (Мармароський масив) // Мінералогічний збірник. – 2003. – С. 59–70. *(Особистий внесок: підготовка пластинок, опис пластинок, комп'ютерне опрацювання результатів, обговорення висновків).*
2. Головченко Д., Попівняк І., **Марусяк В.** «Мармароські діаманти» з карбонатних жил села Кваси (Рахівський рудний район, Закарпаття) // Сучасні проблеми геологічної науки: зб. наук. пр. ІГН НАН України / П. Ф. Гожик, відп. ред. – К., 2003. – С. 202–204. *(Особистий внесок: аналіз літературних джерел, комп'ютерне опрацювання статті).*
3. **Марусяк В. П.**, Олійник Т. П., Ціхонь С. І., Попівняк І. В. Термоелектричні властивості піриту рудопроявів Лостун (Чивчини) і Тукало (Рахівщина) // Вісник Львівського університету. – 2002. – № 16. – С. 116–127. *(Особистий внесок: визначення термо-ЕРС піриту з рудопрояву Лостун, побудова графіків, узагальнення отриманих результатів, аналіз літературних джерел).*
4. Гопко Л., Олійник Т., Попівняк І., **Марусяк В.**, Ціхонь С. Термоелектричні властивості піриту рудопрояву Ладислав (Рахівщина) // Вісник Львівського університету. – 2003. – № 17. – С. 92–99. *(Особистий внесок: визначення термо-ЕРС піриту, побудова графіків, обговорення інформації та висновків).*
5. Ціхонь С. І., Попівняк І. В., **Марусяк В. П.**, Олійник Т. П. Типоморфні особливості піриту Рахівщини та Чивчин // Вісник Львівського університету. – 2001 – № 15. – С. 93–104. *(Особистий внесок: визначення термо-ЕРС піриту, інтерпретація результатів, побудова графіків, аналіз літературних джерел).*
6. Попівняк І. В., Ціхонь С. І., **Марусяк В. П.**, Олійник Т. П., Ніколенко П. М. Фізико-хімічні умови і стадійність формування золоторудного родовища Сауляк (Рахівський рудний район) // Мінералогічний збірник. – 2006. – № 56. – С. 76–98. *(Особистий внесок: комп'ютерне опрацювання зібраної інформації, побудова графіків, обговорення результатів, аналіз літературних джерел).*
7. Ціхонь С. І., Попівняк І. В., **Марусяк В. П.**, Гопко Л. М., Костюк О. В. Фізико-хімічні умови формування рудопрояву Камінь-Кльовка (Рахівський рудний район, Закарпаття) // Вісник Львівського університету. – 2004. – № 18. – С. 247–256. *(Особистий внесок: підготовка пластинок, побудова графіків, комп'ютерний набір тексту статті, обговорення висновків).*
8. Городечний А., Олійник Т., Попівняк І., Ціхонь С., **Марусяк В.** Просторова мінливість декрептометричних показників кварцу родовища Сауляк // Вісник Львівського університету. – 2010. – № 24. – С. 121–131. *(Особистий внесок: побудова графіків, аналіз літературних джерел, узагальнення результатів).*
9. Крупський Ю. З., **Марусяк В. П.** Геодинамічні умови формування Мармароського кристалічного масиву в Східних Карпатах // Геодинаміка. – 2011. – №1 – С. 71–74. *(Особистий внесок: комп'ютерне формування статті, підготовка рисунків до статті, обговорення висновків).*
10. Крупський Ю. З., **Марусяк В. П.** Свентокшицькі гори в Польщі Мармароський масив в Україні – безкореневі алохтонні тектонічні структури //

Геодинаміка. – 2014. – №2. – С. 95–100. (*Особистий внесок: аналіз літературних джерел, обговорення результатів, комп'ютерне опрацювання інформації*).

**11. Марусяк В. П.** Типоморфні особливості піриту як критерій золотоносності Чивчинського рудного району Мармароського масиву // East European Scientific Journal Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe volume 3, 4(8), Warszawa, Polska. – 2016. – С. 129–138.

***Матеріали та тези конференцій:***

**12. Крупський Ю. З., Марусяк В. П.** Тектонічна природа Мармароського кристалічного масиву в Східних Карпатах // Міжнародна науково-практична конференція «Нафтогазова геофізика – інноваційні технології» (Івано-Франківськ 25–28 квітня 2011). – С. 94–96.

**13. Крупський Ю. З., Марусяк В. П.** Умови формування відкладів бадену і сармату Зовнішньої зони Передкарпатського прогину // Проблеми геології фанерозою України: матеріали VII Всеукраїнської наукової конференції (Львів 6–8 жовтня 2016) – С. 5–7.

**14. Марусяк В. П.** Елементний склад прожилків кварцу рудопроявів Альбин і Добрин Чивчинського рудного району Мармароського масиву Українських Карпат // Проблеми геології фанерозою України: матеріали VI Всеукраїнської наукової конференції (Львів 24–26 вересня 2015). – С.68–69.

**15. Марусяк В. П.** Мінералогічна характеристика та термоелектричні властивості сульфідів золото-поліметалічного рудопрояву Камень-Кльовка // Наукові основи прогнозування, пошуків та оцінки родовищ золота: матеріали міжнар. наук. конф. (Львів 27–30 вересня – 1999). – С. 79–80.

**16. Марусяк В. П.** Мінливість густини CO<sub>2</sub> продуктивних мінералотворних флюїдів у процесі формування рудопрояву Добрин (Чивчинський рудний район) // Наука про Землю: матеріали молодіжної наукової конференції (Львів 19–20 жовтня 2001). – С. 71–72.

**17. Марусяк В. П.** Особливості термоелектричних властивостей галеніту із рудопрояву Альбин (Мармароський кристалічний масив) // Проблеми геології фанерозою України: матеріали VII Всеукраїнської наукової конференції (Львів 6–8 жовтня 2016). – С. 75–77.

**18. Марусяк В. П.** Термоелектричні властивості галеніту з рудопрояву Добрин (Мармароський кристалічний масив) // Проблеми теоретичної і прикладної мінералогії, геології, металогенії гірничодобувних регіонів: матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції (Кривий Ріг 24–26 листопада 2017). – С. 67–68.

**19. Марусяк В. П.** Поліметалеві рудопрояви в південно-східній частині Українських Карпат (Чивчинські гори) // Біостратиграфічні, літологічні та палеогеографічні критерії прогнозування розшуків корисних копалин: матеріали Всеукраїнської наукової конференції (7–10 жовтня 2010). – С. 27–28.

**20. Марусяк В. П.** Термоелектричні властивості піриту рудопрояву Альбин (Чивчинські гори) // Значення комплексних літо- і біостратиграфічних досліджень під час пошуків нафти і газу: тези доповідей Всеукраїнської наукової конференції (до 350-річчя ЛНУ ім. І. Франка). Львів, 2011. – С. 37–39.

**21. Марусяк В. П.** Термоелектричні властивості піриту рудопрояву Мокрин (Чивчинські гори) // Актуальні питання геологічних досліджень в Україні: матеріали IV Всеукраїнської наукової конференції. ЛНУ ім. І. Франка (Львів 3–6 жовтня 2013). – С. 54–55.

**22. Марусяк В. П.** Термоелектричні властивості різновікових виділень піриту рудопрояву Попадинець (Чивчинські гори) // Стан і перспективи сучасної геологічної освіти та науки: матеріали наукової конференції, присвяченої 65-річчю геологічного факультету ЛНУ ім. І. Франка (Львів 13–15 жовтня 2010). – С. 136–137.

**23. Марусяк В. П.** Термоелектричні властивості сульфідів рудопрояву Добрин (Чивчинський рудний район) // В кн. Геологічна наука та освіта в Україні на межі тисячоліть: стран, проблеми, перспективи/Матеріали наук. конф. присвяченої до 55-річчя геол. ф-ту. ЛНУ ім. І. Франка, 27–28 жовтня 2000 – С. 99.

**24. Марусяк В. П.** Термоелектричні властивості та форми виділення піриту із кварцових жил та вмісних порід рудопрояву Добрин (Чивчинські гори) // Сучасні проблеми літології: матеріали наук. конф., присвяченої 100-річчю Д.П. Бобровника (20–22 грудня 2000 р.) Львів: Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2000). – С. 51.

**25.** Крупський Ю. З., **Марусяк В. П.** Про вік метаморфічних порід Мармароського масиву // Проблеми геології фанерозою України: матеріали VIII Всеукраїнської наукової конференції. – 2017. – С. 71–72.

**26.** Complex applica of the methods of practical thermobarochemistry and geoindication deciphering of aerial cosmic production at staying of ore-generating systems. / [I. Popivnyak, O. Kolodiy, Y. Lyakhov, **V. Marusyak**, S. Tsikhon] // Mineral sciences in the Carpathians: 2nd Intern. Sci. Conf. Vol. 1. – Mishkolc, 2003. – P. 87.

**27.** Physicochemical condition and stages of mineral formation in the Saulyak gold deposit (Rakhiv ore district, Transcarpathian region) / [I. Popivnyak, S. Tsikhon, T. Oliynik, **V. Marusyak**, P. Nikolenko // Mineral sciences in the Carpathians: 3rd Intern Sci. Conf. Vol. 5. – Mishkolc, 2006.–P. 96.

## АНОТАЦІЯ

*Марусяк В. П.* Геологія, мінеральний склад і генезис гідротермалітів Чивчинського рудного району в Українських Карпатах. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.11 – геологія металевих і неметалевих корисних копалин. – Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», Київ, 2021.

У дисертаційній роботі з'ясовано особливості геологічної будови, мінерального складу та фізико-хімічних умов формування гідротермалітів Чивчинського рудного району (Українські Карпати) у контексті розробки мінералого-генетичних пошукових ознак золото-поліметалевого зруденіння Чивчинського рудного району та покладів вуглеводнів у піднасуві Мармароського масиву.

Встановлено, що зони перетину поздовжніх порушень (загальнокарпатського напрямку) із поперчними до них порушеннями (що збігаються з долинами потоків), у вузлах перетину яких і виявлені прояви гідротермалітів, можуть бути однією з важливих геолого-структурних ознак локалізації вірогідного золото-поліметалевого зруденіння.

Вивчено мінеральний склад гідротермалітів. Для піриту виконано кристаломорфологічні дослідження і встановлено мінімальні, максимальні та середні значення і знак термо-ЕРС його кристаликів, а також величини термо-ЕРС і винятково електронну провідність кристаликів галеніту в проявах Альбін і Добрин. Визначено типоморфні властивості сульфідних мінералів гідротермалітів (пірит, галеніт), що має важливе значення для з'ясування їх рівня ерозійного зрізу і пошуків похованого зруденіння.

Проведеними термобарогеохімічними дослідженнями встановлено поширення включень, що мають вуглекислотоно-водний і вуглеводневий склад. Вуглекислотно-водні відповідають за формування на різних ділянках гідротермалітів ймовірного золото-поліметалевого зрудення, а вуглеводневі (метан-етанові), можуть бути поверхневими індикаторами ймовірної локалізації вуглеводнех покладів у піднасуві Мармароського масиву

За результатами досліджень у Чивчинському районі виділено дві найперспективніші ділянки: 1) ділянка *Лостун* – для пошуків можливого золото-поліметалевого зруденіння; 2) ділянка *Добрин* – єдине місце, де вперше знайдені включення етану, що може вказувати на наявність вуглеводневого покладу у піднасуві Мармароського масиву.

Отримані результати досліджень термобарогеохімічних і мінералого-фізичних особливостей гідротермалітів можуть бути використані для обґрунтування проведення прогнозно-розшукових і розшуково-оцінних робіт у Чивчинському районі на золото-поліметалево зруденіння та покладів вуглеводнів у піднасуві Мармароського масиву.

**Ключові слова:** Українські Карпати, Мармароський масив, Чивчинський район, термобарогеохімічні і мінералого-фізичні дослідження, термо-ЕРС мінералів-напівпровідників, гомогенізація, декрепітація, золото.

## АННОТАЦІЯ

*Марусяк В.П.* Геология, минеральный состав и генезис гидротермалитов Чивчинского рудного района в Украинских Карпатах. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.11 – геология металлических и неметаллических полезных ископаемых. – Государственное учреждение «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», Киев, 2021.

В диссертационной работе выяснены особенности геологического строения, минерального состава и физико-химические условия формирования гидротермалитов Чивчинского рудного района Украинских Карпат. В контексте разработки минералого-генетических поисково-оценочных признаков золото-полиметаллического орудинения Чивчинского района и залежей вуглеводорода в поднасуве Мармаросского массива.

Установлено, что зоны пересечения продольных нарушений (загальнокарпатского направления) с поперечными к ним нарушениями (что совпадают с долинами потоков), в узлах пересечения которых и обнаружены проявления гидротермалитов, могут быть одним из важных структурно-

тектонических признаков локализации возможного золото-полиметаллического орудинения.

Изучен минеральный состав гидротермалитов. Для пирита выполнено кристалломофологические исследования и установлены минимальные и максимальные и средние значения и знак, а также величины термо-ЕРС и исключительно электронную проводимость галенита в проявлениях Альбин, Добрын. Определены типоморфные свойства сульфидных минералов гидротермалитов (пирит, галенит), что имеет важное значение именно для выяснения их уровня эрозионного среза и поисков скрытого орудинения.

Приведенными термобарогеохимическими исследованиями установлено, распространение включений имеющих углекислотно-водный и углеводородный состав. Углекислородно-водные отвечают за формирование на разных участках гидротермалитов, вероятно, золото-полиметаллического орудинения. Углеводородные (метан-этановые) могут быть поверхностными индикаторами возможной локализации углеводородных залежей в поднасуве Мармаросского массива.

По результатам исследования в Чивчинском районе выделены перспективные участки: *Лостун* для поиска возможного залегания колчеданно-золото-полиметаллического орудинения, *Добрын* – для вероятного наличия залежей углеводородов в поднасуве Мармаросского массива.

Полученные результаты исследований термобарогеохимических и минералогических особенностей гидротермалитов, могут быть использованы в процессе прогнозно-разыскных и поисково-оценочных работ в Чивчинском районе, относительно золото-полиметаллического орудинения и залежей углеводородов в поднасуве Мармаросского массива.

**Ключевые слова:** Украинские Карпаты, Мармарошский массив, Чивчинский рудный район, термобарогеохимические и минералогические исследования, термо-ЭДС минералов-полупроводников, гомогенизация, декрепитация, золото.

#### ABSTRACT

*Marusyak V. P.* – Geology, Mineral Composition and Genesis of Hydrothermal mineralization from the Chyvchyny Ore District in the Ukrainian Carpathians. – Manuscript.

Thesis for PhD degree in Geological Sciences, speciality 04.00.11 – Geology of metallic and non-metallic mineral resources. – Ivan Franko National University of Lviv. Ministry of Education and Science of Ukraine. – State Institution “Institute of Environmental Geochemistry of NAS of Ukraine”, Kyiv, 2021.

The geological settings, mineral composition, physical and chemical features of genesis of hydrothermal mineralization (Chyvchyn ore district (Ukrainian Carpathians) in context of the development of mineralogical-genetical search-evaluation features of pyrite-gold polymetallic mineralization at the Chyvchyn ore district and carbon deposits under the Marmarosh massif thrust have been elaborated in the dissertation work.

It was found that hydrothermal mineralization at study area are situated at the zones of longitudinal (general Carpathian direction) and transverse (water streams valley direction) faults intersections and could be used as important structural-tectonic feature of probable ore mineralization.

Mineral composition of hydrothermal mineralization was carry out. Crystal-morphological features of pyrite, thermo-EMF minimal, maximal and average value of pyrite



crystals and thermo-EMF value and only electronic conductance of galena within the Albyn and Dobryn ore manifestation were carried out. The typomorphic features of hydrothermal sulfide minerals (pyrite, galena) were determined, which is important for elucidating their level of erosional section and searching for submerged mineralization.

Availability of carbon dioxide-water and carbohydrate inclusions were carried out. Carbon dioxide-water inclusions are connected with gold polymetallic ore mineralization, carbohydrate (methane-ethane) inclusions could be surface indicators of the localization of the carbohydrate load at the bottom of the Marmarosh massif.

According to the results of the investigation in Chyvchyn ore district two most perspective areas were defined. Lostun ore manifestation are most perspective for pyrite-gold polymetallic mineralization search and Dobryn ore manifestation - for carbon deposits under the Marmarosh massif thrust.

Results of the thermobarogeochemical and mineralogical-physical investigation of hydrothermal mineralization could be used for forecast and search geological works in the Chyvchyn ore district for gold-polymetallic mineralization and deposits of hydrocarbons under the Marmarosh massif thrust.

**Key words:** Ukrainian Carpathians, Marmarosh massif, Chyvchyn ore district, ore manifestation, thermobarogeochemical and mineralogical-physical studies, thermo-EMF of semiconductor minerals, homogenization, decrepitation, gold.