

**ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ім. І. ФРАНКА**

**На правах рукопису**

**СКАКУН ЛЕОНІД ЗИНОВІЙОВИЧ  
МІНЕРАЛОГО-ГЕНЕТИЧНА МОДЕЛЬ МУЖІЄВСЬКОГО  
ЗОЛОТО-ПОЛІМЕТАЛІЧНОГО РОДОВИЩА  
(ЗАКАРПАТТЯ)**

**Спеціальність 04.00.20 — мінералогія, кристалографія**

**А в т о р е ф е р а т**

**дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата геолого-мінералогічних наук**

**ЛЬВІВ — 1994**

Дисертація є рукопис

Робота виконана в Львівському державному університеті ім. І.Франка

Науковий керівник:

доктор геолого-мінералогічних наук, професор

О. І. Матковський

Офіційні опоненти:

Доктор геолого-мінералогічних наук, професор Калужний В. А. (ІГТГК АН України)

Доктор геолого-мінералогічних наук В. М. Квасниця (ІГМР АН України)

Провідна організація: ДГО "Західукргеологія", м. Львів.

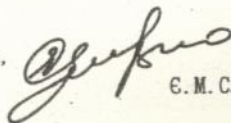
Захист відбудеться 16.11.1994 р. о 15 год 30 хв.

на засіданні Спеціалізованої Ради при Львівському державному університеті за адресою 290005, м. Львів, вул. Грушевського, 4.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотечі Львівського державного університету ім. І.Франка за адресою: Львів, вул. Драгоманова, 5.

Автореферат розісланий 4 жовтня 1994 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
кандидат геол.-мін. наук



Є. М. Сливко

ЛННБ України ім. В. Стефаніка



00777146 (W)



## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

### Актуальність роботи.

Проблема генезису епітермальних золото-поліметалічних родовищ є одною із провідних в геології рудних родовищ. Вирішення її повністю залежить від всебічності вивчення і інтерпретації просторово-часового розподілу мінералів і мінеральних асоціацій.

Актуальність досліджень також визначається необхідністю підвищення мінерально-сировинного потенціалу України, особливо його золотого фонду. Передача в експлуатацію Мужієвського золото-поліметалічного родовища ставить Державу перед проблемою збільшення сировинної бази для золотодобувних і переробних підприємств. Також постає проблема оцінки ресурсів і можливостей добування і переробки поліметалічних та срібних руд, із якими тісно зв'язане золото. Різноманітність мінерального складу руд і значні його просторові варіації зумовлюють необхідність детального мінералогічного дослідження родовища. Знання процесів формування сучасного вигляду руд необхідне для прогнозування їх поведінки в ході збагачення і металургійної переробки.

В дисертаційній роботі зроблена спроба розв'язати ряд мінералогічних і генетичних проблем, вирішення яких сприятиме раціональній переробці руд і ефективному проведенню геолого-розвідувальних робіт в межах Українського сектору Внутрішнього Карпатського вулканічного поясу.

### Мета і основні завдання досліджень.

Метою дисертаційної роботи є побудова мінералого-генетичної моделі формування епітермального золото-поліметалічного родовища, яка б адекватно відображала реально існуючу різноманітність параметрів рудних тіл і колорудних змінених порід. В якості модельного об'єкту розглядається Мужієвське родовище. Для цього вирішувались наступні завдання:

1. Вивчення мінерального складу рудних тіл і колорудних метасоматитів, проведення онтогенетичних досліджень мінералів і мінеральних агрегатів, вивчення динаміки накопичення золота і реконструкція послідовності формування рудних тіл.

2. Вивчення просторово-часових взаємозв'язків поліметалічної, срібної і золотої мінералізації в процесі формування Мужієвського родовища.

3. Визначення умов формування основних мінеральних парагенезисів за даними аналізу мінеральних рівноваг, термобарогеохімічних і ізотопно-геохімічних досліджень.

4. На основі мінералогічних та термобарогеохімічних досліджень розрахувати ряд фізико-хімічних моделей мінералоутворюючих процесів з метою перевірки емпіричних висновків.

6. Обґрунтувати правомірність використання мінералого-генетичного моделювання для технологічної типізації золото-поліметалічних руд.

#### **Наукова новизна.**

1. Вперше для Березівського рудного поля дається всестороння мінералогічна характеристика сульфосолей сурми та миш'яку із детальним вивченням їх складу.

2. Доказано розділеність в часі сульфідної і кварцевої мінералізації, що вносить корінні зміни в генетичні моделі зруденіння.

3. Показана автономність поліметалічного, золотого і срібного зруденінь і досліджена динаміка накопичення цих металів. Встановлено місце золотого зруденіння в рудоутворюючому процесі і проведено унікальні дослідження розподілу золота в сульфідних і кварц-сульфідних агрегатах.

4. Створена нова схема стадійності мінералоутворення і досліджена будова полістадійного мінерального поля в межах Мужівського родовища.

5. Встановлена і доказана гідротермальна природа явищ окислення сульфідних руд.

6. Побудована ізотопно-геохімічна модель поведінки сірки в процесі формування рудних тіл родовища.

7. На основі інтерпретації результатів термобарогеохімічних, ізотопно-геохімічних досліджень, вивчення мінеральних рівноваг та числового фізико-хімічного моделювання вивчені процеси взаємодії поверхневих і глибинних розчинів і їх роль в формуванні рудних тіл.

#### **Практичне значення роботи.**

Результати досліджень розподілу золота в мінеральних агрегатах і процесів формування рудних тіл лягли в основу мінералого-технологічної типізації золото-містячих руд, яка була використана при підрахунку запасів Мужівського родовища в 1990 році. Реалізація цієї типізації, як і використання даних по просторовому розподілу мінералів-носіїв золота і срібла будуть сприяти раціональному і ефективному добуванню і переробці руд в процесі експлуатації родовища.

Виявлені закономірності мінералогічної зональності, зокрема

розміщення зон довготривалої фільтрації гідротермальних розчинів і концентрація зруденіння по їх периферії є ефективними пошуковими ознаками, які рекомендовані Закарпатській експедиції до використання при проведенні геолого-розвідувальних робіт на Берегівському рудному полі. Розроблена методика досліджень і виявлені закономірності просторово-часової еволюції гідротермальної мінералізації знаходять своє використання при проведенні мінералогічного картування та оцінці перспектив Квасівської ділянки, що на схід від Мужівського родовища.

#### **Фактичний матеріал.**

В основу роботи лягли результати польових і лабораторних дослідження, виконаних в період із 1987 по 1993 рік. В дослідження було включено біля 500 мінералогічних проб із гірничих виробок та більше 300 із керну свердловин, для яких виконані загальний мінералогічний опис і мікроскопічні дослідження складу і структури мінеральних агрегатів, а для більшості проб рентгено-фазові аналізи. Особлива увага надавалась вивченню хімічного складу мономінеральних проб (235 аналізів) та мінералів (412 мікрозондових аналізів), дослідженню газового складу флюїдних включень (63 газохроматографічних аналізи), ізотопному складу сірки сульфідів і сульфатів (156 аналізів), кисню, водню і вуглецю флюїдних включень і мінералів (52 аналізи). Виконувались термічні аналізи, ІЧ-спектроскопія кварцу, вивчення термо-е.р. с. сульфідів. Аналіз просторового розподілу метасоматичних змін, мінеральних асоціацій і типоморфних властивостей мінералів здійснювався на базі комп'ютерного банку даних, в який внесені геологічні, мінералогічні і геохімічні дані по 420 свердловинах і більшості гірничих виробок родовища. Числове моделювання гетерогенних рівноваг в гідротермальних розчинах, термодинамічні і мінералогічні розрахунки, обробка аналізів і повна підготовка дисертації здійснювались на ПК IBM AT/286.

#### **Положення, що захищаються**

1. Основним механізмом формування рудних тіл було метасоматичне заміщення вміщуючих порід і більш ранніх гідротермальних утворень, що супроводжувалось широким розвитком явищ перекристалізації, розчинення та перевідкладення.

2. Золото-срібне і золото-срібло-поліметалічне зруденіння Мужівського родовища сформувались в результаті накладення двох періодів золотої і двох періодів срібломістячої мінералізації на сульфідний та кварц-сульфідний агрегати. Власне золоті руди утвори-

лись в результаті заміщення сульфідних агрегатів кварцовими, перекристалізації останніх і накладення на них ярозит-гетитового парагенезису із золотом.

3. Мінеральне поле Мужівського родовища є телескопованим і характеризується доцентровою зональністю. Розподіл мінеральних парагенетичних асоціацій, текстурно-структурних характеристик агрегатів підпорядковується положенню зон довготривалої фільтрації глибинних гідротермальних розчинів.

4. Однонаправленість еволюції в межах кожної стадії і чотирьохстадійного процесу в цілому є проявом незворотніх змін в умовах формування глибинного флюїду і часових змін параметрів середовища мінераловідкладення (т.я., мінеральний склад, фільтраційні властивості, параметри метеорної та формаційної вод): Процес взаємодії глибинного флюїду із вмшуючим середовищем контролює склад і просторовий розподіл мінеральних продуктів.

#### **Апробація роботи**

Результати досліджень були представлені на IV сесії Північно-Кавказського відділення ВМТ АН СРСР "Мінералоутворення із киплячих флюїдів", (1988, Терскол); V конференції молодих вчених ІГТК АН УРСР (Львів, 1988); XII симпозіумі по геохімії стабільних ізотопів (Москва, 1989); Всесоюзній школі "Сучасні методи викладання мінералогічних дисциплін і проблеми пошукової мінералогії", Владивосток, 1990; Республіканській нараді "Мінерагенія і прогноза оцінка на тверді корисні копалини (Київ, 1991); на двох нарадах по проблемі "Золото надр України" (Одеса, 1992; Львів, 1993); VIII з'їзді Всеросійського мінералогічного товариства (Санкт-Петербург, 1992), . Європейській і Пан-Американській нарадах по дослідженню флюїдних включень (Фірензе, Італія, 1991; Ріверсайд, США, 1992; Варшава, Польща, 1993), а також на наукових конференціях геологічного факультету Львівського університету в 1992 і 1993 роках.

#### **Публікації.**

По тематичі дисертаційної роботи опубліковано 14 робіт. Із них 4 статті, 9 тезисів доповідей і дві депоновані роботи. Три статті прийняті до друку: в "Мінералогічний збірник", "Вісник Львівського університету" і "Economic Geology".

#### **Об'єм роботи.**

Дисертаційна робота складається із вступу, 8 глав, висновків і списку літератури з 254 назв. В ній міститься 28 таблиць і 98 рисунків. Текстова частина викладена на 190 сторінках.

Робота виконана під керівництвом професора О.І.Матковського. Дослідження здійснювались в рамках науково-дослідних проектів "Роз-

робка генетичних і пошуково-оціночних критеріїв на дорогоцінні і кольорові метали України. Завдання 1. Розробка мінералого-генетичної моделі золотополіметалічного зруденіння близькоповерхневої формації" (наказ Міністерства України № 78 від 21.03.91 р.) та "Топомінералогічні дослідження палеогідротермальних систем, з якими зв'язано золоте зруденіння Закарпаття" (програма 5.3.5 "Золото надр України", постанова Держкомітету України з питань науки і технологій № 12 від 4 травня 1992 р.).

Мінералогічні дослідження проводились в співробітництві із ст. наук. співр. Б.Г.Ремещилом (Львівський університет), докт. г.-мін.н. А.А.Вальтером\* (ІГМР АНУ, м.Київ) та геологами Закарпатської геолого-розвідувальної експедиції (м. Берегово) - Б.В.Пеньковською та О.А.Пир'євою. Термобарогехімічні і ізотопно-геохімічні дослідження флюїдних включень здійснювались в співпраці з канд. г.-мін. н. М.О. Вітиком (ІГГГК АН України, м. Львів), канд. г.-мін. н. Ю.М.Деміховим і канд. г.-мін. н. Д.К.Возняком (ІГМР АН України, м. Київ). Ізотопні дослідження сірки сульфідів і бариту виконувались при сприянні докт. Г.Р.Краузе (університет Калгарі, Канада).

В обговоренні результатів досліджень приймали участь докт. г.-мін. н. Ю.М.Коптьох (ІГР АН України, м. Київ), канд. г.-мін. н. А.А.Ясінська (Львівський університет), пров. геолог В.Н.Зайцева (Закарпатська експедиція, м.Берегово).

Допомогу в проведенні польових досліджень на Мужівському родовищі надала адміністрація Закарпатської ГРЕ і особисто М.Ф.Гожик, В.М.Шклянка, Р.В. Удуд, А.В.Терлецький, В.П.Черній і інші.

Я вдячний всім спеціалістам, які сприяли виконанню даної роботи.

## ЗМІСТ РОБОТИ

### Глава 1. Постановка проблеми. Фактичний матеріал і методика досліджень

Проблема генетичного моделювання гідротермальних родовищ має два аспекти: перший охоплює створення фактологічної моделі родовища, як системи узгоджених між собою даних про будову і склад ділянки земної кори, яку воно займає; другий – інтерпретацію даних про фактори і параметри мінераловідкладення. Весь об'єм мінералогічних даних необхідно розглядати, як неповну, в багатьох випадках змінену інформацію про процеси, що привели до метасоматичного перетворення блоку гірських порід і нагромадження нової мінеральної речовини.

Поняття "мінералого-генетична модель родовища" вводиться як узагальнення фактологічної (описової) мінералогічної моделі і ряду генетичних побудов, що описують найбільш важливі процеси мінераловідкладення. При цьому чільне місце приділяється числовому фізико-хімічному моделюванню гетерогенних систем типу мінерал-розчин-газ. Такі моделі є опорою, реперними точками в інтерпретації мінералого-генетичної інформації.

В главі дається аналіз будови епітермальної гідротермальної системи і можливих факторів формування складу мінералоутворюючих розчинів та осадження мінеральної речовини.

Особлива увага приділяється природній періодизації процесу мінераловідкладення – стадійності. Ця проблема має два аспекти: практичний (комплекс критеріїв визначення границь між стадіями) і теоретичний (розуміння стадії як реалізації конкретних процесів, що відбувалися в палеогідротермальній системі). В якості границь стадій виділялись моменти різкої зміни мінерального складу продуктів гідротермальної діяльності при наявності явищ нерівноважності уже зформованого мінерального агрегату із новоутвореним.

Стадія мінералоутворення є мінеральним відображенням періоду стабільного функціонування джерела мінеральних розчинів. Поки не відбувається змін структури та складу джерела, його еволюція характеризується зростанням в часі співвідношення вода/порода [Есиков, 1989] і зниженням тепло-масопотоку від магматичної камери, що і зумовлює направлену еволюцію параметрів гідротермального розчину.

В главі наводиться методика опробування і мінералогічних досліджень, технічні характеристики аналізів. Моделювання гетерогенних рівноваг в гідротермальних умовах здійснювалось з допомогою програмного пакету CHILLER, любязно наданого М. Рідом (Університет Орегону, США).

## Глава 2. Геологічна характеристика Мужівського золото-поліметалічного родовища.

Мужівське родовище є одним із багатьох золото-поліметалічних родовищ, що розміщуються в внутрішній частині Внутрішнього вулканічного поясу Карпат і пов'язані із проявами міоценового андезит-ріолітового вулканізму [Коптєх, 1992]. Воно входить в склад Берегівського рудного поля, структура якого визначається Берегівською вибуховою кальдерою сарматського віку. Кальдера виповнена експлозивними брекчіями і ігнімбритами і перекрита відкладами кратерного озера та ефузивно-пірокластичною товщею.

В межах Берегівського рудного поля розміщені Берегівське, Мужівське, Куклянське родовища. Вони розрізняються по структурному положенню і гіпсометричному рівню зруденіння. Мужівське родовище займає найвищу позицію і розміщене в клиновидному блоці над східним похилим бортом кальдери, лиш частково захоплюючи її обрамлення, складене нижньою осадовою товщею. Вздовж борту нами виділяється проникна зона, представлена системою малоамплітудних порушень та багаточисленними тілами брекчій еруптивного типу - Бортова розламна зона (БРЗ). На заході БРЗ круто обривається, таким чином фіксуючи жерлову частину структури. В вищележачих породах зміна кута падіння борту депресії відмічається системою розламів північно-східного простягання, яка включає VI розламну зону і є західним обмеженням Мужівського родовища. Північна і південна межі родовища точно не визначені.

Родовище має двоповерхову будову. Нижній поверх розміщений в межах середньої туфової товщі. Його структура визначається сукупністю тріщин відриву та сколювання, що концентруються в вигляді розламних зон субширотного простягання із якими зв'язані сульфідні, кварц-сульфідні, кварц-баритові, кварц-гетитові і кварцеві жили та прожилково-вкраплені зони. Субширотні рудні тіла пересікаються системою зближених тріщин і зон брекчіювання північно-східного простягання, що має круте падіння на захід (Діагональна розламна зона (ДРЗ)). Амплітуда зміщення по вказаних розламах не перевищує 1-2 м. В ДРЗ мінералізація проявлена слабо.

Верхній поверх охоплює породи верхньої осадової і верхньої туфової товщ. Тут зростає інтенсивність метасоматичних аргілізових змін. Корінним чином міняється характер рудних тіл. Вони представлені стовповидними штокверковими зонами (36-1 та 38-1 рудні тіла) з крутим падінням, розміщеними над БРЗ. Верхня осадова товща розділяє два поверхи, граючи роль екрану для гідротермальних розчинів.

Основною рисою Мужівського родовища, яка контролювала роз-

поділ мінералів та руд, була початкова (на момент ініціалізації рудоутворюючої гідротермальної системи) речовинна та фільтраційна неоднорідність середовища мінералоутворення.

### Глава 3. Мінеральний склад рудних тіл і колорудних метасоматитів.

В даному розділі детально описані мінерали, що зустрічаються в рудних тілах або ж колорудних метасоматитах. Основна увага звертається на співвідношення мінералів і ті їх властивості, які можуть дати інформації відносно параметрів і динаміки процесів формування родовища. На даний час в рудних тілах Мужівського родовища виявлено коло 70 мінералів. Рудні тіла та їх окремі ділянки відрізняються по мінеральному складу. Рудні мінерали можуть складати від 0.1 до 90 % жильного виповнення; пірит, сфалерит і галеніт - до 99 % від об'єму сумарного об'єму руди. Основним нерудним мінералом є кварц. Барит і карбонати широко поширені, але складають невелику долю жильної маси. В усіх жильних тілах виділяються ділянки сульфідного (кварц-сульфідного) і кварцевого (+барит, карбонати) складу. Руди кварц-каолін-гетитового складу широко поширені в рудних тілах і домінують в штокверкових.

Дається детальний опис генерацій піриту. Відмічається різноманітність структурних типів агрегатів сфалериту та галеніту і наявність закономірних просторово-часових варіацій зональності сфалериту, зумовленої коливаннями вмісту Fe. Виділені пізні генерації сфалериту та галеніту, локально розвинені в парагенезисі із кварцом. За даними мікрозондового рентгеноспектрального і кількісного спектрального аналізів дається характеристика варіацій складу сфалериту і галеніту.

Детально вивчено склад комплексу сульфосолей, що спостерігаються в вигляді тонкої емульсійної вкрапленості в галеніті. Електронно-мікроскопічними і мікрозондовими дослідженнями встановлено, що основними фазами є тетраедрит, полібазит, піраргірит і бурноніт, меншій мірі фрейбергіт. Буланжерит і пірсеїт відмічені в одиноких випадках. Виявлені поліфазові мінеральні утворення із розміром фаз менше 0.3 мкм, інтегральний склад яких наближається до акантиту і стефаніту. Всі мінерали детально охарактеризовані мікрозондовими аналізами. Виявлено пізню генерацію полібазиту в асоціації із самородним сріблом і акантитом.

За даними мікрозондового аналізу ряд бляклих руд на родовищі включає тетраедрит і тенантит, що є різновіковими. Тетраедрит асоціює із галенітом і характеризується низькими вмістами As і відсутністю від'ємної кореляції між Zn/Fe і As/Sb та As/Sb і Ag/Cu.

Вміст срібла в деяких його зернах перевищує 10 ваг. %, що дозволяє відносити їх до Фрейбергиту. Тенантит зустрічається в асоціації із халькопіритом. В його кристалах встановлена зональність росту, зумовлена коливаннями вмістів основних компонентів (Fe, Zn, As, Sb, в меншій мірі Cu); між співвідношеннями As/Sb і Zn/Fe та As/Sb і Ag/Cu спостерігається від'ємна кореляція, типова для багатьох епі- і мезотермальних родовищ.

Вперше виділяються дві генерації піротину. Піротин-I передуює піриту і майже повністю заміщується ранніми сульфідами. Піротин-II спостерігається в вигляді сингенних вrostків в пізніх зародженнях сфалериту-I.

Вперше конкретизована позиція енаргіту і арсенопіриту в мінеральних агрегатах і вивчений їх хімічний склад

Дається коротка характеристика поширення, морфології і складу електруму і самородного срібла. В складі новоутворень по самородному сріблу крім акантиту і полібазиту-II відмічені фази, по своєму складу близькі до маккінстріїту  $(Ag, Cu)_2S$  і ялпаїту  $(Ag_3CuS_2)$ .

Для гідротермального кварцу виділяються чотири генерації, що розрізняються просторовою позицією і часовими співвідношеннями із генераціями бариту і карбонатів. Спектроскопічні дослідження кварцу в інфрачервоній (ІЧ) області спектру показали істотні відмінності між першими трьома його генераціями за характером смуги поглинання в області  $3700..3000\text{ см}^{-1}$ , що відповідає коливанням гідроксильних груп молекулярної води і зв'язків O-H в групах Si-OH ( $3700..3500\text{ см}^{-1}$ ). Аналіз ІЧ-спектрів показує, що агрегати кварцу-I містять включення водовміщуючого кремнезему типу сілікагелю чи водовміщуючого кварцевого скла. Розрахунки виконані по параметрах смуги поглинання в області  $3700..3000\text{ см}^{-1}$  [Aslanian, Beran, 1986] показали, що концентрація сумарної води ( $H_2O+OH^-$ ) максимальна для кварцу-I і мінімальна для кварцу-II.

Доказується наявність трьох генерацій бариту і карбонатів і двох генерацій гематиту.

#### Глава 4. Онтогенез мінеральних агрегатів.

Мінеральні агрегати, які складають рудні тіла Мужівського родовища є результатом багатостадійного процесу і, в основній своїй масі, формувалися шляхом метасоматичного заміщення раніше зформованих метасоматично змінених порід або жильного виповнення. Кристалізація більшості кварцу-II, бариту-I, гематиту і деяких інших мінералів повністю контролюється наявністю більш ранніх продуктів гідротермального процесу. Початковий об'єм піротину-I і продуктів

Його дисульфідизації перевищував всю сульфідну масу, що потім утворилася. Він був субстратом, за рахунок якого формувались поліметалічні руди. Масштаб відкладення сфалериту, галеніту і халькопіриту в значній мірі визначається об'ємом піритової мінералізації. Цим пояснюються закономірності розподілу цинку в межах рудних тіл.

Процес формування масивних мінеральних агрегатів сульфідів, кварцу, гетиту і деяких інших починається із масової кристалізації мінералу (генерації) в вигляді тонкозернистого агрегату часто із метастабільними структурами і наявністю метастабільних мінералів і завершується перекристалізацією та врівноваженням агрегату при стабілізації параметрів мінералоутворюючої системи. Це супроводжується зниженням ролі метастабільних агрегатів (коломорфні, сферолітові, дендритові, скелетні структури) і мінералів (вюрцит, марказит, ряд сульфосолей). При цьому мінерали і мінеральні агрегати проходять ряд проміжних станів, що фіксуються в особливостях їх структури (тіньові "марказитові" структури в піриті; внутрішня структура кристалів кварцу, вказуюча на первинний халцедоновий субстрат; наявність сульфосолей проміжного складу і структур розпаду твердих розчинів при формуванні полібазиту і тетраедриту).

Важливими факторами, що визначають сучасний вигляд руд є перекристалізація і розчинення мінеральних агрегатів, зумовлені впливом більш пізніх мінералоутворюючих розчинів. Саме завдяки перекристалізації зформувались сучасні структури піритових і кварцових агрегатів. Розчиненню легко піддаються агрегати карбонатів, бариту і флюориту, а також сульфіди. Сильнопориста структура, що виникає в результаті розчинення вказаних мінералів стимулює масову перекристалізацію кварцу-I і формування агрегатів кварцу-II.

Доказується, що процес послідовного формування мінерального агрегату шляхом заміщення контролюється як параметрами мінералоутворюючого розчину так і внутрішньою енергією агрегату, надлишок якої визначається розміром кристалів і їх дефектністю.

Кварц-сульфідні агрегати є поліхронними, полістадійними утвореннями. Кварц є більш пізнім утворенням по відношенню до сульфідів. Формування кварцових агрегатів супроводжувалось інтенсивним розчиненням сульфідів, що привело до значного скорочення сульфідної маси або повної їх ліквідації.

Основна частина друзових і паралельно-тичкуватих агрегатів кварцу-II і -III, що спостерігаються в жильних тілах, утворилися шляхом перекристалізації більш тонкозернистих мас  $SiO_2$  (кварцу-I, халцедону).

### Глава 5. Мінеральні парагенетичні асоціації і стадійність мінералоутворення

Мінеральні парагенетичні асоціації, виділені в складі рудних тіл, наведені в таблиці 1. Вони розташовані в порядку формування, згідно чотирьохстадійної моделі мінералоутворення.

Таблиця 1. Позиція мінеральних парагенетичних асоціацій і метасоматичних змін в стадійній моделі формування рудних тіл Мужівського родовища

I. Сульфідна стадія		II. Кварц-баритова стадія	
<b>Мінеральні парагенетичні асоціації</b>			
карбонатна-I пірит-марказитова піритова сфалерит-піритова сфалерит-галеніт-піритова халькопірит-тенантитова		кварцова-I флюоритова баритова-I англезит-піритова	
<b>Метасоматичні зміни</b>			
кварц-серицит		кварц-каолініт	
III. Карбонат-кварцова стадія		IV. Карбонат-гетитова стадія	
<b>Мінеральні парагенетичні асоціації</b>			
карбонатна-II кварцова-II кварц-гематитова кварцова-III срібло-акацитова баритова-II		карбонатна-III кварцова-IV ярозит-гетитова кіноварна баритова-III	
<b>Метасоматичні зміни</b>			
кварц-каолініт кварц-гідрослюда кварц-монтморилоніт кварц-алуніт		каолініт-лікіт кварц-гідрослюда кварц-алуніт-каолініт	

Наші уявлення про стадійність мінералоутворення Мужівського родовища в деякій мірі є розвитком поглядів Е.О.Лазаренка. Кварц-адулярові метасоматити вважаються дорудними. В сульфідну стадію кварц-адулярові метасоматити грають роль літологічного бар'єру, на якому осаджуються сульфіди. Доказується багаторазовість відкладення бариту, карбонатів. Перекристалізація, розчинення, перевідкладення і окислення мінералів та їх агрегатів розглядаються як складові стадійного гідротермального процесу.

Процес мінералоутворення в палеогідротермальній системі Мужівського родовища характеризується виразною направленістю, що виражається в зростанні до кінця процесу частки сульфатів та оксидів в складі мінерального осадку. Аналогічна тенденція спостерігається в кожній стадії. Виключенням є сульфідна стадія, яка не має сульфатного завершення. Початок стадій (за виключенням

кварц-баритової) фіксується формуванням карбонатів. Початок II стадії відмічений кристалізацією флюориту. Спостерігається кореляція між інтенсивністю тріщиноутворення і об'ємом карбонатного осаду.

Явища окислення та розчинення сульфідів, формування англезитових, ярозитових та гетитових агрегатів розглядаються як прояви гідротермального окислення, зумовленого взаємодією глибинних флюїдів із поверхневими водами. Периферійні частини зони гідротермального окислення сульфідних руд фіксуються по зміні термоелектричних властивостей галеніту (перехід від первинного  $\alpha$ -галеніту до  $\beta$ -галеніту). Ярозит-гетитова асоціація формується переважно на карбонатному субстраті.

#### **Глава 6. Мінералогічна зональність Мужівського золото-поліметалічного родовища**

Дослідження свідчать про стійкість, консервативність загальної структури палеогідротермальної системи на протязі всього періоду її існування. Основою цієї структури були фільтраційні зони, які контролюють розподіл гідротермальних розчинів в бортовій частині Бергівської кальдери. Фільтраційні зони складені сильно пористим слюдисто-каолінітовим агрегатом. Їх розміщення контролюється літологією порід виповнення кальдери і зонами тріщинуватості.

Аналіз мінеральних полів кожної стадії мінералоутворення показує, що їм притаманна доцентрова тенденція розміщення часової послідовності мінеральних парагенетичних асоціацій (МПА). Аналогічна тенденція відмічається і для всього процесу мінералоутворення в межах родовища: кожне наступне стадійне мінеральне поле займає меншу площу ніж попереднє при співпадінні центральних зон.

Для поля, зформованого однією МПА відмічається від центру до периферії зростання частки метастабільних агрегатів, ускладнення форм кристалів і їх внутрішньої будови, ускладнення мінерального складу МПА, поява проміжних мінеральних утворень, які не зберігаються в центральних частинах.

Телескопування мінералогічної зональності в ході гідротермального процесу зумовило широке поширення явищ заміщення, розчинення і перевідкладення мінералів і їх агрегатів. Ці процеси в значній мірі зумовили сучасне поширення ранніх генерацій карбонатів, флюориту, піротину-I, кварцу-I і кварцу-II, сульфідних МПА. Реконструкція мінеральних полів вказаних компонентів можлива тільки фрагментарно по реліктових структурах агрегатів та текстурах розчинення.

## Глава 7. Просторово-часові закономірності розподілу золота та срібла в межах Мужівського родовища і мінералогічна типізація золото-містячих руд Мужівського родовища

Наводиться аналіз розподілу золота і срібла в головних мінералах і мінеральних агрегатах, який в основному ґрунтується на дослідженні мономінеральних проб із сульфідних, кварц-сульфідних і кварцових жил. Виявлено велику дисперсію вмістів Au і Ag в номінеральних пробах сульфідів і кварцу.

Золото відкладалось в два періоди: ранній (головний), що відповідає кінцю I стадії і пізній - в середині IV стадії. Вони розділені періодом, що охоплює II і III стадії, коли осадження золота не було, а відбувалася перекристалізація, перевідкладання і розчинення електруму.

Онтогенетичний аналіз розподілу електруму в сульфідних агрегатах виявив локалізацію електруму в межах однієї ростової зони сфалериту, що інтерпретується як проявлення синхронності їх кристалізації. Саме в межах цієї зони часто зустрічаються сингенні вrostання галеніту. Методом SIMS виявлені підвищені концентрації "невидимого" золота в сингенних цьому сфалериту піриті (43 - 349 г/т) та галеніті (15.2-34.9 г/т). Саме встановленою вузькістю часового інтервалу осадження золота по відношенню до протяжного періоду кристалізації сульфідів пояснюється неоднорідність розподілу золота в сульфідних агрегатах.

Головний період кристалізації електруму не супроводжується відчутною диференціацією електруму між різними позиціями в агрегаті. Відповідний розподіл золота між мінералами в значній мірі визначається складом мінерального агрегату на момент відкладення золота. В період перекристалізації однозначно проявлена тенденція до більш інтенсивного росту електруму в позиціях, пов'язаних із галенітом та піритом. Основною тенденцією цього періоду є зростання  $X_{Ag}$  електруму з часом, проявом чого є зворотня залежність між розміром зерен і вмістом в них срібла. Зростання ролі галеніту в складі агрегату по мірі кристалізації сингенного електруму зародження сфалериту зумовило статистично стійке збагачення сріблом електруму в галенітовій позиції по відношенню до такого ж в сфалеритовій позиції. Як і позиція, так і розмірність електруму в сульфідному агрегаті закономірно змінюється по відношенню до каналів фільтрації розчинів. По мірі наближення до неї зростає середній розмір зерен електруму в усіх позиціях, зменшується роль позиції в піриті, і зростає роль позицій в галеніті і на контакті галеніту із сфалеритом.

Головним результатом II стадії є заміщення сульфідів кварцом і формування нової, кварцової популяції електруму. При перекристалізації кварцу в III стадію (переході кварц-I - кварц-II) вміст Au в агрегаті знижується майже на порядок. Відмічається перевідкладення золота на сульфіди.

Електрум, що зформувався в пізній період відкладення, має локальне поширення, але, поряд із цим є визначальним в формуванні золотого зруденіння в 36 рудному тілі і ряді ділянок VIII і XIX рудних тіл. По часу кристалізації він відповідає завершенню формування гетитових агрегатів.

Проведені мінералого-геохімічні дослідження показали, що срібна і золота мінералізація в рудах Мужівського родовища розділені в часі. Їхнє співпадіння в межах одного рудного блоку носить випадковий характер і контролюється розміщенням його відносно каналів фільтрації мінералоутворюючих розчинів.

Зруденіння срібла на Мужівському родовищі формувалась на протязі двох періодів. Ранній, Sb-сульфосольний, період накопичення срібла відповідає часу завершення формування пірит-сфалерит-галенітової МПА, після етапу ранньої кристалізації електруму. Пізній період представлений срібло-акантитовою МПА і співпадає із завершенням карбонат-кварцової стадії. Встановлена просторова зональність в розміщенні срібної мінералізації по відношенню до каналів фільтрації мінералоутворюючих розчинів.

Нерівномірний розподіл процесів осадження, перекристалізації, розчинення і зміни мінерала-носія електруму і "невидимого" золота в межах родовища привів до значних варіацій в технологічних властивостях золото-містячих руд. Мінералого-технологічна типізація золотомістячих руд по наступних параметрах: 1) мінерали-носії електруму; 2) частка золота, зв'язана із піритом; 3) ступінь відкриття золота; 4) розмір частинок електруму. Виділені типи руд вказані в табл. 2.

Проведений аналіз технологічних властивостей руд показує наявність руд із важкими технологічними характеристиками, що потребує використання ціанування. Поява таких руд зумовлена знаходженням тонкодисперсного золота в масивному тонкозернистому кварці і глинистих мінералах, а також високими вмістами "невидимого" золота в піриті. Виходячи із розробленої моделі онтогенезу мінеральних агрегатів, поведінки золота в процесах їх формування, просторового розподілу МПА можна достатньо впевнено оцінювати технологічні властивості руд по результатах мінералого-генетичних досліджень.

Таблиця 2. Мінералого-технологічні типи руд Мужівського золото-поліметалічного родовища

Тип руд	Мінерали-носії золота	Розмірність зо-лота, мм	Частка вільного золота, %	Труднощі переробки	
				піритовий концентрат	ціанування
Істотно-піритовий	пірит кварц	<0.001- 0.05	< 50	так	так
Галеніт-сфалеритовий	сфалерит галеніт пірит	<0.001- 0.05	40-70	ні	ні
Галеніт-сфалерит-піритовий	сфалерит галеніт пірит	<0.001- 0.05	40-70	так/ні	ні
Англезит-кварцові	кварц англезит пірит	0.005- 0.1	60-80	ні	так/ні
Кварцові пере-кристалізовані	кварц гетит	0.05- 1.0	70-90	ні	ні
Кварцові непере-кристалізовані	кварц гетит	0.005- 0.01	50-70	ні	так
Глинисто-кварцові	кварц гетит	0.005- 1.0	50-80	ні	так/ні

#### Глава 8. Мінералого-генетична модель Мужівського золото-поліметалічного родовища

Визначення фізико-хімічних параметрів глибинних і мінералоутворюючих гідротермальних розчинів, оцінка ролі процесів змішування розчинів, кипіння і взаємодії із вміщуючими породами здійснювалось за результатами ізотопно-геохімічних і термобарогеохімічних досліджень, аналізу мінеральних рівноваг в рудних агрегатах і колорудних метасоматитах.

Загальний температурний інтервал мінералоутворення складає 250..140°C, причому він витриманий для всіх стадій. На протязі кожної стадії спостерігається зниження температури, хоча наведений температурний інтервал характерний і для ранніх (в конкретній стадії) мінералів. Соленість розчину коливається від 0.0 до 14.0 ваг.% NaCl екв. і характеризується стійкою тенденцією на зниження до кінця стадії. Катіонний склад розчинів визначався по  $T_{евг}$  ФВ, співвідношення катіонів - по водних витяжках. Температури розчину, визначені по K-Na- геотермометру за результатами водних витяжок, перерахованих для соленості ФВ, близькі до  $T_r$  ФВ, що вказує на репрезентативність цих аналізів. Доказується неможливість використання

аналізів газового складу ФВ в мінералах родовища для оцінки співвідношень газів.

Аналіз співвідношень  $T_g$  і солоності, газового складу і ізотопного складу  $H_2O$  флюїдних включень свідчить про наявність в мінералоутворчій системі трьох типів розчинів: глибинного флюїду (ГФ), метеорної і формаційної вод. Формаційні води (Фов) є продуктом поствулканічної діяльності і формуються в кратерному озері в результаті конденсації пари, окислення газів і взаємодії кислого сульфатного розчину із пірокластичними і осадовими породами. Склад метеорних вод (МВ) міняється в залежності від нагрівання їх при взаємодії із паром і газами та взаємодії із породою. Варіації в пропорціях змішування цих розчинів і еволюційні зміни їх складу в ході стадії і всього періоду функціонування гідротермальної системи визначали параметри мінералоутворюючого розчину, а значить і послідовність протікання процесів заміщення, перекристалізації, розчинення чи окислення в мінеральних агрегатах.

Максимальний розвиток явищ гетерогенізації розчинів припадає на початки стадій. Зменшення області гетерогенізації зумовлене зниженням рівня газонасиченості ГФ і ростом змішування із холодними МВ на протязі стадії. Наслідком гетерогенізації глибинного флюїду є зони нагрівання МВ паром і газом. Вторинна гетерогенізація, хімічний та ізотопний обмін між паро-газовим потоком і МВ при відсутності взаємодії із ріолітом ведуть до істотного зниження  $\delta D_{H_2O}$ . Такі явища зафіксовані для періодів формування кварц-баритової асоціації і перекристалізації раннього кварцу.

Доказується визначальний вплив розсіяної органічної речовини (РОР) на формування піротину-І і більш пізніх сульфідів. Джерелом  $CO_2$  були вапняки мезозойського фундаменту для ГФ і РОР для МВ та Фов.

Проведена інтерпретація варіацій  $\delta^{34}S$  сульфідів показала, що ізотопний склад сірки мінералоутворюючих розчинів сульфідної стадії формувалася в результаті змішування сірки із двох джерел: збагаченої  $^{34}S$  із вміщуючих порід (носії - формаційні і метеорні води) і збідненої  $^{34}S$  - із джерела гідротермальних розчинів. Співвідношення сірки із цих двох джерел мінялось в часі, що відбивалось в зміні  $\delta^{34}S_{H_2S}$  мінералоутворюючого флюїду. Частина сірки започитувалась із піриту, що приводило до згладжування варіацій  $\delta^{34}S$  сфалериту та галеніту і успадкованості ізотопного складу в часовому ряді сульфідів. Мінералогічні спостереження свідчать, що дисперсія  $\delta^{34}S$  бариту (4.0..20.2 %) контролюється ізотопним обміном при окисно-відновних реакціях  $H_2S-SO_4$ .

Базуючись на термобарогеохімічних і ізотопно-геохімічних дослідженнях, змодельовано склад основних типів розчинів в палеогідро-термальній системі Мужівського родовища (табл.3).

Таблиця 3.

Параметри розчину	Глибинний флюїд	Метеорна вода нагріта в ріоліті	Формаційна вода	Нагріта метеорна вода в кварцових жилах
T°С	240..260	50..150	100..200	140..220
Соленість, % NaCl екв.	6.0..8.0	0.0..0.1	9.0..14.0	0.0..0.5
Газовий склад	H <sub>2</sub> -CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> -Ar	CH <sub>4</sub> -CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> -N <sub>2</sub>
Катіонний склад	K-Na	K-Na	Ca-Mg-K-Na	K-Ca-Na
H <sub>2</sub> S/SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	> 1	< 1	<1..>1	> 1
log mH <sub>2</sub> S	-3	-5	-2	-3
mCO <sub>2</sub>	0.01..0.25			< 0.01
pH	3.5..7.0	5.5..7.5	4.5..5.5	4.0..5.0
δD <sub>H<sub>2</sub>O</sub> ‰	-90..-50	-90..-65	-55..-40	-115..-70
δ <sup>18</sup> O <sub>H<sub>2</sub>O</sub> ‰	5.0..7.0	-12.0..0.0	-5.0..5.0	-8.0..0.0
δ <sup>13</sup> C <sub>CO<sub>2</sub></sub> ‰	-11..-5.0	~ 25	~ 25	-26..-16
δ <sup>34</sup> S <sub>H<sub>2</sub>S</sub> ‰	-0.0..3.0	>10	3..10	1.0..3.0

Істотний вплив магматичного флюїду і ФОВ на склад мінералоутворюючого флюїду і новоутворених мінеральних агрегатів в межах Мужівської родовища зафіксований тільки для сульфідної стадії. На протязі кожної стадії в складі мінералоутворюючого розчину знижується частка ФОВ і зростає вплив МВ, що пояснюється зниженням напору глибинних розчинів, що приводить до опускання рівня проникнення метеорних вод в зоні мінераловідкладення і активізації її участі в процесах змішування. Весь період функціонування гідротермальної системи супроводжується зростанням впливу МВ на параметри ГФ.

Період гідротермальної активності супроводжується зростанням f<sub>O<sub>2</sub></sub>, зниженням вмісту сірки в мінералоутворюючому розчині, pH розчину зростає на протязі кожної стадії; початкова pH максимальна в I стадію (5.5-6.5), мінімальна - в II (<3.5), і поступово зростає від II до IV стадії. Вона контролюється процесами генерації ГФ, буферуючим впливом середовища фільтрації і процесами змішування.

Числове моделювання гетерогенних рівноваг типу розчин-мінерал (+газ) дозволило оцінити вплив охолодження, кипіння розчину, взаємодії його із ріолітом, метасоматитами і сульфідними агрегатами, змішування розчинів різного складу на процеси формування рудних тіл. Масове осадження сфалериту і галеніту зумовлене послідовними кипінням і взаємодією із піритовим агрегатом. Взаємодія із ріолітом і кварц-адуляровим метасоматитом може привести тільки до формування

вкрапленої мінералізації. Припинення осадження сульфідів має комплексну причину: з одної сторони це припинення поступлення металів із магматичного джерела і зниження вмісту сульфідної сірки в мінералоутворюючих розчинах, з другою зростання кислотності ГФ, яке блокує масове осадження сульфідів в зоні мінералоутворення.

Низькі значення рН і  $f_{O_2}$  розчинів I стадії визначають низьку розчинність золота в ГФ на початку I стадії. Ріст рН і  $f_{O_2}$  ГФ веде до зростання розчинності Au і Ag і до повторного залучення Au, розсіяного в ранніх парагенезисах в гідротермальний процес, що реалізується в формуванні золото-містячих сульфідних руд на відновному бар'єрі піротин-пірит і при взаємодії із кварц-адуляровим метасоматитом. Очищення від золота глибинних частин гідротермальної системи, здійснене в кінці сульфідної стадії зумовило ненасиченість ним розчинів II та III стадій і формування його істотних концентрацій в зоні мінераловідкладення в цей період. Повторна мобілізація золота в верхніх горизонтах є джерелом золота, осадженого на гетитових агрегатах при змішуванні із МВ. Аналогічні фактори контролюють формування срібної мінералізації. Розділення золотої і срібної мінералізації в часі зумовлене різницею в сприятливих температурах осадження (при постійній рН) і високою розчинністю Ag при низьких рН.

Осадження  $SiO_2$  в гідротермальній системі контролювалось змішуванням ГФ і МВ. Температура метеорної води, що визначалась потоком пари і газу, пропущеним через неї, визначала кристалізацію чи розчинення кварцу. В сульфідну стадію висока температура метеорної води блокувала осадження  $SiO_2$ , в кварц-баритову - низька її температура є основним фактором формування метасоматичних кварцових тіл. Формування нагрітих метеорних вод на початку сульфідної стадії веде до інтенсивної перекристалізації кварцу-I. Одночасно, в зонах дроблення проникнення холодних метеорних вод веде до осадження  $SiO_2$  і формування кварц-халцедонових агрегатів.

Формування бариту відбувалось при взаємодії нагрітих метеорних вод із глибинним флюїдом виникає геохімічний бар'єр, на якому йде кристалізація бариту. Дія різнонаправлених факторів, таких як зростання розчинності бариту при рості  $m_{H_2O}$  і зниження при T вищій  $200^\circ C$  і нижчій  $100^\circ C$  приводить до стягування бариту в вузьку зону на границі змішування.

Карбонати осаджувались в зоні змішування ГФ із МВ. Їх кількість залежала від концентрації  $CO_2$  в ГФ.

**Список основных публикаций автора:**

1. Результаты и перспективы изучения флюидных ореолов на Береговском эпитермальном месторождении. // Матер. 5-й конференции молодых ученых Института геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР (г. Львов, 15-21 мая 1988 г.), т. 2 - С. 23-29. (Депонирована в ВИНТИ 22.02.1989 г., N 1209-B89) (співавтор - Вітик М.О.).
2. Физико-химические параметры минералообразования при формировании некоторых рудных зон Береговского эпитермального месторождения. // Матер. 5-й конференции молодых ученых Института геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР (г. Львов, 15-21 мая 1988 г.), т. 2 - С. 12-22. (Депонирована в ВИНТИ 22.02.1989 г., N 1209-B89) (співавтори - Вітик М.О., Ремешило Б.Г.).
3. Генезис минералообразующих флюидов близповерхностного золото-полиметаллического месторождения по данным изотопно-геохимических исследований // Тез. докл. XII Всесоюз. симп. по геохимии изотопов. - М., 1989. - С. 89-90. (співавтори - Коптєх Ю.М., Деміхов Ю.М., Вітик М.О.).
4. Минералогическая зональность Береговского золото-полиметаллического месторождения (Закарпатье) // Современные аспекты поисковой минералогии и методы преподавания: Матер. Всесоюз. школы "Современные методы преподавания минералогических дисциплин и проблемы поисковой минералогии", Владивосток, 1990. - Владивосток. - 1990. - С. 68-70. (співавтори - Матковський О.І., Ремешило Б.Г.).
5. Изотопный склад кисню і водню води флюїдних включень в мінералах Берегівського золото-поліметалічного родовища // Доп. АН УРСР. Сер. Б. - 1990. - N 8. - С.8-10. (співавтори - Вітик М.О., Деміхов Ю.М., Коптєх Ю.М.).
6. Пространственно-временные соотношения золото-серебряной и полиметаллической минерализации Береговского рудного поля (Закарпатье) // В сб. "Минерогения и прогнозная оценка на твердые полезные ископаемые" (Тезисы докладов), вып. 2. - Киев. - 1991 (співавтори - Матковський О.І., Ремешило Б.Г.).
7. Evolution of hydrothermal fluids in the ore-forming system of gold-base metal deposit Beregovo (Transcarpathians): [Pap.] 11th Bien.Symp. "Eur. Curr. Res. Fluid Inclusions", Firenze, 10-12 Apr., 1991: ECROFI XI //Plinius. - 1991. - N 5. - С. 240. (співавтори - Вітик М.О., Деміхов Ю.М.).
8. Газовый состав флюидных включений в кварце Береговского месторождения // Геохимия - 1992. - N 10. - С. 1438-1445. (співав-

тори - Вітик М.О., Міронова О.Ф.).

9. Модель формування мінералізації самородного золота на Мужієвському золото-поліметалічному месторожденні // В сб. Современные проблемы минералогии и сопредельных наук (Тезисы докл. к VIII съезду Всерос. минерал. об-ва, Санкт-Петербург, 9-14 июня 1992 г.). - Санкт-Петербург, 1992. - С.186-188. (співавтори - Ремешило Б.Г., Матковський О.І.).

10. Золоте зруденіння Берегівського рудного поля (Геолого-структурна позиція і мінералогічна типізація) // Золото в надрах України (Вістник Львів. ун-ту. Сер. геологічна. - вип. 11.). - Львів - 1992. - С.128-145 (співавтори - Матковський О.І., Гожик М.Ф., Ремешило Б.Г., Шклянка В.М.)

11. Положение гидроксильных групп в кварце: интерпретация ИК-спектров и использование в минералогическом картировании близповерхностных месторождений // Минералогия кварца (Тезисы докл. совещ. "Минералогия кварца", 17-19 нояб. 1992 г., г.Сыктывкар). - С. 95. (співавтор - Козуб Ю.Б.).

12. Пространственные неоднородности среды минералообразования при формировании кварцевых жил Мужієвского золото-поліметаліческого месторождения (Закарпатье) // Минералогия кварца (Тезисы докл. совещ. "Минералогия кварца", 17-19 нояб. 1992 г., г.Сыктывкар). - С.104. (співавтори - Вітик М.О., Ремешило Б.Г., Матковський О.І.).

13. Fluid inclusion and stable isotope study of the Beregovo gold-base metal deposit (Transcarpathian region, Ukraine) // PACROFI IV. Fourth Biennial Pan-American Conf. on Research on Fluid Inclusion (Lake Arrowhead, California, USA, May 21-25, 1992). Riverside, California, 1992. - С. 87. (співавтори - Вітик М., Краузе Г.Р., Деміхов Ю.М.)

14. Эволюция гидротермальных растворов в рудообразующей системе Береговского месторождения (Закарпатье) // Геол. рудн. месторожд. - 1993. - т. 35, N 2. - С. 142-150. (співавтор - Вітик М.О., Деміхов Ю.Н.).

15. Fluid inclusion and stable isotope study on gold-base metal deposit Beregovo, Transcarpathian, Ukraine // Econ. Geol. - 1994. (співавтори - Вітик М., Краузе Г.Р.). - в друці.

16. Мінералогічне картування при пошукових та розвідувальних роботах на золото // Мінер. збірник. - 1994 - (співавтор - Матковський О.І.) - в друці.

Пішисано по друку 19.05.94р. Формат 60x84/16.

Об'єм друк. лист. Зам. 255. Тир. 100. Безплатно.

Львів. Личаківська, 3. Друк. ЧП ім. Ів. Федорова.

Безплатно.

AB31.060  
**AB 31.060**