

**Анотований звіт  
по закінченій науково-дослідній роботі за 2009-2011 роки**

Держбюджетна тема Гм 06 Ф «Мінералого-генетичні моделі гідротермальних процесів, що сприяють формуванню деяких родовищ України» (фундаментальне дослідження).

**Керівники НДР:** проф., д-р. геол.-мін. наук О.І. Матковський, доц., канд. геол.-мін. наук Л.З. Скакун.

**1. Мета, об'єкт, предмет та завдання дослідження:**

*Предмет дослідження* – мінеральний склад, структури і текстури агрегатів, онтогенія індивідів та агрегатів, геотермометри та геобарометри, газово-рідинні включення в мінералах, комп'ютерні моделі мінералоутворення в системі розчин-мінерал-газ в інтервалі температур від 25 до 600°C і тиску від 1 до 5000 бар.

*Об'єкт дослідження* – мінеральні агрегати та мінеральні парагенезиси золото-поліметалевих та золотих родовищ України Транскарпатської вулканічної зони (Закарпатська обл.), трапових товщ Західної Волині (Рівненська і Волинська обл.), метаморфічних товщ Побузького блоку Українського щита (Кіровоградська і Миколаївська обл.) і складчастої споруди Нагольного кряжу (Луганська обл.).

*Мета роботи* – розробка методів реконструкції динаміки гідротермального мінералоутворення на основі мінералого-генетичних досліджень. Такі методи дозволять оцінювати ступінь перенасичення середовища стосовно певних мінералів, виявляти хімічні та температурні градієнти в палеосистемах, встановлювати тип (дифузійний чи адвентивний) та напрямок потоків речовини в системах мінералоутворення.

Задачі, на вирішення яких було спрямовано проект:

1. Ґрунтуючись на результатах польових досліджень та зібраних в попередні роки колекціях, використовуючи методи оптичної та електронної мікроскопії, рентгенофазового та мікрозондового аналізів вивчити мінеральний склад досліджуваних об'єктів.
2. За допомогою катодолюмінесцентного імідж-аналізу, вивчаючи онтогенетичні особливості мінеральних агрегатів, встановити послідовність формування мінеральних парагенезисів та основні фактори, що контролюють формування текстурно-структурних особливостей відповідних агрегатів.
3. Дослідити роль фазових перетворень у формуванні текстурно-структурних особливостей сульфідних агрегатів та в локалізації золотого зруденіння.
4. Провести топомінералогічні та генетичні дослідження парагенезису самородної міді в зонах гідротермальних змін у базальтах Волині і встановити фізико-хімічні параметри процесу його формування (за результатами термобарогеохімічних та мінералогічних досліджень та комп'ютерного фізико-хімічного моделювання).
5. Дослідити роль метаморфічних асоціацій, як прекурсорів гідротермального зруденіння в об'єктах різних фацій метаморфізму.
6. Дослідити динаміку формування карбонатних агрегатів на геохімічних бар'єрах кипіння та змішування в гідротермальній палеосистемі Берегівського рудного поля та створити комп'ютерну модель формування кварц-карбонат-сульфідних рудних тіл цього об'єкту.
7. Верифікувати фактологічні, онтогенічні та мінералогенетичні моделі методами числового фізико-хімічного та гідродинамічного моделювання.

Результатом виконання проекту повинна стати розробка методології оцінки динамічних параметрів гідротермального мінералоутворення. Отримані мінералого-генетичні закономірності і параметри стануть підґрунтям для числового фізико-хімічного моделювання перебігу процесу мінералоутворення. Побудова мінералого-геохімічної моделі процесу дає змогу оперативної і з невеликими фінансовими видатками оцінювати можливість утворення того чи іншого рудного парагенезису.

**2. Опис процесу наукового дослідження:**

Базовими об'єктами досліджень є золоті та золото-поліметалеві родовища (Мужієвське, Берегівське, Беганське, Бобриківське, Майське), Завалівське родовище графіту, рудопрояви міді Волині. Гідротермальні процеси в них мають різну природу, функціонували в різних P–T умовах і відіграють різну роль у формуванні рудних тіл. У I етапі 2009 року здійснено узагальнення публікацій по проблемі та створено комп'ютерні бази геологічних, мінералогічних та геохімічних даних для базових об'єктів досліджень. Також у даний етап здійснено побудову онтогенетичної моделі формування карбонат-кварцових жил Берегівського рудного поля.

У II етапі протягом 2010 року створено онтогенетичну модель формування кварцових жил епітермального та орогенного типів, яку будували за допомогою альбому катодолюмінесцентних і BSE зображень. Онтогенез мінерального індивіду доречно розглядати у єдності форми і змісту, морфології та хімічного складу, знаходити й пояснювати типоморфні особливості мінералів. Поступова зміна збільшень на скануючих електронних мікроскопах і мікрозондах, у процесі мінераграфічного дослідження аншліфів або мікроскопічного дослідження плоскопаралельних пластинок і шліфів, дозволила бачити тонку будову індивідів. Також протягом даного етапу розробляли моделі геохімічних бар'єрів типу змішування розчинів для базових об'єктів. Створено фактологічну модель окисно-відновного бар'єру в стратиформних трапових родовищах міді. Крім цього узагальнено результати топомінералогічних досліджень Карпат.

Протягом III етапу останнього 2011 року було заплановано створити моделі, що описують варіації онтогенетичних параметрів мінеральних індивідів та агрегатів залежно від перенасичення розчину і характеристик геохімічного потоку, що було здійснено. Створено мінералого-генетичні моделі золото-поліметалічного зруденіння Нагольного Кряжу та графіт-сульфідного зруденіння Побужжя. Встановлено співвідношення процесів деформації та перекристалізації в потенційно-рудоносних зонах Побузького блоку та Нагольного кряжу. За останній, 2011 рік продовжували вивчати методом мікрозондового рентгеноспектрального аналізу мінеральний склад та варіації хімічного складу мінералів досліджуваних об'єктів. Створено мінералого-геохімічні моделі базових процесів і проведено числове фізико-хімічне моделювання утворення мінеральних об'єктів Берегівського рудного поля, зокрема пізніх алунітових утворень на нижніх горизонтах рудних тіл цього об'єкту. Визначена роль метаморфічних асоціацій, як прекурсорів гідротермального зруденіння в об'єктах різних фацій метаморфізму УЩ. Досліджено динаміку формування карбонатних агрегатів на геохімічних бар'єрах кипіння та змішування в гідротермальній палеосистемі Берегівського рудного поля.

За термін виконання теми детально досліджено гідротермальну мінералізацію вулканогенних порід Волинської серії. Визначено послідовну зміну парагенезисів у вертикальному розрізі лавового потоку, виявлено зв'язок міді з визначеними парагенезисами. Доведено взаємозумовлену кристалізацію самородної міді і кварцу. На підставі мінералогічних вивчень з використанням онтогенічних підходів реконструйовано процес, що привів до відкладення самородної міді. Створена модель формування геохімічних бар'єрів епітермальних систем, що є основою для розробки мінералого-геохімічних моделей конкретних ситуацій рудоутворення.

Завершене формування фактологічної моделі графіт-сульфідної мінералізації Заваллівського родовища і створена базова мінералого-генетична модель формування цих утворень в умовах гідротермального процесу. Вивчено динаміку формування мінеральних агрегатів, як важливих факторів, що контролюють як об'єм зруденіння, його просторову локалізацію, так і технологічні параметри руди. Розроблена методика катодолюмінесцентного імідж-аналізу для онтогенетичних досліджень гідротермальних та метаморфічних агрегатів на базі електронного мікроскопа РЭММА-102-02 у науково-технічному та навчальному центрі низькотемпературних досліджень співпраці із мол. наук. сп. Р.Я.Серкізом (Науково-технічний та навчальний центр низькотемпературних досліджень). Ґрунтуючись на катодолюмінесцентному імідж-аналізі, розроблені онтогенетичні моделі формування кварцових агрегатів гідротермальних жил епітермальних родовищ Закарпаття.

### **3. Отримані наукові результати, їх наукова новизна та значимість**

Здійснено комплекс мінералогічних і геохімічних досліджень мінеральних індикаторів умов гідротермального рудоутворення в епітермальних системах на ряді рудопроявів та родовищ Транскарпатської вулканічної зони (Закарпатська обл.), трапових товщ Західної Волині (Рівненська і Волинська обл.), метаморфічних товщ Побузького блоку Українського щита (Кіровоградська і Одеська обл.) і складчастої споруди Нагольного кряжу (Луганська обл.). Ґрунтуючись на результатах польових досліджень та зібраних в попередні роки колекціях, за допомогою методів оптичної та електронної мікроскопії, рентгенофазового та мікрозондового аналізів вивчено мінеральний склад досліджуваних об'єктів. Подальшого розвитку набуло дослідження фізико-хімічних параметрів гідротермальних розчинів у мінералах досліджуваних районів. За текстурними параметрами мінеральних агрегатів розроблено критерії функціонування електрогеохімічної системи. За допомогою катодолюмінесцентного імідж-аналізу та онтогенії мінеральних агрегатів, встановлено послідовність формування мінеральних парагенезисів та основні фактори, що контролюють формування текстурно-структурних особливостей агрегатів відповідних геологічних об'єктів. Досліджено роль фазових перетворень у формуванні текстурно-структурних особливостей сульфідних агрегатів та в локалізації золотого зруденіння.

### **4. Отримана науково-методична продукція**

За результатами наукових досліджень опублікована одна монографія та понад двадцять статей у вітчизняних фахових виданнях. Заключний звіт.

### **5. Відмінні риси і перевага отриманих результатів над вітчизняними або зарубіжними аналогами чи прототипами**

Розроблена методологія реконструкції динаміки гідротермальних систем, що виникають на різних стадіях формування рудних родовищ і призводять до геохімічного концентрування або розсіяння економічно-важливих компонентів. Вона базується на методиках онтогенетичного аналізу, визначення фізико-хімічних параметрів мінералоутворення і комп'ютерному фізико-хімічному моделюванні гетерофазових систем типу розчин-мінерал-газ не має аналогів у світі. Акцент на онтогенетичні дослідження у поєднанні із мінералогічним картуванням та фізико-хімічним комп'ютерним моделюванням є тим базовим чинником, що дозволяє авторам стверджувати, що рівень досліджень перевищує сучасний світовий рівень. Доказами цього є високий професійний рівень мінералогічних досліджень школи академіка Є.К.Лазаренка, підкріплений сучасною аналітичною базою, доступною науковцям Львівського національного університету імені Івана Франка. Повноцінність досліджень підкріплена великим фактичним матеріалом, нагромадженим за попередні десятиліття, аналітичною базою та високою кваліфікацією колективу.

Застосування онтогенічного методу дає змогу схарактеризувати комплекс ознак, використовуючи які можна прогнозувати вміст компонентів корисних копалин у жильних тілах. Одержані дані щодо текстурно-структурних характеристик жил дають змогу обґрунтованіше визначити технології вилучення та збагачення руди.

Досліджені закономірності формування гідротермальної мінералізації, відповідальної за відкладення золота, міді, графіту сприятимуть розумінню процесів функціонування подібних систем епітермального типу, стратиформного та орогенного типів, процесу утворення рудної мінералізації родовищ цього типу та ефективному проведенню геолого-розвідувальних робіт у межах схожих об'єктів Внутрішньокарпатського вулканічного поясу (зокрема, Вишково, Квасово), метаморфічного комплексу Побузьського блоку Українського кристалічного щита (Кіровоградської й Одеської обл.), складчастої споруди Нагольного кряжу (Луганська обл.), трапових товщ Західної Волині (Рівненська і Волинська обл.) й низки інших.

### **6. Практична цінність результатів та продукції**

Крім пізнавального сенсу досягнення становлять фундамент ефективного проведенню геологорозвідувальних робіт у межах схожих об'єктів. Для оцінки критеріїв принципової можливості використання при пошуках і розвідці необхідні теоретичні засади закономірностей перебігу геологічних процесів та чітке розуміння механізму функціонування гідротермальних

систем. Одержані дані щодо текстурно-структурних характеристик жил дають змогу обґрунтованіше визначити технології вилучення та збагачення руди. Результати досліджень будуть рекомендовані для використання в геологічних підприємствах, зокрема ДГП «ЗахідГеологія», м. Львів, ДГП «Північгеологія», КП «Кіровгеологія», м. Київ.

#### **7. Використання результатів (продукції) у навчальному процесі**

Використання результатів здійснюється під час підготовки фахівців – в курсах лекцій «Металогенія», «Рудні формації», «Геологія родовищ корисних копалин», «Термобарогеохімія», для підготовки і написання навчальних посібників для студентів ВНЗ.

**8. Бібліографічний перелік монографій, підручників, посібників, наукових статей, інших публікацій, дисертацій, які опубліковано за матеріалами досліджень за період виконання НДР**

Монографії:

Мінералогія Українських Карпат. Силікати / [О.Матковський, В. Квасниця, І. Наумко, П. Білоніжка, О. Гречановська, І. Квасниця, В. Мельников, І. Попп, Л. Скакун, Є. Сливко, Н. Словотенко, Р. Боднар, Б. Манчур, З. Матвіїшин, Т. Шемякіна]. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 520 с.

Статті у вітчизняних фахових виданнях

1. Бочевар Р. Мілерит Капітанівського ультрабазитового масиву/ Бочевар Р., Скакун Л. // Вісник Київ. Нац. Унів. Ім. Т.Шевченка. Сер. Геологія. – 2011. – 54. – С. 50-52.
2. Азарська О. Дикіт и накрит із флішової формації Криму / Азарська О., Скакун., Білоніжка П. // Мінералогічний збірник. – 2010. – № 60. – Вип. 2. – С. 97-105.
3. Білоніжка П. Сметити в геологічних утвореннях Українських Карпат / П. Білоніжка, О. Матковський // Мінералогічний збірник. – 2010. – № 60. – Вип. 2. – С. 3-14.
4. Білоніжка П.М. Змішаношаруваті силікати в осадових породах Карпатського регіону / П.М. Білоніжка // Мінералогічний збірник. – 2010. – № 60. – Вип. 1. – С. 32-38.
5. Бурбан К.А. Графіт-сульфідний парагенезис Завалівського родовища графіту / К.А. Бурбан, Л.З. Скакун // Записки Укр. мін. товариства. 2011. – Т. 8. – С. 20–23.
6. Матковський О.І. Мінерали і найважливіші мінеральні об'єкти Українських Карпат / О.І. Матковський // Записки Укр. мінерал. тов-ва. – 2011. – Т. 8. – С. 139-142.
7. Наумко І. М. Про генезис високометаморфізованих вуглистих утворень північно-західної частини Мармароського масиву (за даними вивчення флюїдних включень у мінералах) / І. М. Наумко , Р. А. Бондар , Б. Е. Сахно // Доп. НАН України. – 2011. – № 1. – С. 113–117.
8. Наумко І. М. Ізотопний склад вуглецю й кисню кальциту прожилків та вміщаних порід у межах Лопушнянського нафтового родовища (Українські Карпати) / І. М. Наумко, В. М. Загнітко, Ю. А. Белецька // Доп. НАН України. – 2011. – № 2. – С. 100–115.
9. Наумко І. М. Мінералого-генетичні особливості золотоносних парагенезів Капустянського кварцово-жильного рудопрояву (південно-західна частина Українського щита) / І. М. Наумко , Н. Г. Сава , Б. Е. Сахно, Л.Ф. Телепко, Ю.М. Шашорін // Мінерал. журн. – 2011. – Том 33. – № 2. – С. 3–14.
10. Скакун Л. Місце самородної міді в процесах гідротермального перетворення базальтів Волинської серії / Скакун Л., Мисяк І. // Мінералогічний збірник. – 2010. – № 60. – Вип. 2. – С. 75–88.
11. Скакун Л.З. Мінералогічна зональність та особливості формування смуг гранат-біотитових порід у гранулітових комплексах Середнього Побужжя / Л.З. Скакун, О.Л. Скакун, Н.Т. Білик, К.А. Бурбан // Записки Укр. мін. товариства. 2011. – Т. 8. – С. 182–184.
12. Словотенко Н. Фізико-хімічні умови формування алуніт-баритового парагенезису Мужієвського золото-поліметалевого родовища / Н. Словотенко, Л. Скакун, Р. Серкіз // Записки Українського мінералогічного товариства. – 2011. – Том 8. – с. 185–187.

13. Словотенко О. Можливості застосування катодолюмінесцентного імідж-аналізу у онтогенічних дослідженнях / Н. Словотенко, Л. Скакун, Р. Серкіз // Мінералогічний збірник. – 2010. – № 60. – Вип. 1. – С. 20–31.
14. Цільмак О.В. Типоморфізм та умови формування бляклих руд Бобриківського золоторудного родовища / Цільмак О.В., Скакун Л.З., Литвинович О.Р., Серкіз Р.Я. // Записки Українського мінералогічного товариства. – 2011. – Том 8. – С. 216–218.
15. Шакіна К.А. Мінеральні асоціації графіту на Заваллівському родовищі / К.А.Шакіна, Л.З. Скакун // Мінералогічний збірник. – 2010. – № 60. – Вип. 1. – С. 70–85.
16. Шушков Д. А., Котова О. Б., Наумко И. М. Свойства и применение клиноптилолитовых туфов Закарпатья и анальцимсодержащих пород Тимана // Записки Українського мінералогічного товариства. – 2011. – Том 8. – С. 226–229.

#### Тези доповідей на міжнародних конференціях

1. Naumko I., Zagnitko V. and Belets'ka Yu. The isotopic composition of carbon and oxygen in calcite of veinlets and host rocks within the limits of the Kokhanivka oil field (Carpathian Foredeep, Ukraine) // Mineralogical Magazine: Goldschmidt Conference Abstracts 2011 (Prague, Czech Republic, August 14–19, 2011). – 2011. – Vol. 75. – N 3. – P. 1526.
2. Загнітко В. Геохімічні умови формування “сланцевого” газу України / В. Загнітко, В. Гулій, В. Михайлов, І. Наумко, Г. Кульчицька, І. Куровець, Б. Сахно // Геологія і геохімія горючих копалин: Проблеми геології і геохімії горючих копалин: тези доп. Міжнар. наук. конф., присвяченої 60-річчю Ін-ту геології і геохімії горючих копалин НАН України (Львів, 28–30 вересня 2011 р.). – 2011. – № 1–2 (154–155). – С. 58.
3. Куровець І. Геолого-геофізичні та мінералофлюїдологічні чинники формування “сланцевого” газу у породних комплексах Волино-Поділля / І. Куровець, І. Наумко, П. Чепусенко, П. Чепіль, Ю. Крупський, В. Михайлов, С. Куровець // Геологія і геохімія горючих копалин: Проблеми геології і геохімії горючих копалин: тези доп. Міжнар. наук. конф., присвяченої 60-річчю Ін-ту геології і геохімії горючих копалин НАН України (Львів, 28–30 вересня 2011 р.). – 2011. – № 1–2 (154–155). – С. 83–84.
4. Лукін О. Температура і склад флюїдів процесу доломітизації нафтогазоносних верств (за флюїдними включеннями у мінералах) / О. Лукін, І. Наумко, Л. Телепко, Б. Сахно // Геологія і геохімія горючих копалин: Проблеми геології і геохімії горючих копалин: тези доп. Міжнар. наук. конф., присвяченої 60-річчю Ін-ту геології і геохімії горючих копалин НАН України (Львів, 28–30 вересня 2011 р.). – 2011. – № 1–2 (154–155). – С. 93–94.
5. Наумко І. Мінералофлюїдологія в Інституті геології і геохімії горючих копалин НАН України / І. Наумко // Геологія і геохімія горючих копалин: Проблеми геології і геохімії горючих копалин: тези доп. Міжнар. наук. конф., присвяченої 60-річчю Ін-ту геології і геохімії горючих копалин НАН України (Львів, 28–30 вересня 2011 р.). – 2011. – № 1–2 (154–155). – С. 114–115.
6. Наумко І. Мінералофлюїдологічні передумови вуглеводнегенезу в надрах Мармароського масиву / І. Наумко, Р. Бондар // Геологія і геохімія горючих копалин: Проблеми геології і геохімії горючих копалин: тези доп. Міжнар. наук. конф., присвяченої 60-річчю Ін-ту геології і геохімії горючих копалин НАН України (Львів, 28–30 вересня 2011 р.). – 2011. – № 1–2 (154–155). – С. 116–117.
7. Наумко І., Гречановська О., Матвіїшин З. Типоморфні особливості кварцу, парагенного з кліноптилолітом цеолітвмісних утворень Закарпатського прогину / І. Наумко, О. Гречановська, З. Матвіїшин // Геологія і геохімія горючих копалин: Проблеми геології і геохімії горючих копалин: тези доп. Міжнар. наук. конф., присвяченої 60-річчю Ін-ту геології і геохімії горючих копалин НАН України (Львів, 28–30 вересня 2011 р.). – 2011. – № 1–2 (154–155). – С. 118–119.

8. Наумко І. Матеріали до спряженості процесів міде- і вуглеводнепереносу при формуванні лавових потоків Західної Волині / І. Наумко, П. Мирослав, Ю. Федоришин, Н. Нестерович // Геологія і геохімія горючих копалин: Проблеми геології і геохімії горючих копалин: тези доп. Міжнар. наук. конф., присвяченої 60-річчю Ін-ту геології і геохімії горючих копалин НАН України (Львів, 28–30 вересня 2011 р.). – 2011. – № 1–2 (154–155). – С. 120–121.
9. Наумко І. Про еволюційний характер процесів флюїдопереносу в мідевмісних вулканітах основного складу трапової формації Західної Волині / І. Наумко, П. Мирослав, Ю. Федоришин, Н. Нестерович // Геологія і геохімія горючих копалин: Проблеми геології і геохімії горючих копалин: тези доп. Міжнар. наук. конф., присвяченої 60-річчю Ін-ту геології і геохімії горючих копалин НАН України (Львів, 28–30 вересня 2011 р.). – 2011. – № 1–2 (154–155). – С. 122–123.
10. Павлюк М. Про ймовірну модель утворення природних вуглеводнів у літосфері Землі / М. Павлюк, І. Наумко, Р. Макітра, Д. Брик // Геологія і геохімія горючих копалин: Проблеми геології і геохімії горючих копалин: тези доп. Міжнар. наук. конф., присвяченої 60-річчю Ін-ту геології і геохімії горючих копалин НАН України (Львів, 28–30 вересня 2011 р.). – 2011. – № 1–2 (154–155). – С. 128–129.
11. Куровець І. М. Перспективи пошуків покладів вуглеводнів у відкладах олігоцену зони Кросно (Українські Карпати) / І. М. Куровець, Ю. З. Крупський, І. М. Наумко, П. М. Чепіль, В. Є. Шлапінський // Геодинаміка: Геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища: мат-ли Міжнар. наук. конф., присвяченої 20-річчю створення Карпатського відділення Ін-ту геофізики ім. С. І. Субботіна та 80-річчю від дня народження відомого українського геофізика, першого керівника КВ ІГФ, д-ра геол.-мінерал. наук, проф. Я. С. Сапужака (Львів, 10–14 жовтня 2011 р.). – 2011. – № 2 (11). – С. 144–146.

Перелік міжнародних конференцій за кордоном, на яких представлено результати досліджень

1. Goldschmidt Conference: Prague, Czech Republic, August 14–19, 2011.