

УДК 548.4:549:552.321(477.8)

## ВПЛИВ ІДЕЙ ЄВГЕНА ЛАЗАРЕНКА НА РОЗВИТОК ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФЛЮЇДНОГО РЕЖИМУ МІНЕРАЛОГЕНЕЗУ МІДЕВМІСНОЇ ТРАПОВОЇ ФОРМАЦІЇ НИЖНЬОГО ВЕНДУ ЗАХІДНОЇ ВОЛИНИ

І. Наумко<sup>1</sup>, Ю. Федоришин<sup>2</sup>, Н. Нестерович<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,  
вул. Наукова, 3а, 79060 Львів, Україна  
E-mail: naumko@ukr.net*

<sup>2</sup>*Львівське відділення Українського державного геологорозвідувального інституту,  
вул. Пасічна, 38а, 79038 Львів, Україна  
E-mail: geologist@bigmir.net*

У світлі поглядів академіка Є. Лазаренка на процеси магматичного і гідротермального мінералоутворення в ефузивних породах Західної Волині узагальнено матеріали з вивчення флюїдних включень у мінералах базальтів трапової формації нижнього венду. Їхній аналіз дав змогу обґрунтувати необхідність деталізації напрацювань у цьому напрямі, зокрема для уточнення умов формування міденосних трапів у зв'язку з міграційними процесами та перерозподілом і локалізацією рудної речовини. Особливу увагу треба приділити з'ясуванню флюїдного режиму процесів мінералогенезу, зокрема, фізико-хімічній природі, просторово-часовій послідовності прояву та мінливості параметрів флюїдів такого природного феномена літосфери Землі, як прожилково-вкраплена мінералізація – безпосередній показник міграційних процесів і продукт заліковування мігрувальних тріщин.

*Ключові слова:* Євген Лазаренко, включення, флюїдний режим, мідь, трапова формація, базальт, Західна Волинь.

Визначальною рисою багатогранної наукової діяльності академіка Євгена Костянтиновича Лазаренка є значна увага до розвитку геології, мінералогії, кристалографії в Україні [1] завдяки планомірному і систематичному вивченню її надр, насамперед, вагомий внесок ученого у регіонально-мінералогічні дослідження. Ці підходи, які він разом з учнями й колегами втілював під час вивчення царства мінералів, їхнього генезису, властивостей та можливостей практичного використання, вилилися в опублікування за його керівництва і безпосередньої участі серії фундаментальних монографічних праць, своєрідних регіональних мінералогічних енциклопедій, таких як “Мінералогія осадових утворень Прикарпаття” (1962), “Мінералогія Закарпаття” (1963), “Мінералогія Поділля” (1969), “Мінералогія и генезис камерных пегматитов Вольни” (1973), “Мінералогія Донецького басейна” (1975. Ч. 1, 2), “Мінералогія Криворозького басейна” (1977), “Мінералогія Приазов'я” (1981).

Не оминув Євген Костянтинович своєю увагою й території Західної Волині. Свідченням цього є фундаментальна монографічна праця “Мінералогія вивержених комплексів Західної Волині”, у якій він разом з О. Матковським, О. Винар, В. Шашкіною та

Г. Гнатівим [17] навів результати докладного мінералогічного і геологічного вивчення Західної Волині з повним на той час використанням літературних даних. Автори виклали стан мінералогічного вивчення вивержених порід, геолого-петрографічний нарис, мінералогічний опис (описано 85 мінералів різного генезису) і характеристику процесів мінералоутворення. Особливу зацікавленість дослідників викликали такі своєрідні утворення, як ефузивні породи основного складу, адже у надрах регіону в ранньовендський час значного розвитку набули процеси формування трапової формації.

Зазначимо, що проблеми трапового вулканізму постійно перебувають у центрі уваги вчених через, з одного боку, зв'язок низки цінних корисних копалин (мідно-нікелеві, залізні та інші руди) з траповими формаціями, з іншого, – особливе значення для вирішення як загальногеологічних, так і актуальних теоретичних питань петрографії, геохімії, мінералогії.

Це повною мірою стосується і перспективно міденосних комплексів трапової формації нижнього венду в зоні зчленування Волинського палеозойського підняття і Волино-Подільської моноклінали, що відомі як волинська серія і разом з польською серією формують нижній структурний ярус платформного чохла Волино-Подільської моноклінали [13, 21]. На території України утворення трапової формації найповніше представлені в межах Волино-Поліського прогину і західної частини Українського щита волинською серією нижнього венду. Загалом же трапова формація на території Східноєвропейської платформи простягається смугою, ширина якої в різних місцях змінюється від п'ятдесяти до кількох сотень кілометрів, у напрямі з північного сходу на південний захід через територію Латвії та Польщі й закінчується біля лінії Тейсейре–Торнквіста. Ефузивно-осадові утворення (у тім числі волинські), що становлять частину волинської серії, поширені значно менше – це смуга завширшки до 150 км уздовж лінії Тейсейре–Торнквіста, вона починається біля Любліна і трохи не доходить до Кишинева. Волинські вулканіти розміщені в північній частині області поширення товщі [2].

Дослідження нижньовендських трапів Західної Волині розпочали ще на початку XIX ст. польські геологи [17], це так званий польський період. Перші відомості про корінні виходи кристалічних порід у межах регіону є в працях С. Сташціа і В. Бессера (1805), а перші згадки про базальти Волині (райони Берестовця і Злазні) знаходимо в А. Тишецького (1862). Трапами волинські базальти вперше назвав В. Блюмель (1867). Подальші дослідження проводили С. Малковський, М. Каменський, Р. Краєвський, Й. Войцеховський, Ю. Токарський та інші дослідники.

У радянський період, який розпочався у повоєнні роки, дослідження очолив Євген Лазаренко. Їхній підсумок підводить уже згадана праця “Мінералогія вивержених комплексів Західної Волині” [17], у якій, зокрема, виділено такі стадії формування базальтів: 1) стадія протокристалізації, у процесі якої утворювалися поодинокі великі вкраплення магнезійного авгіту й бітовніту, порфірові виділення лабрадор-бітовніту, зонального авгіту й олівіну; 2) стадія основної кристалізації, протягом якої розкристалізувалися мінерали основної маси породи: лабрадор-бітовніт, піроксен, титаномagnetит, ільменіт; 3) гідротермальна стадія, за якої відбувалися зміни первинного складу порід.

Зміни гідротермальної стадії, зумовлені діяльністю поствулканічних процесів, розділено на дві групи:

а) зміни, спричинені аутометаморфічним перетворенням базальтів леткими компонентами (головно, водою); леткі компоненти пов'язані безпосередньо з цією порцією базальтової магми. Зміни, що виражаються в альбітизації і цеолітизації плагіоклазу,

хлоритизації темноколірних мінералів, палагонітової речовини і скла, автори пов'язують із мигдалекам'яними базальтами;

б) зміни і відкладання мінералів у породах, що пов'язані з дією висхідних гідротермальних розчинів, які проходили через усю товщу вулканогенних порід. Вони найінтенсивніше виявлені у пірокластичних породах і мигдалекам'яних базальтах унаслідок ліпшої проникності цих порід. У масивних базальтах зміни простежуються вздовж зон первинної тріщинуватості або тектонічного походження. Утворення самородної міді пов'язують саме з цією стадією, коли мідь асоціює з кварцом. Схему послідовності відображено так: барит – кальцит – хлорит – кварц – самородна мідь – кристобаліт – халцедон і кварцин – гематит.

Незважаючи на надзвичайно повний, як на той час, комплекс аналітичних досліджень і врахування та використання всіх наявних літературних даних, результати вивчення включень у мінералах нечисленні. Лише зазначено, що вперше однофазові низькотемпературні рідкі включення у світло-фіолетовому кварці (аметисті) з жезді і мигдалин кори звітрування базальтів Волині (с. Берестовець) описала С. Мартинова [10].

Водночас найважливішим показником флюїдного режиму мінералогенезу і перспектив рудоносності є флюїдні включення в мінералах – релікти флюїдного середовища кристалізації мінералів та їхніх парагенезів [19], вивчення яких дає змогу відтворити фізико-хімічну природу, просторово-часову послідовність прояву та мінливість параметричних характеристик мінералоутворювальних флюїдів [18].

Євген Лазаренко, підтримавши нову галузь геологічної науки – учення про мінералоутворювальні флюїди (мінералофлюїдологію, термобарогеохімію, fluid inclusions), далекоглядно оцінив значення включень мінералоутворювального середовища для відтворення об'єктивних параметрів і з'ясування критеріїв пізнання процесів мінералогенезу й умов формування мінералів та їхніх парагенезів. Зокрема, він уважав, що: “Все изменение среды минералообразования фиксируются и проявляются в структуре минералов, химическом составе, свойствах и морфологии их... В этом отношении очень важны экспериментальные работы по моделированию минералообразующих процессов и изучение включений минералообразующей среды в минералах. На основании данных этих исследований можно создавать наиболее реальные модели природных процессов, не наблюдаемых непосредственно, и, применив законы физической химии, проникнуть “во глубину земную разумом” [9].

Тому, крім продовження детального вивчення геологічної будови, мінерального складу, петрографічних і петрохімічних особливостей породно-рудних комплексів Західної Волині [6–8, 14, 24], результати яких узагальнено у працях [7, 12, 14], це дало поштовх уже в український період дослідженням флюїдного режиму мінералогенезу мідьвмісної трапової формації регіону (за включеннями в мінералах).

Мінералофлюїдологічне вивчення мінералів базальтів Волині на сучасному етапі проводили І. Бакуменко, М. Безугла, Д. Возняк, К. Деревська, О. Ємець, І. Квасниця, І. Лугова, В. Мельничук, Ю. Федоришин, В. Шумлянський та інші дослідники [3, 4, 6, 7, 11–16, 20, 21, 23, 27, 29, 31–33 та ін.].

Ми узагальнили результати цих досліджень та у вигляді загальної характеристики включень флюїдів у мінералах трапової формації Волино-Поділля навели в таблиці та показали на рис. 1.

Характеристика включень флюїдів у мінералах трапової формації Волино-Поділля

Порода	Мінерал	Тип включення		Співвідношення фаз, %	Температура гомогенізації, °С	Джерело
		за генезисом	за агрегатним станом			
Афанітовий базальт ратнівської світи	Плагіоклаз	Первинні	Розплавні		1 110–1 200	[3]
Базальт	Мінерали, супутні міді				Магматична мідь I – понад 1 000; магматична мідь II – 500–400; гідротермальна мідь – 300–60	[6]
Базальт Рафалівки	Кварц із прожилка зональної будови				150	[29]
	Кварц, який наростає на анальцим				150–175	
Базальт, туфолава, лавобрекція	Кварц із мигдалин та прожилків		Газово-рідкі		100–335	
Базальт, туфолава	Вайракіт з прожилків у базальтах і цементу туфолав		Те ж		210–335	
Туфолава і лавобрекція (Рафалівка, Жиричі)	Кальцит із порожнин і прожилків				150	
	Кальцит із порожнин				210–230	
Хлоритизований базальт	Кальцит із прожилка		Газово-рідкі	$L + G$ (90 + 10)	60	[31]
Мигдалекам'яний базальт			Те ж	$L + G$ (90 + 10; 10 + 90)	210–233	
Бурувато-зелений базальт	Кальцит із мигдалин	Первинні	– “ –	$L + G$ (95 + 5)	98	
Туф (Тетерівський розлом)	Кальцит із прожилка		– “ –		135–227	[28]
Туфопісковик	Барит				157–214	

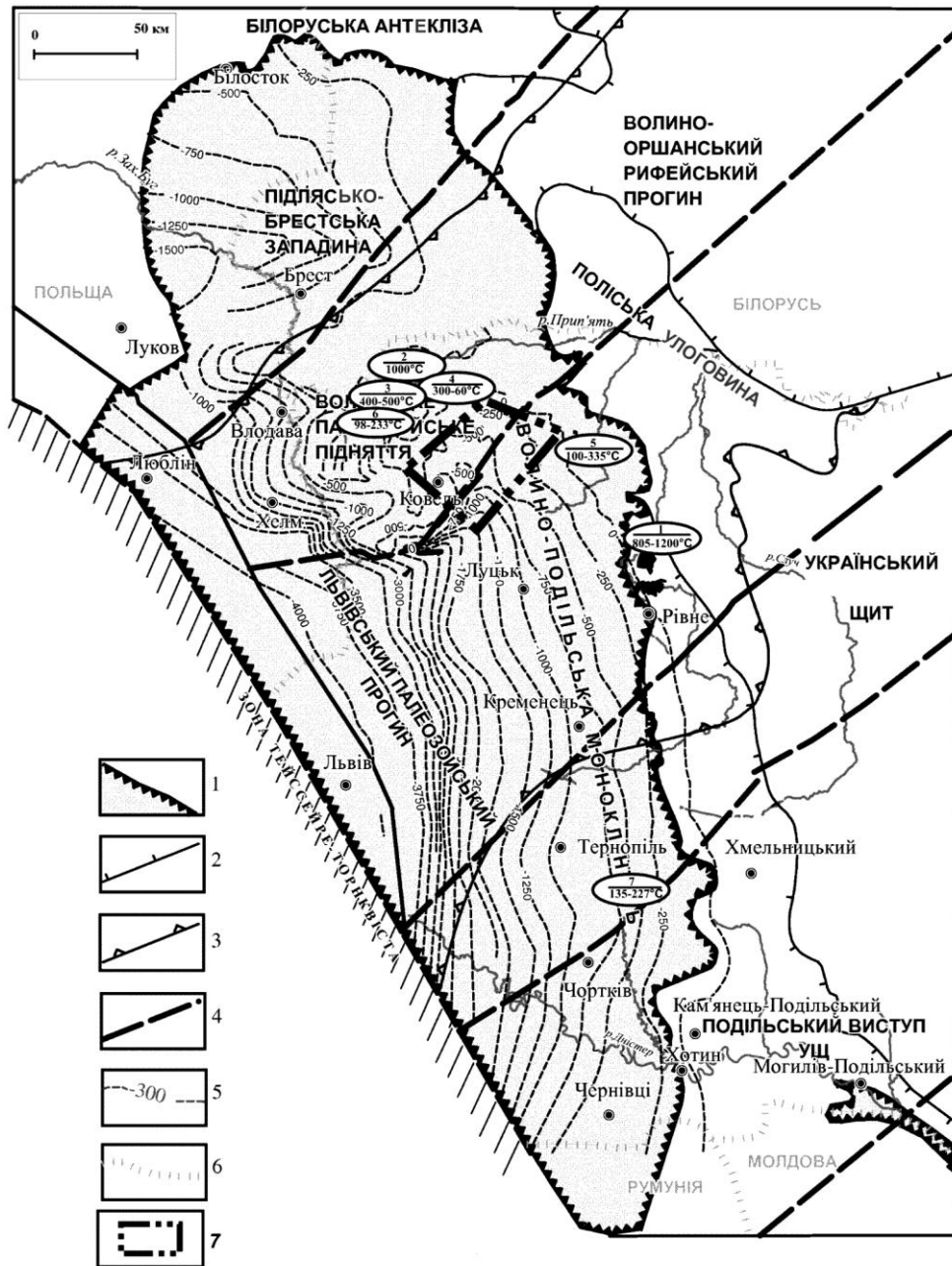


Рис. 1. Літературні дані з визначення температури гомогенізації флюїдних включень у мінералах нижньовендських трапів Волино-Поділля (геологічна основа за [13]):  
1–3 – межі сучасного поширення: 1 – нижньовендських трапів, 2 – волинської серії ( $V_1$ ), 3 – польської серії ( $Rf_{2-3}$ ); 4 – розломи, найчіткіше виявлені в деформаційній структурі трапової формації; 5 –

Для визначення температури формування свіжих, без ознак постмагматичних змін базальтів ратнівської світи (верхи волинської серії) досліджували тонкорозкristалізовані розплави включення в центральних зонах мікротраплянь плагіоклазу в базальті з кар'єру Янкової Долини (с. Базальтове) і взірця з глибини 118 м [3]. Основна маса породи має афанітову структуру. Порфірові виділення плагіоклазу і клінопіроксену, а також порфірові структури трапляються зрідка.

Вторинних газопо-рідких включень постмагматичних розчинів ні у вкрапленнях, ні в мінералах основної маси в цих препаратах не знайдено, тобто в цих точках гідротермальні перетворення базальтів не виявлені. Тонкорозкristалізовані розплави включення знайдено лише в поодиноких мікротрапляннях і вкрапленнях плагіоклазу. У взірці 118 м міститься більше мікротраплянь з включеннями, ніж у взірці ЯД-IV. Усі включення повністю розкristалізовані, непрозорі. Крім розплавних, у плагіоклазі наявні найдрібніші тверді включення мікротраплянь клінопіроксену.

Більші включення у вивчених препаратах завжди розгерметизовуються, втрачаючи легкі компоненти. Унаслідок цього вони слабо підплавляються, не виявляючись за температури експерименту і не гомогенізуються, на відміну від герметичних включень. Явні ознаки солідусного плавлення непрозорої розкristалізованої маси навіть у герметичних включеннях простежено лише за високої температури (близько 1 110–1 120 °С). У цьому разі на тлі кристалічної маси, яка просвічує, з'являються обриси газової фази. Під час подальшого нагрівання в міру плавлення кристалітів об'єм газових бульбашок зменшується, і, нарешті, включення гомогенізуються. У взірці ЯД-IV включення частіше ізометричної форми гомогенізувалися за  $T = 1\ 195\text{--}1\ 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . У взірці 118 м багато включень мало подовжену форму. За температури близько 1 120 °С вони, зазвичай, починають розділятися на частини. У серіях же дрібних включень ізометричної форми гомогенізація відбувалася за  $T = 1\ 190\text{ }^{\circ}\text{C}$ . У іншому препараті з цього ж взірця виявлено поодинокі більш низькотемпературні включення, що гомогенізуються навіть за 1 135 °С.

Під час швидкого охолодження включень, які переохолоджували, виділяються великі газові бульбашки; за температури 805–840 °С відбувається миттєва розкristалізація розплаву з формуванням темно-бурої кристалічної маси. Газова бульбашка роздавлюється і набуває неправильної форми. У разі повільного охолодження розкristалізація включень розпочинається за значно вищої температури (1 025 °С), і за 950 °С вони майже повністю розкristалізувалися.

Отже, дані експериментів засвідчують, що за природних умов волинський базальтовий розплав мав повністю розкristалізуватися і втратити здатність переміщатися за температури понад 800–840 °С, однак нижче 950 °С. За  $T = 1\ 110\text{--}1\ 120\text{ }^{\circ}\text{C}$  розплав, що вилився, зберігав текучість/плинність у лавових потоках, а кристалізація мікротраплянь плагіоклазу відбувалася за ще вищої температури – 1 200–1 135 °С. За температури, близької до 1 110–1 120 °С, власне і простежуються явні ознаки солідусного плавлення непрозорої розкristалізованої маси, причому на тлі її просвітління стають добре помітними обриси газової фази.

---

ізогіпси поверхні трапової формації; 6 – державні кордони; 7 – територія наших досліджень. Цифри в овалах: 1 – температура гомогенізації розплавних включень у плагіоклазі з базальтів Янкової Долини, за [3]; 2–4 – температура утворення, за [6]: 2 – магматичної міді I, 3 – магматичної міді II, 4 – гідротермальної міді; 5–7 – температура гомогенізації газопо-рідких включень: 5 – у кварці, анальцимі, кальциті, за [29], 6 – у кальциті, за [31], 7 – у кальциті, за [28].

Комплексні дослідження самородної міді й супутніх мінералів дали змогу І. Квасниці [6] виділити магматичну мідь I, магматичну мідь II та гідротермальну мідь. Джерелом магматичної міді I був базальтовий розплав. Вона кристалізувалася в проміжних магматичних камерах за відновних умов і температури понад 1 000 °С. Швидкі кристалізація, просування й охолодження розплаву сприяли збереженню рудних мінералів. Магматична мідь II утворювалася під час кристалізації лави в широкому інтервалі температури від магматичної стадії до 500–400 °С унаслідок відновлення сульфідів та оксидів міді у розплаві. Джерелом міді був базальтовий розплав. Гідротермальна мідь відкладалася з розчинів, збагачених міддю, під час її вилуговування з базальтів і туфів у зонах тріщинуватості; кристалізувалася в широкому температурному інтервалі: від 300 до 60 °С [16, 23].

За даними вивчення газиво-рідких включень у прозорих мінералах – кварці, анальцимі, вайракіті, кальциті – з'ясовано [29], що мінералоутворення відбувалося під час чотирьох етапів: гістеромагматичного, автометасоматичного, парагідротермального та гідротермального.

На парагідротермальному етапі температура утворення кварцу, на який наростали кристали міді з центральної частини вертикального прожилку в базальті з Рафалівської каменоломні, не перевищувала 150 °С, а кварцу, який разом з хлоритом і вермикулітом наростав на анальцимі або заміщував його в цементі туфів, – 150–175 °С. За даними дослідження 46 взірців кварцу з мигдалин і прожилків у базальтах, а також порожнин у туфолавах і лавобрекчіях, 10 % значень  $T_{\text{гом}}$  газиво-рідких включень потрапляє в інтервал 100–150 °С, 61 % – 150–250, 29 % – 250–335 °С. Температура гомогенізації газиво-рідких включень у вайракіті, який трапляється в прожилках серед базальтів, у цементі туфолав, лавобрекчіях і туфах, а також заповнює порожнини в брекчіюваних породах (де наростає на анальцимі і частково або повністю його заміщує), становить 210–295 °С за максимального значення 335 °С. Температура утворення кварцу, який наростав на кристали вайракіту (анальцимі) або заміщував їх, становить 335–210 °С. Хлорит знайдено в асоціації з мінералами, температура утворення яких – 150–310 °С.

Як зазначено в [29], на гідротермальному етапі утворювалися карбонати й сульфіді. Карбонати з мигдалин і прожилків у базальтах та порожнин у туфолавах і лавобрекчіях мають температуру утворення, яка на Рафалівській площі не перевищує 150 °С, тоді як на родовищі Жиричі температура гомогенізації газиво-рідких включень у кальциті, розташованому в зальбандах прожилку в мигдалекам'яному базальті, становить близько 210–230 °С.

Найбільший вміст міді (0,1–0,7 %) у породах трапової формації визначено на ділянках, де температура становила 210–150 °С. Розсіяна самородна мідь відкладалася переважно за температури 150–100 °С. Найбагатші концентрації міді тяжіють до перехідної хлорит-анальцимі-кварцової зони (температура – 210–150 °С).

Для виділення зон гідротермально змінених порід виміряли температуру гомогенізації газиво-рідких включень у мінералах, які супроводжують хлорит і мідну мінералізацію [31]. Безбарвні, прозорі кристали кальциту з прожилка потужністю 3 мм у хлоритизованому базальті містять велику кількість дрібних (до 7 мкм) одно- і двофазових включень з умістом газової фази до 10 %; температура їхньої гомогенізації не перевищує 60 °С.

У мигдалекам'яному базальті з глибини 533,3 м (взірець 5871-6) вивчено нерівний прожилок потужністю 1 см, виповнений кальцитом, цеолітом, анальцимом, хлоритом і

вайракітом з сульфідами міді. У прозорому кальциті, розташованому в зальбандах прожилка, виявлено велику кількість (до 45 % об'єму) одно- і двофазових включень розміром 7–10 мкм з умістом газової фази 5–10 %, а також суттєво газові включення (вміст газової фази – 80–90 %). Визначено температуру гомогенізації газиво-рідких включень у кальциті: 210, 217, 220, 233 °С. Водночас максимальна температура гомогенізації включень з мигдалин кальциту – 98 °С. За [33], узагальнені значення температури гомогенізації флюїдних включень у кварці, кальциті, анальцимі становлять 100–310, 110–230 та 125–175 °С, відповідно.

Температура гомогенізації газиво-рідких включень у кальциті з прожилків у туфах волинської і валдайської серій у межах Тетерівського розлому змінюється від 135 до 227 °С, у бариті порового (до базального) цементу туфопісковиків – від 157 до 214 °С, причому 44 % вимірних значень припадає на інтервал 173–184 °С [28].

Цікаво порівняти наведені дані щодо Західної Волині з найліпше вивченою провінцією розвитку трапів і, можна сказати, еталонним представником цих родовищ – квінонською групою родовищ штату Мічиган (США), локалізованих у лавовій серії Портедж-Лейк [30]. Самородна мідь тут утворює стратиформні відклади у вигляді ліній у мигдалекам'яних базальтах. Приурочення міді до зон тріщинуватості та підвищеної пористості порід свідчить про епігенетичний характер зруденіння. Що ж до джерела міді, то тут науковці розходяться в думках. Кальцит, хлорит, кварц, а також епідот, пумпеліт і преніт – найпоширеніші вторинні мінерали родовищ, на підставі чого температуру утворення цих мінералів оцінено у ~ 300 °С. Аналіз обговорених у [7] результатів термобаричних досліджень кварцу з сингенетичними включеннями міді з родовищ Мічигану [23] засвідчує, що температура гідротермальних розчинів під час відкладання цього кварцу становила 177–215 °С, а тиск – 1–2 МПа. Температура утворення мінералів у парагенезисах міденосних трапів Декану (Індія) така, °С [34]: хлорит – нижче 300; преніт, натроліт, ломонтит – 200–100; гейландит, стильбіт, апофіліт – 110–90; мезоліт, сколецит – 90–60; томсоніт, шабазит – ще нижча.

Є. Лазаренко зі співавт. у монографії [17] зазначали про тісний зв'язок самородної міді з кварцом і дійшли висновку, що утворення самородної міді з гідротермальних розчинів у базальтах Волині майже завжди супроводжувалося виділенням кремнезему. Численні дослідники нині також це констатують і прагнуть трактувати походження самородної міді згідно з цим парагенезисом.

У праці [23] наведено результати дослідження прозорої та білої відмін кварцу з району Верхнього озера (штат Мічиган). Кварц містить численні (у тім числі краплеподібні) включення самородної міді, які закономірно розташовані в кристали, а також багато вторинних включень. Припускають, що оскільки краплеподібна форма включень міді свідчить про їхній агрегатний стан (розплав) у момент захоплення кварцом, то температура розплаву, імовірно, сягала 1 083,5 °С (плавлення міді). Тривалий поствулканічний вплив гідротермальних розчинів на мідь і вмісні породи був визначений, як уже зазначено, температурою 177–215 °С і тиском 1–2 МПа.

З наведених даних однозначно випливає, що, незважаючи на численні дослідження трапових комплексів Західної Волині, багато питань генезису міді вирішені фрагментарно і є дискусійними головню через те, що в запропонованих генетичних моделях мідєутворення не повністю враховано важливі результати вивчення флюїдних включень у мінералах. Передусім, це стосується міграції й локалізації міді за магматичних і постмагматичних умов та, відповідно, співвідношення первинного і накладеного зруденіння.



Насамперед, зазначимо про можливість перевідкладення міді високотермобаричними потоками рідкого  $\text{CO}_2$  у розчиненому стані та у вигляді крапель розплаву, подібно до виявлених на Майському родовищі золота (Український щит). Доказом цього є розтріскані включення золота у кварці, кулько- та краплеподібні форми його індивідів, суцільне вповнення ним тріщин [4]. Потоки рідкого  $\text{CO}_2$ , крім локалізації й перерозподілу вже наявного на родовищі золота, могли приносити і його нові порції як продукту дегазації магматичного розплаву. Генерування флюїдного потоку відбувалося під час укорінення мантійного діапіру. З огляду на здатність золота утворювати тверді розчини з міддю та близькість їхньої температури плавлення (1 064,4 і 1 083,5 °С, відповідно), а також подібність розподілу виділень самородних золота й міді можна припустити існування ідентичного механізму формування і мідних руд у вивчених породах [21].

Відновленню міді до самородного стану, поряд з іншими сполуками, сприяє, насамперед, наявність вуглецевистих речовин (незалежно від їхнього генезису). Тоді у формуванні рудного комплексу братимуть участь хімічні сполуки, що складаються з металу і вуглецю. Під час їхнього розпаду виділяються, з одного боку, рудні компоненти, а з іншого, – вуглецевмісні речовини. У цьому разі власне металоносні вуглецевисті флюїди створюють передумови перенесення міді у складі металоорганічних сполук типу  $\text{CH}_3\text{Cu}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{CuCO}$ ,  $(\text{CH}_3\text{O})\text{C}_6\text{H}_5\text{Cu}$ . Саме внаслідок їхнього розпаду зі збільшенням фугітивності кисню і зниженням тиску [25] у породах трапової формації може відкладатися мідь.

Мідь також може мігрувати у флюїдонасиченому середовищі у сполуках з хлором (наприклад,  $\text{CuCl}_2$ ) і комплексних сполуках (наприклад,  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ ). На завершальній стадії вона відкладається в асоціації з кварцом, формуючи парагенезиси прожилково-вкрапленої мінералізації.

Не треба вилучати з розгляду й визначені факти розплавно-флюїдних взаємодій. За узагальненими літературними даними [26], найбільш металоносними є гетерофазові флюїди гіпабісального рівня генерації. Під час кристалізації розплавів, з яких утворилися породи досліджуваних трапових комплексів Західної Волині, виділялася велика кількість залишкових флюїдів. Це впливало на розподіл петрогенних оксидів і динаміку зміни катіонного балансу порід та ставало визначальним у формуванні самородномідного зруденіння на кислотно-лужних та окисно-відновних геохімічних бар'єрах, які виникли.

Г. Йодер [5] на підставі численних експериментальних досліджень дійшов висновку, що в разі досягнення насичення магми леткими компонентами внаслідок кристалізації вміст газу зростає у міру формування кристалів. За надлишку летких сполук і внаслідок охолодження тиск підвищується вздовж кривої, що описує моноваріантну рівновагу між кристалами, рідинами і газами. Легкі компоненти сприяють періодичності процесів вулканізму. Саме тому ми спостерігаємо в базальтах Волині певні товщі, потоки, подібно до родовища Мічиган (США) [30].

Не повністю ще вирішене питання про першоджерело мідевмісних флюїдів: ендегенно-глибинні, корові, запозичені з вмісних порід чи змішані.

Отже, процес утворення трапової формації північно-західної Волині складний і багатостадійний: перебіг явищ ліквідації й перегрупування впливу флюїдних металоносних потоків зафіксовано впродовж усього періоду формування базальтової товщі. Тому з матеріалів виконаного огляду (див. таблицю і рис. 1) і з залученням отриманих нових даних [11, 21] впливає потреба продовження планомірних досліджень з акцентуванням на цілеспрямованому вивченні флюїдних включень у мінералах такого природного фе-

номена літосфери Землі, як прожилково-вкраплена мінералізація – безпосереднього показника міграційних процесів і продукту заліковування мігрувальних тріщин [22]. Прожилково-вкраплена мінералізація в такому контексті (на відміну від інших металогенічних провінцій і нафтогазоносних областей) у досліджуваних нами міденосних комплексах нижньовендської трапової формації, зокрема, у зоні зчленування Волинського палеозойського підняття і Волино-Подільської моноклінали (див. рис. 1), не вивчали взагалі. За мінералогічними даними [12, 14, 17 та ін.], у складі її парагенезисів є такі мінерали, як кварц, цеоліти (анальцит), кальцит тощо, добре придатні для мінералофлюїдологічних (термобарогеохімічних) досліджень.

Ми вже отримали численні дані в цьому напрямі, наприклад, детально вивчено включення в цеоліті з прожилка в базальті якушівської світи. У призальбандовій частині прожилка наявні добре огранені кристалики цеоліту. В одному з них виявлено первинне газово-рідке включення з температурою гомогенізації 290 °C у рідку фазу (рис. 2).

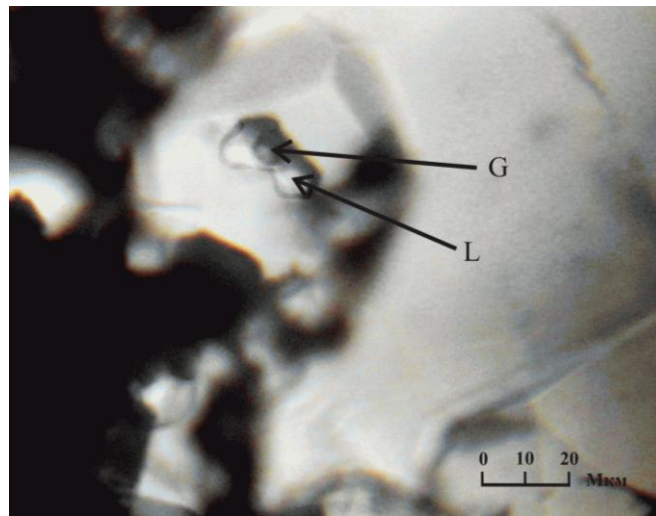


Рис. 2. Первинне газово-рідке включення у кристалику цеоліту (взірець 8273/17) з призальбандової частини прожилка в базальті якушівської світи (зона зчленування Волинського палеозойського підняття і Волино-Подільської моноклінали):  
*L* – водний розчин, *G* – газова фаза;  $T_{\text{гом}}$  – 290 °C у рідку фазу.

Отже, результати визначення температури, тиску і складу флюїдів, які брали участь у формуванні прожилково-вкрапленої мінералізації в різних за петрогеохімічними особливостями базальтових породах і підстильних відкладах поліської серії, є підґрунтям для з'ясування багатьох важливих (і часто спірних) питань, а саме: 1) пояснення причин локалізації промислової міднорудної мінералізації в певних ділянках; 2) кореляція складу флюїдів з умістом міді в розрізі базальтової товщі з погляду геохімічних особливостей рудогенезу; 3) відтворення міграції металоносних вуглецевистих флюїдів по глибинних розломах та опірювальних глибинних розломних зонах у базальтоїдах і підстильних товщах (поліська серія), насамперед, у межах можливих розущільнених зон вилуговування й гідротермального метасоматозу; 4) з'ясування параметрів можливої акумуляції вуглеводнів у підстильних верствах поліської серії, для яких вивчені вулканіти можуть бути породами-флюїдоупорами.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Академік Євген Лазаренко. Нарис про життєвий і творчий шлях, спогади, фотоальбом / [Авт. нарису і упоряд. О. Матковський, П. Білоніжка, В. Павлишин]. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2005. – 304 с.
2. Асеева Е. А. Венд Украины / Е. А. Асеева, В. А. Великанов, М. А. Федонкин. – Киев : Наук. думка, 1983.
3. Бакуменко И. Т. О расплавных включениях в плагиоклазе базальтов Волыни / И. Т. Бакуменко, Ю. И. Федоришин // Минералогические музеи. – СПб. : Кафедра минералогии СПбГУ, 2005. – С. 213–214.
4. Возняк Д. К. Високотермобаричні потоки рідкого CO<sub>2</sub> та їх роль у мінералоутворенні (на прикладі Українського щита) / Д. К. Возняк, В. І. Павлишин // Мінерал. журн. – 2001. – Т. 23, № 4. – С. 12–19.
5. Йодер Г. С. Образование базальтовой магмы / Г. С. Йодер. – М. : Мир, 1979. – 237 с.
6. Квасниця І. Про походження самородної міді з вендських вулканітів Західної Волині / І. Квасниця // Геолог України. – 2006. – № 3. – С. 40–51.
7. Квасниця І. В. Самородна мідь України: геологічна позиція, мінералогія і кристалогенезис / І. В. Квасниця, В. І. Павлишин, Я. О. Косовський. – К. : Логос, 2009. – 171 с.
8. Косовський Я. О. До мінералогії трапів Волино-Поділля / Я. О. Косовський, О. П. Косовська // Проблемні питання геологічної освіти та науки на порозі ХХІ століття : наук. конф., присвячена 60-річчю геол. ф-ту ЛНУ імені Івана Франка : тези доп. – Львів : ЛНУ, 2005. – С. 53–54.
9. Лазаренко Е. К. Опыт генетической классификации минералов / Е. К. Лазаренко. – Киев : Наук. думка, 1979. – 316 с.
10. Мартынова С. С. Аметист в коре выветривания базальтов Волыни / С. С. Мартынова // Мінерал. сб. – 1955. – № 9. – С. 300–303.
11. Матеріали до спряженості процесів мідє- і вуглеводнепереносу при формуванні лавових потоків Західної Волині / І. Наумко, М. Павлюк, Ю. Федоришин, Н. Нестерович // Геологія і геохімія горючих копалин : [Проблеми геології і геохімії горючих копалин : міжнар. наук. конф., присвячена 60-річчю Ін-ту геології і геохімії горючих копалин НАН України : тези доп.]. – 2011. – № 1–2 (154–155). – С. 120–121.
12. Мельничук В. Г. Мінералогічні критерії мідєносності вендських трапів Волино-Поділля / В. Г. Мельничук // Мінерал. зб. – 2008. – № 58, вип. 1–2. – С. 134–142.
13. Мельничук В. Г. Геологія та мідєносність нижньовендських трапових комплексів південно-західної частини Східноєвропейської платформи : Автореф. дис. ... д-ра геол. наук / Віктор Григорович Мельничук. – Київ, 2010. – 36 с.
14. Мельничук В. Г. Мінералогічні особливості та зруденіння нижньовендських трапових комплексів південно-західної частини Східноєвропейської платформи / В. Г. Мельничук, А. М. Поліщук, Г. В. Мельничук // Мінерал. журн. – 2011. – Т. 33, № 4. – С. 91–100.
15. Мідно-цеолітова мінералізація у базальтових туфах венду на західному схилі Українського щита і природа мінералізуючих розчинів / В. О. Шумлянський, К. І. Деревська, Є. Д. Сингаївський, Н. С. Чернишова // Доп. АН УРСР. – 1991. – № 9. – С. 136–139.

16. Мідь Волині : [Наук. праці Ін-ту фундамент. досліджень] / [Відп. ред. В. О. Шумлянський]. – К., 2002. – 112 с.
17. Мінералогія вивержених комплексів Західної Волині / [Є. К. Лазаренко, О. І. Матковський, О. М. Винар та ін.]. – Львів : Вид-во Львів. ун-ту, 1960. – 507 с.
18. Наумко І. М. Флюїдний режим мінералогенезу породно-рудних комплексів України (за включеннями у мінералах типових парагенезисів) : Автореф. дис. ... д-ра геол. наук / Ігор Михайлович Наумко. – Львів, 2006. – 52 с.
19. Наумко І. М. Підсумки та перспективи досліджень термобарометрії і геохімії палеофлюїдів літосфери (за включеннями у мінералах) / І. М. Наумко, В. А. Калюжний // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2001. – № 2. – С. 162–175.
20. Приходько В. Л. Перспективи меденосности вулканогенных образований волинской серии Луковско-Ратновской горстовой зоны / В. Л. Приходько, Я. А. Косовский, И. Н. Иванов // Геол. журн. – 1993. – № 4. – С. 138–143.
21. Про еволюційний характер процесів флюїдопереносу в мідевісних вулканітах основного складу трапової формації Західної Волині / І. Наумко, М. Павлюк, Ю. Федоришин, Н. Нестерович // Геологія і геохімія горючих копалин : [Проблеми геології і геохімії горючих копалин : міжнар. наук. конф., присвячена 60-річчю Ін-ту геології і геохімії горючих копалин НАН України : тези доп.]. – 2011. – № 1–2 (154–155). – С. 122–123.
22. Сворень Й. М. Термобарометрія і геохімія газів прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій – природний феномен літосфери Землі / Й. М. Сворень, І. М. Наумко // Доп. НАН України. – 2005. – № 2. – С. 109–113.
23. Сингенетичні включення самородної міді в кварці / Д. Возняк, В. Квасниця, І. Квасниця, В. Нестеровський // Геологічна наука та освіта в Україні на межі тисячоліть: стан, проблеми, перспективи : наук. конф., присвячена 55-річчю геол. ф-ту ЛНУ імені Івана Франка : матеріали. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2000. – С. 76–77.
24. Скакун Л. З. Типи цеолітових асоціацій у гідротермальних утвореннях волинської серії / Л. З. Скакун, А. М. Ткачук, В. Г. Мельничук // Мінерал. зб. – 2003. – № 53, вип. 1–2. – С. 4–13.
25. Слободской Р. М. Элементоорганические соединения в магматогенных и рудообразующих процессах / Р. М. Слободской. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1981. – 133 с.
26. Состав магматогенных флюидов, факторы их геохимической специализации и металлоносности / А. С. Борисенко, А. А. Боровиков, Л. М. Житова, Г. Г. Павлова // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 47, № 12. – С. 1308–1325.
27. Структурно-петрографічна мінливість внутрішньої будови базальтових виливів трапової формації Волині у зв'язку з процесами ліквідації / Ю. Федоришин, А. Ткачук, Н. Нестерович [та ін.] // Мінерал. зб. – 2010. – № 60, вип. 1. – С. 47–57.
28. Тектонічний прояв і мінералізація Тетерівського розлому у платформному чохлі на західному схилі Українського щита / В. О. Шумлянський, С. В. Кузнецова, К. І. Деревська, О. В. Рожков // Доп. АН УРСР. – 1988. – № 5. – С. 24–26.
29. Температурний режим формування мідної мінералізації в трапах Волині / К. І. Деревська, М. В. Безугла, В. Я. Радзівіл, О. Л. Александров // Наук. праці Ін-ту фундамент. досліджень. – К. : Знання України, 2001. – С. 48–52.

30. Уайт У. С. Месторождения самородной меди в северной части штата Мичиган / У. С. Уайт // Рудные месторождения США. Т. 1. – М. : Мир, 1972. – С. 457–482.
31. Хлоритизація у проявах самородномідної мінералізації у породах трапової формації венду на Волині / К. І. Деревська, Л. В. Шумлянський, Ч. Август, М. В. Безугла // Наук. праці Ін-ту фундамент. досліджень. – К. : Знання України, 1999. – С. 123–130.
32. Bakun-Czubarow N. Neoproterozoic flood basalts of Zabolotta and Babino Beds of the volcanogenic Volhynian Series and Polesie Series dolerites in the western margin of the East European Craton / N. Bakun-Czubarow, A. Bilowolska, Yu. Fedoryshyn // Acta Geologica Polonica. – 2002. – Vol. 52, N 4. – P. 481–496.
33. Emetz A. V. Mineral compositions and genesis of the ore bodies of the Zhyrychi Cu deposit (North-Western Ukraine) / A. V. Emetz, V. M. Zagnitko, V. L. Prykhod'ko // Мінерал. журн. – 2005. – Т. 27, № 1. – P. 77–91.
34. Ottens B. Calcite from the Decan traps of India / B. Ottens // Rocks and Minerals. – 2005. – Vol. 80, N 2. – P. 94–107.

*Стаття: надійшла до редакції 15.05.2012  
прийнята до друку 29.05.2012*

## **INFLUENCE OF YEVHEN LAZARENKO'S IDEAS ON THE DEVELOPMENT OF RESEARCH OF MINEROGENESIS FLUID REGIME OF LOWER VENDIAN COPPER-CONTAINING TRAPPEAN FORMATION (WESTERN VOLYN' REGION)**

**<sup>1</sup>I. Naumko, <sup>2</sup>Yu. Fedoryshyn, <sup>1</sup>N. Nesterovych**

<sup>1</sup>*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU,  
3a, Naukova St., 79060 Lviv, Ukraine  
E-mail: naumko@ukr.net*

<sup>2</sup>*Lviv Branch of the Ukrainian State Geological Research Institute,  
38a, Pasichna St., 79038 Lviv, Ukraine  
E-mail: geologist@bigmir.net*

We studied the fluid inclusions in minerals from the Cu-containing complexes of Lower Vendian trapped formation (Western Volyn' region), and generalized the results from the point of view of academician Yevhen Lazarenko who investigated the processes of magmatic and hydrothermal mineralization in effusive rocks. The analysis of our results made it possible to justify the need for detailed data in this area, in particular to clarify the conditions of copper flood basalt formation due to migration and redistribution and localization of ore material. Further attention should focus on clarifying the fluid regime of mineralization processes: physical and chemical nature, spatio-temporal sequence of display and parametric variability characteristics of fluids of veinlet-impregnated mineralization. This mineralization is the Earth's lithosphere natural phenomenon – the direct indicator of migration processes and product of healing of migration fractures.

*Key words:* Yevhen Lazarenko, inclusion, fluid regime, copper, trappean formation, basalt, Western Volyn' region.

## **ВЛИЯНИЕ ИДЕЙ ЕВГЕНИЯ ЛАЗАРЕНКО НА РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ФЛЮИДНОГО РЕЖИМА МИНЕРАЛОГЕНЕЗА МЕДЬСОДЕРЖАЩЕЙ ТРАППОВОЙ ФОРМАЦИИ НИЖНЕГО ВЕНДА ЗАПАДНОЙ ВОЛЫНИ**

**И. Наумко<sup>1</sup>, Ю. Федоришин<sup>2</sup>, Н. Нестерович<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Институт геологии и геохимии горючих ископаемых НАН Украины,  
ул. Научная, 3а, 79060 Львов, Украина  
E-mail: naumko@ukr.net*

<sup>2</sup>*Львовское отделение УкрГГРИ,  
ул. Пасечная, 38а, 79038 Львов, Украина  
E-mail: geologist@bigmir.net*

В свете взглядов академика Евгения Лазаренко на процессы магматического и гидротермального минералообразования в эффузивных породах Западной Волыни обобщено материалы по изучению флюидных включений в минералах из медьсодержащих комплексов нижневендской трапповой формации, распространенной в регионе. Анализ полученных результатов дал возможность обосновать необходимость детализации работ в данном направлении, в частности, с целью уточнения условий формирования меденосных траппов в связи с миграционными процессами, перераспределением и локализацией рудного вещества. В дальнейшем особое внимание следует акцентировать на выяснении флюидного режима процессов минералогенеза, в частности, на физико-химической природе, пространственно-временной последовательности проявления и изменчивости параметрических характеристик флюидов такого естественного феномена литосферы Земли, как прожилково-вкрапленная минерализация – непосредственный показатель миграционных процессов и продукт залечивания миграционных трещин.

*Ключевые слова:* Евгений Лазаренко, включение, флюидный режим, медь, трапповая формация, базальт, Западная Волынь.