

І. М. Наушко, Ю. І. Федоришин, Н. В. Нестерович, Л. Ф. Телепко,
Б. Е. Сахно

Умови формування прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах лучичівської товщі трапової формації зони зчленування Волинського палеозойського підняття та Волино-Подільської монокліналі Західної Волині

(Представлено академіком НАН України Є. Ф. Шнюковим)

Встановлено умови формування прожилково-вкрапленої мінералізації у базальтах лучичівської товщі трапової формації у зоні зчленування Волинського палеозойського підняття та Волино-Подільської монокліналі Західної Волині. Оптимальними параметрами процесів мінералогенезу слід вважати температурний інтервал 325–235 °С (за первинними включеннями в анальцимі й кальциті) та перевагу азоту (до 100% (об.)) над діоксидом вуглецю у газовій складовій, що відповідає середньотемпературним гідротермальним процесам (мезотермальні процеси 200–300 °С), подібно до парагенезів міденосних трапів Декану (Індія).

Флоїдні включення в мінералах трапової формації нижнього венду Західної Волині вже достатньо вивчено [1]. Водночас прожилково-вкраплену мінералізацію у відкладах лучичівської товщі зони зчленування Волинського палеозойського підняття і Волино-Подільської монокліналі (Ратно–Камінь–Каширська площа) та включення флоїдів у складових її мінералах ще не досліджували. Важливість досліджень цього безпосереднього показника процесів флоїдопереносу речовини і продукту заліковування мігрувальних тріщин [2] незаперечна, оскільки сприятиме встановленню фізико-хімічної природи, просторово-часової послідовності прояву та мінливості параметричних характеристик флоїдів, а отже, відтворенню флоїдного режиму мінералогенезу породно-рудних комплексів [3].

Лучичівська товща (толейтові базальти) разом із зорянською (туфи, туфіти) та якушівською (базальти з прошарками туфів, туфоконгломератів) товщами складають вулканогенну ратнівську світу волинської серії нижнього венду [4], яку віднесено до трапової формації платформових ефузивних, пірокластичних та інтрузивних фацій, похідних від слабкодиференційованої базальтової магми [5].

Об'єктом наших досліджень слугували розрізи лучичівської товщі ($V_1l\check{c}$) у місцях максимальної і середньої потужності: максимальна становить 51–52 м (св. 8262), середня — 29–30 м (св. 8273). Розріз максимальної потужності представлений лавовим утворенням загальною потужністю 51 м (інтервал глибини 226–277 м), на поверхні якого відсутні ознаки ерозійного зрізу.

У свердловині 8262 від поверхні лавового утворення — потоку (глибина 226 м) і до глибини 234 м (8 м від поверхні) залягають лавобрекчії потужністю 8 м. Аналогічні лавобрекчії встановлені у підшві потоку на глибині 276,5–277 м (в інтервалі 50,5–51,0 м від поверхні лави). Вони характеризуються (зр. 8262/32) брекчієподібним виглядом, червонувато-бурим кольором. Центральна частина цього утворення представлена в основному афіровими

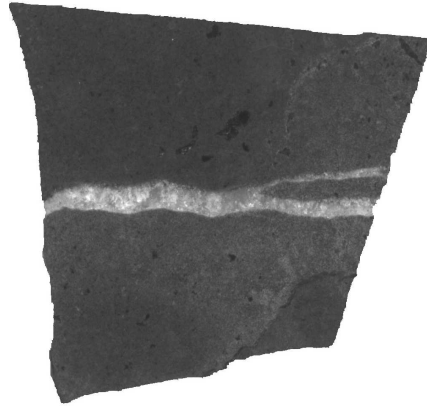


Рис. 1. Прожилок анальциму завтовшки 2–3 мм у базальті лучичівської товщі максимальної потужності в зоні зчленування Волинського палеозойського підняття і Волино-Подільської моноклінали. Зр. 8262/5, гл. 238,0 м. Нат. величина

базальтами з незначною кількістю мигдалекам'яних базальтів. Ознак мідного зруденіння в лавобрекчіях не встановлено. Мідне зруденіння приурочене до приповерхневої частини потоку.

У свердловині 8273 в покрівлі лавового утворення на глибині 238,0–240,5 м спостерігаються лавокластичні брекчії, як і в припідшовній частині — на глибині 267,0–268,3 м. Центральна частина характеризується перешаруванням афірових і мигдалекам'яних базальтів різного складу та наповнення. Значних концентрацій міді не виявлено.

Основними породоутворювальними мінералами є плагіоклаз і піроксен; рудні мінерали представлені магнетитом, ільменітом, гематитом; майже завжди присутнє вулканічне скло і гелеподібні продукти кристалізації базальтової магми (палагоніти) різного ступеня розкристалізації. Дуже рідко зустрічається олівін, з акцесорних мінералів трапляється апатит.

Прожилково-вкраплена мінералізація в базальтах представлена анальцимом і стильбітом, хлоритами, палагонітами, кальцитом, кварцом, халцедоном, агатом. Крім того, виявлено ще такі цеоліти, як натроліт, анальцим, томсоніт, ломонтит, гейландит, птилоліт, морденіт [6], фожазит, сколецит [7], вайракіт [8].

Прожилки мають різну ширину (від часток міліметра до 1 см) і склад (кварц, кальцит, цеоліти) (рис. 1). Зустрічаються гніздоподібні утворення, що представлені анальцимом, халцедоном, кальцитом. Мигдалини здебільшого виповнені цеолітами овальної, округлої, видовженої форми. Розмір мигдалин від 1 мм до 2–3 см, іноді навіть до 5 см. Об'єм у породі від перших відсотків до 30–40%. Оранжево-червоний анальцим досить часто утворює облямівку навколо мигдалин, які виповнені безколірним анальцимом. Контакт між ними різкий. У базальтах Довгого Поля В. П. Шашкіна (1958) також виявила дві відміни анальциму [6]. Досить часто мигдалини майже ідеально круглої форми виповнені чорною хлоритоподібною речовиною (палагоніт?).

За даними рентгенофазового аналізу, мінералогічної зональності в базальтах лучичівської товщі від підшови до покрівлі потоку не встановлено, оскільки на глибині 265,00 м (зр. 8262/22) виявлено анальцим, на глибині 248,00 м (зр. 8273/21) — стильбіт, на глибині 240,5 м (зр. 8273/17) — анальцим із незначним вмістом кварцу, на глибині 238,00 м (зр. 8262/5) — анальцим з домішкою польових шпатів.

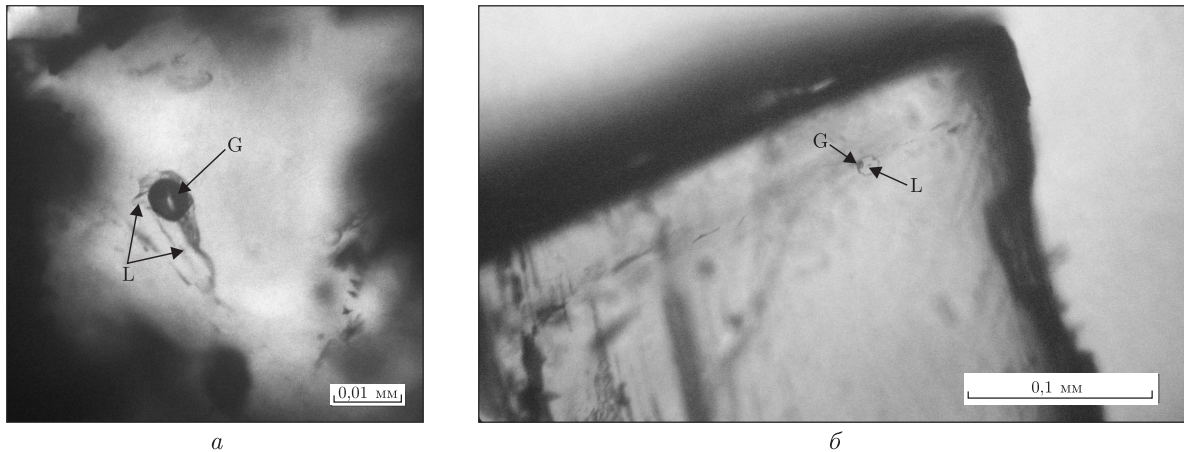


Рис. 2. Флюїдні включення в мінералах прожилково-вкраплених утворень у відкладах лучичівської товщі: *a* — первинне газово-рідке включення типу L + G (L — водний розчин; G — газова фаза), вакуоль якого має фрагменти негативного кристалу, в зоні росту анальциму. Температура розгерметизації 340 °C (у рідку фазу). Зр. 8273/17, гл. 240,5 м; *б* — первинне газово-рідке плоске включення типу L+G (L — водний розчин; G — газова фаза) форми сплющеного негативного кристалу в зоні росту кальциту із лавобрекчії (каменоломня Рафалівка). Температура гомогенізації 205 °C (у рідку фазу). Зр. R1

Включення мінералоутворювальних флюїдів — релікти флюїдного середовища кристалізації мінералів та їхніх парагенезів вивчали методами мінералофлюїдології [9]. До них віднесемо мікроскопічні спостереження, термометричні вимірювання і мас-спектрометричні хімічні визначення складу летких компонентів та відносних газонасиченості ΔP і водонасиченості C_{H_2O} .

Придатні для термометричних досліджень флюїдні включення ідентифіковано в анальцимі й кальциті прожилково-вкраплених утворень.

Флюїдні включення в *анальцимі* переважно розташовані ланцюжками або групами в площинах залікованих тріщин. Окремі включення без видимого зв'язку з тріщинами і за відсутності інших орієнтирів умовно вважаємо первинними. За фазовим складом — це двофазові газово-рідкі і рідинногазові включення невитриманого наповнення, розміри яких коливаються від приблизно 0,001 до 0,1 мм. Форма включень здебільшого неправильна, з рваними, кутуватими краями, або видовжена чи овальна. Вакуолі найбільш ранніх умовно первинних включень мають фрагменти негативних кристалів (рис. 2, *a*). Характерною особливістю деяких включень є те, що межа включення “мінерал-господар” ледве помітна, що може свідчити про близький за значенням показник заломлення водно-солевого розчину флюїдних включень та анальциму. Повсюдно наявні явища розшнуровування і перенаповнення включень, прояв яких цінний тим, що дає змогу схарактеризувати стабільність мінералоутворення. За даними термометричного аналізу, гомогенізація газово-рідких включень у рідку фазу відбувається при температурі 290–325 °C для первинних і умовно первинних та від 175–185 до 220–230 °C — для вторинних включень. Поряд з газово-рідкими включеннями присутні рідинногазові. Вміст газової фази досягає 80% об'єму вакуолі. Їхня форма здебільшого неправильна або видовжена. Одне з таких видовжених включень — початково рідинногазове (поряд сингенетичні газово-рідкі) перенаповнене більш пізніми розчинами. Температура гомогенізації цього включення становить 240 °C у рідку фазу.

У кальциті з лавобрекчій (каменоломня Рафалівка) в зонах росту кристалів знайдено первинні включення форми сплющених негативних кристалів (див. б на рис. 2), температура гомогенізації яких становить 205 °С (у рідку фазу). Вторинні газиво-рідкі і рідкі включення знаходяться у площинах залікованих тріщин, частіше за спайністю. Газиво-рідкі включення видовженої, неправильної форми, а рідкі — чітко окреслені чотирикутники. Мінімальна температура гомогенізації вторинних включень становить 50–65 °С, максимальна — 235 °С і проходить у рідку фазу.

Склад летких компонентів флюїдних включень у мінералах і закритих пор порід визначається співвідношенням азоту і діоксида вуглецю (табл. 1, рис. 3). У більшості проб значно переважає азот. Його вміст, коливаючись від 63,2 до 92,9% за об'ємом, в окремих зразках досягає 100% для лучичівської товщі максимальної потужності та становить від 76,6 до 88,2% за об'ємом для базальтів лучичівської товщі середньої потужності. Вміст CO₂ коливається від 7,1 до 36,8% за об'ємом для лучичівської товщі максимальної потужності. На глибинах 243,0 й 273,0 м, а також в цеоліті з глибини 265,0 м CO₂ не встановлено. Для базальтів лучичівської товщі середньої потужності концентрація CO₂ варіює від 11,8 до 23,4% за об'ємом.

У всіх зразках базальтів азот знайдено у порожнинах разом з H₂O й CO₂. Наявність пор з леткими компонентами відіграє важливу роль у всіх кінетичних явищах [10]. У науковій публікації [11] вказується на підвищений вміст N₂ у складі летких компонентів у ромбічному і моноклінному піроксені, а також плагіоклазі з андезитом-базальтів о. Ітуруп, у плагіоклазі

Таблиця 1. Склад летких компонентів флюїдних включень у мінералах і закритих пор у породах за розрізом свердловин 8262 і 8273 лучичівської товщі трапової формації в зоні зчленування Волинського палеозойського підняття та Волино-Подільської моноклінали Західної Волині, за даними мас-спектрометричного хімічного аналізу, аналітик Б. Е. Сахно (мас-спектрометр МСХ-3А)

Номер зразка	Світа, товща	Мінерал, вмісна порода	Глибина відбору, м	Компоненти, об'ємна частка, %*		Відносна газонасиченість, ΔP, Па**	Водонасиченість C _{H₂O} , % за об'ємом***
				CO ₂	N ₂		
8262/8а	Лучичівська товща, максимальна потужність	Базальт	241,00	7,1	92,9	0,1	83,3
8262/10	Там само	Те саме	243,00	—	100,0	0,07	96,3
8262/17	“	“	249,00	36,8	63,2	0,07	92,0
8262/22	“	Анальцим	265,00	—	100,0	0,49	90,7
8262/22	“	Базальт	265,00	33,2	66,8	0,04	69,2
8262/28	“	Палагоніт*	273,00	—	100,0	0,00	+****
8262/28	“	Базальт	273,00	13,8	82,6	0,07	86,5
8273/17	Лучичівська товща, середня потужність	Те саме	240,5	11,8	88,2	0,04	40,3
8273/21	Там само	“	248,0	23,4	76,6	0,04	80,0

*Пробу мінералу (породи) наважкою 200 мг фракції +1–2 подрібнювали шляхом роздавлювання в спеціально сконструйованій ступці, перед аналізом напускну систему мас-спектрометра вакуумували до величин порядку $1 \cdot 10^{-3}$ Па (наважка зр. 8262/28 — 50 мг); **відносна газонасиченість ΔP, Па — приріст тиску в напускній системі мас-спектрометра (відносно залишкового тиску порядку $1 \cdot 10^{-3}$ Па у ній), який створюється у результаті вивільнення летких компонентів (без урахування пари води, яку сорбували на P₂O₅, поміщеному в напускну систему) із включень та закритих пор при подрібненні проби і може бути порівняльною величиною для однакових наважок; ***відносна водонасиченість C_{H₂O}, % за об'ємом — відсотковий вміст пари води, яку сорбували на P₂O₅, поміщеному в напускну систему, в загальному об'ємі вивільнених летких компонентів; ****+ — у пробі 8262/28 присутня пара води.

з андезиту вулкану Швелуч. Вміст азоту (до 100% за об'ємом) у цеолітах можна пояснити особливостями структури, яку можна представити у вигляді порожнин молекулярних розмірів: великих з діаметром 1,14 нм і вікнами діаметром 0,42 нм і невеликі з розмірами 0,66 й 0,25 нм відповідно. В первинну пористу структуру цеолітів проникають і заповнюють порожнини, тобто адсорбуються, молекули лише тих речовин, які за розмірами, що визначаються “критичним діаметром” молекул, можуть проходити через вікна всередину цеолітів [12], у нашому випадку азот.

Таким чином, за даними вивчення мінерального складу і флюїдних включень в анальцимі і кальциті прожилково-вкраплених утворень у відкладах лучичівської товщі зони зчленування Волинського палеозойського підняття та Волино-Подільської монокліналі, генетичні особливості накладених процесів мінералогенезу є такими.

Присутність в одних і тих самих зонах досліджених мінералів (анальцим, стильбіт, кальцит) або в залікованих тріщинах включень з різним співвідношенням фаз є однією з ознак гетерогенності флюїдного середовища кристалізації мінералів, тому припускаємо, що воно перебувало в стані двофазової рівноваги, зумовленої гетерогенізацією (?) мінералоутворювального флюїду з відділенням газової фази (стан розчину, що закипає), і включення мають, ймовірно, гетерогенне походження. Цьому сприяли й незначні глибини залягання породних комплексів. Наявність родин включень невитриманого наповнення і прояв явищ розшнування і перенаповнення включень також вказує на нерівноважність середовища мінералоутворення.

Оптимальними параметрами формування парагенезів з анальцимом і кальцитом слід вважати температурний інтервал 325–235 °С (за первинними включеннями) з перевагою азоту в газовій складовій, що відповідає середньотемпературним гідротермальним процесам (мезотермальні процеси 200–300 °С) з переходом до низькотемпературних процесів. Оскільки в досліджених лавобрекчіях концентрацій міді не було виявлено, то про парагенез кальциту і міді не можна говорити, а визначені температури гомогенізації можуть вказувати на стадійність мінералоутворення, а не рудоутворення.

Для порівняння відзначимо, що температури утворення мінералів у парагенезах міденосних трапів Декану (Індія) становили [13]: для хлориту нижче 300 °С; преніту, натроліту, ломонтиту 200–100 °С; гейландиту, стильбіту, апофіліту — 110–90 °С; мезоліту, сколециту 90–60 °С; томсоніту, шабазиту ще нижче.

Отже, включення флюїдів у прожилково-вкраплений мінералізації фіксують наявність необхідних умов для перенесення і кристалізації речовини з формуванням рудних тіл на постмагматичному етапі мінералогенезу лавових потоків лучичівської товщі. Для даної геологічної ситуації вони завершують еволюційний ряд комплексу флюїдних включень у мінералах породно-рудних комплексів трапової формації нижнього венду Західної Волині, аналіз яких [1] дає змогу прослідкувати еволюцію флюїдів, зокрема рудної речовини, що відділилася від силікатного розплаву, подібно до даних праці [14] про відділення рудоутворювальних халькофільних розчинів від силікатного магматичного розплаву при закономірному падінні температури, зафіксоване переходом від ранніх високотемпературних включень розплавів до пізніх, висококонцентрованих водно-сольових включень у тріщинах охолодження, тобто у сфері функціонування глибинного високотемпературного флюїду [3].

1. Наумко І. М., Федоришин Ю. І., Нестерович Н. В. Вплив ідей академіка Євгена Лазаренка на розвиток досліджень особливостей флюїдного режиму мінералогенезу мідевмісної трапової формації нижнього венду Західної Волині // Мінерал. зб. – 2012. – № 62, вип. 2. – С. 4–17.

2. *Сворень Й. М., Наушко І. М.* Термобарометрія і геохімія газів прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій – природний феномен літосфери Землі // Доп. НАН України. – 2005. – № 2. – С. 109–113.
3. *Наушко І. М.* Флюїдний режим мінералогенезу породно-рудних комплексів України (за включеннями у мінералах типових парагенезисів): Автореф. дис. ... д-ра геол. наук: 04.00.02 / Ін-т геології і геохімії горюч. копалин НАН України. – Львів, 2006. – 52 с.
4. *Приходько В. Л., Косовський Я. А., Іванів І. Н.* Перспективи меденосности вулканогенних образований вольнської серії Луковско-Ратновської горстової зони // Геол. журн. – 1993. – № 4. – С. 138–143.
5. *Воловник Б. Я.* Траппова формація Волино-Подолії // Тектоника и стратиграфия. – Киев: Наук. думка, 1975. – Вып. 8. – С. 28–33.
6. *Лазаренко Є. К., Матковський О. І., Винар О. М., Шашкіна В. П., Гнатів Г. М.* Мінералогія вивержених комплексів Західної Волині. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1960. – 507 с.
7. *Скакун Л. З., Ткачук А. М., Мельничук В. Г.* Типи цеолітових асоціацій в гідротермальних утвореннях волинської серії // Мінерал. зб. – 2003. – № 53, вип. 1./2. – С. 4–13.
8. *Деревська К. І., Безугла М. В., Радзівіл В. Я., Александров О. Л.* Температурний режим формування мідної мінералізації в трапах Волині // Наукові праці Інституту фундаментальних досліджень. – Київ: Знання України, 2001. – С. 48–52.
9. *Каложный В. А.* Основы учения о минералообразующих флюидах. – Киев: Наук. думка, 1982. – 240 с.
10. *Файф У., Прайс Н., Томпсон А.* Флюиды в земной коре. – Москва: Мир, 1981. – 436 с.
11. *Жовтуля Б. Д., Каложный В. А., Ремешило Б. Г.* Углеродсодержащие газы в основных и ультраосновных породах (по данным изучения флюидных включений в минералах) // Теоретические вопросы нефтегазовой геологии. – Киев: Изд-во АН УССР, 1980. – С. 65–73.
12. *Дубинин М. М.* Введение // Синтетические цеолиты. – Москва: Изд-во АН СССР, 1962. – С. 5–6.
13. *Ottens V.* Calcite from the Deccan Traps of India // Rocks & Minerals. – 2005. – **80**, No 2. – P. 94–107.
14. *Овчинников Л. Н., Банщикова И. В., Васильев Е. В.* Включения расплавов и растворов – прямые свидетели рудогенерирующей роли магм // Термобарогеохимия в геологии: Материалы VI Всесоюз. совещ. по термобарогеохимии. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. – С. 33–37.

*Інститут геології і геохімії горючих
копалин НАН України, Львів
Львівське відділення Українського державного
геологорозвідувального інституту*

Надійшло до редакції 22.04.2013

**І. М. Наушко, Ю. І. Федоришин, Н. В. Нестерович, Л. Ф. Телепко,
Б. Э. Сахно**

**Условия формирования прожилково-вкрапленной минерализации
в отложениях лучичивской толщи трапповой формации зоны
сочленения Волинского палеозойского поднятия
и Волино-Подольской моноклинали Западной Волины**

Установлены условия формирования прожилково-вкрапленной минерализации в базальтах лучичивской толщи трапповой формации в зоне сочленения Волинского палеозойского поднятия и Волино-Подольской моноклинали Западной Волины. Оптимальными параметрами процессов минералогенеза следует считать температурный интервал 325–235 °С (по первичным включениям в анальците и кальците) и преобладание азота (до 100% (об.)) над диоксидом углерода в газовой составляющей, что соответствует среднетемпературным гидротермальным процессам (мезотермальные процессы 200–300 °С), подобно парагенезисам меденосных траппов Декана (Индия).

I. M. Naumko, Yu. I. Fedoryshyn, N. V. Nesterovych, L. F. Telepko,
B. E. Sakhno

Formation conditions of veinlet-impregnated mineralization in deposits of the Luchychi stratum of a trap rock association in the junction zone of the Volyn Paleozoic uplift and the Volyn-Podillya monocline of the West Volyn area

Formation conditions of the veinlet-impregnated mineralization in basalts of the Luchychi stratum of a trap formation in the junction zone of the Volyn Paleozoic uplift and the Volyn-Podillya monocline of the West Volyn area have been determined. The temperature interval 325–235 °C (based on primary inclusions in analcime and calcite) and the predominance of nitrogen (to 100 vol. per cent) over carbon dioxide in the gas constituent should be considered as optimum parameters of the minerogenesis, which corresponds to average-temperature hydrothermal processes (mesothermal processes at 200–300 °C) just like the parageneses of copper-bearing traps of Deccan (India).