

## СИНГЕНЕТИЧНІ НАПІВСФЕРИЧНІ КОНЦЕНТРИЧНО-ЗОНАЛЬНІ ВКЛЮЧЕННЯ ГЕМАТИТУ У КВАРЦІ ЗАНОРИШОВИХ ПЕГМАТИТІВ ВОЛИНІ

*Уперше встановлено, що в камерних пегматитах Волині концентрично-зональні напівсферичні включення гематиту (до 0,5–0,7 мм) росли одночасно з пізнім кварцом. За способом утворення вони відповідають конкреціям. Відносна швидкість утворення включень гематиту змінюється у широких межах. Середня швидкість росту включень у  $10 \pm 1$  разів перевищувала швидкість росту кварцу. Під час росту утворилися два типи включень, які значно відрізняються за вмістом  $Fe_2O_3$ : 94,1–97,1 % – у непрозорих; 8,9–74,4 % – у прозорих. Вивчені утворення складені глобулами гематиту розміром переважно 300–100 нм. Вони росли у гетерогенній системі (водний розчин +  $CO_2$ -фаза (переважно газ) з високомолекулярними органічними сполуками). Температура росту зазвичай становила 220–230 °С, тиск – 20–22 МПа.*

**Вступ.** Вивчення мінеральних включень — важливе джерело інформації про формування геологічних об'єктів. У пегматитах Волині деякі мінерали (каситерит, галеніт, евклаз, флюоцерит та ін.) збереглися лише завдяки перебуванню їх у вигляді включень у інших мінералах. У кристалах кварцу й топазу із заноришів у вигляді включень установлені топаз, кварц, турмалін, альбіт, фенакіт, евклаз [7], сидерит, флюоцерит, гематит [20] та ін. Сингенетичними до топазу виявились включення флюориту [12], колумбіту, альбіту, кварцу, флюоцериту, протолітійніту та ін. У кварці сингенетичні включення представлені каситеритом [12], гематитом, гетитом [16], хлоритом, евклазом [17], галенітом [1] і, можливо, сидеритом. Цінність сингенетичних включень полягає в тому, що у певний період часу середовище мінералоутворення сприяло одночасному росту в одному місці і мінералу-включення, і мінералу-господаря. Примітно, що сингенетичні до кварцу мінеральні включення, крім евклазу, пов'язані лише з ростом однієї з найпізніших генерацій кварцу — різновиду Д [18]. Цей кварц відзначається специфічними умовами кристалізації. Він сформувався в умовах надходження потоків  $CO_2$ -флюїду у водний розчин пегматитів [3]. У світі така особливість їх формування притаманна, ймовірно, лише пегматитам Володарсько-Волинського пегматитового поля. Оскільки потоки  $CO_2$ -флюїду відповідають першим, тобто найменш розчинним, продуктам дегазації магми, то поява фази  $CO_2$ -флюїду у водному розчині на-

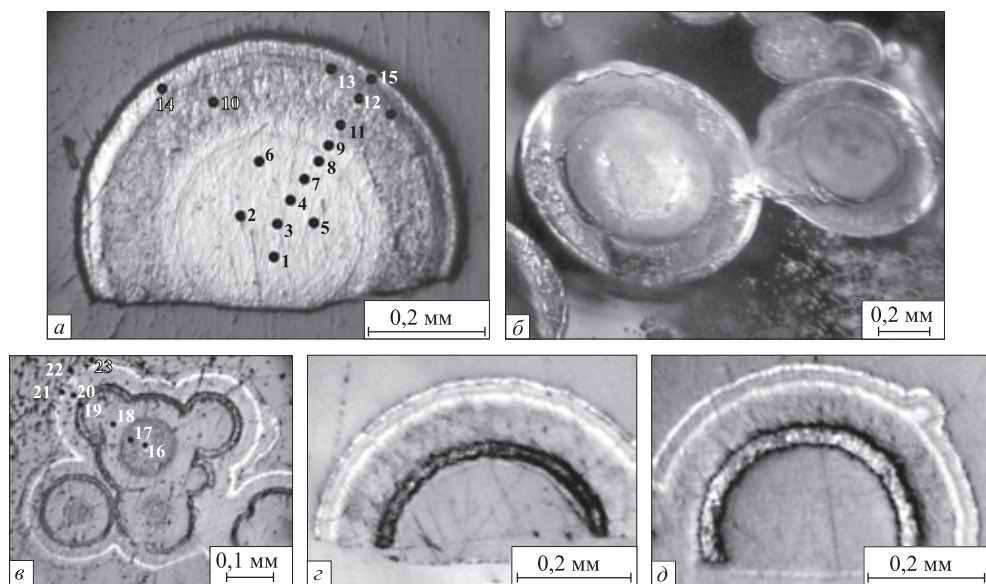
прикінці становлення пегматитів спричинена, безумовно, надходженням її з молоді базитової магми в період, коли граніти являли собою вже достатньо холодне тверде тіло. Така магма, напевно, проявилась в утворенні дайок діабазових порфіритів, діабазів у районі пегматитового поля [4].

Мета статті — дослідити умови формування рідкісних напівсферичних вклучень гематиту у пізньому кварці пегматиту, що були зафіксовані раніше [20].

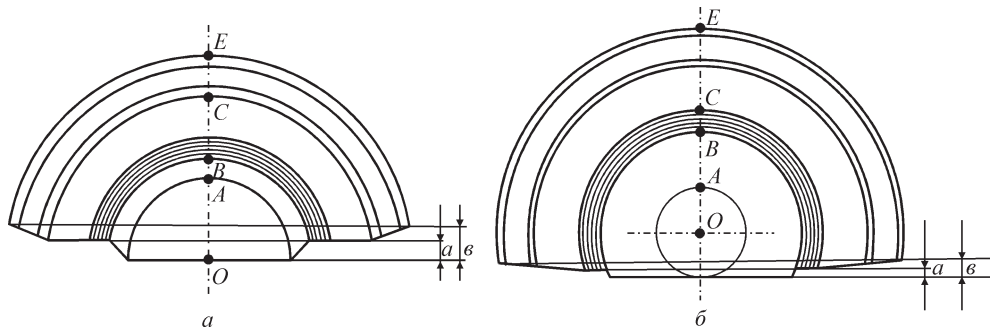
**Об'єкт дослідження.** Вивчали уламок кварцу ( $5 \times 3 \times (0,5-2,5)$  см), основна маса якого представлена прозорим безкольоровим кварцом Д потужністю 2—12 мм, що наростає на димчастому кварці різновиду Г [3]. Цей зразок підібрано на відвалах і він, імовірно, належав одному з продуктивних пегматитових тіл центральної ділянки родовища, оскільки такі тіла відзначаються підвищеною потужністю (до 5—7 см) кварцу Д.

**Методи дослідження.** Мінеральні і флюїдні вклучення вивчали у прохідному і відбитому світлі у полірованих з обох боків пластинках кварцу. Хімічний аналіз і растрові електронно-мікроскопічні (РЕМ) зображення скульптури природних і пришліфованих поверхонь вклучень гематиту отримано за допомогою мікроскопа JSM-6700F з енергодисперсійною системою для мікроаналізу JED 2300 (JEOL, Японія). Температури фазових переходів флюїдних вклучень за плюсових і мінусових температур визначали за допомогою термо- [9] і криокамери [2]. Точність замірів температур фазових переходів у вклученнях на термокамері не більше  $\pm 2$ , на криокамері —  $\pm 0,2$  °С. Рентгенометричні аналізи мікрокількостей речовини проведені за методикою [11].

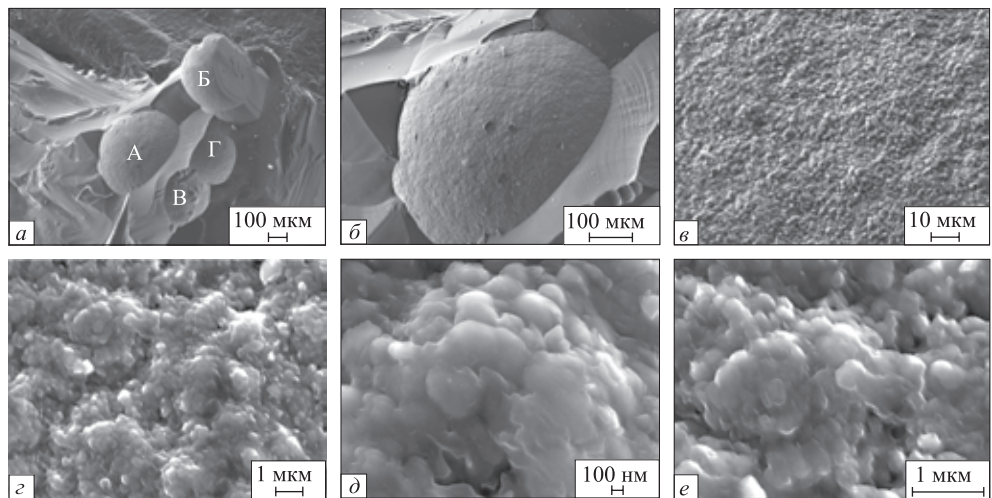
**Мінеральні вклучення.** Вперше у кварці різновиду Д заноришових пегматитів Волині встановлено, що концентрично-зональні вклучення гематиту у формі непрозорих і прозорих півкуль росли одночасно з кварцом. У таких сингенетичних утвореннях можна виділити форму вільного росту, індукційні ребра і грані (рис. 1). Поверхня вільного росту таких вклучень — півсфера або її час-



**Рис. 1.** Видгляд сингенетичних коломорфних вклучень гематиту у кварці у відбитому світлі: *a, б* — непрозорі вклучення з тьмяно-сірим металічним блиском; *a* — поперечний переріз; *б* — видгляд знизу; *в-д* — прозорі вклучення, у прохідному світлі — червоного кольору; *е* — пришліфована нижня частина їх скупчень; *з, д* — поперечні перерізи; точки і цифри — місце і номер хімічного аналізу



**Рис. 2.** Поперечний переріз сингенетичних коломорфних включень, що різняться величиною зародків, які осіли на грані кварцу в період його росту:  
*a* — на грань кварцу потрапив зародок субмікроскопічної величини (точка *O*); *б* — на грань кристала кварцу осів зародок у формі кульки радіусом *OA*. Пояснення у тексті

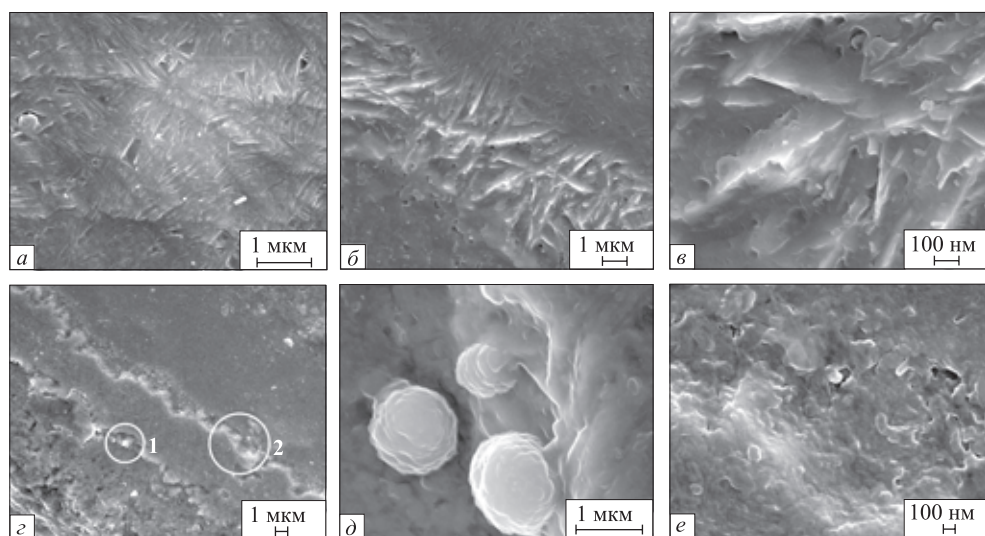
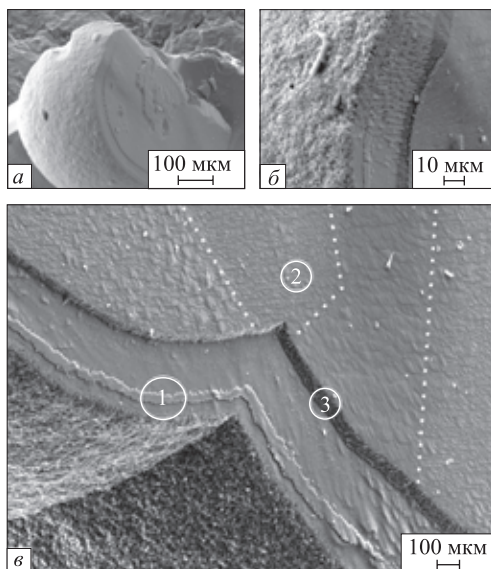


**Рис. 3.** РЕМ-зображення поверхні кварцу із сингенетичними включеннями непрозорого гематиту та відбитками від них:  
*a* — загальний вигляд; *A, B* — включення гематиту; *V і G* — овальної форми відбитки від включень гематиту в кварці; *б—e* — морфологія поверхні вільного росту включення *A* (*a*); *в—e* — вигляд кулькоподібних виділень гематиту за різних збільшень

тина (рис. 1, *a*), а нижня, індукційна, частина складена з плоских кругів або зрізаних конусів (рис. 1, *б*). У поперечному перерізі індукційна частина (рис. 1, *a, г, д*) включень представлена ребрами, що фіксують співвідношення між швидкостями росту включення і кварцу (рис. 2). Прозорі включення просвічують і мають червоний колір (рис. 1, *в*). Обидва види включень представлені немагнітною речовиною, оскільки їхні дрібні уламки не притягуються до сталльної голки. Будова їх пориста, змінюється відповідно до концентричної зональності включень. Нам вдалося позбутись кварцу над поверхнею вільного і сингенетичного росту включень непрозорого гематиту та вивчити їхню поверхню за великих збільшень (рис. 3—5). Відбитки у кварці, що залишилися від поверхонь вільного росту включень гематиту, вказують на: а) осідання на поверхню включення кульок гематиту діаметром 30—40 мкм або складніших утворень (рис. 6, *a*); б) заповнення кварцом порожнин у приповерхневій частині включень. Морфологія таких індивідів кварцу нагадує мікросталактити (рис. 6, *б, в*).

**Рис. 4.** РЕМ-знімки непрозорого сингенетичного вклучення гематиту у кварці (вклучення *Б* на рис. 3, *а*):

*а* — загальний вид: справа — індукційна поверхня сумісного росту гематиту і кварцу; зліва — поверхня вільного росту вклучення; *б* — деталь *а*: межа контакту сингенетичної поверхні вклучення (справа) і поверхні вільного росту (зліва); *в* — деталь *а* — периферійна ділянка сингенетичної поверхні вклучення. Пунктирною лінією розмежовані ділянки, що різняться за величиною реплік віциналей поверхні грані кварцу. Ймовірно, вони фіксують дофінейські двійники кварцу. Збільшені зображення ділянок 1—3 показано на рис. 5



**Рис. 5.** Морфологія виділень гематиту вклучення *Б* (рис. 3, *а*):

*а* — тичкувато-голчасті виділення гематиту на індукційній поверхні (див. ділянку 2, рис. 4, *в*); *б* — кристалики гематиту (див. ділянку 3, рис. 4, *в*); *в* — деталь *б*; *г* — деталь 1 рис. 4, *в*; *д* — деталь ділянки 1 (*г*): індивіди кульової форми утворились, імовірно, внаслідок спірального росту пластинчастих кристаликів гематиту; *е* — деталь ділянки 2 (*г*)

За вмістом  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (тут і надалі у відсотках від маси) непрозорі вклучення гематиту і ті, що просвічують, чітко відрізняються одне від одного. Для перших він змінювався у діапазоні від 93,5 до 96,8, для других — від 8,1 до 72,3. Концентрацію  $\text{SiO}_2$  тут і надалі не наводимо, оскільки вона дорівнює різниці між 100 % і вмістом  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  у точці аналізу. Вміст  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  по зонах непрозорого вклучення (див. рис. 1, *а*) змінюється так: 1 — 97,1; 2 — 95,9; 3 — 97,0; 4 — 96,6; 5 — 96,7; 6 — 96,6; 7 — 95,9; 8 — 95,2; 9 — 95,1; 10 — 95,6; 11 — 95,7; 12 — 94,1; 13 — 94,9; 14 — 95,7; 15 — 96,7.

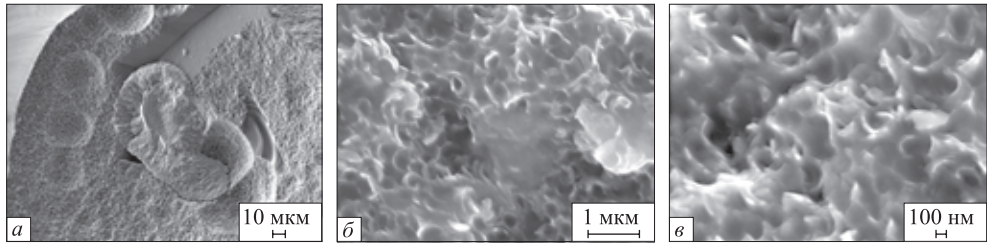


Рис. 6. РЕМ-зображення відбитку  $B$  (див. рис. 3,  $a$ ) від включення гематиту у кварці. Пояснення у тексті

Нижче показано зміну хімічного складу окремих зон включення червоного кольору (див. рис. 1,  $\epsilon$ ). Вміст  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , %: 16 — 20,5; 17 — 58,3; 18 — 8,9; 19 — 74,4; 20 — 14,5; 21 — 39,1; 22 — 15,4; 23 — 47,0. Велика концентрація  $\text{SiO}_2$  у таких включеннях зумовлює прояви різної щільності червоного кольору у концентричних зонах гематиту в кварці.

Рентгенометричний аналіз непрозорих і червоних включень відповідає гематиту та кварцу.

Нормальна швидкість росту сингенетичних утворень гематиту непрозорого і червоного кольору більша за відповідну швидкість росту кварцу в діапазоні  $10 \pm 1$  разів (за Д.П. Григор'євим [5] — відносна швидкість росту). Загальну відносну швидкість нормального росту сингенетичних утворень у кварці визначали за відношеннями  $b/OE$  (ліва частина) або  $b/AE$  (права частина, рис. 2). Включення, розташоване зліва, формувалось так: на грань кварцу потрапив зародок субмікроскопічної величини (точка  $O$ ). Ріст півкулі радіусом  $OA$  відносно кварцу відбувся моментально; такою самою великою швидкістю відзначався ріст утворення радіусом  $\geq OB$ , але  $\leq OC$ . За час росту кварцу потужністю  $a$  і  $\epsilon$  включення виросло відповідно до радіусів  $OC$  і  $OE$ . Розташоване справа включення формувалось дещо по-іншому: на грань кристала кварцу осів зародок у формі кульки радіусом  $OA$ . Час росту кварцу потужністю  $a$  і  $\epsilon$  супроводжувався ростом включення відповідно потужністю  $AC$  і  $AE$ . Відносну швидкість росту включень визначали на перерізах, що проходили через їх центр і були перпендикулярні до площини кварцу, на яку потрапляли зародки майбутніх сингенетичних утворень гематиту. Подібні індукційні сферокристалічні фігури відзначено за одночасного росту настурану і кальциту [6].

До розкривання непрозорих сингенетичних включень гематиту у їхніх порах перебував водний розчин. Іноді від пор відходять невеликі специфічні за формою заліковані тріщини з включеннями водного розчину. Дуже рідко у розкритих включеннях червоного кольору трапляються тріщини усихання, що характерні для утворень, сформованих із гелів.

Крім того, рентгенометричним аналізом вивчали дрібні концентрично-зональні кульки червоного кольору різних відтінків, що траплялись у розкритих порожнинах включень і на поверхні досліджуваного кварцу. У двох випадках вони були представлені рентгеноаморфною речовиною, а в одному — гематитом.

**Флюїдні включення.** Первинні і вторинні включення мінералоутворювального середовища вивчали лише у кварці різновиду  $D$ .

**Первинні включення.** В основі кварцу  $D$ , як і у більшості випадків, починають свій ріст численні первинні трубчасті газові включення  $\text{CO}_2$ -розчину типу  $b$  [18] (рис. 7,  $a$ ,  $b$ ), що за видовженням паралельні осі  $L_3$  кварцу. Їхні

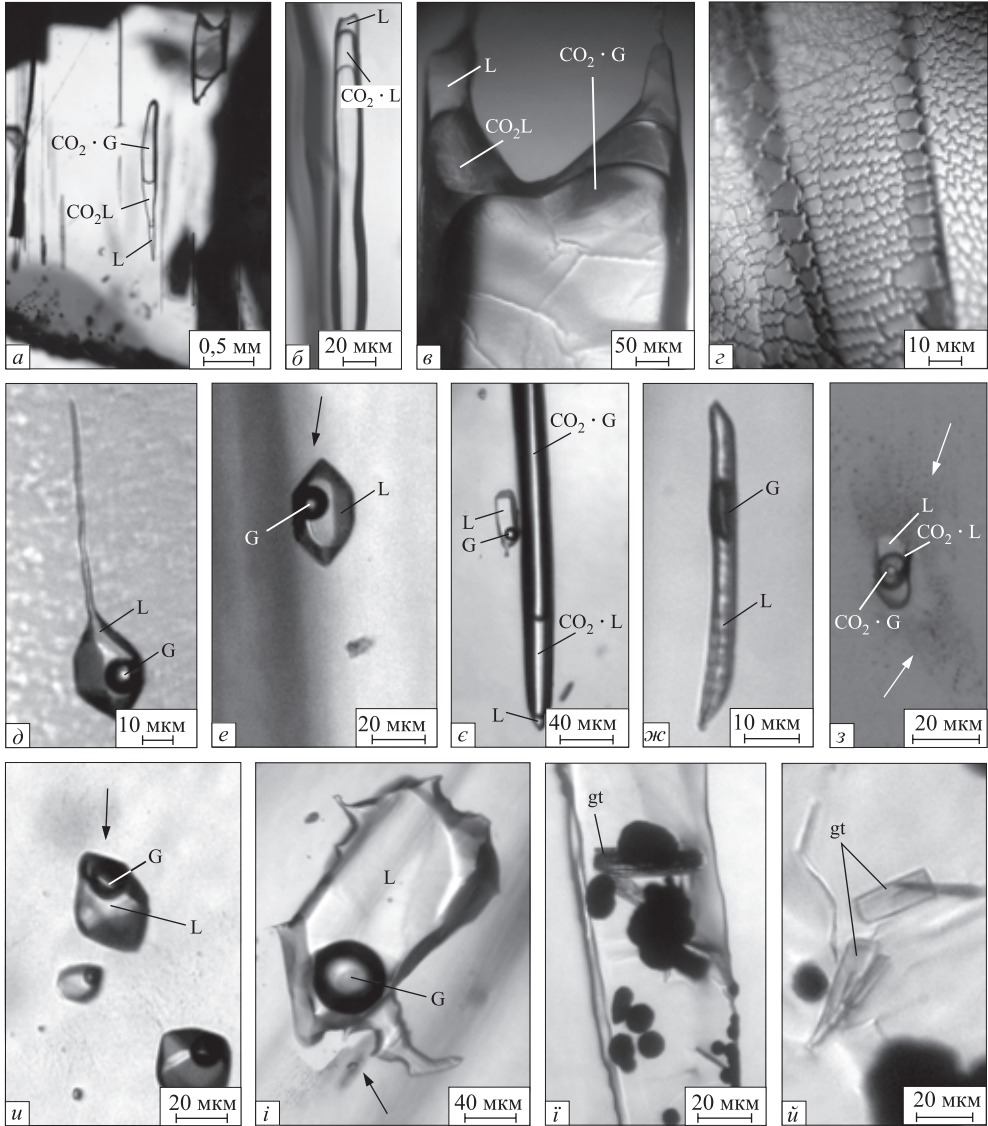


Рис. 7. Первинні (а–з, і, ii) і вторинні (u, i) флюїдні вклучення у кварці Д:

а–з — вклучення типу 6; д–з — типу 7; в, з — “сітчаста” речовина на поверхні вклучення в із фазою  $\text{CO}_2$  ( $\rho = 0,27 \text{ г/см}^3$ ) — деталь а; е — сумісне знаходження вклучень типу 6 і 7; з — вклучення містить рідкий  $\text{CO}_2$  ( $\rho = 0,67 \text{ г/см}^3$ ); і, ii — темні виділення представлені непрозорими оксидами заліза, прозорі — гематитом (gt); L — водний розчин;  $\text{CO}_2 \cdot \text{L}$  — рідкий  $\text{CO}_2$ ;  $\text{CO}_2 \cdot \text{G}$  — газовий  $\text{CO}_2$ ; G — газова фаза. У вклученні з фаза L — не водний розчин. Стрілки вказують на ореоли розтріскування

розміри змінюються у широких межах: і завдовжки, і в поперечному перерізі вони здебільшого вкладаються у межі відповідно 0,05—2,5 і 0,002—0,3 мм. У досліджуваному зразку часто трапляються, що зазвичай є рідкісним явищем, сингенетичні до первинних вклучень з  $\text{CO}_2$ -флюїдом первинні вклучення водного розчину (рідина  $\approx 80$ —85 %) типу 7 [4, 18] (рис. 7, д–ж). Оскільки в момент ізоляції наповнення їх могло бути гетерогенним (у вклученнях типу 6 може бути зазвичай невеликий надлишок водного розчину, а у вклученнях типу 7 — газової  $\text{CO}_2$ -фази), то температури їх гомогенізації можуть дещо пе-

ревищувати дійсні. Тому існують певні труднощі у підборі включень гомогенного захоплення для визначення дійсних значень  $PT$ -параметрів мінералоутворення [10]. У включеннях гомогенного захоплення типу 6 об'єм водного розчину досягає 5 %. Включення, що заповнені водним розчином на 20—60 % об'єму його порожнини, в момент ізоляції, безумовно, були гетерогенними.

Іноді поверхня включень типу 6 покрита плівкою, що розбита системою тріщин (рис. 7, в, з), яка зазвичай сублімується за температури +70—80, а в одному випадку — 178 °С. В ультрафіолетовому промінні сітчаста органічна плівка не люмінесцює. Навколо більших за розмірами включень типу 7 спостерігаються ореоли субмікроскопічних включень, а навколо включень типу 6 вони відсутні.

У водному розчині деяких, здебільшого великих за розмірами включень типу 7 трапляються поодинокі видовжені прозорі кристалики гетиту та численні дрібні (переважно діаметром 0,02—0,03 мм) непрозорі кульки гематиту (червоного кольору у відбитому світлі) (рис. 7, і, й). Останні у вигляді таких самих дрібних виділень виявлені й у кварці у вигляді твердих включень.

Флюїдні включення типу 6 відзначаються такими параметрами: температура гомогенізації газового  $CO_2$ -флюїду ( $T_r CO_2 \cdot G$ ) +21,5—30,0 °С; температура потрійної точки  $CO_2$ -розчину ( $T_{тр} CO_2$ ) від -57,0 до -57,8 °С; густина фази  $CO_2$  ( $\rho$ ) 0,20—0,33 г/см<sup>3</sup>, відповідає густині чистого  $CO_2$  за  $T_r CO_2 \cdot G$ ; температура гомогенізації включень гомогенного захоплення ( $T_p$  в газ) від 220—230 до 278—290 °С.

Мінімальні значення густини  $CO_2$ -розчину стосуються включень типу 6, що розміщені в основі кварцу. Переважають включення з  $T_r CO_2 \cdot G$ , що дорівнює 25,5—28,5 °С ( $\rho = 0,24—0,29$  г/см<sup>3</sup>).

Важливі генетичні наслідки впливають з результатів дослідження розтрісканого включення гетерогенного (?) захоплення (рис. 7, з): температура гомогенізації рідкого  $CO_2$ -флюїду ( $T_r CO_2 \cdot L$ ) +27,2 °С;  $T_{тр} CO_2$  -57,0 °С (?);  $\rho_{CO_2} = 0,67$  г/см<sup>3</sup>, відповідає густині чистого  $CO_2$  за  $T_r CO_2 \cdot L$ ;  $T_p$  в рідину  $\geq 325$  °С.

**Вторинні включення.** Вони відповідають включенням гетерогенного походження і за складом ( $CO_2$ -флюїд + водний розчин) подібні до вмісту первинних включень. Серед них також трапляються включення як гомогенного, так і гетерогенного захоплення  $CO_2$ -флюїду (тип 8) і водного розчину (тип 9). В останніх включеннях крім фази водного розчину іноді близько 15—20 % об'єму займає рідка фаза  $CO_2$ -розчину (за кімнатної температури вона сприймається як газова фаза). Деякі газово-рідкі включення типу 9 виявляються також розтрісканими (рис. 7, и, і). Температура гомогенізації включень 9 досягає 325—330 °С.

**Обговорення результатів дослідження.** Пульсуюче надходження продуктів дегазації основної магми у вигляді потоків  $CO_2$ -флюїду у вадозні води заноришів супроводжувалось його скаламученням. Унаслідок цього на грані кварцу осідав гематит у вигляді субмікроскопічних кристаликів-затравок або кульок діаметром до 0,2 мм (див. рис. 2). У подальшому їх сумісний з кварцом ріст привів до утворень, що за способом формування відповідають конкреціям [13]. Розмірність дрібних фаз, що їх складають, відповідає величині тонкодисперсних або колоїдних часточок ( $10^{-3}—10^{-6}$  мм) [19]. У порох цих конкрецій до їх розкривання був водний розчин: іноді від непрозорих їх скупчень відходять невеликі специфічні за формою заліковані тріщини з включеннями водного розчину. Дуже рідко у поперечному перерізі деяких червоних конкрецій гематиту видно тріщини усихання. Крім того, кульки гематиту і прозорі кристалики

гетиту як ксеногенні фази потрапляють також у первинні вклучення водного розчину (рис. 7, і, й).

Вивчені непрозорі вклучення гематиту, ймовірно, відповідають вклученням гематиту у кварці, що зображені на рис. 3 статті [20]. Назагал у заноришових пегматитах Волині гематит має різні форми виділення [14].

Хімічний і рентгенометричний аналізи вказують, що чорні й червоні вклучення представлені гематитом (можливо, з малою кількістю гетиту) і кварцом, і відрізняються один від одного лише співвідношеннями вмісту  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{SiO}_2$ : у чорних індивідах вміст  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (93,5—96,8) значно більший, у вклученнях червоного кольору вміст  $\text{SiO}_2$  іноді може суттєво переважати вміст  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (8,1—72,3 % маси).

Агрегатний стан  $\text{CO}_2$ -флюїду вклучень типу 6 вказує на агрегатний стан потоків  $\text{CO}_2$ -розчину, що надходили у занориші. Зазвичай у пегматитах центральних ділянок пегматитового поля вклучення типу 6 заповнені газовим  $\text{CO}_2$ -флюїдом. Первинні вклучення цього типу, але заповнені як газовим, так і рідким  $\text{CO}_2$ -розчином, вперше виявили Г.Г. Леммлейн і М.О. Клія [15]. У досліджуваному нами кварці також встановлені первинні вклучення типу 6, що заповнені і газовим (рис. 7, а, б, є), і рідким  $\text{CO}_2$ -розчином (рис. 7, з). Потоки рідкого  $\text{CO}_2$ -флюїду, як і у згаданому випадку [15], проявились також наприкінці росту пізнього кварцу Д.

Температура і флюїдний тиск мінералоутворювальних розчинів визначаються інтенсивністю надходження потоків  $\text{CO}_2$ -розчину. За  $T_f$  первинних вклучень типу 6 і 7 гомогенного захоплення температура кристалізації змінювалась від ~220—230 до 290 °С. Однак температура мінералоутворення наприкінці росту кварцу Д перевищила 325 °С. Це значення відповідає  $T_f$  розтрісканих вклучень, які за температури 325 °С не розтріскуються у термокамері.

Вклучення зазнали експлозивного розтріскування [2]. Розтрісканими виявились лише частина газово-рідких вклучень типу 7 і деякі типу 9. Відсутність ореолів розтріскування навколо вклучень типів 6 і 8 пояснюється істотним перевищенням значень  $dP/dT$  водних розчинів над діоксидвуглецевими (орієнтовно відповідно 1,5 і 0,15—0,20 МПа/°С). Розтріскування вклучень зумовлене температурою, що перевищує  $T_f$  будь-яких розтрісканих вклучень, тобто понад 325 °С. Надходження рідких  $\text{CO}_2$ -флюїдів було короткочасним, оскільки ріст кварцу після цього незабаром завершився. Воно відзначилось і короткочасним підвищенням температури, що спричинило розтріскування вклучень.

Разом з  $\text{CO}_2$ -флюїдом у середовище мінералоутворення потрапляла органічна речовина, яка легко фіксується завдяки “сітчастій” речовині на поверхні вклучень типу 6. Вона, ймовірно, має неоднаковий склад, оскільки характеризується різною температурою сублімації. В одному з вклучень відзначено температурний діапазон, вищий за встановлений раніше (70—80—120 °С) [8]. На повітрі згадана речовина вивірюється (летить) у межах 300—450 °С. В.А. Калюжний у продуктах її возгону поряд з масовими числами, що відповідають водню, азоту, метану, етану та іншим вуглеводням, зафіксував маси в межах 80—115 [18].

Декілька міркувань щодо визначення глибини формування занориша пегматиту під час кристалізації кварцу Д. Багаторазове пульсуюче надходження потоків  $\text{CO}_2$ -флюїду відбувалось у період, коли сітка контракційної тріщинуватості повністю довершила руйнування герметичності заноришів пегматитів і вадозні води заповнили їх. Оскільки у такому разі флюїдний тиск мінералоутворення відповідає гідростатичному [3, 4], глибина формування занориша, що



містив досліджуваний зразок, становила  $\leq 2,0$ — $2,2$  км. Дійсно, у процесі надходження потоків  $\text{CO}_2$ -флюїду його тиск може тимчасово перевищувати гідростатичний ( $P_{\text{гидр}}$ ), тому в загальному випадку визначена глибина формування об'єкта за флюїдним тиском ( $P_{\text{фл}}$ )  $\epsilon \leq P_{\text{фл}} / \Delta P_{\text{гидр}}$ , де градієнт гідростатичного тиску дорівнює  $10$  МПа/км. Температура розтріскування включень гомогенно захоплення перевищує їх  $T_r$  орієнтовно на  $60$ — $70$  °С [3].

**Висновки.** Досліджені напівсферичні концентрично-зональні сингенетичні до кварцу включення гематиту чорного і червоного кольору за способом свого формування відповідають конкреціям. Стосовно кварцу вони росли з різною швидкістю. У якісь періоди їхній ріст відбувався моментально відносно швидкості росту кварцу, іноді ріс лише кварц, трапляються також проміжки часу сумісного росту обох мінералів. Середня відносна швидкість нормального росту включень приблизно у  $10$  разів більша від швидкості росту кварцу. У формуванні досліджуваних сингенетичних включень гематиту і кварцу брали участь колоїдні розчини. Непрозорі включення гематиту від прозорих червоного кольору включень відрізняються різним вмістом у них  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : відповідно  $93,5$ — $96,8$  і  $8,1$ — $72,3$  % маси.

Пульсуюче надходження як газових, так і рідких потоків  $\text{CO}_2$ -флюїду визначало температуру вадозних вод у занориші у період росту кварцу Д. Вона змінювалась у широкому інтервалі: від  $\sim 220$ — $230$  до орієнтовно  $385$ — $395$  °С. Останні цифри на  $60$ — $70$  °С перевищують найбільші із замірених значень  $T_r$  розтрісканих включень. Максимальний і короткочасний прогрів занориша відбувся наприкінці росту кварцу. Відсутність нових надходжень потоків  $\text{CO}_2$ -флюїду швидко понизило температуру мінералоутворення до рівня температури гранітів, в яких перебував пегматит, що містив досліджуваний кварц. З потоками  $\text{CO}_2$ -флюїду у мінералоутворювальну систему потрапляли також високомолекулярні органічні сполуки. Флюїдний тиск переважно становив  $20$ — $22$  МПа. Глибина формування пегматиту в період росту досліджуваного кварцу типу Д становила  $\leq 2,0$ — $2,2$  км (приймається, що атмосферний тиск у той час відповідав  $1 \cdot 10^5$  Па).

*Автори вдячні О.Є. Гречановській і Т.П. Матвєєвій за рентгенометричну діагностику мікрокількостей речовини.*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Возняк Д.К.* Последовательность кристаллизации галенита, касситерита, гематита и сидерита на конечной стадии формирования пегматитовых тел // *Минерал. сб. Львов. ун-та.* — 1968. — № 22, вып. 4. — С. 413—416.
2. *Возняк Д.К.* Мікрровключення та реконструкція умов ендегенного мінералоутворення. — К.: *Наук. думка*, 2007. — 280 с.
3. *Возняк Д.К., Калюжний В.А.* Использование растресканных включений для восстановления РТ-условий мінералообразования (на примере кварца пегматитов Волини) // *Минерал. сб. Львов. ун-та.* — 1970. — № 30, вып. 2. — С. 31—40; 1971. — № 31, вып. 2. — С. 22—30.
4. *Возняк Д.К., Павлишин В.І.* Фізико-хімічні умови формування та особливості локалізації заноришових пегматитів Волині (Український щит) // *Мінерал. журн.* — 2008. — № 30, № 1. — С. 5—20.
5. *Григорьев Д.П.* Онтогенія мінералов. — Львов: *Изд-во Львов. ун-та*, 1961. — 284 с.
6. *Дымков Ю.М., Воробьев В.С., Головатенко Л.Д. и др.* К онтогеніи настурана из U-Мо месторождения // *Новые идеи в генетической минералогии.* — Ленинград: *Наука*, 1983. — С. 66—72.
7. *Калюжная К.М., Калюжный В.А.* К парагенезису акцессорных берилла, фенакита и эвклаза в топазо-морионовых пегматитах // *Минерал. сб. Львов. геол. о-ва.* — 1963. — № 17. — С. 136—147.

8. Калюжний В.А. Новые наблюдения фазовых превращений в жидких включениях // Минерал. сб. Львов. геол. о-ва. — 1956. — № 10. — С. 77—80.
9. Калюжний В.А. Методи вивчення багатofазових включень у мінералах. — К.: Вид-во АН УРСР, 1960. — 168 с.
10. Калюжний В.А. Генетическая информативность глубинных флюидов в минералах (протогетерогенные и расшнурованные включения) // Углерод и его соединения в эндогенных процессах минералообразования (по данным изучения флюидных включений в минералах). — К.: Наук. думка, 1978. — С. 35—50.
11. Калюжний В.А., Йорши З.Й. О рентгенометрическом исследовании микроколичеств минералов // Минерал. сб. Львов. геол. об-ва. — 1962. — № 16. — С. 403—407.
12. Калюжний В.А., Ляхов Ю.В. Включения касситерита и флюорита в кристаллах из пегматитов Волины // Докл. АН СССР. — 1962. — 143, № 5. — С. 1182—1185.
13. Лазаренко Є.К. Курс мінералогії. — К.: Вища шк., 1970. — 600 с.
14. Лазаренко Є.К., Павлишин В.И., Латыш В.Т. Минералогия и генезис камерных пегматитов Волины. — Львов: Вища шк., 1973. — 360 с.
15. Леммлейн Г.Г., Клия М.О. Первичные включения газа в кристаллах // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. — 1961. — Ч. 90, вып. 3. — С. 260—265.
16. Ляхов Ю.В. О сингенетических включениях гетита и гематита в кристаллах кварца из пегматитов Волины // Минерал. сб. Львов. геол. об-ва. — 1963. — № 17. — С. 210—214.
17. Ляхов Ю.В., Пизнюр А.В. О сингенетических твердых включениях в минералах // Там же. — 1964. — № 18, вып. 2. — С. 165—172.
18. Мінералоутворюючі флюїди та парагенезиси мінералів пегматитів заноришевого типу України (рідкі включення, термобарометрія, геохімія) / Під ред. В.А. Калюжного — К.: Наук. думка, 1971. — 216 с.
19. Павлишин В.І., Довгий С.О. Мінералогія. — К.: КНТ, 2008. — 536 с.
20. Дыганов Ю.М. Окислы и гидрокислы железа в пегматитах Волины // Минерал. сб. Львов. геол. об-ва. — 1951. — № 5. — С. 179—186.

Надійшла 03.06.2010

*D.K. Voznyak, S.S. Ostapenko, O.A. Vyshnevskiy, Yu.A. Galaburda*

#### THE SYNGENETIC HEMISPHERICAL CONCENTRICALLY-ZONAL INCLUSIONS OF HEMATITE IN THE VOLYNIAN QUARTZ CHAMBER PEGMATITE

For the first time it is investigated that in the Volynian chamber pegmatites the concentrically zonal hemispherical hematite inclusions (up to 0.5—0.7 mm) were growing simultaneously with late quartz. As to the way of formation they correspond to the concretions. The relative speed of inclusions formation in hematite varied widely. Average rate of the growth was  $10 \pm 1$  times greater than the inclusion rate of quartz growth. During the growth two types of inclusions were formed, which significantly differ in the content of  $Fe_2O_3$ : 94.1—97.1 % of the mass in the opaque; 8.9—74.4 % of the mass in the transparent. The studied formations consist of hematite beads predominantly 300—100 nm in size. They grew in a heterogeneous system (aqueous solution +  $CO_2$  phase (mainly gas) with the high-molecular organic compounds). The growth temperature was usually 220—230 °C and pressure — 20—22 MPa.

*Д.К. Возняк, С.С. Остапенко, А.А. Вишневский, Ю.А. Галабурда*

#### СИНГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОЛУСФЕРИЧЕСКИЕ КОНЦЕНТРИЧЕСКИ-ЗОНАЛЬНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ ГЕМАТИТА В КВАРЦЕ ЗАНОРЫШЕВЫХ ПЕГМАТИТОВ ВОЛИНЫ

Впервые установлено, что в камерных пегматитах Волины концентрически-зональные полусферические включения гематита (до 0,5—0,7 мм) росли одновременно с поздним кварцем. По способу образования они соответствуют конкрециям. Относительная скорость образования включений гематита изменяется в широких пределах. Средняя скорость роста включений в  $10 \pm 1$  раз превышала скорость роста кварца. Во время роста образовались два типа включений, которые значительно различаются по содержанию  $Fe_2O_3$ : 94,1—97,1 % массы в непрозрачных; 8,9—74,4 % массы в прозрачных. Изученные образования состоят из глобул гематита размером преимущественно 300—100 нм. Они росли в гетерогенной системе (водный раствор +  $CO_2$ -фаза (преимущественно газ) с высокомолекулярными органическими соединениями). Температура роста обычно составляла 220—230 °C, давление — 20—22 МПа.