

УДК 548.5 : 54-44

Д.К. Возняк, В.М. Бельський, С.С. Остапенко

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
03680, м. Київ-142, Україна, пр. Акад. Палладіна, 34
E-mail: voznyak@igmof.gov.ua

ІНДИКАТОРНЕ ЗНАЧЕННЯ ВТОРИННИХ ФЛЮЇДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ З ПРОМІЖНОЮ МІНЕРАЛЬНОЮ ФАЗОЮ У КВАРЦІ

У кварці Майського родовища золота (Голованівська шовна зона), апоскарнового кварциту сподумен-петалітового родовища Надія (Кіровоградський мегаблок Українського щита), U-Th-REE-родовища Діброва (Приазовський мегаблок Українського щита) вперше встановлені включення незвичного вигляду. Ці геологічні об'єкти мають спільну рису — в їх формуванні брали участь високотермобаричні потоки CO₂-флюїду. Незвичні включення мають характерну будову: їхні вершини завжди вкриті тонкою пластинкою самородного золота, самородного бісмуту або піротину (одна знахідка). Оскільки зазначені фази розташовані між кварцом і основним вмістом включення, вони названі проміжною фазою. Форма і розміри поперечного перерізу включень відповідають формі і розмірам проміжної фази. Ця особливість будови включень вказує на те, що розплав проникав у включення лише завдяки проміжній фазі. Формування включень з проміжною фазою відбувається внаслідок виникнення кварцового розплаву за екстремальних значень *PT*-параметрів на контакті кварцу з проміжною фазою. Розплав витісняється у кварц, ущільнюючи його. Імовірно, існує якась значення тиску, нижче від якого витискування кварцового розплаву у мінерал стає неможливим. Об'єм кварцу, що у вигляді кварцового розплаву був витрачений на ущільнення кварцу, дорівнює об'єму включення. Такий спосіб утворення включень виявлено вперше. Включення, що утворилися за допомогою проміжної фази, мають індикаторне значення. Виявлення їх вказує, що геологічні об'єкти, в яких вони зафіксовані, сформувалися за участю високотермобаричних флюїдних потоків.

Передмова. Є.К. Лазаренко активно сприяв інтенсивному розвитку в АН УРСР досліджень флюїдних включень у мінералах, зокрема, створивши відділ регіональної та генетичної мінералогії в Інституті геохімії і фізики мінералів АН УРСР (нині Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України). Дослідження включень мінералоутворювального середовища у мінералах як ефективний засіб реконструкції умов формування різних геологічних об'єктів і нині є одним із основних наукових напрямків роботи відділу. Під час дослідницьких робіт були виявлені незвичні утворення, опис механізму формування яких складає основу даного повідомлення.

Вступ. Мінералоутворювальний флюїд (газ, рідина, розплав) потрапляє до кристала у про-

цесі утворення первинних і вторинних включень [5, 6]. Первинні формуються лише в процесі росту кристала. Їх основною ознакою є те, що флюїд включення контактує з зоною або перебуває у тій зоні, у зростанні якої він брав участь. Вторинні включення утворюються й одночасно з ростом кристала і після, при цьому флюїд потрапляє до кристала по тріщинах. Такі включення мають назву ранньо- і пізньовторинні [5]. У цій статті значення інших термінів, що стосуються включень, подаються за Г.Г. Леммлейном і В.А. Калюжним [5, 6].

Нижче описано новий механізм проникнення флюїду у тверде тіло кристала, внаслідок чого формуються утворення, що належать до вторинних включень — за часом формування вони молодші за речовину кристала, що їх вміщує. Відомо, що вторинні включення потрапляють у кристал по тріщинах. Описаний тут новий механізм утворення вторинних включень полягає у формуванні включень но-

вого генетичного типу за допомогою проміжної фази. Таке проникнення флюїду в кристал відбувається за екстремальних *PT*-параметрів мінералоутворення.

Об'єкт і предмет дослідження. Включення, що утворилися за новим способом проникнення розплаву до кристала кварцу, встановлені на Майському золоторудному родовищі (Голованівська шовна зона Українського щита (УЩ)) [4], в апоскарнових кварцитах сподуменпеталітового родовища Надія (Кіровоградський мегаблок УЩ) [3], на REE-U-Th родовищі Діброва (Приазовський мегаблок УЩ).

Зразки з родовища Діброва люб'язно надали В.О. Сьомка і С.М. Бондаренко. Зазначені геологічні об'єкти об'єднує спільна риса — в їх формуванні брали участь високотермобаричні потоки CO_2 -флюїду [1, 2].

Форма і кількість включень. Вони видовжені, витягнуті переважно в одному напрямку, більш-менш прямі, іноді складної форми (рис. 1–3). Численні видовжені включення приурочені до залікованих тріщин навколо материнських включень золота у кварці Майського родовища. Вони розташовані зазвичай по обидва боки від тріщин (рис. 1, *a, b*). Пере-

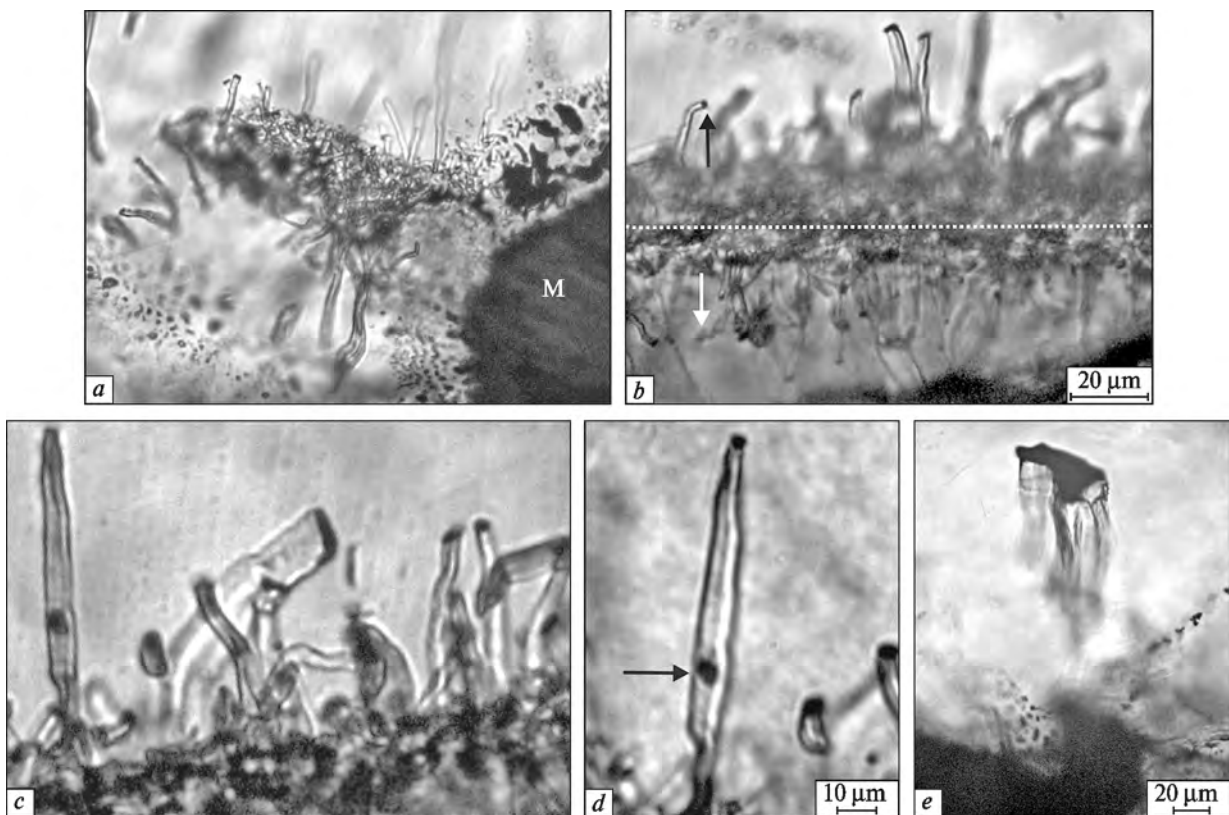


Рис. 1. Форма і розташування флюїдних включень, вершини яких вкриті тонкими пластинками золота (темні ділянки), у кварці Майського родовища золота: *a–d* — вміст включень представлений силікатним склом; *e* — кальцитом (*a, b* — численні включення, розташовані по обидва боки від залікованих тріщин навколо материнських включень золота, де *M* — частина материнського включення; пунктирна лінія — поперечний переріз залікованої тріщини; стрілками позначено напрямок росту включень з проміжною фазою, *c, e* — заокруглена форма пластинок золота, *d* — зменшення поперечного перерізу включень у процесі його формування зумовлено "втратою" частини проміжної фази (показана стрілкою), *e* — складна форма поперечного перерізу кальциту, зумовлена формою і розміром проміжної фази). Оптичний мікроскоп, прохідне світло

Fig. 1. The shape and the location of the fluid inclusions which tops are covered with thin plates of gold (dark areas) from Mayske gold deposits quartz: *a–d* — the content of the inclusions represented by the silica glass; *e* — calcite (numerous inclusions that are located on both sides of the healed cracks around the parent gold inclusions. *M* — part of the parent inclusion, dotted line — the cross-section of the healed crack, arrows indicate the direction of growth of the inclusions with the intermediate phase, *c, e* — the rounded form of the gold plates, *d* — the reduction of cross section of inclusions in the process of its formation is determined by the "loss" of the intermediate phase (indicated by the arrow), and *e* — the complex form of cross-section calcite caused by shape and size of the intermediate phase). Optical microscope, transmitted light

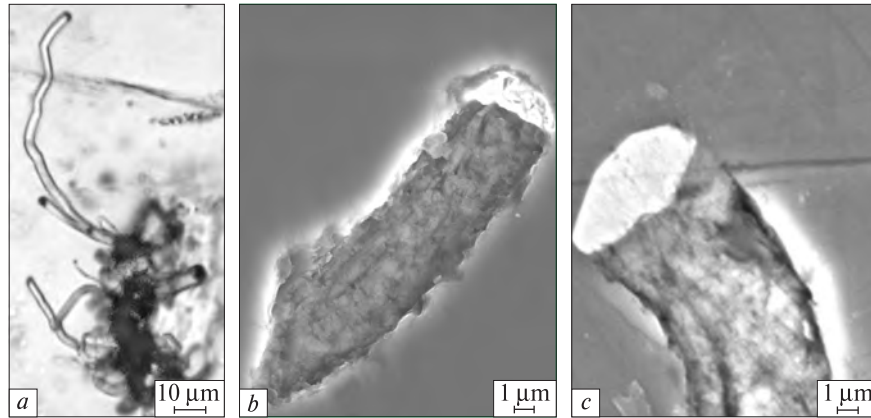


Рис. 2. Форма включень силікатного скла з проміжною фазою у кварці апоскарнового кварциту родовища Надія: *a* — загальний вигляд включень, вершини яких вкриті самородним бісмутом. Оптичний мікроскоп, прохідне світло; *b, c* — деталі будови включень, вершини яких вкриті, відповідно, самородним бісмутом і піротином (білі ділянки на вершинах включень), растрове електронно-мікроскопічне зображення, сканувальний мікроскоп JSV-6700F (JEOL, Японія)

Fig. 2. The form of inclusions of the silica glass with an intermediate phase in quartz of the aposkarn quartzite from Nadia deposit: *a* — the general view of the silica glass inclusions which tops are covered with native bismuth. Optical microscope, transmitted light; *b, c* — parts of the inclusions structure which tops are covered with native bismuth and pirrotine, correspondingly (white areas on the tops of the inclusions), scanning electron microscopy images, scanning microscope JSV-6700F (JEOL, Japan)

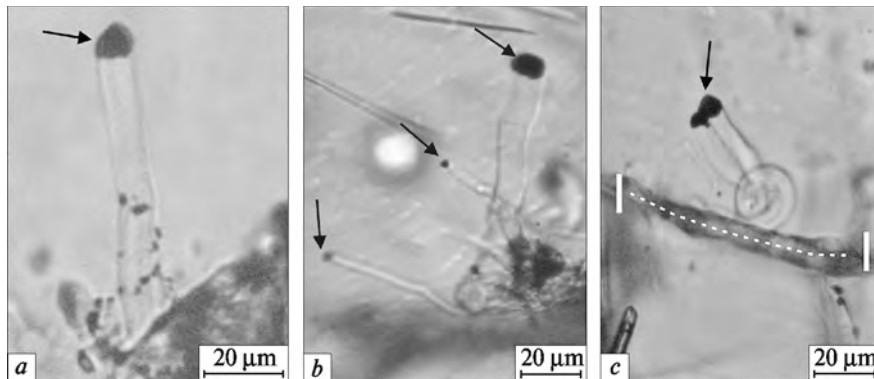


Рис. 3. Форма утворень силікатного скла з проміжною фазою у кварці REE-U-Th родовища Діброва (св. 74, гл. 171,3 м); поодинокі (*a, c*) й численні (*b*) утворення з проміжною фазою (позначена стрілками); I—I — тріщина (позначена пунктиром) розкристалізованого скла, з якої починали свій ріст утворення з проміжною фазою. Оптичний мікроскоп, прохідне світло

Fig. 3. The form of silica glass structures with an intermediate phase in quartz REE-U-Th of Dibrova deposit (borehole 74, depth 171.3 m). Single (*a, c*) and multiple (*b*) formations with the intermediate phase (indicated by arrows). I—I — crack (indicated by dotted line) glass, from which the growth of the formation with the intermediate phase started. Optical microscope, transmitted light

важно трапляються скупчення включень з проміжною фазою, поодинокі включення властиві кварцу родовища Діброва (рис. 3, *a, c*).

Будова, розміри, вміст і розташування включень у кристали. Включення мають характерну будову: вершини видовжених включень завжди вкриті тонкою пластинкою речовини, що не просвічує у прохідному світлі й має різний склад. Оскільки ця фаза розташована між кварцом і прозорою речовиною включення,

то вона отримала назву *проміжної фази*. Її хімічний склад різний. Наповнення більшості включень представлено прозорою, безбарвною, оптично ізотропною речовиною, показник заломлення якої більший за показник кварцу. Вона, найімовірніше, відповідає силікатному склу. У включеннях воно не суцільне, а пористе, іноді зональне (рис. 2, *b, c*). В одному випадку встановлено включення кальциту складної у поперечнику форми, підкрес-

леної розташуванням проміжної фази — пластинки золота (рис. 1, е). Довжина включень у кварці Майського родовища змінюється від 20 до 180 мкм (переважно 50—60), а в поперечнику — від 2 до 5, іноді 9—12 мкм. У кварці апоскарнових кварцитів родовища Надія довжина включень становить від 40—70 (переважно) до 120 мкм (поодинокі випадки), а в поперечному перерізі — (4—10) × (5—13) мкм.

Довжина включень у кварці родовища Діброва зазвичай складає до 50—100 мкм, а у поперечнику — від 2—5 до 10 (переважно), зрідка до 20 мкм. Довші індивіди включення переважно тонші за короткі.

Незалежно від розташування залікованих тріщин навколо розтрісканих включень золота у монокристалічних зернах прозорого кварцу Майського родовища видовжені включен-

Таблиця 1. Хімічний склад скла видовжених індивідів, вершини яких вкриті пластинками золота (1—6), і включень скла у залікованих тріщинах (7—9) у кварці Майського родовища золота (св. 6451, гл. 135, 9 м)

Table 1. Chemical composition of glass of the elongated individuals which tops are covered with the plates of gold (1—6), and glass inclusions in the healed cracks (7—9) in the quartz from Mayske gold deposit (borehole 6451, depth 135.9 m)

Компонент	Номер аналізу								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	33,33	34,27	45,60	43,34	33,74	36,65	34,53	44,80	33,05
Al ₂ O ₃	17,53	17,77	14,48	14,42	17,12	16,83	17,38	12,94	17,79
FeO	36,98	36,68	34,93	33,71	37,38	36,83	36,55	34,35	39,48
MgO	12,16	11,28	4,99	8,53	11,76	9,69	11,54	7,91	9,68
Сума	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Таблиця 2. Хімічний склад карбонату видовженого включення, зображеного на рис. 1, б (1—5), вершина якого вкрита пластинкою золота, і вторинних включень (6—10) у кварці Майського родовища золота (св. 6451, гл. 135, 9 м)

Table 2. Chemical composition of carbonate elongated inclusion (1—5), which tops are covered with the gold plate, and the carbonate secondary inclusions (6—10) in the quartz from Mayske gold deposit (borehole 6451, depth 135.9 m)

Компонент	Номер аналізу									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ca	46,11	46,26	44,04	44,29	46,07	44,69	44,64	7,33	3,54	5,29
Fe	—	—	—	—	—	—	—	47,52	38,44	44,05
Mg	—	—	—	—	—	—	—	7,76	2,78	3,85
Mn	—	—	—	—	—	—	—	2,1	9,35	—
C	10,05	10,01	10,38	11,21	9,71	10,36	9,53	13,05	9,08	9,35
O	43,39	43,73	45,58	44,5	44,22	44,95	45,83	22,25	36,81	37,45
Сума	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Таблиця 3. Хімічний склад силікатного скла включень, вершини яких вкриті пластинками Бі (1—7) і сульфїду заліза (8), з кварцу апоскарнового кварциту літїєвого пегматиту родовища Надія

Table 3. Chemical composition of the silica glass inclusions which tops are covered with the plates of Bi (1—7) and the iron sulfide (8). The quartz is from aposkarn quartzite of lithium pegmatite from Nadiya deposit

Компонент	Номер аналізу							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	a/7	a/2	a/1	a/3	a/3	a/5	a/2	a/3
SiO ₂	34,57	34,07	47,63	32,41	40,05	32,68	33,03	33,20
Al ₂ O ₃	17,52	18,35	11,10	16,67	17,86	17,47	17,79	17,44
FeO	35,85	34,86	34,37	40,56	29,74	37,98	36,08	37,83
MgO	12,06	12,72	6,90	10,36	12,35	11,87	13,10	11,53
Сума	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Примітка. a/n — середнє арифметичне з n-аналізів.

Note: a/n is the arithmetic mean of n-analyses

ня часто субпаралельні між собою і до оптичної осі кристала. Розташовуються вони як з однієї, так і, що важливо підкреслити, по обидва боки тріщини. Іноді форма видовжених включень більш складна, а напрямок росту може змінюватися навіть на протилежний (рис. 2, *a*; рис. 3, *c*).

Форма, розміри, хімічний склад проміжної фази. Проміжна фаза для включень у кварці Майського золоторудного родовища представлена тонкими (~1–2 мкм) пластинками золота 992 проби; у кварці апоскарнового кварциту родовища Надія — самородним бісмутом і піротином (один випадок), товщина яких дещо більша (2–4 мкм), у кварці рідкісноземельно-уран-торієвого родовища Діброва товщина проміжної фази ще більша — від 2–5 до 10 мкм. Форма і розміри проміжної фази зазвичай відповідають формі і розмірам поперечного перерізу включень силікатного скла й кальциту (включення формувалося із карбонатного розплаву). Таким чином, форма і розміри поперечного перерізу включення в процесі проникнення розплаву в кварц визначені проміжною фазою.

Хімічний склад включень. Слабо розкristалізоване силікатне скло встановлено у включеннях у кварці родовищ Майське, Надія, Діброва; карбонат (кальцит) — у Майському родовищі. За хімічним складом силікатного скла включень родовища Майське і Надія близькі (табл. 1–3).

PT-параметри і механізм формування включень. Для опису даного явища проникнення розплаву у кварц ми застосовуємо не лише термін "включення", але й "утворення", оскільки в останньому випадку речовина, яка потрапила до кварцу за допомогою проміжної фази, може бути не повністю ізольованою з усіх боків у кристалі (принаймні це можна припустити). Такі утворення часто трапляються у кварці родовища Діброва (рис. 3, *c*).

Формування включень з проміжною фазою за участю високотермобаричних потоків CO₂-флюїду однозначно можна реконструювати за результатами вивчення розтрісканих включень золота у кварці Майського родовища. Виявилось, що ці включення: приурочені виключно до залікованих тріщин навколо розтрісканих включень золота; мають характерну будову: їхні вершини завжди вкриті проміжною фазою — тонкою пластинкою самородного золота; за своїм вмістом вони відповіда-

ють силікатній речовині (найімовірніше, слабо розкristалізованому склу) й карбонату (один випадок). За хімічним складом вони ідентичні силікатним і карбонатним включенням із залікованих тріщин навколо розтрісканих включень золота; зазвичай за формою і розмірами поперечного перерізу відповідають формі й розмірам проміжної фази. Якщо частина проміжної фази в процесі формування включення втрачається (рідкісні випадки), то у подальшому поперечний переріз включення зменшується відповідно до нової форми проміжної фази (рис. 1, *d*).

Ці спостереження дають підставу стверджувати, що:

1. Проникнення силікатного розплаву у кварц відбувається за участю потоків CO₂-флюїду, що мають високі як для гідротермального золоторудного родовища значення *PT*-параметрів. Їхні характеристики відзначаються високою достовірністю та точністю: максимальне значення перевищує температуру плавлення самородного золота Майського родовища й складає ≥(1112 °C, 820 МПа) [1]. Температура кальцитового розплаву включення також була високою. У присутності CO₂ за тиску 500 бар кальцит плавиться приблизно за температури 1240 °C [10], а за тиску 1025 атм — 1339 °C [7–9].

2. Силікатний і кальцитовий розплави, що сформували видовжені включення, проникали у кристал кварцу лише через проміжну фазу (самородного золота). Вторинні включення скла і кальциту без проміжної фази залишаються у площині залікованої тріщини навколо розтрісканих включень золота.

3. Пластинки золота як проміжні фази адгезійно прилипають до кварцу, оскільки вони незалежно від розташування включень у кварці, як правило, перебувають на їхніх вершинах. У протилежному випадку речовина проміжної фази не змогла б утриматися на вершині включення, оскільки густина речовини проміжної фази (Au — 19,32; Ві — 9,75; піротин — 4,60 г/см³) значно більша за густину розплаву (~2,7... 3,0 г/см³) включення. Між проміжною фазою і кварцом у процесі формування включень, найімовірніше, існує плівка кварцового розплаву, яка виникає за високих значень *PT*-параметрів CO₂-флюїду. Очевидно, що для виникнення цієї плівки розплаву необхідні екстремальні умови мінералоутворення.

Наведені вище висновки загалом справедливі і для родовищ Надія й Діброва (відмін-

ності не є суттєвими). *PT*-параметри CO_2 -флюїду, що брав участь у формуванні цих родовищ, такі: максимальні значення для першого родовища дорівнюють $\geq(1180^\circ\text{C}, 870\text{ МПа})$ [1], для другого — $\geq(1000\text{—}1100^\circ\text{C}, 720\text{—}760\text{ МПа})$. Величина флюїдного тиску CO_2 -розчину перевищує літостатичний тиск порід. CO_2 -флюїд за складом відповідає продуктам дегазації основної/ультраосновної магми, осередок якої розташований на глибині $\geq 41 \pm \pm 6\text{ км}$ (Майське родовище золота), $\geq 44\text{ км}$ (апоскарнові кварцити родовища Надія), $\geq 36\text{—}38\text{ км}$ (U-Th-REE-родовище Діброва).

Ознаки, що вказують на агрегатний стан проміжної фази в період формування включень, ґрунтуються на їх формі: 1 — заокруглені контури самородного бісмуту (рис. 2, *b*) свідчать, що протягом всього процесу проникнення розплаву до кварцу Ві перебував у рідкому стані, оскільки за тиску 1 атм $T_{\text{пл}}$ Ві становить $271,4^\circ\text{C}$, а *PT*-параметри утворення включень значно вищі за неї; 2 — подібні заокруглення золота деяких індивідів (рис. 1, *c*, *e*) також вказують на його рідкий стан під час формування включень; 3 — прямолінійні обриси "загубленої" у процесі росту частини золота включення вказують на її твердий стан (рис. 1, *d*). Якщо температура силікатного розплаву включення була б вищою за $T_{\text{пл}}$ Au, то ця частина золота неодмінно набула би форму кулі; 4 — прямолінійні контури сульфїду заліза вказують, що на завершальному етапі формування включення проміжна фаза була твердою речовиною (рис. 2, *c*). Отже, агрегатний стан проміжної фази у період проникнення розплаву до кварцу змінювався таким чином: самородний бісмут протягом всього часу формування включень був розплавом; золото на початковій стадії — розплавом, на завершальній — твердою речовиною; сульфїд заліза на завершальній стадії — мінеральна фаза.

У процесі формування включень лише за екстремально високих значень *PT*-параметрів флюїдного потоку між проміжною фазою і кварцом виникає кварцовий розплав. Проте питання утворення включень із проміжною фазою не можна розв'язати без обґрунтування механізму його винесення із зони генерації, тобто з контакту "кварц — проміжна фаза".

Раніше помилково вважали, що можливе видалення кварцового розплаву в напрямку, протилежному напрямкові руху включення [3, 4]. Гідравлічний тиск CO_2 -флюїду, якого за-

знає розплав включення, не дозволить кварцовому розплаву таким чином покинути зону генерації. Якщо розплав не буде винесений, то нові порції речовини кварцу не зможуть плавитись, тобто просування включення у кварці стане неможливим. Імовірно, існує якийсь мінімальне значення тиску, нижче від якого кварцовий розплав не може видалитись із зони свого зародження.

Тому, на нашу думку, єдиним способом проникнення мінералоутворювального розплаву за допомогою проміжної фази до кварцу є ущільнення його речовини навколо включення шляхом надходження до неї кварцового розплаву. Загальний об'єм кварцу, що розплавився на контактї з проміжною фазою, дорівнює об'єму включення. Якщо збільшити густину кварцу, що оточує включення, лише на 1 %, тобто на $0,026\text{ г/см}^3$, в об'ємі, радіус якого лише у п'ятеро перевищує діаметр включення, то вільного об'єму, що утвориться, буде достатньо для формування включення. У діапазоні значень *PT*-параметрів формування включень кварцовий розплав може потрапити у кварц, імовірно, по дефектах різного типу, структурних каналах, субмікроскопічних тріщинах. Однак вирішення цього питання потребує спеціального дослідження.

Висновки. 1. Флюїдні включення із проміжною фазою за генетичним типом належать до вторинних.

2. *PT*-параметри високотермобаричного потоку CO_2 -флюїду забезпечують: утворення на контактї кварцу і проміжної фази півки кварцового розплаву; вилучення кварцового розплаву із зони генерації.

3. Видалення кварцу у вигляді кварцового розплаву зі шляху руху включення з проміжною фазою відбувається в результаті витискування його у зону речовини, що оточує включення. Збільшення густини кварцу лише на 1 % у об'ємі, радіус якого лише в п'ять разів перевищує діаметр включення, забезпечить вивільнення об'єму, необхідного для формування включень з проміжною фазою. Об'єм кварцу, що був на контактї з проміжною фазою переведений у кварцовий розплав, дорівнює об'єму включення.

4. Включення, що утворились завдяки проміжній фазі, мають індикаторне значення: геологічні об'єкти, в яких вони були виявлені, формувалися за участі високотермобаричних флюїдних потоків (найімовірніше, CO_2 -розчину).

ЛІТЕРАТУРА

1. *Возняк Д.К.* Мікрровключення та реконструкція умов ендегенного мінералоутворення. — К. : Наук. думка, 2007. — 280 с.
2. *Возняк Д.К., Бондаренко С.М., Сьомка В.О.* Прояви високотермобаричних потоків рідкого CO₂ при формуванні Майського родовища золота // Доп. НАН України. — 2000. — № 7. — С. 131—134.
3. *Возняк Д.К., Вишневский А.А., Остапенко С.С., Бондаренко С.Н.* Об условиях проникновения силикатного расплава в кварц апоскарнового кварцита сподумен-петалитового месторождения Надия (Украинский щит) // VI Междунар. симп. "Минералогические музеи" (17—20 июня 2008 г., Санкт-Петербург, Россия). — СПб., 2008. — С. 172—174.
4. *Возняк Д.К., Остапенко С.С., Вишневский А.А., Бондаренко С.Н.* Необычные образования силикатного стекла и кальцита вокруг взорванных включений золота в кварце Майского месторождения золота (Украинский щит) // XIII Всерос. конф. по термобарогеохимии совместно с IV симп. *APIFIS* (22—25 сент. 2008 г., Москва, ИГЕМ РАН). — М., 2008. — С. 85—89.
5. *Калюжний В.А.* Методи вивчення багатозафазових включень у мінералах. — К. : Вид-во АН УРСР, 1960. — 168 с.
6. *Леммлейн Г.Г.* Классификация жидких включений в минералах // Зап. ВМО. — 1959. — 88, № 2. — С. 137—143.
7. *Смит Гордон Ф.* Физическая геохимия. — М. : Недра, 1968. — 476 с.
8. *Уилли П.Дж.* Проблема образования карбонатитов в свете экспериментальных данных. Возникновение и дифференциация карбонатитовой магмы // Карбонатиты. — М. : Мир, 1964. — С. 265—300.
9. *Kraček F.C.* Melting and transformation temperatures of mineral and allied substances // Handbook of Phys. Consts. — 1942. — P. 139—174. — (Geol. Soc. Amer. Spec. Paper 36).
10. *Wyllie P.J., Tuttle O.F.* The system CaO—CO₂—H₂O and the origin of carbonatites // J. Petrol. — 1960. — 1. — P. 1—96.

Надійшла 23.04.2012

Д.К. Возняк, В.Н. Бельский, С.С. Остапенко

ИНДИКАТОРНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ С ПРОМЕЖУТОЧНОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ФАЗОЙ В КВАРЦЕ

В кварце Майского месторождения золота (Голованевская шовная зона), апоскарнового кварцита сподумен-петалитового месторождения Надия (Кировоградский мегаблок Украинского щита), U-Th-REE месторождения Диброва (Приазовский мегаблок Украинского щита) впервые установлены включения необычного вида. Указанные геологические объекты имеют общую черту: в их образовании принимали участие высокотермобарические потоки CO₂-флюида. Необычные включения имеют характерное строение — их вершины всегда покрыты тонкой пластин-

кой самородного золота, самородного висмута либо пирротина (одна находка). Поскольку указанные фазы расположены между кварцем и основным содержанием включений, они названы промежуточной фазой. Форма и размеры поперечного сечения включений соответствуют форме и размерам промежуточной фазы. Эта особенность строения включений указывает на то, что расплав проникает во включения лишь благодаря промежуточной фазе. Образование включений с промежуточной фазой происходит вследствие формирования кварцевого расплава при экстремальных значениях *PT*-параметров на контакте кварца с промежуточной фазой. Расплав вытесняется в кварц, уплотняя его. Вероятно, существует определенное значение давления, ниже которого становится невозможным вытеснение кварцевого расплава в минерал. Объем кварца, который в виде кварцевого расплава использовался на уплотнение минерала, равен объему включения. Такой способ образования включений установлен впервые. Включения, образовавшиеся благодаря промежуточной фазе, имеют индикаторное значение. Обнаружение их указывает на то, что содержащие их геологические объекты сформировались при участии высокотермобарических флюидных потоков.

D.K. Voznyak, V.M. Belskyi, S.S. Ostapenko

INDICATOR VALUE OF THE SECOND FLUID INCLUSIONS WITH INTERMEDIATE MINERAL PHASE IN QUARTZ

The inclusions of unusual kind have been first established in the Mayske quartz gold deposits (Golovanevsk suture zone), quartzite aposkarn spodumene-petalite deposit Nadia (Kirovohrad megablock, the Ukrainian Shield), U-Th-REE Dibrova field (Peri-Azov megablock, the Ukrainian Shield). These geological objects have one common feature: highly thermobaric flows of CO₂-fluid took part in their formation. The unusual inclusions have the characteristic structure: the tops of the inclusions are always covered by a thin plate of either native gold, or native bismuth, or pyrrhotine (a single finding). Since these phases were between quartz and inclusion content, they were called the intermediate phase. The shape and dimensions of cross section of inclusions correspond to shape and size of the intermediate phase. This feature of the structure of inclusions indicates that melt penetrated quartz only with participation of the intermediate phase. Formation of inclusions of the intermediate phase is as follows. The quartz melt is formed on the quartz contact with the intermediate phase under the extreme values of *PT*-parameters. The melt penetrates into the quartz and compacts it. Presumably, there is some pressure value below which the quartz melt embossing into mineral becomes impossible. The quartz melt volume spent for the mineral compacting, is equal to the volume of the inclusion. This way of the inclusion formation is established for the first time. The inclusions formed via the intermediate phase have a indicators value because geological objects, where they were found, had been formed with participation of high-thermobaric fluid flows.