

УДК 553.495+553.493:548.4(477.42)

## УМОВИ ФОРМУВАННЯ REE-U-Th РОДОВИЩА ДІБРОВА (УКРАЇНСЬКИЙ ШИТ) ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВКЛЮЧЕНЬ CO<sub>2</sub> ГОМОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ

**В. Бельський**

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України,  
просп. акад. Палладіна, 34, 03680 Київ, Україна  
E-mail: belskiy\_ym@ukr.net*

У кварці вторинних кварцитів родовища Діброва ми виявили первинні включення рідкого CO<sub>2</sub>-розчину, що “прилипають” до видовжено-призматичних (голчастих) утворень силіманіту. Їхня густина становить 0,82–0,87 г/см<sup>3</sup>, що відповідає густині чистого CO<sub>2</sub> за температури гомогенізації включень у рідку фазу 19,8 та 16,5 °С, відповідно. Через труднощі, пов’язані з малим розміром включень, температуру потрібної точки їхнього вмісту визначено орієнтовно з похибкою 0,5 °С; вона становить –57,3 °С. Умови росту силіманіту у кварці вторинних кварцитів родовища Діброва відповідають умовам захоплення CO<sub>2</sub> флюїду. Вони більші або дорівнюють *PT*-параметрам точки перетину ізохор CO<sub>2</sub> густиною 0,82 і 0,87 г/см<sup>3</sup> з межею поля силіманіту на діаграмі стану системи андалузит–силіманіт–кіаніт, що становлять  $\geq 400$  °С та  $\geq 205$  МПа.

*Ключові слова:* включення, *PT*-параметри мінералоутворення, кварц, вторинний кварцит, Український щит.

Відтворення *PT*-параметрів утворення родовищ у метаморфічних породах докембрію Українського щита за флюїдними включеннями – складне завдання. Його трудність полягає в тому, що в мінералах таких порід за флюїдними включеннями гомогенного походження вдається достатньо точно визначити лише склад і густину флюїду (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> та їхні суміші), тобто з’ясувати ізохору на *PT*-діаграмі системи відповідного складу. Щоб скористатися *PT*-параметрами визначених ізохор, необхідно незалежно отримати значення температури або тиску [1].

Геоструктурно TR-U-Th родовище Діброва розташоване в північній частині Вовчанського тектонічного блока, у зоні зчленування блока з Дніпровсько-Донецькою западиною. За даними В. Кичурчака, родовище приурочене до північного гранітного купола однойменної брахісінкліналі. Цей купол витягнутий у субмеридіальному напрямі й має розмір 300 × 400 м. Вмісними для нього є метаморфічні породи кайнулацької товщі палеоархею. Саме у північному екзоконтакті цього купола локалізоване рідкісноземельно-уран-торієве родовище. Унаслідок кристалізації гранітної магми в екзоконтакті купола утворилися кільцеві розломи, що їх заповнили пегматити й апліти. На постмагматичному етапі внаслідок процесів грейзенізації по пегматитах утворилися вторинні кварцити, у яких і виявлено контрастне REE-U-Th зруденіння [2].

Уперше газиво-рідкі включення у кварці слабо змінених пегматитів і вторинних кварцитів родовища Діброва вивчила й описала О. Мельникова [2] (взірці керна зі свердловини (св.) 69, глибина 570,2 м; св. 70, глибина 320,5 м). У кварці вторинних кварцитів виявлено вторинні включення водного розчину та рідкого  $\text{CO}_2$ -флюїду, густина яких становить, відповідно, 0,731 і 0,688 г/см<sup>3</sup>. Температура гомогенізації включень водного розчину гомогенного захоплення – 345, 330, 240 і 190 °С.

Наша мета – визначити *PT*-параметри мінералоутворення за флюїдними включеннями. Їхні точні значення звичайно відтворюють за сингенетичними включеннями гомогенного захоплення двох різних фаз (газові компоненти ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  та ін.) + водний розчин або розплав) гетерогенної мінералоутворювальної системи [3]. Знахідки таких включень рідкісні, вони є ознакою точних значень *PT*-параметрів гетерогенного флюїду.

У кварці вторинних кварцитів родовища Діброва (св. 74, гл. 171,3 м) ми виявили первинні включення рідкого  $\text{CO}_2$ -розчину, що мають дещо більше генетичне навантаження. Ці включення “прилипають” до видовжено-призматичних (голчастих) утворень силіманіту (рис. 1) й дають змогу визначити мінімальні значення *PT*-параметрів утворення кварц-силіманітової породи (у праці [2] вона відповідає зоні вторинних кварцитів). Діагностика включень силіманіту у кварці підтверджена мікрорентгенометричним аналізом [4].

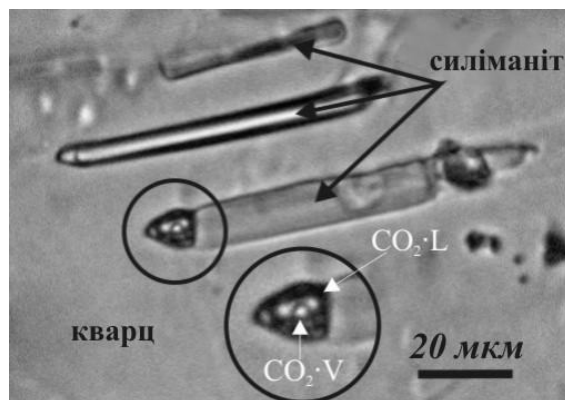


Рис. 1. Первинні включення рідкого  $\text{CO}_2$ -розчину, що “прилипають” до видовжено-призматичних (голчастих) виділень силіманіту.

Реконструювання *PT*-параметрів консервації включень, захоплених із гомогенної системи гідротермальних флюїдів, методично набагато складніше. Температура й тиск моменту гомогенізації включення гомогенного походження відповідають мінімальним *PT*-параметрам його захоплення, що менші за умови мінералоутворення [3]. Єдиного способу визначення справжніх значень *PT*-параметрів мінералоутворення за такими включеннями нема. Проте в його основі є обґрунтований вибір (знаходження) на ізохорі вмісту включення точки, що відповідає *PT*-параметрам мінералоутворення. Рідкісні випадки вирішення такого завдання, як і наш випадок, заслуговують на окреме обговорення [1].

Оскільки температура гомогенізації включень, що прилипають до виділень силіманіту у кварці, відбувається в рідку фазу й становить 19,8 і 16,5 ( $\pm 0,2$ ) °С, а температура потрійної точки орієнтовно дорівнює  $-57,3 (\pm 0,5)$  °С, то вміст включень представлений

рідким  $\text{CO}_2$ , густина якого –  $0,82\text{--}0,87\text{ г/см}^3$ . Ці значення відповідають густині чистого  $\text{CO}_2$  за температури гомогенізації включень у рідку фазу, за [6] (рис. 2).

Дослідження проводили на криоустановці в лабораторії відділу регіональної та генетичної мінералогії ІГМР НАН України імені М. П. Семененка. Різниця приблизно в  $1\text{ }^\circ\text{C}$  між потрійними точками вмісту включення і чистого  $\text{CO}_2$  спричинена наявністю у  $\text{CO}_2$ -розчині включення незначних домішок (імовірно,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ). Включення  $\text{CO}_2$  контактують з голчастим кристалом силіманіту (зазвичай, на його вершині), тому “прилипання” рідкого  $\text{CO}_2$ -флюїду відбулося під час його росту. Така знахідка дає змогу визначити мінімальні  $PT$ -параметри консервації цих включень, а отже, і умов кристалізації силіманіту в кварці. Вони дорівнюють або більші від  $PT$ -параметрів точки перетину ізохор  $\text{CO}_2$  густиною  $0,82$  та  $0,87\text{ г/см}^3$  з межею ділянки існування силіманіту на діаграмі стану системи андалузит–силіманіт–кіаніт і становлять  $\geq 400\text{--}420\text{ }^\circ\text{C}$  та  $\geq 220\text{--}240\text{ МПа}$  (рис. 3).

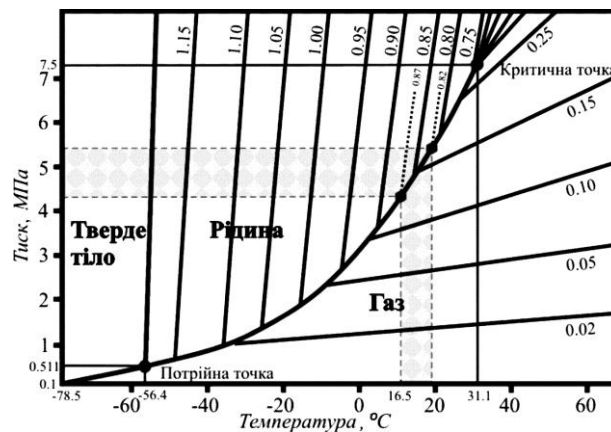


Рис. 2. Низькотемпературна ділянка  $PT$ -діаграми системи  $\text{CO}_2$  (за [6]) з експериментально визначеними точками гомогенізації включень  $\text{CO}_2$ .

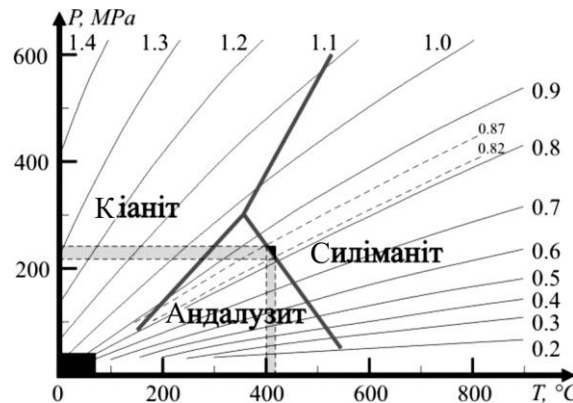


Рис. 3. Перетин ізохор  $\text{CO}_2$  з діаграмою стану системи андалузит–силіманіт–кіаніт.

Високі  $PT$ -параметри  $\text{CO}_2$ -флюїду, який брав участь у формуванні родовища Діброва, засвідчують, найімовірніше, відповідність продуктам дегазації магми основного-ультра-

основного складу, оскільки лише в мінералах основних та ультраосновних порід виявлено первинні включення рідкого CO<sub>2</sub>-розчину. Іноді скло включень в олівіні й піроксені цих порід уміщує найбільшу кількість CO<sub>2</sub> (від 1,029 до 2,4 % від маси) [5].

Магматичні розплави основного-ультраосновного складу можуть постачати у верхні горизонти земної кори величезні маси продуктів її дегазації у вигляді рідких розчинів CO<sub>2</sub>. Спрямування їх у порівняно невеликі об'єми тріщинуватих порід тектонічних порушень може суттєво змінити їхній склад і збагатити метасоматично змінені породи рудними компонентами. Зазначимо, що про реакційні властивості рідкого CO<sub>2</sub>-флюїду та його здатність транспортувати рудні елементи відомо ще дуже мало.

Отже, потоки CO<sub>2</sub>-флюїду брали участь у метасоматичній зміні тріщинуватих порід родовища Діброва. Ці потоки надходили у мінералоутворювальне середовище родовища по зонах тектонічних порушень. Завдяки їм у систему мінералоутворення потрапляли, імовірно, U, Th та інші елементи. Крім того, за наявності CO<sub>2</sub> у водному розчині існують HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> та CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, які сприяють міграції урану й торію, що надалі могли осаджуватись на геохімічних бар'єрах.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Возняк Д. К. Мікровключення та реконструкція умов ендегенного мінералоутворення / Д. К. Возняк. – К. : Наук. думка, 2007. – 280 с.
2. Дибровское редкоземельно-уран-ториевое месторождение в Приазовском мегаблоке Украинского щита / В. А. Сёмка, А. Н. Пономаренко, С. Н. Бондаренко [и др.] // Геохимия та рудоутворення. – 2010. – № 28. – С. 48–76.
3. Калюжный В. А. Методи вивчення багатофазових включень у мінералах / В. А. Калюжный. – К. : Вид-во АН УРСР, 1960. – 168 с.
4. Калюжный В. А. О рентгенометрическом исследовании микроколичеств минералов / В. А. Калюжный, З. И. Йорыш // Минерал. сб. – 1962. – № 16. – С. 403–407.
5. Концентрация летучих (H<sub>2</sub>O, Cl, F, S, CO<sub>2</sub>) в магматических расплавах различных динамических обстановок / В. Б. Наумов, В. И. Коваленко, В. В. Ярмолюк, В. А. Дорофеева // Геохимия. – 2000. – № 5. – С. 555–564.
6. Реддер Э. Флюидные включения в минералах : [В 2 т.] / Э. Реддер. – М. : Мир, 1987. – Т. 1. – 558 с.; Т. 2. – 632 с.

*Стаття: надійшла до редакції 11.05.2012  
прийнята до друку 29.05.2012*

## FORMING CONDITIONS OF REE-U-Th DIBROVA DEPOSIT (UKRAINIAN SHIELD) ON THE RESULTS OF HOMOGENEOUS ORIGIN CO<sub>2</sub> INCLUSIONS RESEARCH

V. Belskyi

*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU,  
34, Acad. Palladin Av., 03680 Kyiv, Ukraine  
E-mail: belskyi\_vm@ukr.net*

We have found the initial inclusions of CO<sub>2</sub> liquid solution that “stick” to needle-shaped sillimanite crystals in quartz of secondary quartzites of Dibrova deposit (Ukrainian Shield). Their density varies from 0,82 to 0,85 g/cm<sup>3</sup>. These values correspond to the density of pure CO<sub>2</sub> at the temperature of inclusions homogenization of 19,8 and 16,5 °C in the liquid phase. Due to the small size of inclusions the triple point temperature of the contents was identified approximately with an error of 0,5 °C and in total comprised 57,3 °C. Growth conditions of sillimanite in quartz of Dibrova deposit secondary quartzites are greater than or equal to *PT*-parameters of intersection point of CO<sub>2</sub> density isochors 0,82 and 0,87 g/cm<sup>3</sup> with a border of sillimanite field in the diagram of the system andalusite–sillimanite–kyanite, which are ≥ 400 °C and ≥ 205 MPa.

*Key words:* inclusion, *PT*-parameters of minerogenesis, quartz, secondary quartzite, Ukrainian Shield.

## УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ REE-U-Th МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДИБРОВА (УКРАИНСКИЙ ЩИТ) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЯ ВКЛЮЧЕНИЙ СО<sub>2</sub> ГОМОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

В. Бельский

*Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н. П. Семеновко НАНУ,  
просп. акад. Палладина, 34, 03680 Киев, Украина  
E-mail: belskyi\_vm@ukr.net*

В кварце вторичных кварцитов REE-U-Th месторождения Диброва (Украинский щит) исследовано первичные включения жидкого СО<sub>2</sub>-раствора, которые “прилипают” к игольчатым выделениям силлиманита. Их плотность – 0,82–0,85 г/см<sup>3</sup>, что соответствует плотности чистого СО<sub>2</sub> при *T*<sub>гом</sub> включений в жидкую фазу 19,8 и 16,5 °C, соответственно. В связи с трудностями, обусловленными малым размером включений, температуру тройной точки содержимого включений определили ориентировочно с погрешностью 0,5 °C, она составляет –57,3 °C. Условия роста силлиманита в кварце соответствуют условиям консервации СО<sub>2</sub>-флюида. Они больше или равны *PT*-параметрам точки пересечения изохор СО<sub>2</sub> плотностью 0,82 и 0,87 г/см<sup>3</sup> с границей поля силлиманита на диаграмме состояния системы андалузит–силлиманит–кианит, которые составляют ≥ 400 °C и ≥ 205 МПа.

*Ключевые слова:* включение, *PT*-параметры минералообразования, кварц, вторичный кварцит, Украинский щит.