

Д.К. Возняк, О.О. Крамар, В.М. Бельський

ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»

НОВІ ВИЗНАЧАЛЬНІ ОЗНАКИ ГЕНЕЗИСУ УРАН-ТОРІЙ-РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНОГО ЗРУДЕНІННЯ НА ПРИАЗОВЬСЬКОМУ МЕГАБЛОЦІ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Подано коротку структурно-петрологічну характеристику Дібровського U-Th-REE родовища, що локалізоване на Вовчанському виступі Приазовського мегаблоку. Розглянуто генезис зруденіння як такого, що виник під впливом формування поліхронного глибинного Девладівського розлому в результаті надходження рудних флюїдів з глибини та регенерації первісного зруденіння в уламково-осадовому комплексі порід Дібровської світи. Підставою для таких висновків були вперше виявлені в рудах незвичні високотермобаричні включення CO₂ флюїдів.

Дібровське уран-торій-рідкісноземельне родовище локалізоване на Вовчанському виступі в північно-західній частині Приазовського мегаблоку. Зруденіння у вигляді трьох паралельних зон (шарів) з крутим падінням локалізоване в товщі метаморфічних кварцитів, утворених за рахунок шаруватої товщі псамітів, гравелітів, пісковиків та конгломератів, що залягають на розмитій поверхні гранітів і мігматитів Шевченківського комплексу. Внаслідок глибокої регенерації кварцитів ступінь окатаності уламків важко встановлюється.

Рудоносні кварцити складають нижню підсвіту дібровської світи західно-приазовської серії порід і перекриваються залізистими кварцитами верхньої підсвіти [7]. Вік порід дібровської світи — палеопротерозой (2400–2250 млн. років), а підстилаючих мезоархейських гранітоїдів — понад 2800 млн. років [5]. Саме за рахунок руйнації цих гранітоїдів і перевідкладання уламкового матеріалу, на думку дослідників родовища [6,7,8], і сформувались прибережно-осадові поліхронні багатошарові розсипи, первісно збагачені рідкісноземельними елементами, торієм і, в деякій мірі, ураном, пов'язаними з гранітоїдними уламками монацита (чераліта). В палеопротерозой зім'ята раніше в брахіскладку ділянка розсипу була порушена Дібровською північною гілкою глибинної субширотної Девладівської зони розломів. Північна частина складки в результаті тектонічних рухів була втягнута в процеси багатоетапного динамометаморфізму, в результаті чого шарувата неоднорідна теригенно-осадова товща порід була поставлена на «голову» (з падінням, близьким до вертикального) і насичена пошаровими субпаралельними розривними порушеннями, складеними брекчованими, розсланцьованими, катаклазованими, іноді мілонітованими і будинованими поліхронними тектонітами. Найбільш поширені катаклазити по брекчіям і розсланцьованим породам з пізньою накладеною тріщинуватістю. Потужність окремих швів Дібровського розлому сягає кількох десятків метрів.

Формування потужної Девладівської зони розломів призвело до прояву динамометаморфізму, появи метаморфічних кварцитів, виникнення проникних глибинних структур і надходження в «забруднені» рудними компонентами породи дібровської світи пульсуючих потоків рудних флюїдів, що в сумарному результаті призвело до збагачення первісних концентрацій, в першу чергу ураном, з формуванням уранової мінералізації і виникнення промислового комплексного уран-торій-рідкісноземельного зруденіння регенованого типу.

Проведені нами лабораторні термобарогеохімічні дослідження вперше показали, що у формуванні U-Th-REE родовища Діброва брали участь високотермобаричні потоки CO₂-флюїду. На території Українського щита (УЩ) вони проявили себе на багатьох геологічних об'єктах. Дія цих флюїдних потоків зафіксована у становленні Майського родовища золота (Голованівська шовна зона), Полохівського петалітового родовища (Інгільський мегаблок), північних ділянок Володарськ-Волинського пегматитового поля (Волинський мегаблок). На Майському родовищі вони викликали плавлення включень високопробного золота у кварці й утворення включень гетерогенного захоплення (рідкий CO₂ + золото),

а на Полохівському — розтріскування і плавлення включень піротину у кварці й консервацію включень гетерогенного захоплення рідкого CO_2 і сульфідів заліза [3]. Температура консервації включень складала $\geq (1112-1180)^\circ\text{C}$ (тобто $\geq T_{\text{пл}}$ — самородного золота й піротину), а флюїдний тиск — $\geq (520-870)$ МПа [1]. У заноришових пегматитах Волині потоки CO_2 -флюїду сформували так званий стільниковидний кварц [2]. Окрім того, на перших двох об'єктах утворилися ще й незвичні флюїдні включення, специфічні й за будовою, і за способом формування. Своєрідність будови включень полягає в тому, що на їх вершинах **завжди** розташована проміжна фаза (або золото високої проби, або самородний вісмут, або сульфід заліза) [4]. Оскільки вона перебуває між кварцом (мінерал-господар) і речовиною включення, то названа **проміжною фазою**. Величина і форма проміжної фази зазвичай точно відповідають і формі, й поперечному перерізу речовини включення. З цього випливає, що проміжна фаза є необхідною ланкою для виникнення таких включень.

Лише високі значення температури і тиску CO_2 -флюїду забезпечують можливість проникнення розплаву у кварц за участю проміжної фази. Механізм незвичного утворення цих вторинних включень такий: а) за високих значень температури на контакті кварцу й проміжної фази виникає кварцовий розплав; б) флюїдний тиск витискає утворений кварцовий розплав у кварц. Імовірно, існує якесь мінімальне значення тиску, нижче якого кварцовий розплав не зможе видалятись із зони свого зародження. Таким чином, виникнення цих включень можливе лише за умови існування розплаву (силікатного або карбонатного) на контакті з проміжною фазою і відповідних, тобто високих, значень і температури, і флюїдного тиску. У кінцевому результаті маса витисненого у мінерал-господар кварцового розплаву визначається об'ємом кварцу, що займає зараз речовина включення. Вона представлена слабо розкристалізованим силікатним склом (Майське родовище золота, сподумен-петалітове родовище Надія) або кальцитом (Майське родовище) [4].

Рідкісноземельно-уран-торієве родовище Діброва — третій, після родовищ Майського й Полохівського, на УЩ об'єкт, на якому були встановлені ці своєрідні вторинні флюїдні утворення (рис. 1). Якщо у процесі проникнення розплаву у кварц проміжна фаза не змінювала своєї форми, що зазвичай трапляється, то поперечний переріз трубчастих виділень був незмінним, і флюїдне включення набувало трубчастої форми з постійним поперечним перерізом, що відповідав формі проміжної фази (рис. 1, а-є). Конічну форму воно набуває, імовірно, у випадку поступового розчинення проміжної фази у розплаві в процесі його формування (рис. 1, ж). Такі конічні утворення виявлені вперше.

Більшість незвичних утворень з проміжною фазою починають свій ріст від тріщини І-ІІ (рис. 1, д-є), виповнених частково розкристалізованим склом.

В процесі формування вторинних кварцитів мінералоутворювальна система була переважно представлена водним розчином і фазою CO_2 (рідка, газова). Її гетерогенний стан дозволяє визначати одночасно й температуру, і розрахувати флюїдний тиск консервації включень. У такому випадку температура гомогенізації ($T_{\text{г}}$) вторинних включень водного розчину гомогенного захоплення у кварці (св. 74, гл. 171,3 м), що складає 230–235, 240–245 $^\circ\text{C}$, дорівнює температурі консервації включень. За сингенетичними до них включеннями рідкого CO_2 густиною 0,80 г/см³ розраховано, що флюїдний тиск мінералоутворювальної системи дорівнюватиме близько 110 МПа. Характерно, що $T_{\text{г}}$ включень рідкого розчину CO_2 в одній залікованій тріщині дещо змінюється: від +16 до +18, від +18 до +20 $^\circ\text{C}$. Така зміна густини CO_2 -флюїду в межах $0,80 \pm 0,01$ г/см³ вказує, на наш погляд, на деяку зміну тиску CO_2 -флюїду, що надходив у вигляді окремої фази у водний розчин середовища мінералоутворення протягом невеликого часу заліковування тріщин у кварці. Близькі значення $T_{\text{г}}$ водних газопо-рідких включень і густин CO_2 -розчину (0,731 і 0,688 г/см³) включень, отримані в роботі [10].

Виявлені ще інші включення CO_2 -флюїду у кварці, реконструкція умов захоплення яких деталізує спосіб формування родовища. По-перше, на вершині голчастих кристалів силіманіту у кварці зафіксовано первинні включення рідкого CO_2 -флюїду густиною 0,82–0,87 г/см³. Такий факт дозволяє визначити вищі параметри потоків CO_2 -флюїду, що брав участь у становленні родовища Діброва [11].

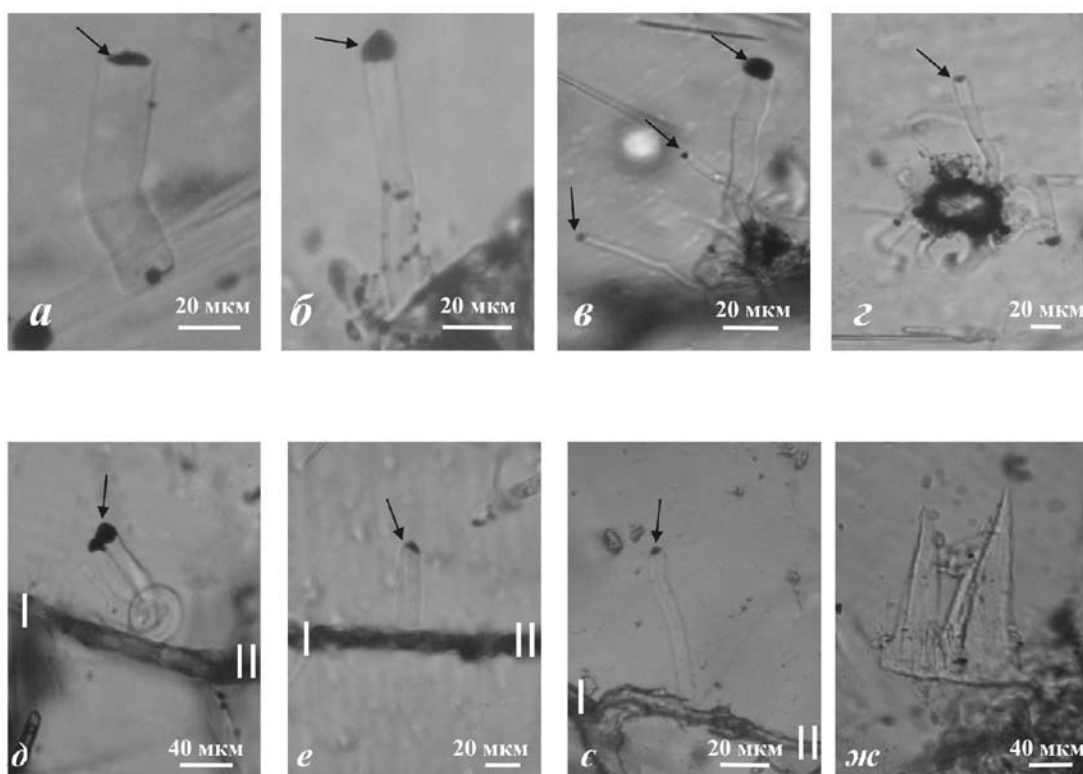


Рис. 1. Форма трубчастих виділень, вміст яких у вигляді розплаву проникав у кварц за участю проміжної фази (показано стрілками). Трапляються як поодинокі утворення (а, б, є, є), так і численні (в, г, д, ж). I—II — заповнені частково розкристалізованим склом (?) тріщини, від яких починають свій шлях незвичні новоутворення (д-є). Св. 74, гл. 171,3 м. Прохідне світло, ніколі паралельні.

По-друге, у кварці (св. 74, гл. 171,3 м) виявлено включення CO_2 — флюїду гомогенного походження (у відсутності включення водного розчину), густини яких дорівнюють $1,0 \text{ г/см}^3$ (температури гомогенізації у рідку фазу дорівнюють $-14,7 \pm 0,2$, а $T_{\text{п.т.}} = -57,0 \pm 0,20^\circ\text{C}$). Найімовірніше, встановлені включення відповідають CO_2 — флюїду рідких високо термобаричних потоків, що брали участь в утворенні трубчастих утворень з проміжною фазою на Дібровському родовищі (рис. 1). Нагадаємо, що близькі значення густини CO_2 ($\sim 1,0 \text{ г/см}^3$) встановлено для інших об'єктів на УЩ, де проявилася дія високотермобаричних потоків CO_2 — флюїду [3,4,9].

У процесі нагрівання трубчатих утворень з проміжною фазою (рис. 2) близько $400\text{--}450^\circ\text{C}$ відбулося потемніння їх вмісту внаслідок окислення, імовірно, заліза. До максимальної температури нагрівання, що досягала 1100°C , плавлення їх вмісту не спостерігалось. Передбачається (за аналогією до вже досліджених [4]), що вперше виявлені на родовищі незвичні утворення з проміжною фазою формувалися за допомогою розплаву і високих температур. Навіть за умови, що їх консервація відбувалася за участю рідкого CO_2 — флюїду густиною 1 г/см^3 , за температури $1000\text{--}1100^\circ\text{C}$, то флюїдний тиск потоку рідкого розчину CO_2 складав $\sim (720\text{--}760) \text{ МПа}$.

Сингенетичні включення водного розчину і рідкого CO_2 у кварці (св. 74, гл. 171,3 м) не зазнали розтріскування. Ці спостереження вказують на більш раннє проявлення високотермобаричних потоків CO_2 — флюїду, за участі яких сформувалися досліджувані незвичні утворення з проміжною фазою. У протилежному випадку, беручи до уваги дуже великі значення РТ-параметрів цих потоків, включення гетерогенного походження водного розчину й рідкого CO_2 — флюїду неодмінно розтріскалися б.

Оскільки первинні включення рідкого CO_2 встановлені лише у мінералах основних і ультраосновних порід, то потоки CO_2 — флюїду, найімовірніше, являються продуктами дегазації основної або ультраосновної магми.

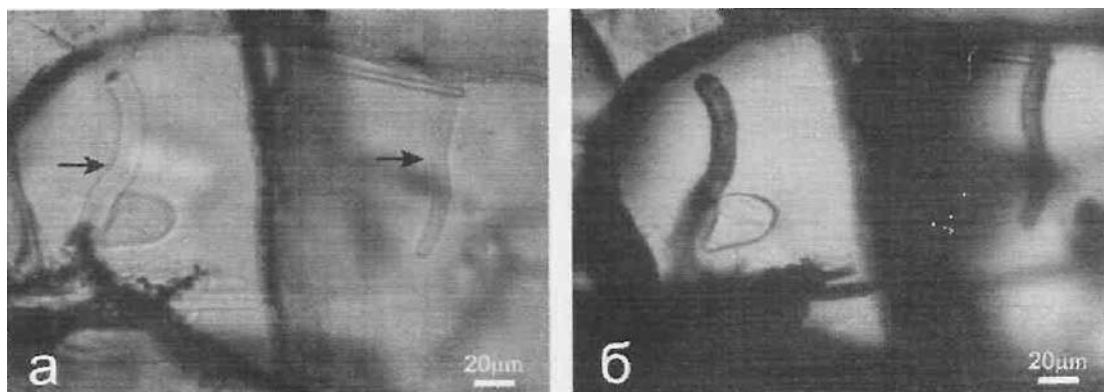


Рис. 2. Вигляд виділень трубчастої форми (показано стрілками) у кварці (св.74, гл.171,3 м) до нагрівання (а) і після нагрівання до 1100°C (б). Прохідне світло. Ніколі паралельні

Оцінити глибину (H) магматичного осередку, тиск продуктів дегазації якого спочатку дорівнював літостатичному, за флюїдним тиском ($P_{фл}$), що визначений за флюїдними включеннями CO_2 у кварці із родовища (св. 74, гл. 171,3 м), не просто. За умови, що густина CO_2 -флюїду незалежно від глибини була постійною і дорівнювала $1,0 \text{ г/см}^3$, глибину її надходження можна оцінити за рівнянням [1]:

$$H = P_{фл} [\text{МПа}] / (\Delta P_l - \Delta P_{г\text{ідр}}) [\text{МПа}],$$

де $P_{фл}$ — тиск CO_2 -флюїду, встановлений за включеннями; $\Delta P_l = 30 \text{ МПа/км}$, $\Delta P_{г\text{ідр}} = 10 \text{ МПа/км}$ — градієнти відповідно літостатичного й гідростатичного тисків (густина породи $3,0 \text{ г/см}^3$, густина CO_2 -флюїду включень — $1,0 \text{ г/см}^3$). Виходячи зі значення тиску $\sim (720-760) \text{ МПа}$ глибина, з якої надходили потоки CO_2 -флюїди, складала орієнтовно 36-38 км.

Слід наголосити, що зафіксовані зміни порід, зумовлені високотермо-баричними (!) флюїдними потоками, поширені локально. Надходження глибинних продуктів дегазації магматичних осередків у вигляді флюїдних потоків по окремих тріщинах Девладівської зони глибинних розломів були тривалими, пульсаційними і переважно не відзначалися дуже високими значеннями РТ-параметрів, безумовно, вони брали участь у формуванні рідкісноземельно-уран-торієвого родовища «Діброва».

Наявність голчастих кристалів силіманіту у кварці, до яких «поприлипали» первинні включення рідкого CO_2 -флюїду густиною $0,82-0,87 \text{ г/см}^3$, дозволяє визначити мінімальні значення РТ-параметрів їх захоплення. Вони дорівнюють $\geq (440-420) ^\circ\text{C}$ і $\geq (220-240) \text{ МПа}$ [11].

Таким чином, аналіз і поєднання основних факторів формування і локалізації зруденіння Дібровського родовища (структурно-літологічного, мінералогічного, тектонічного, термобарогеохімічного, геохронологічного та ін.) дає наукову підставу вважати його поліхронно-полігенним, а генетичний тип руд регенованим, обумовленим накладенням на древнє осадово-розсипне зруденіння багатоактного дислокаційного метаморфізму і пов'язаного з ним пульсаційного надходження високобаричних глибинних флюїдів.

1. Возняк Д.К. Мікровключення та реконструкція умов ендегенного мінералоутворення. К: Наукова думка, 2007. — 280 с
2. Возняк Д.К., Галабурда Ю.А., Черныш Д. С. О генезисе сотовидного кварца //Кварц. Кремнезем. Материалы Междунар. Семинара. ~ Сыктывкар: Геопринт, 2004. - 70-72.
3. Возняк Д.К., Глеваський Є.Б., Крамар О.О., Павлишин В.І. Про походження високотермобаричних потоків рідкого CO_2 -флюїду і пов'язаного з ними ендегенного мінералоутворення (на прикладі центральної частини Українського щита) //Геохімія та екологія. — 2006. — Вип. 12. — С. 53-62.
4. Возняк Д.К., Остапенко С. С, Вишневецький О.А., Бондаренко С.М. Про ефект проникнення мінералоутворювального флюїду в кристал за участю фази каталізатора //Доповіді НАН України. — 2009. - № 4. —С. 113 — 117.
5. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (схема та пояснювальна записка). Київ: УкрДГРІ, 2004.
6. Крамар О.А. Геодинамическая обстановка, структурно-петрологические условия формирования и локализации Дибровского уран-ториевого рудопроявления //Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Особенности развития минерально-сырьевой базы урана Украины, его добыча и обогащение». Киев. -2009.- С.70-75.

7. Крамар О.А. Новые генетические типы уранового и уран-ториевого оруденения на Ингульском и Приазовском мегаблоках Украинского щита. // В кн. Стратегические минеральные ресурсы Украины для ядерной энергетики. Под ред. Е.А. Кулиша. Киев.-2010.- С.232-267.
8. Лысенко А.Ю., Зыков Е.А., Фалькович А.Л. и др. Дибровское редкоземельно-торий-урановое месторождение на Украинском щите. // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Особенности развития минерально-сырьевой базы урана Украины, его добыча и обогащение». Киев.-2009.- С.83-86.
9. Остапенко Г.Т. Термодинамика негидростатических систем и ее применение в теории метаморфизма. Киев: Наук, думка, 1977, 239 с.
10. Сёмка В.А., Пономаренко А.Н., Бондаренко С.Н., Донской Н.А., Шумлянский Л.В., Мельникова Е.Е., Сёмка Л.В. Дибровское редкоземельно-уран-ториевое месторождение в Приазовском мегаблоке Украинского щита // Геохімія та рудоутворення. Збірник наукових праць. Вип. 28, 2010. - С. 48-76.
11. Belskyy V., Voznyak D. Inclusions of CO₂ homogenous origin used for the reconstruction of conditions of the REE-U-Th Dibrova deposit (Ukrainian Shield) // 3rd Students International Conference. Abstracts, Lviv, Ukraine, April 27-30, 2012. — P. 66-67.

Д.К. Возняк, О.А. Крамар, В.М. Бельский. НОВЫЕ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРИЗНАКИ ГЕНЕЗИСА УРАН-ТОРИЙ-РЕДКОЗЕМЕЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ДИБРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ПРИАЗОВСКОМ МЕГАБЛОКЕ

Представлена краткая структурно-петрологическая характеристика Дибровского уран-торий-редкоземельного месторождения, локализованного на Вовчанском выступе Приазовского мегаблока, а также рассмотрен генезис месторождения как такового, что возникло под влиянием формирования полихронного глубинного Девладовского разлома в результате поступления рудных флюидов с глубин и регенерации первинного оруденения в обломочно-осадочном комплексе пород Дибровской свиты. Основанием для таких выводов явились впервые выявленные в рудах необычные высокотермобаричные включения CO₂-флюидов.

D.K. Voznyak, O.O. Kramar, V.M. Belskyy. NEW FEATURES OF THE U-TH-REE GENESIS OF DIBROVSKYY DEPOSIT IN THE PRE-AZOV MEGABLOCK

The paper presents a short structural-petrologic description of Dibrovskye uranium-thorium-rare earth deposit which is located at Vovchansky protrusion of Pryazovsky megablock. As to its genesis, the mineralization occurred in response to formation of deep polychronologic Devladivsky fault and income of ore fluids from the depth and regeneration of the original mineralization in terrigenous sedimentary complex of the Dibrovskaya suite's rock. This conclusion is based on unusual high-thermobaric inclusions of CO₂-fluids found in the ores for the first time.