

ТЕМПЕРАТУРНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ НОВОКОСТЯНТИНІВСЬКОГО УРАНОВОГО РОДОВИЩА (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

У статті наведено дані термобарометричних параметрів газово-рідинних включень з мінералів метасоматитів Новокостянтинівського родовища урану. Показано, що включення мають мінливий фазовий склад і досить широкий інтервал температур гомогенізації, який відповідає певним стадіям процесу мінералоутворення. Встановлено, що перетворення вихідних гранітів у метасоматити відбувалось в умовах помірних і низьких температур.

Вступ. За останній час збільшився інтерес до уранвмісних альбітитів Українського щита, зокрема, Новокостянтинівського родовища, яке визнано не лише важливим економічним об'єктом, а й унікальним за генезисом. Крім проведення нових досліджень виникла потреба у ревізії й переосмисленні раніших результатів. У статті [1] нами досліджено ізотопний склад води у рудоутворювальному флюїді, вилученому з валової проби. Втім результати дослідження індивідуальних включень не були опубліковані. Протягом багатьох років ми досліджували газово-рідинні включення в мінералах Новокостянтинівського родовища, проте коректної систематики термобарометричних даних не проводили. Вважаємо, що подана публікація якоюсь мірою заповнить цю прогалину.

Характеристика вмісних гранітів. Новокостянтинівське родовище розміщується у крайовій північно-західній частині масиву новоукраїнських гранітів, які є вихідними породами. Граніти представлені біотитовими, біотит-амфіболовими і гранат-біотитовими з амфіболом різновидами. Мінеральний склад, %: плагіоклаз, переважно олігоклаз (10–65), мікроклін (10–60), кварц (10–30), біотит (до 10); амфібол, гранат, магнетит, апатит, циркон, рутил. Крім мікрокліну калієвий польовий шпат представлений криптоздвійникованим різновидом (ортоклаз). Трапляються мірмекітові вростки кварцу в плагіоклазі.

На окремих ділянках граніти зазнали деяких перетворень, зокрема кремній-калієвий метасоматоз та альбітизацію. Локально урановорудна мінералізація і порудні процеси проходили на фоні багатоактної тектонічної діяльності. Крихкі деформації істотно розвивалися в гранітах до і після альбітизації, а також супроводжува-

ли пострудні процеси [2]. Нижче запропоновано послідовність метасоматичних процесів на родовищі і виділено типи флюїдних включень, властиві цій стадії мінералоутворення. Можна виділити три головні процеси: мікроклінізацію, альбітизацію і відкладання рудних мінералів. Позиція слабозмінених гранітів не зовсім зрозуміла, тому що вмісні граніти перетворювалися, можливо, протягом усіх трьох процесів. Температури гомогенізації флюїдних включень у мінералах із метасоматично зміненого граніту і метасоматитів наведено в табл. 1 і 2.

Слабозмінені граніти. На початку процесу були крихкі деформації (катаклаз) гранітів, причому катаклазовані граніти могли не мати мінеральних перетворень або виявляти їх слабкі змінення. Пізніше з'являються олігоклаз-альбіт, кальцит, хлорит (пенін), епідот-кліноцоїзит і гематит. Кварц набуває хвилясто-хмарного погасання, далі відбуваються його перекристалізація і сегрегація аж до формування (разом з кальцитом і піритом) жилкоподібних відособлень.

Таблиця 1. Температура гомогенізації флюїдних включень, °С

Номер свердловини	Глибина, м	Порода	Кварц	Альбіт	Карбонат
453	110	Граніт катаклазований	90—100	—	—
	154	Граніт подрібнений	70—105	—	—
	206	Плагіограніт слабомікроклінізований	70—80 150	—	—
	213	Граніт катаклазований	70—115 140	—	—
451	148	Граніт альбітизований	205—285	—	—
	244	” ”	150, 110, 310	—	—
	261	Граніт мікроклінізований	115; 140—230; 200—420	—	—
	377	Граніт альбітизований	50—80 185—190 205—390	—	—
487	166	Граніт слабозмінений	—	—	140
	204	” ”	160—310	—	—
445	171	Альбітит карбонатвмісний	—	—	150—170
	204	” ”	—	—	130—195
	447	Альбіт-мікроклінова порода	80—100 290	—	—
438	615	Альбітит	90	—	—
	190	”	—	130—190	—
	204	Граніт альбітизований	220	—	—
	291	” ”	—	220—300	—
	741	” ”	140—150	—	—
446	527	Альбітит	140—150 160—180	—	—
	”	”	”	”	”
479	877	”	140—150	—	—
			160—180	—	—
			180—200	—	—
			285 350—370	—	—
11	2404	Граніт мікроклінізований	185—215	—	—

Примітка. Тут і в табл. 2 використані дані термобарометричних досліджень авторів і неопубліковані — С.В. Кузнецової і Н.М. Гостяєвої.

Таблиця 2. Інтервали температур гомогенізації включень на різних стадіях процесу мінералоутворення, °С

Породи	Кварц	Альбіт	Карбонат
Слабозмінені граніти	200—310	—	140
	160—195		
	140		
	120—170		
Кварц-мікроклінові метасоматити	295—420	—	—
	150—230		
	70—120		
Альбітити	350—370	220—300 (альбіт-1)	—
	205—310		
	140—190		
Уранові руди	160—180	130—220 (альбіт-2)	130—195
	140—150		
Пострудні утворення	140—150	—	—
	55—110		

Кварц катаклазованих, слабозмінених гранітів насичений флюїдними включеннями, які належать до однієї мікротріщини, але мають різне наповнення і температуру гомогенізації. Розмір включень від 2 (суттєво рідинні) до 24 мкм (з бульбашкою газу, який займає 5—25 % об'єму включення). Їх температура гомогенізації від 70 до 140 °С, тобто на ділянках крихких деформацій формувалися включення з низькотемпературним флюїдом.

У кварці максимально змінених гранітів температура гомогенізації включень від 160 до 310 °С. Згідно з даними [5, 6], гомогенізація включень у кварці з аналогічних порід відбувалася в інтервалі температур від 140 до 394 °С. Крім того, у досліджуваному кварці спостерігаються розтріскані включення з ореолом найтонших тріщинок, які заповнені включеннями розміром менше 1 мкм. Такі включення можуть свідчити про підвищення температури або різке утворення тріщин у системі.

У пізньому плагіоклазі, який утворює облямівки навколо ранішої генерації, виявлена велика кількість газово-рідинних включень прямокутної і кулястої форми розміром від 1 до 7 мкм. Газову фазу в цих включеннях важко розрізнити. У тих випадках, коли її можна спостерігати, вона займає об'єм не більше 10 % об'єму включення і гомогенізує при 140 °С в рідинну фазу.

Мікроклініти. На першому етапі метасоматозу вмісні граніти були перетворені в мікроклініти — кварц-мікроклінові метасоматити. У кварці мікроклінітів трапляються газово-рідинні включення розміром 5—12 мкм з наповненням газом і рідиною 25—30 і 75—70 % відповідно. Температура гомогенізації цих включень варіює від 295 до 420 °С. Аналогічний діапазон температур гомогенізації визначений для кварц-мікроклінових метасоматитів Мічуринського родовища [3, 4]. Крім високотемпературних включень спостерігались сімейства низькотемпературних (7—12 мкм) із вмістом газової фази менше 30 % і температурою гомогенізації в інтервалі від 70—110 до 150—230 °С.

Альбітити. Альбітизовані граніти зовнішніх зон метасоматитів мало відрізняються від вищеописаних порід. Однак плагіоклаз у них перетворюється на великі кристали альбіту (альбіт-1), а мікроклін і кварц зберігаються у вигляді реліктів. Поряд з біотитом, хлоритом і епідотом з'являються кристали рибекіту. Спостерігаються ознаки катаклазу кварцу (хвилясто-хмарне погасання).

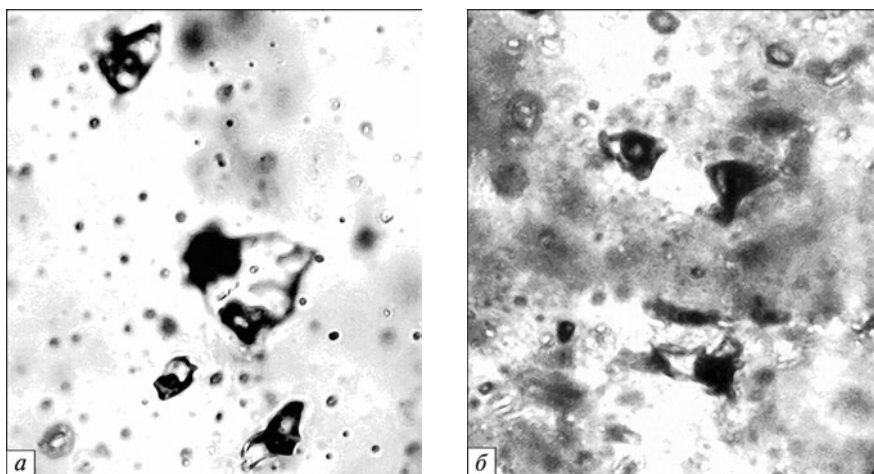


Рис. 1. Газово-рідинні включення в кварці з альбітиту: *a* — температура гомогенізації 220 °С, розмір включень 6—15 мкм; *б* — температура гомогенізації 350 °С в рідинну фазу, розмір включень \approx 20 мкм

Формування власне альбітитів внутрішніх зон метасоматитів приводить до таких змін мінералів: плагіоклаз заміщується на альбіт-1; заміщенню альбітом піддається і мікроклін з утворенням шахового альбіту; пенін перетворюється на репідоліт, а епідот-кліноцоїзит — на чистий епідот; з'являються рибекіт, егірін і сфен, більшими стають кристали апатиту, циркону і монациту; кремнезем частково перерозподіляється і виноситься у кварцові прожилки.

В альбіті-1 трапляються дрібні (1—3 мкм) включення з невиразним фазовим наповненням, в яких під час нагрівання починає “пульсувати” газова фаза; їх гомогенізація у рідинну фазу відбувається за температури близько 250 °С, а при 260 °С включення розкриваються (декрепітують). На контакті кварцу з темнокольоровими мінералами спостерігаються тріщинки, заповнені включеннями розміром 1—10 мкм з мінливим фазовим складом: рідина (90—75 %) + газ (10—25 %). Температурний діапазон гомогенізації включень 220—300 °С (рис. 1, *a*). Для альбітитів Мічурінського родовища температурний діапазон такий самий (215—320 °С) [4].

У реліктовому кварці, характерному для альбітизованих гранітів і альбітитів зовнішніх зон метасоматитів, виявлені газово-рідинні включення з витриманим наповненням рідиною і газом — 60 + 40 % відповідно, температура гомогенізації яких коливається у вузьких межах — 350—370 °С (рис. 1, *б*). Спостерігались включення з наповненням рідина + газ, яке дорівнювало 80 + 20 %, температурою гомогенізації 180—200 °С. Виявлена велика кількість різнофазових включень. Серед них переважають дрібні однофазові (рідинні), але трапляються двофазові газово-рідинні і рідко трифазові включення. В останньому типі тверда фаза представлена одним-двома безкольоровими кристаликами (ймовірно, NaCl) з невеликою газовою бульбашкою (близько 10 %). Температура гомогенізації двофазових включень (рідинної фази від 55 до 90 %) змінюється від 200 до 310 °С. У багатьох включеннях газова фаза рухлива, що може засвідчувати низьку концентрацію солей у розчині. Крім того, спостерігаються тріщини, заліковані більш низькотемпературними розчинами. Температурний діапазон гомогенізації включень у них 55—110 і 140—190 °С. Можливо, розчини з такою температурою є завершувальними на цьому етапі мінералоутворення.

Рудні асоціації. Збагачені ураном руди накладені на альбітиту, тобто належать до пізніших асоціацій мінералів. Мінерали рудних асоціацій приурочені до мікротріщин і контактів мінеральних зерен. Вони представлені дрібнозернистим і лейстоподібним альбітом (альбіт-2), новоутвореним кварцом, залізовмісними мінералами (ферибіотит, анкерит, гематит, пірит) та мінералами урану (бранерит і уранініт).

Включення в альбіті-2 мають наповнення рідина + газ (85—90 %) + (15—20 %) і гомогенізуються в інтервалі температур 130—220 °С. Ці температури близькі до наведених у публікаціях стосовно альбітитових родовищ урану [4—7].

В одному із зразків альбітиту вторинний кварц асоціює з голчастим егірином, а на ділянках дроблення альбітиту — з анкеритом. У першому випадку в кварці виявлені розтріскані включення, а також відносно високотемпературні (~285 °С) газиво-рідинні включення (5—17 мкм) з наповненням рідиною 80 %. У кварці з анкеритом спостерігали поодинокі об'ємні рідинні і газиво-рідинні включення призматичної і видовжено-призматичної форми розміром 10—25 мкм. Їх наповнення містить близько 90 % рідини, температура гомогенізації 140—150 °С. Слід зазначити, що температура гомогенізації включень у новоутвореному кварці майже ідентична такій в альбіті-2.

Отже, вважаємо, що низькотемпературні включення ($T = 140—190$ °С), які є в реліктовому кварці альбітизованих гранітів і в кварці з альбітитів, належать до вторинних і утворилися в період формування уранових руд і пострудних перетворень. Очевидно, з рудною асоціацією сингенетичний анкерит, в якому температура гомогенізації газиво-рідинних включень становить 130—195 °С у рідинну фазу.

Пострудні утворення. Вони представлені переважно кварц-кальцитовими прожилками з хлоритом, гідрослюдою, іноді піритом. Температурні умови їх формування можна приблизно оцінити за сімейством включень, які заліковували січні тріщини. Це включення в кварці альбітитів з наповненням 70 % рідинної фази і температурою гомогенізації 140—150 °С. Можливо, що більш низькотемпературні включення (55—110 °С) належать до остиглих “відпрацьованих” розчинів. Близькі температури встановлені в кварці з пострудних асоціацій іншими дослідниками [5—7].

У кварці, відібраному із свердловини на глибині 2600 м, спостерігалась висока насиченість флюїдними включеннями різного віку, які просторово розміщувалися в одному і тому самому об'ємі мінералу. Серед них виявлено такі типи вторинних включень:

- багатофазові (рис. 2), в яких крім рідини спостерігається декілька кулястоподібних фаз, які не відповідають звичайній схемі гомогенізації. Їх важко діагностувати, однак ми вважаємо, що одна із фаз може бути органічною сполукою; відомо, що ці речовини сприяють транспортуванню рудних компонентів, зокрема урану [9, 10];

- однофазові желеподібні включення світло-сірого кольору, які мають чітку фазову межу і показник заломлення вищий, ніж у кварці (за товщини пластинки 0,2 мм); ці включення подібні до включень з рідким сірководнем (рис. 3), які трапляються в кварці уранових родовищ [8, 9];

- суттєво газові, об'ємні та у формі негативного кристала розміром 4—8 мкм; у деяких включень наявна тверда фаза призматичної форми, світлого кольору; іноді в асоціації з цими включеннями спостерігали поодинокі газиво-рідинні включення з твердою фазою (рідинна фаза 75 %) і суттєво рідинні;

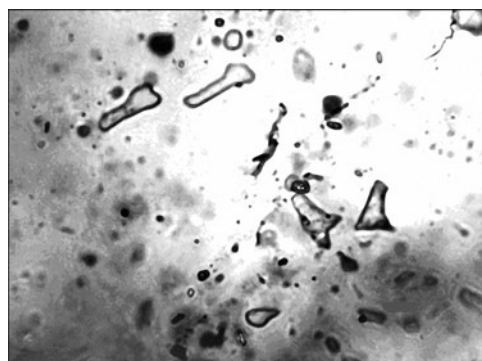
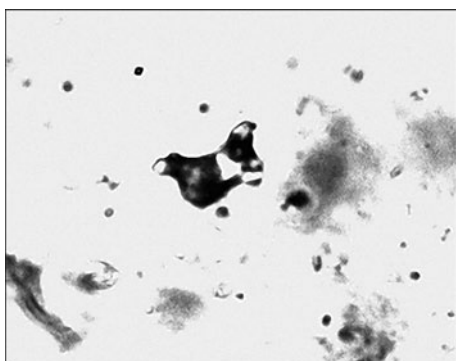


Рис. 2. Включення вуглеводневої речовини. Розмір включення 7 мкм

Рис. 3. Однофазові включення, що, можливо, є включеннями рідкого сірководню. Розмір включень 3—7 мкм

- трифазові включення розміром 6—8 мкм, які вирізняються рухливою газовою фазою (10—15 % об'єму включення) і мають тверду безкольорову фазу квадратної або видовжено-призматичної форми;

- газиво-рідинні включення розміром 5—12 мкм і менше, об'ємні, призматичної і ромбічної форми, з наповненням 85—90 % рідиною; газова фаза дуже рухлива, що свідчить (як і в типі 2) про низьку концентрацію солей у розчині;

- великі (20—40 мкм), об'ємні рідинні і газиво-рідинні включення, в яких була голчаста фаза; газова фаза під час підведення до індивідуальних включень точкового джерела тепла реагувала відхиленням або притяганням;

- рідинні, розшнуровані (дендритоподібні) включення розміром 15—40 мкм; у деяких з них була газова фаза в об'ємі до 10 %.

Висновки. Підсумовуючи вищенаведені дані, можна стверджувати, що формування альбітитів відбувалось у надзвичайно складних умовах, що виявилось у змінному фазовому складі газиво-рідинних включень і широкому діапазоні температур їх гомогенізації. Широкі температурні інтервали, що відповідають певній стадії мінералоутворення, вказують на нестабільний стан розчинів, що надходили. Це не дивно, оскільки захоплення включень здійснювалось під час інфільтрації розчинів по системі мікротріщин, інтенсивне розкриття яких було пов'язане з певними стадіями мінералоутворення. В момент тріщиноутворення стан розчину був близький до кипіння. Оскільки цей процес був багаторазовий і наступний накладався на попередній, неможливо виділити із усього спектра включення, властиві певному етапу. Тому питання, наскільки виміряні температури наближаються до істинних температур мінералоутворення, на цей час залишається відкритим. За результатами змінення температур гомогенізації включень у мінералах метасоматитів Новокосятинівського родовища впливає, що перетворення вихідних гранітів у метасоматити проходило за помірних і низьких температур. Це не значить, що процеси мінералоутворення не могли відбуватись за вищої температури. Проте ці високотемпературні процеси могли бути просторово обмеженими, а, можливо, включення, які б свідчили про ці процеси, не збереглися або залишилися непоміченими.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Фомин Ю.А., Демихов Ю.Н., Лазаренко Е.Е. Особенности рудообразующего флюида Новокосятинского месторождения урана (Украинский щит) // Доп. НАН України. — 2009. — № 4. — С. 130—136.
2. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины / Отв. ред. Я.Н. Белевцев, В.Б. Коваль. — Киев: Наук. думка. — 1995. — 39 с.
3. Гнатенко О.В. Температурные условия образования гранитов одного из районов докембрия // Геол. журн. — 1976. — 36, вып.1. — С. 103—109.
4. Гнатенко О.В. Температурные условия образования альбититов на одном из месторождений урана в докембрии // Там же. — 1976. — 36, вып. 4. — С. 134—139.
5. Коваль В.Б. Геохимическая модель накопления урана в щелочно-карбонатных метасоматитах докембрия. — Киев: Наук. думка, 1980. — 148 с.
6. Белевцев Я.Н., Коваль В.Б., Лялько В.И. и др. Метаморфогенное рудообразование в докембрии. Физико-химические основы теории метаморфогенного рудообразования. — Киев: Наук. думка, 1985. — 204 с.
7. Коваль В.Б., Зинченко В.А., Кузнецова С.В. и др. Физико-химические условия метаморфогенного рудообразования железа и урана / АН УССР. Ин-т геохимии и физики минералов. — Препр. — Киев, 1982. — 47 с.
8. Лазаренко Е.Е., Кузнецова С.В. Включения сероводорода в кварце из гранитоидов // Докл. АН УССР. Сер. Б. — 1980. — № 12. — С. 9—12.
9. Лазаренко Е.Е., Кузнецова С.В. Признаки эксплозивной деятельности в гранитоидах докембрия Казанковской зоны разломов Украинского щита // Докл. АН УССР. Сер. Б. — 1983. — № 10. — С. 17—21.
10. Лазаренко Е.Е. Ураносодержащее органическое вещество на кристаллах флогопита // Там же. — 1989. — № 10. — С. 16—18.

Надійшла 02.06.2009

О.Ye. Lazarenko, Yu.O. Fomin

TEMPERATURE CONDITIONS OF NOVOKOSTYANTYNIVKA URANIUM DEPOSIT (UKRAINIAN SHIELD)

Thermobarometric parameters of gas-liquid inclusions from metasomatite's minerals of Novokonstantinovka uranium deposit are presented. The inclusions are shown to have changeable phase composition and broad temperature range under certain stages of the minerals' formation. An investigation shows that transformation of initial granites into metasomatites occurred at moderate and low temperatures (upon the average 350—140 °C).