

## МІГРАЦІЯ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ПРОЦЕСІ УТВОРЕННЯ ТОРІЙ-УРАНОНОСНИХ АЛЬБІТИТІВ НОВООЛЕКСІЇВСЬКОГО РУДОПРОЯВУ, УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ

І.І. Михальченко<sup>1</sup>, О.В. Андреев<sup>2</sup>, В.В. Загородній<sup>2</sup>, О.В. Заяць<sup>1</sup>

1 – Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України  
03680, просп. акад. Палладіна 34, м. Київ, Україна

2 – Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Навчально-науковий інститут “Інститут геології”  
03022, вул. Васильківська 90, м. Київ, Україна  
e-mail: alcoldan@i.ua

Реконструйована міграція хімічних елементів у процесі утворення торій-ураноносних альбітитів Новоолексіївського рудопрояву Партизанського рудного поля Центральноукраїнського урановорудного району Українського щита. Під час головної стадії гідротермально-метасоматичного породотворення апогранітних лужних натрієвих метасоматитів з обе́му земної кори, який займають альбітити, флюїдами були вилуговані й винесені К, Rb, Ba, Cs, Si, Pb, і, відповідно, привнесені й осаджені Na, Ca, Mg, P (?), Ga, Y (?), Th, U. Протягом завершальної (рудної) стадії гідротермально-метасоматичного породотворення були привнесені й осаджені U, Th, Ti, Ca, Nb, Fe, Y, Mg, Mn, Ga, Rb, Ba, K, при цьому реконструйовано, що головні маси U, Th, Ti, Ca, Fe були осаджені в порожнинах різного походження. Під час утворення торій-урановорудних альбітитів Новоолексіївського рудопрояву не відбулося привнесення й осадження Sr і Zr (на відміну від урановорудних альбітитів Ватутінського, Новокостянтинівського і Докучаєвського родовищ урану) та La і Ce.

*Ключові слова:* хімічний елемент, міграція, кларк, концентрація, альбітит, Новоолексіївський рудопрояв.

**Актуальність роботи.** Ще в 1934 р. головні завдання геохімії як науки окреслив академік В.І. Вернадський: “Геохимия научно изучает химические элементы, т. е. атомы земной коры, и насколько возможно, всей планеты. Она изучает их историю, их распределение и движение в пространстве времени, их генетические соотношения на нашей планете” [1, с. 10]. Оскільки рудоносні альбітити центральної частини УЩ утворилися у віковий проміжок 1840–1800 млн років тому [6], наші “Геохимические исследования ... призваны реконструировать геологическую историю химических элементов и их ассоциаций в ... горных породах и земных оболочках” [10, с. 52]. Нині актуальні дослідження розповсюдження і розпо-

ділу хімічних елементів, у тому числі й елементів-домішок, особливо – рідкісноземельних елементів (*REE*) (лантаніди належать до найбільш характерних геохімічних супутників радіоактивних елементів (U й Th) [12, с. 151]) у рудній формції ураноносних натрієвих метасоматитів, рудні об’єкти якої є основою мінерально-сировинної бази України. Це обумовлено тим, що проблема встановлення генетичного зв’язку цих утворень із ранньопротерозойськими магматичними комплексами, які відомі на рівні ерозійного зрізу кристалічного фундаменту в центральній частині Українського щита, ще не вирішена.

**Геологічна будова.** Новоолексіївський рудопрояв (НОР) з альбітитами, у хімічному складі яких було визначено підвищену масову частку  $w(U)$  і  $w(Th)$ , виявлений у 1970-х роках минулого сторіччя М.Ф. Сиродоевим та іншими геологами

© Михальченко І.І., Андреев О.В., Загородній В.В., Заяць О.В., 2016

(пошуково-зйомочна експедиція № 46 Казенного підприємства “Кіровогеологія” (сучасна назва)) в центральній частині Новоукраїнського складного гранітного масиву (західна частина Інгульського (Кіровоградського) мегаблоку УЩ). Рудопрояв розташований у південно-західній частині складного ареалу гідротермально-метасоматичних перетворень (геологічна формація лужних натрієвих метасоматитів зон глибинних розломів ( $PR_1^{2mt}$ ) порід кристалічного фундаменту, який тут складений, переважно, сублужними гранітоїдами новоукраїнського комплексу ( $PR_1^{1nu}$ ). Окрім НОР у межах ареалу гідротермально-метасоматичних перетворень виявлено й інші торій-уранові рудні об’єкти (Партизанське, Кіровське родовища, Арповський й Олексіївський рудопрояви та ін.), які разом входять до складу Партизанського рудного поля. Серед гранітів спостерігаються невеликі тіла монзонітів і габроїдів цього ж магматичного комплексу. Складний ареал метасоматичних порід утворився в зоні перетину північно-східної Адабаської зони розломів із потужним північно-західним Бобринецько-Андріївським дайковим поясом, окремі змінні “доальбітитові” дайки базитів северинського комплексу ( $PR_1^{2sv}$ ) якого трапляються й у зонах лужного натрієвого метасоматозу НОР. Нещодавно доведено існування “доальбітитових” дайок ультраосновного складу в структурі Партизанського рудного поля [14].

Складне метасоматичне тіло з апогранітними рудоносними альбітитами НОР знаходиться на південному заході Партизанського рудного поля. Доступні для спостереження керни апогранітних альбітитів НОР представлені андрадит-актинолітовими та андрадит-егірин-діопсидовими відмінностями високотемпературної андрадит-актиноліт-діопсидової групи апогранітних метасоматичних фаций [5] геологічної формації лужних натрієвих метасоматитів зон глибинних розломів. Спостерігаються крупнозернисті породи червонувато-сірого кольору із зеленуватим відтінком. Розподіл кольорових мінералів нерівномірний. Характерною особливістю є значна частка кристалів і зростків титаніту й гематиту, причому в “рудних” альбітитах розмір і об’єм зазначених мінералів більший, ніж у “нерудних” альбітитах. Вирізняється доальбітитовий слабкий катаклиз, у “рудному” інтервалі – доволі потужне синметасоматичне брекчування. Уламки альбітиту зцементовані гематитом, титанітом і рудними мінералами. Саме за цими ознаками ідентифікований більш пізній час утворення цих мінералів по відношенню до альбітиту.

За методами відносної геохронології утворення лужних натрієвих метасоматитів відбулося після вкорінення дайок основного і ультраосновного складу северинського комплексу ( $PR_1^{2sv}$ ), але перед виникненням Корсунь-Новомиргородського плутону і масивів-сателітів, які складаються з магматичних порід корсунь-новомиргородського комплексу ( $PR_1^{2kn}$ ) [5, 14, 15, 17].

**Огляд літератури.** У 1970 р. за результатами геохімічних досліджень лужних натрієвих метасоматитів Мічуринського родовища (Кіровоградська металогенічна зона) Ю.П. Егоров визначив групу елементів, які накопичилися в рудоносних лужних натрієвих метасоматитах: Na, Ca, Mg, Sr, Fe, Pb, Zr, Hf, Be, Ti, Sn, V, іноді – Y, CO<sub>2</sub> (вочевидь, CO<sub>2</sub> у складі карбонатів), і власне U, відзначившия чітку кореляцію U з CO<sub>2</sub>, Fe<sup>2+</sup>, Pb, Zr, Be, рідше Ti, Y, Sn [7].

У 1974 р., за результатами геохімічних досліджень під час геологічної розвідки Ватутінського родовища урану, В.М. Обрізанов розділив елементи-домішки лужних натрієвих метасоматитів на дві групи: “1. Перемешённые, изменение концентраций которых происходит вследствие перемещения их между различными зонами, либо же в пределах одной зоны между образованиями по разным исходным породам. Это литий, рубидий, медь, титан, марганец, барий и стронций. 2. Привнесённые: уран, ванадий, бериллий, иттрий, иттербий, цирконий, торий и галлий”. Окремо було зазначено, що в альбітитах кореляційних зв’язків Th з іншими елементами не встановлено [22].

Проаналізувавши еволюцію кореляційних зв’язків типоморфних елементів в ураноносних альбітитах Інгульського мегаблоку і фосфорно-рідкісноземельно-урано-торієвих (Тимошівський та ін. рудопрояви, які розташовані у північній частині Кіровоградської металогенічної зони) натрієвих метасоматитах Українського щита в 1979 р. І.Г. Мінеєва виділила “первичную” (успадковану від попереднього етапу завершення гранітизації і кремній-калієвого метасоматозу) парагенетичну асоціацію Zr, Ti, V, Be, K, Th, і новоутворені парагенетичні асоціації: ураноносних натрієвих метасоматитів – U, Pb, As, Bi, Cu, Sn, Ag, CO<sub>2</sub>; для фосфорно-рідкісноземельно-урано-торієвих метасоматитів – Th, U, Y, P [13, с. 215], які на наступній сторінці роботи мають дещо інший склад. Для парагенетичних асоціацій фосфорно-рідкісноземельно-урано-торієвих метасоматитів “первичная” – Ti, V, Zr, K, Th, Be, P, Y; власна (собственная) (із зауваженням “проявлен слабо”) –

Na, U, Pb, CO<sub>2</sub>; накладена – Zr. Для ураноносних натрієвих метасоматитів “первичная” – Ti, V, Zr, K, Th, Be; власна – Na, U, Pb, Zr, CO<sub>2</sub> (із зауваженням – “интенсивно проявлен. Определяет геохимическое лицо и металлогеническую специализацию...”); “наложенная” – U, As, Bi, Cu, Sn, Ag, CO<sub>2</sub>, S (із зауваженням “проявлен слабо, но отчётливо”). На с. 204 цієї ж роботи І.Г. Мінеєва повідомила, що  $w(\text{TR}_2\text{O}_3)$  в ураноносних натрієвих метасоматитах становить у межах  $(160\text{--}350)\cdot 10^{-4}\%$ , у фосфорно-рідкісноземельно-ураноторієвих метасоматитах – у два-три рази перевищує кларк (тобто ці метасоматити геохімічно спеціалізовані на “TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub>”), при “крайне лантанцерієвом составе” [13, с. 205].

У монографії [9], виданій в 1991 р., О.М. Комаров опублікував результати реконструкції міграцій малих і рудогених компонентів під час натрієвого метасоматозу, який розділів їх на три групи. До першої групи О.М. Комаров відніс Na, Al, Mg, Ca, Fe [9, с. 116], U, Pb, Zr, Ga, Sc, La, Nb, Y, Yb, Sr [9, с. 114] – хімічні елементи, “которые мигрируют в зону альбитизации”, причому “Геохимическая и металлогеническая специализация альбититов обусловлена накоплением иттрия, иттербия, урана, свинца, циркония, скандия, молибдена, ниобия, галлия, висмута, золота, серебра” [9, с. 116]. До другої групи були віднесені Si, K, Co, Ba, Cr, Cu – хімічні елементи, які, за даними О.М. Комарова, “...повсеместно мигрируют из зоны альбитизации”. До третьої групи – Mn, Ni, Ti, V, Ba – хімічні елементи, для яких не встановлено закономірності міграції у ході утворення натрієвих метасоматитів, але зазначено, що за гідротермально-метасоматичних перетворень відбувалися їх перерозподіл і локальна концентрація [9].

У результаті виконаного в 2015 р. дослідження хімічного складу проб із наскрізного перетину торій-ураноносних альбітитів НОР [17] встановлено, що значення масових часток ( $w$ )Na<sub>2</sub>O,  $w$ (K<sub>2</sub>O),  $w$ (SiO<sub>2</sub>),  $w$ (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) апогранітних “нерудних” альбітитів, у порівнянні з вихідними гранітами Новоукраїнського масиву, подібна відомим реконструйованим особливостям хімічних перетворень гранітів, які відбулися при утворенні тиллових зон апогранітних лужних натрієвих метасоматитів [5, 7, 9, 22, 26]. Хімічний склад “рудних” різновидів торій-ураноносних альбітитів вирізняється від “нерудних” більшими  $\bar{w}(\text{TiO}_2)$  (+0,595 %),  $\bar{w}(\text{Fe}_2\text{O}_3)$  (+2,735 %),  $\bar{w}(\text{MnO})$  (+0,065 %),  $\bar{w}(\text{CaO})$  (+1,399 %), та, відповідно, меншими  $\bar{w}(\text{SiO}_2)$  (–2,901 %),  $\bar{w}(\text{Al}_2\text{O}_3)$  (–2,054 %)

$\bar{w}(\text{Na}_2\text{O})$  (0,993 %). “Рудні” різновиди торій-ураноносних альбітитів рудопрояву різняться від урановорудних альбітитів Ватутінського й Новокосянтинівського родовищ урану значно більшою масовою часткою в хімічному складі TiO<sub>2</sub>, відповідно, на 0,725 % (у 4,3 рази) та на 0,545 % (у 2,34 рази) [17]. Встановлено, що вибірка парних значень вимірів  $w(\text{U})$  і  $w(\text{Th})$  у пробах торій-урановорудних альбітитів НОР – статистично неоднорідна. За цією ознакою виокремлено дві групи парних значень  $w(\text{U})$  і  $w(\text{Th})$  (розділ за значенням  $w(\text{U})$  0,0031 %) [19]. У пробах “рудних” альбітитів виміряні  $w(\text{Nb})$  значно більші, ніж у пробах “нерудних” альбітитів [16].

У 2015 р. були опубліковані результати дослідження статистичного зв'язку U і Th в “рудних” альбітитах Новоолексіївського рудопрояву Партизанського рудного поля [19] і Ватутінського родовища (Центральноукраїнський рудний район) [18]. За оцінкою вибіркового коефіцієнту рангової кореляції Спірмена ( $r_s$ ) – 0,90, який був розрахований за значеннями вимірів  $w(\text{U})$  і  $w(\text{Th})$  в пробах “рудних” альбітитів (20 парних вимірів) НОР, статистичний зв'язок цих хімічних елементів був класифікований як високий [19]. Для рудних альбітитів, розкритих на глибоких горизонтах Ватутінського родовища урану, за значеннями вимірів  $w(\text{U})$  і  $w(\text{Th})$  в пробах “рудних” альбітитів (6 парних вимірів) за оцінкою  $r_s = 0,99$ , статистичний зв'язок цих хімічних елементів теж був класифікований як високий [18]. Це відрізняється від висновку В.М. Обрізанова про те, що в “рудних” альбітитах родовища кореляції Th з іншими елементами не було виявлено, хоч він зазначає, що: “В рудах месторождения установлено некоторое повышенное содержание тория (при отсутствии его корреляции с ураном)...” [22].

Оскільки на теперішній час на двох рудних об'єктах (Ватутінське і Партизанське родовища) доведена висока кореляція U і Th (разом із оцінками кларків концентрацій ( $K_k$ ) цих хімічних елементів) на глибоких горизонтах [18, 20], то з'являються підстави для припущення, що під час утворення рудної формації ураноносних натрієвих метасоматитів у хімічному складі глибинних флюїдів була значна концентрація U і Th, відповідно, при міграції флюїдів угору за розрізом відбулося розділення U й Th (за даними [18, 20, 22]): головна маса Th осіла з частиною U на глибоких горизонтах родовищ; головна маса U була перенесена й осаджена рудотвірними флюїдами у верхні частини альбітитових тіл.

Новітні дані дослідження розподілу U і Th та їхньої кореляції в рудоносних альбітитах Центральної частини УЩ підтверджують класичне положення В.І. Вернадського про розділення Th і U під час гідротермального етапу утворення гірських порід земної кори [2], і дозволяють більш обґрунтовано пов'язати генезис лужних натрієвих метасоматитів центральної частини УЩ саме з магматичним джерелом, яке досі залишається невизначеним.

**Виділення невирішеної раніше частини загальної проблеми.** Ми знайшли опубліковані дані І.Б. Гаврусевича та ін. [4] щодо хімічного складу торій-урановорудного альбітиту сфен-егіринового свердловини № 5853 (проба № 10410), пробуреної на Кіровському родовищі Партизанського рудного поля. Мінеральний склад альбітиту (об'ємна частка, %): альбіт – 70–72; егірин – 12–15; сфен – 10–12; хлорит, амезит, ортит, апатит, кальцит, епідот, монацит, циркон, циртоліт, флюорит, лейкоксен, магнетит, мартит, гематит (багато), пірит, халькопірит, молібденіт, галеніт, сфалерит, уранініт, ураноторіаніт, настуран, гідронастуран, ургіт, кларкейт, кофініт, уранофан, болтвудит, казолит. Дані сілікатного аналізу ( $w, \%$ ):  $\text{SiO}_2$  – 61,01;  $\text{TiO}_2$  – 0,72;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 14,87;  $\text{FeO}$  – 1,04;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 5,71;  $\text{MnO}$  – 0,07;  $\text{MgO}$  – 1,44;  $\text{CaO}$  – 2,30;  $\text{K}_2\text{O}$  – 0,21;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 9,75;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,4;  $\text{U}_3\text{O}_8$  – 0,85; в. п. п. – 1,24;  $\Sigma$  – 99,61;  $\text{CO}_2$  – 0,06,  $\text{H}_2\text{O}$  – 0,28. Рентгеноспектральний флуоресцентний аналіз (РСФА) ( $w, n \cdot 10^{-4} \%$ ): U – 7410; Th – 784; Pb – 2070; Sr – 159; Nb – 39; Mo – 10; Zr – 53; Y – 423. Нейтронно-активізаційний аналіз ( $w, n \cdot 10^{-4} \%$ ): Sm – 240; Eu – 51,3; Ce – 2936; Lu – 142; La – 260,3 [4]. Як і для торій-урановорудних альбітитів НОР [19, 20], хімічний склад цієї проби характеризується значними  $w(\text{TiO}_2)$ ,  $w(\text{FeO}) + w(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ,  $w(\text{CaO})$ ,  $w(\text{U})$ ,  $w(\text{Th})$ ,  $w(\text{Nb})$ , однак викликають сумніви величезні (як для апогранітних альбітитів) значення вимірів  $w(\text{La})$ ,  $w(\text{Ce})$ ,  $w(\text{Sm})$ ,  $w(\text{Eu})$ ,  $w(\text{Lu})$ , сума значень яких значно вища від  $\bar{w}(\text{REE})$  у торій-уран-рідкісноземельно-фосфорних альбітитах Тимошівського рудопрояву [12, 13].

У доступній літературі нам не вдалося знайти даних вимірів елементів-домішок у наскрізному перетині торій-ураноносних альбітитів, виявлених у Центральноукраїнському урановорудному районі (назва району за [5]).

**Об'єкт дослідження** – торій-ураноносні альбітита Новоолексіївського рудопрояву.

**Предмет дослідження** – хімічний склад альбітитів і граніту Новоолексіївського рудопрояву.

**Мета дослідження** – виміряти  $w(\text{Cu})$ ,  $w(\text{Zn})$ ,  $w(\text{Ga})$ ,  $w(\text{Rb})$ ,  $w(\text{Sr})$ ,  $w(\text{Y})$ ,  $w(\text{Zr})$ ,  $w(\text{Ba})$ ,  $w(\text{La})$ ,  $w(\text{Ce})$ ,

$w(\text{Nd})$ ,  $w(\text{Pb})$  у пробах з торій-уранових альбітитів і вмісних гранітів із перетину Новоолексіївського рудопрояву, дослідити особливості розподілу вздовж перетину, вирахувати кларки концентрації цих хімічних елементів, реконструювати (із залученням даних попередніх досліджень [4]) міграцію хімічних елементів у процесі утворення торій-ураноносних альбітитів.

**Методологія і методи дослідження.** Збір даних попередніх і сучасних геологічних досліджень, геологічна і радіометрична документація кернів новітніх свердловин, відбір наважок із дублікатів проб кернів новітніх геологорозвідувальних робіт (відібрані у сховищі проб за допомогою робітниць Т. Калініченко та С. Чайки, за погодженням з керівництвом ПЗЕ № 46).  $w(\text{Cu})$ ,  $w(\text{Zn})$ ,  $w(\text{Ga})$ ,  $w(\text{Rb})$ ,  $w(\text{Sr})$ ,  $w(\text{Y})$ ,  $w(\text{Zr})$ ,  $w(\text{Ba})$ ,  $w(\text{La})$ ,  $w(\text{Ce})$ ,  $w(\text{Nd})$ ,  $w(\text{Pb})$  у хімічному складі проб були визначені методом рентгеноспектрального флуоресцентного аналізу (РСФА) (лабораторія Навчально-наукового інституту “Інститут геології” Київського національного університету імені Тараса Шевченка, рентгенофлуоресцентні спектрометри СЕР-01 (фірма “Елватех”, Київ) та РФС-РД (власна розробка ННІ “Інститут геології”) методом зовнішнього стандарту з використанням стандартних зразків хімічного складу СГ-1А – граніт альбітизований (ДСЗ №520-84П, СРСР); BR – базальт, GH – граніт (GRPG, Нансі, Франція); AGV-1 – андезит, BCR-1 – базальт, G-2 – граніт, GSP-1 – гранодіорит (USGS, США). Межі виявлення: Cu, Zn, Ga, Ba, Y, La, Ce, Nd –  $10 \cdot 10^{-4} \%$ ; Rb, Y, Sr, Zr –  $3 \cdot 10^{-4} \%$ ; Pb –  $5 \cdot 10^{-4} \%$ . Вирахування оцінок середніх арифметичних  $w(\bar{w})$  хімічних елементів виконано методом середньоарифметичного; вирахування  $Kk$  хімічних елементів відносно оцінок кларків ( $w_k$ ) (наведені в [11]) цих хімічних елементів у земної кори виконано за [2] окремо для кожного різновиду порід. Для розділення вихідної вибірки значень вимірів  $w(\text{Cu})$ ,  $w(\text{Zn})$ ,  $w(\text{Ga})$ ,  $w(\text{Rb})$ ,  $w(\text{Sr})$ ,  $w(\text{Y})$ ,  $w(\text{Zr})$ ,  $w(\text{Ba})$ ,  $w(\text{La})$ ,  $w(\text{Ce})$ ,  $w(\text{Nd})$ ,  $w(\text{Pb})$  у торій-ураноносних альбітитах на “рудні” й “нерудні” відмінності використано дані з робіт [19] (наведені вище). Оскільки в межах НОР граніт різною мірою “діафторований”, ми наводимо оцінки  $\bar{w}$  хімічних елементів незміненого граніту гранатбіотитового Новоукраїнського масиву за даними з роботи [26]. Оцінки з привносу (виносу) й осадження (вилуговування) зроблені на підставі порівняння оцінок  $\bar{w}$  відповідного хімічного елементу з  $\bar{w}$  вихідної породи і оцінкою  $w_k$  цього хімічного елементу.

**Результати дослідження.** Результати вимірів  $w(\text{Cu})$ ,  $w(\text{Zn})$ ,  $w(\text{Ga})$ ,  $w(\text{Rb})$ ,  $w(\text{Sr})$ ,  $w(\text{Y})$ ,  $w(\text{Zr})$ ,  $w(\text{Ba})$ ,  $w(\text{La})$ ,  $w(\text{Ce})$ ,  $w(\text{Nd})$ ,  $w(\text{Pb})$  у пробах граніту й альбітитів НОР й відповідні оцінки  $\bar{w}$  і  $Kk$  наведені в таблиці. Додатково там же наведені значення вимірів  $w(\text{Nb})$  з роботи [16].

За результатами вимірів  $w(\text{Cu})$  (таблиця) в граніті гранат-біотитовому діафторованому НОР ці породи мають сильну від’ємну геохімічну спеціалізацію на  $\text{Cu}$  ( $Kk < 0,3$ ) (рис. 1). Більшість значень вимірів  $w(\text{Cu})$  в альбітитах менші за межу достовірного виміру РСФА, але за даними цих вимірів реконструйований винос  $\text{Cu}$  із зон альбітизації.

Оцінка  $\bar{w}(\text{Zn})$  в “нерудному” альбітиті менша, ніж у вихідному граніті, а у рудному альбітиті – дещо більша, ніж у “нерудному” альбітиті, що свідчить, скоріш за все, про локальний перерозподіл цього хімічного елемента в ході гідротермально-метасоматичних перетворень вихідного граніту (таблиця, рис. 1).

У ряду діафторований граніт → альбітит “нерудний” → альбітит “рудний” відповідні оцінки  $\bar{w}(\text{Ga})$  в цих породах мають стійку тенденцію до збільшення (таблиця), що доводить факт привносу й осадження цього хімічного елемента протягом усього періоду породотворення лужних натрієвих метасоматитів НОР. За оцінкою  $\bar{w}(\text{Ga})$  в альбітиті “рудному” з’являються підстави визначити цю породу як позитивно геохімічно спеціалізованою на  $\text{Ga}$  ( $Kk(\text{Ga}) > 1,5$ ) (таблиця, рис. 1).

В альбітитах НОР оцінка  $\bar{w}(\text{Rb})$  в десятки разів менша, ніж оцінка  $\bar{w}(\text{Rb})$  вихідного граніту гранат-біотитового діафторованого, що свідчить про інтенсивний винос його під час гідротермально-метасоматичних перетворень. Відповідно, позитивна геохімічна спеціалізація вихідного граніту (оцінка  $Kk(\text{Rb}) \approx 2,0$ ) змінилася на сильну від’ємну спеціалізацію апогранітних альбітитів (оцінки  $Kk(\text{Rb})$  альбітиту “нерудного” близька до нуля, альбітиту “рудного” – 0,2). Однак оцінка

**Результати вимірів масових часток хімічних елементів і вирахування їх коефіцієнтів концентрацій ( $Kk$ )**

Номер зразка	Порода	$W(\text{Cu})$	$Kk(\text{Cu})$	$W(\text{Zn})$	$Kk(\text{Zn})$	$W(\text{Ga})$	$Kk(\text{Ga})$	$W(\text{Rb})$	$Kk(\text{Rb})$	$W(\text{Sr})$	$Kk(\text{Sr})$	$W(\text{Y})$
1	Граніт гранат-біотитовий діафторований	12,0	0,2	54,0	0,8	22,0	1,2	241,0	2,2	133,0	0,4	46,0
2	Альбітит “нерудний”	3,0	0,1	24,0	0,4	24,0	1,3	1,0	0,0	106,0	0,3	29,0
3		8,0	0,2	31,0	0,5	26,0	1,4	1,0	0,0	82,0	0,2	24,0
4		6,0	0,1	30,0	0,4	29,0	1,6	1,0	0,0	128,0	0,3	24,0
5	Альбітит “рудний”	15,0	0,3	34,0	0,5	27,0	1,5	3,0	0,0	134,0	0,4	34,0
6		4,0	0,1	44,0	0,6	32,0	1,8	20,0	0,2	136,0	0,4	101,0
7		2,0	0,0	47,0	0,7	29,0	1,6	21,0	0,2	127,0	0,3	128,0
8		0,0	0,0	53,0	0,8	45,0	2,5	89,0	0,8	120,0	0,3	262,0
9		0,0	0,0	42,0	0,6	26,0	1,4	13,0	0,1	159,0	0,4	117,0
10		3,0	0,1	34,0	0,5	26,0	1,4	4,0	0,0	154,0	0,4	80,0
11	Альбітит “нерудний”	7,0	0,1	30,0	0,4	27,0	1,5	1,0	0,0	207,0	0,6	111,0
12		7,0	0,1	36,0	0,5	24,0	1,3	8,0	0,1	191,0	0,5	90,0
13		6,0	0,1	51,0	0,8	25,0	1,4	11,0	0,1	152,0	0,4	61,0
14		10,0	0,2	44,0	0,6	23,0	1,3	8,0	0,1	191,0	0,5	58,0
15		8,0	0,2	37,0	0,5	24,0	1,3	5,0	0,0	119,0	0,3	26,0
16	Граніт гранат-біотитовий діафторований	10,0	0,2	44,0	0,6	20,0	1,1	195,0	1,8	139,0	0,4	38,0
17	$W_K$ (за [11])	53,0	–	68,0	–	18,0	–	110,0	–	370,0	–	32,0
18	$\bar{w}$ граніт гранат-біотитовий (за [26])	15,5	–	72,1	–	24,2	–	238,7	–	111,5	–	58,9
19	$\bar{w}$ граніт гранат-біотитовий діафторований	11,0	0,2	49,0	0,7	21,0	1,2	218,0	2,0	136,0	0,4	42,0
20	$\bar{w}$ альбітит “нерудний”	6,9	0,1	35,4	0,5	25,3	1,4	4,5	0,0	147,0	0,4	52,9
21	$\bar{w}$ альбітит “рудний”	4,3	0,1	42,3	0,6	30,8	1,7	25,0	0,2	138,3	0,4	120,3

$\bar{w}(\text{Rb})$  в альбітиті “рудному” значно більша, ніж у альбітиті “нерудному”. За нашими даними, альбітити НОР мають сильну від’ємну геохімічну спеціалізацію на Rb (таблиця, рис. 1).

Близькі значення оцінок  $\bar{w}(\text{Sr})$  в граніті гранат-біотитовому “діафторованому”, альбітиті “нерудному” і альбітиті “рудному” (таблиця) дають підставу для ствердження, що осадження цього хімічного елементу під час утворення торій-ураноносних альбітитів не відбулося. За отриманими оцінками  $Kk(\text{Sr})$  альбітити НОР, як і вихідні граніти, є від’ємно геохімічно спеціалізовані на цей хімічний елемент (таблиця, рис. 2).

Оцінка  $\bar{w}(\text{Zr})$  в альбітиті “нерудному” дещо вища, ніж у вихідному граніті гранат-біотитовому діафторованому, але в альбітиті “рудному” цей параметр – менший (таблиця), що може свідчити про локальний перерозподіл цього хімічного елементу за гідротермально-метасоматичних перетворень вихідного граніту (таблиця, рис. 2).

Оцінка  $\bar{w}(\text{Ba})$  у вихідному граніті гранат-біотитовому “діафторованому” значно вища, ніж оцінка  $\bar{w}(\text{Ba})$  в граніті гранат-біотитовому (за даними [26]), але в альбітиті “нерудному” оцінка  $\bar{w}(\text{Ba})$  в декілька разів нижча, ніж у вихідному граніті (таблиця). Однак, як і у випадку з Rb, в альбітиті “рудному”  $\bar{w}(\text{Ba})$  незначно підвищується. За нашими оцінками  $Kk(\text{Ba},)$  альбітити НОР сильно від’ємно геохімічно спеціалізовані на цей хімічний елемент (таблиця, рис. 2).

Оцінки  $\bar{w}(\text{La})$ ,  $\bar{w}(\text{Ce})$ ,  $\bar{w}(\text{Nd})$  і відповідних  $Kk(\text{La})$ ,  $Kk(\text{Ce})$ ,  $Kk(\text{Nd})$  “рудних” і “нерудних” альбітитів дослідженого перетину апогранітних торій-ураноносних альбітитів НОР розрізняються несуттєво, і, так само незначно відрізняються від оцінок і  $Kk$  цих елементів вихідних гранітів гранат-біотитових (вихідних порід) Новоукраїнського масиву (таблиця, рис. 2).

Несподіваними виявилися результати вимірювання  $w(\text{Pb})$ . Раніше було встановлено збіль-

у пробах гранітів й альбітитів Новолекіївського рудопрояву (одиниці виміру  $w - n \times 10^{-4} \%$ )

$Kk(\text{Y})$	$W(\text{Nb})$	$Kk(\text{Nb})$	$W(\text{Zr})$	$Kk(\text{Zr})$	$W(\text{Ba})$	$Kk(\text{Ba})$	$W(\text{La})$	$Kk(\text{La})$	$W(\text{Ce})$	$Kk(\text{Ce})$	$W(\text{Nd})$	$Kk(\text{Nd})$	$W(\text{Pb})$	$Kk(\text{Pb})$
1,4	17,0	1,1	375,0	2,3	1063,0	2,3	155,0	5,2	286,0	4,1	89,0	3,0	35,0	2,9
0,9	14,0	0,9	300,0	1,9	142,0	0,3	114,0	3,8	219,0	3,1	62,0	2,1	21,0	1,8
0,8	8,0	0,5	309,0	1,9	61,0	0,1	92,0	3,1	160,0	2,3	42,0	1,4	21,0	1,8
0,8	5,0	0,3	424,0	2,7	89,0	0,2	166,0	5,5	315,0	4,5	75,0	2,5	33,0	2,8
1,1	44,0	2,8	334,0	2,1	150,0	0,3	92,0	3,1	168,0	2,4	45,0	1,5	44,0	3,7
3,2	76,0	4,8	194,0	1,2	179,0	0,4	60,0	2,0	128,0	1,8	52,0	1,7	340,0	28,3
4,0	100,0	6,3	292,0	1,8	143,0	0,3	85,0	2,8	164,0	2,3	68,0	2,3	381,0	31,8
8,2	136,0	8,5	364,0	2,3	233,0	0,5	91,0	3,0	188,0	2,7	83,0	2,8	1271,0	105,9
3,7	62,0	3,9	390,0	2,4	169,0	0,4	179,0	6,0	340,0	4,9	119,0	4,0	180,0	15,0
2,5	28,0	1,8	225,0	1,4	91,0	0,2	69,0	2,3	144,0	2,1	60,0	2,0	35,0	2,9
3,5	6,0	0,4	232,0	1,5	91,0	0,2	97,0	3,2	198,0	2,8	64,0	2,1	35,0	2,9
2,8	20,0	1,3	468,0	2,9	57,0	0,1	96,0	3,2	207,0	3,0	84,0	2,8	18,0	1,5
1,9	28,0	1,8	451,0	2,8	232,0	0,5	126,0	4,2	241,0	3,4	77,0	2,6	16,0	1,3
1,8	38,0	2,4	489,0	3,1	273,0	0,6	93,0	3,1	177,0	2,5	60,0	2,0	21,0	1,8
0,8	15,0	0,9	282,0	1,8	224,0	0,5	65,0	2,2	117,0	1,7	40,0	1,3	17,0	1,4
1,2	17,0	1,1	250,0	1,6	983,0	2,1	67,0	2,2	126,0	1,8	35,0	1,2	27,0	2,3
–	16,0	–	160,0	–	470,0	–	30,0	–	70,0	–	30,0	–	12,0	–
–	20,2	–	398,2	–	728,9	–	80,6	–	185,1	–	77,1	–	33,3	–
1,3	17,0	1,1	312,5	2,0	1023,0	2,2	111,0	3,7	206,0	2,9	62,0	2,1	31,0	2,6
1,7	16,8	1,0	369,4	2,3	146,1	0,3	106,1	3,5	204,3	2,9	63,0	2,1	22,8	1,9
3,8	74,3	4,6	299,8	1,9	160,8	0,3	96,0	3,2	188,7	2,7	71,2	2,4	375,2	31,3

шення  $\bar{w}(U)$  і  $\bar{w}(Th)$  в ряду порід дослідженого перетину НОР граніт гранат-біотитовий “діафторований” → альбітит “нерудний” → альбітит “рудний” [19]. Очікувалося, що таку тенденцію матимуть значення вимірів  $w(Pb)$  і відповідних  $\bar{w}(Pb)$  в альбітитах. Однак у “нерудному” альбітіті оцінка  $\bar{w}(Pb)$  виявилася значно нижчою, ніж оцінка  $\bar{w}(Pb)$  у вихідному граніті. Відповідна оцінка  $\bar{w}(Pb)$  в альбітіті “рудному” більше, ніж на порядок перевищує оцінку  $\bar{w}(Pb)$  в альбітіті “нерудному” (таблиця, рис. 1).

**Обговорення результатів.** За наведеними вище результатами і опублікованими раніше даними [16, 17, 19], дослідження хімічного складу альбітітів НОР і вихідного граніту гранат-біотитового “діафторованого”, за особливостями характеристики реконструйованої міграції хімічних елементів, які відбулися під час гідротермально-метасоматичних перетворень, ми виділили такі групи хімічних елементів.

*1 група.* Хімічні елементи (компоненти),  $\bar{w}$  яких у хімічному складі порід ряду граніт гранат-

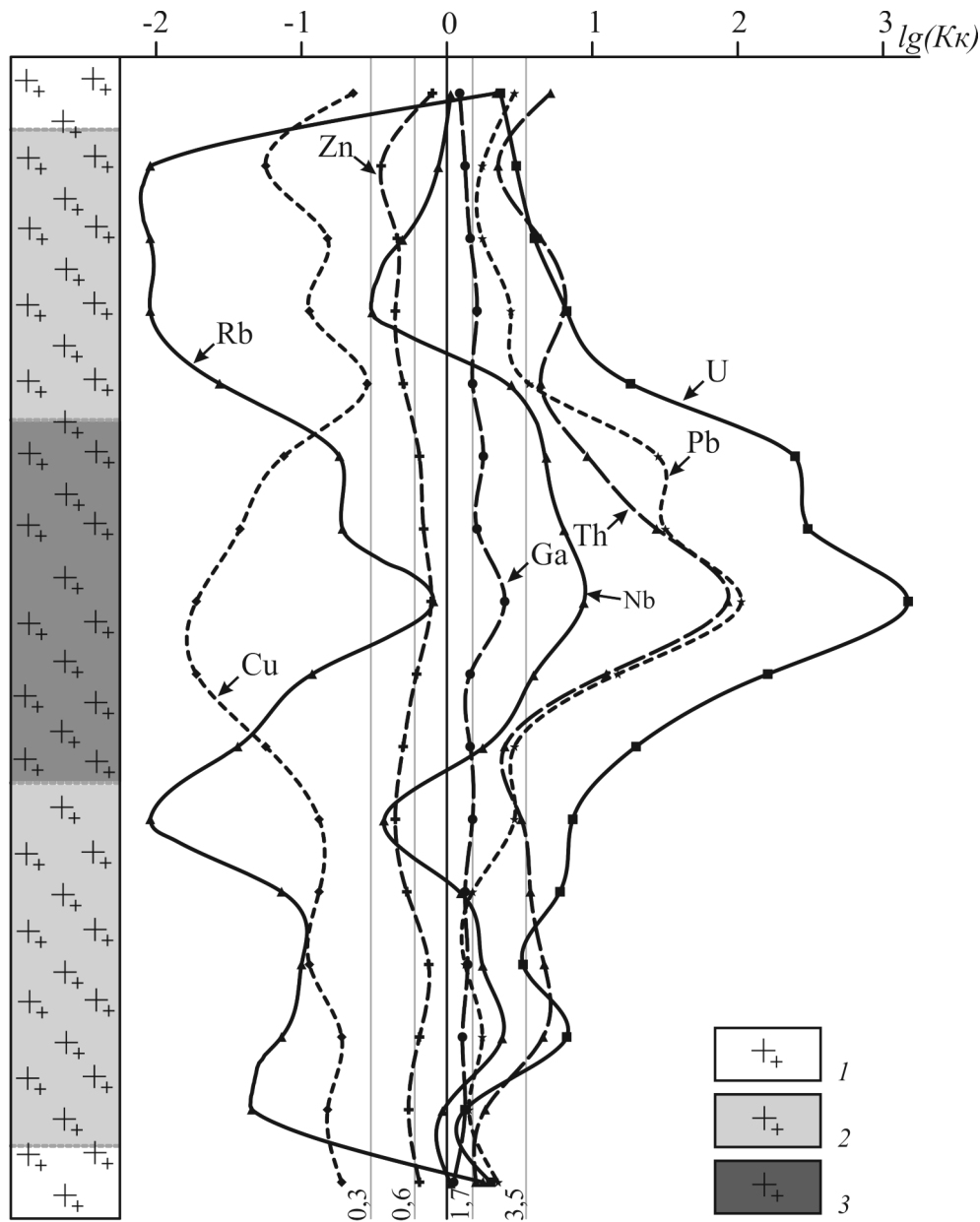


Рис. 1. Криві розподілу  $lg(Kk(U))$ ,  $lg(Kk(Th))$ ,  $lg(Kk(Nb))$ ,  $lg(Kk(Pb))$ ,  $lg(Kk(Ga))$ ,  $lg(Kk(Zn))$ ,  $lg(Kk(Cu))$ ,  $lg(Kk(Rb))$  вздовж перетину альбітітів Новоолексіївського рудопояву (схема): 1 – граніт гранат-біотитовий порфіровидний новоукраїнського комплексу “діафторований”; 2 – альбітит апогранітний “нерудний”; 3 – альбітит апогранітний “рудний”. Класифікація рівнів концентрації за [11]. Використані дані вимірів  $w(U)$  і  $w(Th)$  з робіт [16, 19]

біотитовий “діафторований” → альбітит “нерудний” → альбітит “рудний” збільшуються. Це MgO, CaO, Ga, Y, Th, U. Однак, незважаючи на те, що оцінки  $\bar{w}(Y)$  і  $Kk(Y)$  в “нерудних” альбітитах дослідженого перетину апогранітних торій-ураноносних альбітитів НОР дещо більші, ніж у вихідному граніті (таблиця), вагомим підстав вважати, що відбувся значний привнос й осадження цього хімічного елементу в об’єм земної кори, який зараз займають “нерудні” альбітити, за головної

стадії гідротермально-метасоматичних перетворень вихідного граніту, немає. Оцінки  $\bar{w}(Y)$  і  $Kk(Y)$  в “рудних” альбітитах значно більші, ніж оцінки цих параметрів “нерудних” альбітитів НОР (таблиця), що свідчить про привнос й осадження значної маси Y в той об’єм земної кори, який зараз займають “рудні” відмінності тилової зони лужних натрієвих метасоматитів. За оцінкою  $Kk(Y) > 3,5$  (таблиця) “рудні” альбітити геохімічно спеціалізовані на Y, відповідно є основа для його

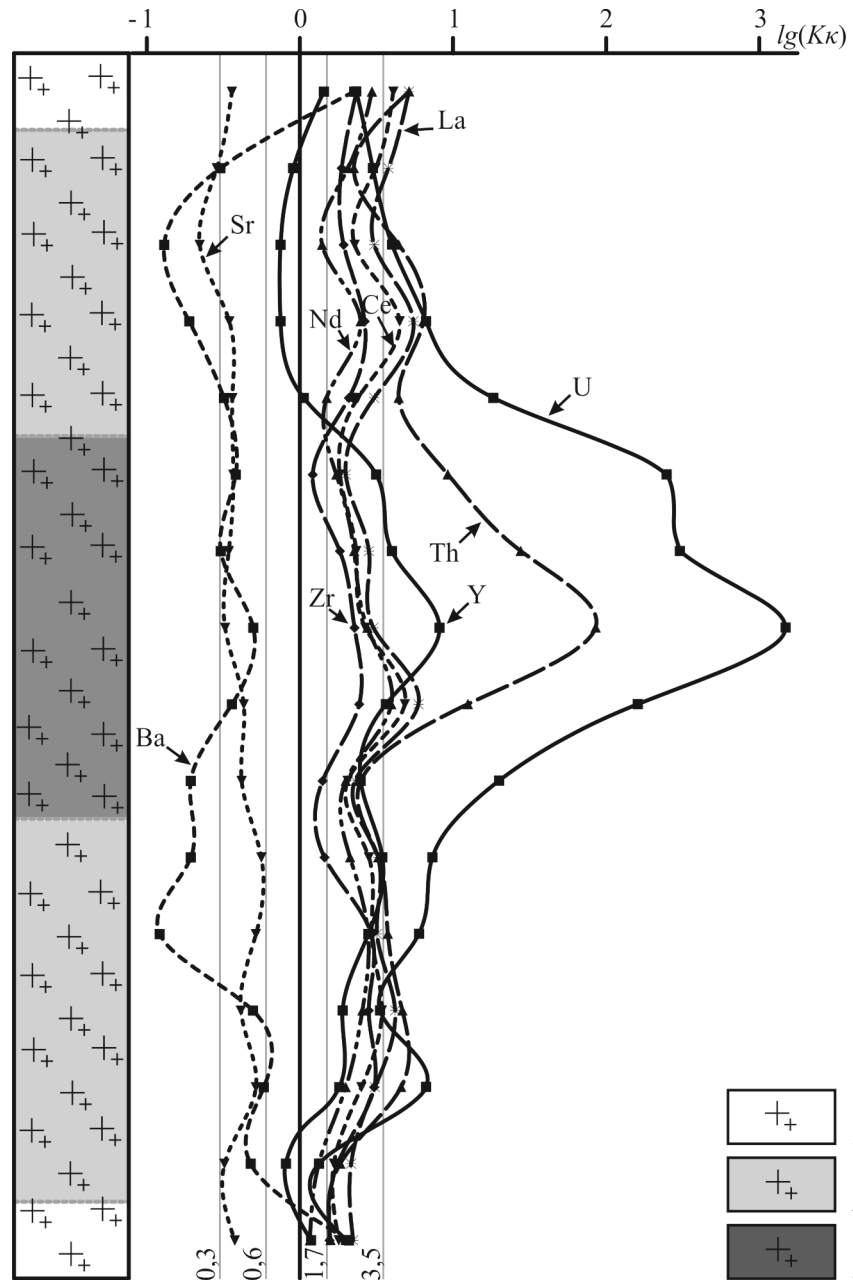


Рис. 2. Криві розподілу  $lg(Kk(U))$ ,  $lg(Kk(Th))$ ,  $lg(Kk(Y))$ ,  $lg(Kk(La))$ ,  $lg(Kk(Ce))$ ,  $lg(Kk(Nd))$ ,  $lg(Kk(Zr))$ ,  $lg(Kk(Sr))$ ,  $lg(Kk(Ba))$  вздовж перетину альбітитів Новоолексіївського рудопояву (схема): 1 – граніт гранат-біотитовий порфіровидний новоукраїнського комплексу “діафторований”; 2 – альбітит апогранітний “нерудний”; 3 – альбітит апогранітний “рудний” Класифікація рівнів концентрації за [11]. Використані дані вимірів  $w(U)$  і  $w(Th)$  з робіт [16, 19]



включення до парагенезу хімічних елементів торій-урановорудних альбітитів НОР.

2 група. Хімічні елементи (компоненти),  $\bar{w}$  яких зменшується в хімічному складі порід ряду граніт гранат-біотитовий “діафторований” → альбітит “нерудний” → альбітит “рудний”, а саме  $K_2O$ ,  $SiO_2$ , і  $Cu$  (таблиця).

3 група. Хімічні компоненти,  $\bar{w}$  яких у альбітиті “нерудному” більші, ніж у вихідному граніті, але менші, ніж у альбітиті “рудному”. Це характерно для  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$ ,  $P_2O_5$ , (див. [17]). Оскільки різниця оцінок  $\bar{w}$  цих хімічних компонентів в альбітитах несуттєва (див. [17]) та беручи до уваги особливості геологічної будови альбітиту “рудного”, тобто ознаки синметасоматичного потужного брекчірування (за умов розтягнення) з відповідним утворенням в об’ємі порожнин, які зараз заповнені, переважно, кристалами оксидів заліза, сфеном і мінералами урану й торію, реконструкція історії утворення “рудного” альбітиту дає змогу твердити, що на завершальній стадії гідротермально-метасоматичних перетворень суттєвого виносу атомів  $Al$ ,  $Na$ ,  $P$ , (і  $Si$ ) не відбувалося.

За нашою реконструкцією перед рудотворенням в об’ємі альбітитів, які зараз є “рудними”, виникла значна кількість порожнин тектонічного походження (внаслідок локального розтягнення). На це вказує зменшення  $\bar{w}$   $Na_2O$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  у хімічному складі цих порід, тобто компонентів, які входять до хімічного складу головних мінералів апогранітних альбітитів, що утворилися за головної стадії гідротермально-метасоматичного породотворення. Внаслідок цього повинно було зменшитися і  $\bar{w}(K_2O)$ . Але  $\bar{w}(K_2O)$  у “нерудному” і “рудному” альбітитах майже тотожні (відповідно, 0,06 % і 0,07 % [17]). Це можна пояснити тільки додатковим привносом й осадженням  $K$  в рудні альбітити протягом завершальної стадії породотворення.

4 група. Хімічні елементи (компоненти),  $\bar{w}$  яких в альбітиті “нерудному” і у вихідному граніті різняться несуттєво, але значно більші в альбітиті “рудному”. За наявними даними під цю ознаку підпадають  $TiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MnO$  [17] і  $Nb$ . За цією ознакою  $Ti$ ,  $Fe$ ,  $Mn$ ,  $Nb$  під час головної стадії гідротермально-метасоматичних перетворень були інертними. Значне збільшення  $\bar{w}(TiO_2)$ ,  $\bar{w}(Fe_2O_3)$ ,  $\bar{w}(MnO)$  і  $\bar{w}(Nb)$  (таблиця) в альбітиті “рудному” ми пояснюємо саме утворенням мінералів, в яких зконцентрувалися більшість атомів  $Ti$ ,  $Fe$ ,  $Mn$  і  $Nb$  в різноманітних за походженням порожнинах у тому обсязі земної кори, який ця порода зараз

займає, на завершальній стадії гідротермально-метасоматичного породотворення.

5 група. Хімічні елементи оцінки,  $\bar{w}$  яких в альбітитах і у вихідному граніті різняться несуттєво  $Sr$ ,  $Zr$ ,  $La$ ,  $Ce$ ,  $Nd$  (таблиця). Це дає підставу твердити, що привносу й осадження  $Sr$ ,  $Zr$ ,  $La$ ,  $Ce$ ,  $Nd$  не відбулося в той об’єм земної кори, який зараз ці метасоматити займають, хоча ми не виключаємо локального перерозподілу цих хімічних елементів. Відповідно, позитивні геохімічні спеціалізації на  $Zr$ ,  $La$ ,  $Ce$  і  $Nd$ , і негативна – на  $Sr$ , дослідженого перетину апогранітних торій-ураноносних альбітитів НОР (таблиця) є успадкованими від вихідного граніту гранат-біотитового.

6 група. Хімічні елементи, оцінки  $\bar{w}$  яких в альбітитах значно менші, ніж і у вихідному граніті, але у альбітиті “рудному” більші, ніж у “нерудному”. За нашими даними це  $Rb$  і  $Ba$  (таблиця). Відповідно, якщо за головної стадії гідротермально-метасоматичних перетворень основна частка від загальної маси цих хімічних елементів була винесена, то під час завершальної стадії, навпаки, незначна маса цих хімічних елементів була привнесена флюїдами й осаджена. За нашими оцінками, альбітити НОР сильно від’ємно геохімічно спеціалізовані на  $Rb$  і  $Ba$  (таблиця).

На окрему увагу заслуговують результати вимірів  $w(Pb)$ . Зменшення  $\bar{w}(Pb)$  в “нерудному” альбітиті у порівнянні з вихідним гранітом можна пояснити частковим виносом первинного “гранітного”  $Pb$  у головну стадію гідротермально-метасоматичного породотворення з того об’єму земної кори, який зараз займають апогранітні альбітити НОР. Завдяки підтвердженню цього припущення з’являються підстави для твердження, що в альбітиті “нерудному” деяка маса  $Pb$  утворилася в результаті радіоактивного розпаду  $U$  і  $Th$ . Відповідно, “нерудний” альбітит успадкував позитивну геохімічну спеціалізацію на  $Pb$ , а з урахуванням реконструйованого нами виносу цього хімічного елементу з того об’єму земної кори, який зараз займають альбітити, ми беремо на себе сміливість стверджувати, що породи тилової зони ареалу апогранітних лужних натрієвих метасоматитів, які утворилися під час головної стадії гідротермально-метасоматичних перетворень, по суті, мали від’ємну спеціалізацію на  $Pb$ . У “рудних” відмінностях альбітитів головна частка від загальної маси  $Pb$  утворилася внаслідок радіоактивного розпаду  $U$  і  $Th$ .

За наведеними даними можна реконструювати міграцію хімічних елементів під час утворення

торій-ураноносних альбітитів НОР. За головної стадії гідротермально-метасоматичного породотворення апогранітних лужних натрієвих метасоматитів з об'єму земної кори, який зараз займають альбітити, флюїдами були вилуговані й винесені K, Rb, Ba, Cu, Si, Pb, а привнесені й осаджені Na, Ca, Mg, P (?), Ga, Y (?), Th, U. Під час завершальної (рудної, за [7]) стадії флюїдами були привнесені й осаджені U, Th, Ti, Ca, Nb, Fe, Y, Mg, Mn, Ga, Rb, Ba, K, причому, за нашою інтерпретацією, головна маса цих хімічних елементів концентрувалась у мінералах, які заповнили ("залікували") порожнини в альбітитах.

На відміну від даних дослідження розподілу Sr у вихідних гранітах, "нерудних" й "рудних" альбітитах В.М. Обрізанова (Ватутінське родовище урану) [22], Д.М. Щербака (Новокостянтинівське родовище урану) [25], у граніті, "альбітит слабо рудний", "альбітит мало рудний", "альбітит рудний" Л.М. Степанюка та ін. (Докучаєвське родовище урану) [24], нами не встановлено збільшення  $w(\text{Sr})$  у "нерудних" і "рудних" альбітитах НОР відносно вихідного граніту. Цей факт ми пояснюємо відсутністю в "рудних" альбітитах НОР макроскопічних ознак флогопіт (хлорит)-магнетит (гематит)-карбонатного мінерального парагенезису завершальної стадії породотворення (хоча карбонат є в мікротріщинах), наявність якого нині встановлена на вищезгаданих родовищах.

Особливу увагу треба звернути на те, що, за гідротемально-метасоматичного породотворення альбітитів НОР при привносі й осадженні U і Th, за нашою реконструкцією, не привносилися і, відповідно, не були осаджені хімічні елементи підгрупи *LREE* (таблиця, рис. 2). З цього випливає, що під час утворення торій-урановорудних альбітитів рудопрояву геохімічна історія *LREE* відрізнялась не тільки від U, а й від Th. Однак привнесення й осадження значної маси Y при утворенні торій-урановорудних альбітитів НОР дає підставу припустити факт привнесення й осадження хімічних елементів підгрупи важких лантанодів. Так, за результатами дослідження спектру *REE* у пробах рідкіснометалевих русько-полянських гранітах корсунь-новомиргородського комплексу ( $PR_1^2kn$ ), в яких зі збільшенням Y збільшуються відносні частки *HREE* [8], та з урахуванням даних [7, 22] "рудні" відмінності альбітитів ми вважаємо перспективними на "иттриєність", усупереч попереднього висновку Д.А. Мінеєва [12].

На теперішній час нами доведена [21] сильна позитивна геохімічна спеціалізація, зокрема, на U

і Th русько-полянських рідкіснометалевих гранітів корсунь-новомиргородського магматичного комплексу, вік утворення яких становить  $1758 \pm \pm 2,6$  млн рр. [23] і близький до оцінок вікового проміжку утворення лужних натрієвих метасоматитів. Зважаючи на викладене у другій і третій частинах цієї роботи, з'являються підстави пов'язати утворення рудоносних лужних натрієвих флюїдів із процесами в глибині літосфери, що призвели до утворення породної асоціації Корсунь-Новомиргородського плутону.

З урахуванням відомостей, наведених вище, а також у [3, 5, 9, 14, 21], ми реконструювали послідовність геологічних подій протоактивізації вікового проміжку 1840–1720 млн років (оцінка вікового проміжку за даними М.П. Щербака та ін. [6]), (за геолого-геохімічними даними уточнена модель Ф.І. Вольфсона і К.Г. Корольова [3]):

- утворення потужного глибинного магматичного осередку мантійного походження, який на рівні сучасного ерозійного зрізу кристалічного фундаменту проявлений дайками пікритів, кімберлітів, основних порід северинського дайкового комплексу ( $PR_1^2sv$ );

- виникнення в земній корі магматичного осередку за рахунок як глибинної речовини, так і плавлення граніто-гнейсового прошарку;

- часткова кристалізація основних магм магматичного осередку і відділення рідини – розплаву кислого складу;

- часткова кристалізація магм кислого складу з відділенням флюїду, з подальшою міграцією цього флюїду в верхню частину земної кори по зонах глибинних розломів;

- утворення у верхній частині протерозойської земної кори породної асоціації лужних натрієвих метасоматитів ( $PR_1^2mt$ ) і генетично пов'язаних із ними торій-уранових і уранових родовищ;

- укорінення залишкових розплавів у верхню частину земної кори, за кристалізації яких утворилася породна асоціація Корсунь-Новомиргородського плутону і масивів-сателітів ( $PR_1^2kn$ );

- укорінення залишкових розплавів, які утворили русько-полянські рідкіснометалеві граніти.

**Висновки.** 1. За вирахованими оцінками середніх масових часток і відповідних кларків концентрацій під час утворення "нерудних" альбітитів Новоолексіївського рудопрояву з об'єму земної кори, який зараз займають ці породи, флюїдами були вилуговані й винесені K, Rb, Ba, Cu, Si, Pb, і, відповідно, привнесені й осаджені Na, Ca, Mg, P (?), Ga, Y (?), Th, U.

2. За врахуваннями оцінками середніх масових часток і відповідних кларків концентрацій під час завершальної (рудної) стадії гідротермально-метасоматичного породотворення апогранітних лужних натрієвих метасоматитів Новоолексіївського рудопрояву в об'єм земної кори, який зараз займають альбітитами, були привнесені й осажені U, Th, Ti, Nb, Ca, Fe, Y, Mg, Mn, Ga, Rb, Ba, K.

3. Не встановлено більших значень оцінок середньоарифметичних масових часток Sr і Zr в хімічному складі альбітитів Новоолексіївського рудопрояву у порівнянні з вихідним гранітом, що відрізняє торій-ураноносні альбітитами Новоолексіївського рудопрояву від ураноносних альбітитів Ватутінського, Новокостянтинівського і (за Sr) Докучаєвського родовищ урану.

4. Під час утворення торій-урановорудних альбітитів Новоолексіївського рудопрояву не відбулося привнесення й осаження La і Ce.

Напрямок подальших досліджень – встановити характер розподілу всього спектру лантанодів і

скандію в дослідженому перетині альбітитів НОР і вмісного граніту.

**Подяки.** Автори висловлюють свою подяку начальнику ПЗЕ № 46 казенного підприємства “Кіровгеологія” В.М. Сергієнку та головному геологу ПЗЕ № 46 В.І. Погукаю за сприяння у виконанні цього дослідження.

**Дослідження пов'язане з виконанням:** наукової роботи Інституту геохімії, мінералогії і рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України № III-01-13 “Хроностратиграфія та геодинаміка мегаблоків Українського щита” державний реєстраційний номер 0112U006807; проведенням казенним підприємством “Кіровгеологія” геологорозвідувальних робіт (шифр робіт – 46-63); наукової роботи Науково-навчального інституту “Інститут геології” Київського національного університету імені Тараса Шевченка за темою № 14БП049-02 “Створення геологічного депозитарію північно-західної та центральної частин Українського щита”.

#### Література

1. Вернадский В.И. Очерки геохимии. 4-е (2-е рус.) изд. Москва-Ленинград-Грозный-Новосибирск: Государственное научно-техническое горно-геолого-нефтяное издательство, 1934. 380 с.
2. Вернадский В.И. Геохимия марганца в связи с учением о полезных ископаемых. *Конференция по генезису руд железа, марганца и алюминия*. Л., М., 1937. С. 229–246.
3. Вольфсон Ф.И., Королёв Г. Условия формирования урановых месторождений. М.: Недра, 1990. 288 с.
4. Гаврусевич И.Б., Корнева Н.Г., Пушкарев А.В. Уран-ториевая минерализация в альбититах Кировского рудопроявления. Геохимические особенности ураноносных щелочных метасоматитов УЩ. К. : ИГФМ АН УССР, 1986. С. 28–35. (Препринт / ИГФМ АН УССР).
5. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. Под ред. Я.Н. Белевцева и В.Б. Ковалю. Киев: Наук. думка, 1995. 396 с.
6. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н., Шумлянський Л.В. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой. Киев: Наук. думка, 2008. 240 с.
7. Егоров Ю.П. Геохимические особенности условий образования и закономерности размещения промышленных месторождений урана в центральной ураноносной области: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Киев, 1970. 34 с.
8. Заяць О.В. Геохімія русько-полянських рідкіснометалевих гранітів Корсунь-Новомиргородського плутону (Інгульський мегаблок УЩ). *Мінерал. журн.* 2015. 37, № 3. С. 67–77.
9. Комаров А.Н., Черкашин Л.А. Редкометалльные тектоно-метасоматические зоны Украинского щита. Киев: Наук. думка, 1991. 180 с.
10. Кучеренко И.В. Генетические аспекты геохимических исследований гидротермальных рудных месторождений. *Проблемы геологии и освоения недр: Труды XIII Международ. симп. студентов и молодых ученых им. акад. М.А. Усова*. (Томск, 6–11 апреля 2009 г.). Томск: Изд-во Томск. политехнич. ун-та, 2009. С. 52–56.
11. Войновський А.С., Жужома В.М., Калініна Г.В., Лобанова Л.А., Чурубова С.С. Методичні рекомендації для складання геохімічних карт (геохімічної спеціалізації геологічних утворень докембрійського фундаменту та прогнозно-геохімічної) масштабів 1:200000 та 1:50000 стосовно умов Українського щита. Методичні рекомендації. Київ : УкрДГрІ, 2006. 96 с.
12. Минеев Д.А. Лантаноиды в рудах редкоземельных и комплексных месторождений. Москва: Наука, 1974. 240 с.
13. Минеева И.Г. Сравнительная геохимическая характеристика и типоморфные элементы полевошпатовых метасоматитов с урановой и бериллиевой минерализацией. *Материалы по геологии урановых месторождений. Информационный сборник*. 1979. Вып. 54. С. 197–218.
14. Митрохин А.В., Вишневская Е.А., Гаценко В.А., Митрохина Т.В., Михальченко И.И., Шумлянський Л.В. Петрология, геохимия и рудоносность ультрамафических даек Новоукраинского дайкового поля (Ингульский мегаблок Украинского щита). *Мінерал. журн.* 2016. 38, № 1. С. 42–57.
15. Михальченко І.І., Синицин В.О. Актинолітова фация апобазитових лужних натрієвих метасоматитів. *Геохімія та рудоутворення*. 2012. Вип. 33. С. 77–87.
16. Михальченко І.І., Андреев О.В. Геохімія ніобію, торію, урану в альбітитах Новоолексіївського рудопрояву, Український щит. *Геохімія та рудоутворення*. 2015. Вип. 35. С. 19–28.

17. Михальченко І.І., Загородній В.В., Синицин В.О. Хімічний склад торій-ураноносних альбітитів Новоолексіївського рудопроаяву, Український щит. *Пошукова та екологічна геохімія*. 2015. 16, № 1. С. 37–45.
18. Михальченко І.І., Іванов Б.Н. Кореляція урану й торію в рудних альбітитах глибоких горизонтів Ватутинського родовища, Український щит. *Геохронологія та рудоносність докембрію та фанерозою (до 110 річнниці від дня народження академіка АН України Семененка Миколи Пантелеймоновича)*: зб. тез наук. конф. з міжнародною участю (Київ, 17–18 листопада 2015 р.) Київ, 2015. С. 106–108.
19. Михальченко І.І. Уран і торій в альбітитах Новоолексіївського рудопроаяву, Український щит. *Мінерал. журн.* 2015. 34, № 7. С. 85–97.
20. Михальченко І.І. Кореляція показників вмісту урану й торію в складі “рудних” альбітитів Партизанського родовища, Український щит. *Матеріали Міжнарод. наук.-практ. конф. “Розвиток промисловості та суспільства”. Секція 5. Геологія і прикладна мінералогія. Екологія*. Криворізький національний університет (Кривий Ріг, 25–27 травня 2016 р.). 2016. С. 162–170.
21. Михальченко І.І., Заяць О.В., Андреев О.В. Уран і торій у русько-полянських рідкіснометалевих гранітах (Корсунь-Новомиргородський плутон, Український щит). *Геохімія і рудоутворення*. 2016. Вип. 36. С. 35–46.
22. Обризанов В.Н. Основные черты геохимии Ватутинского месторождения урана и некоторые проблемы натриевого метасоматоза: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Березовка, 1974. 27 с.
23. Пономаренко О.М., Заяць О.В., Безвинний В.П., Циба М.М., Довбуш Т.І. Особливості речовинного складу та ізотопний вік руськополянських рідкіснометалевих гранітів Українського щита. *Геохімія та рудоутворення*. 2011. Вип. 30. С. 18–26.
24. Степанюк Л.М., Бондаренко С.М., Сьомка В.О., Котвіцька І.М., Андреев О.В. Джерело натрію та урану ураноносних альбітитів (на прикладі Докучаєвського родовища Інгульського мегаблоку Українського щита). *Геохімія та рудоутворення*. 2012. Вип. 31–32. С. 99–104.
25. Щербак Д.Н. Распределение щелочных и щелочноземельных элементов в процессе натриевого метасоматоза. *Геохимия и рудообразование*. 1985. Вип. 13. С. 74–80.
26. Cinely Sandrine, Cuney Michel, Emetz Alexander, Vanderyhaenge Olivier, Boulvais Philippe. Sodium metasomatism in the Michurinka uranium ore deposit of the Kirovograd - Novoukrainsk district. *Métasomatose sodique et Minéralisations uranifères associées: Exemples du district de Kirovograd - Novoukrainsk (Ukraine), du batholite du Kurupung (Guyana), et du gisement d’Espinharas (Brésil)*. 2008. P. 51–101.

#### References

1. Vernadskiy V.I. Oчерки geohimii. 4-e (2-e rus.) izd. [Notes of geochemistry]. Moskva-Leningrad-Groznyiy-Novosibirsk: Gosudarstvennoe nauchno-tehnicheskoe gorno-geologo-neftyanoe izdatelstvo, 1934. – 380 p. (in Russian).
2. Vernadskiy V.I. Geohimiya margantsa v svyazi s ucheniem o poleznyh iskopaemyh. Konferentsiya po genezisu rud zheleza, margantsa i alyuminiya. Leningrad, Moskva, 1937. Pp. 229-246. (in Russian).
3. Volfson F.I., Korolyov K.G. Usloviya formirovaniya uranovyh mestorozhdeniy [The conditions of formation of uranium deposits]. Moskva: Nedra, 1990. 288 p. (in Russian).
4. Gavrushevich I.B., Korneva N.G., Pushkarnov A.V. Uran-torievaya mineralizatsiya v albititah Kirovskogo rudoproyavleniya [Thorium-uranium mineralization in albitites of the Kirov ore deposit]. *Geohimicheskie osobennosti uranonosnyih shelochnyih metasomatitov USCh*. Kyiv, 1986. Pp. 28-35. (Preprint / IGFM AN USSR). (in Russian).
5. Geneticheskie tipy i zakonovernosti razmescheniya uranovyh mestorozhdeniy Ukrainyi/ Pod redaktsiye Ya.N. Belevtseva i V.B. Kovalya. Kiev: Naukova dumka, 1995. 396 p. (in Russian).
6. Shcherbak N.P., Artemenko G.V., Lesnaya I.M., Ponomarenko A.N., Shumlyanskiy L.V. Geohronologiya rannego dokembriya Ukrainского schita. Proterozoy. Kiev: Naukova dumka, 2008. 240 p. (in Russian).
7. Egorov Yu.P. Geohimicheskie osobennosti usloviy obrazovaniya i zakonovernosti razmescheniya promyshlennyih mestorozhdeniy urana v tsentralnoy uranonosnoy oblasti. [Geochemical characteristics of conditions of formation and regularities of distribution of industrial uranium deposits uranium ore in the Central region]. Avtoreferat dissertatsiya na soiskanie uchYonoy stepeni kand. geol.-min. nauk. Kiev, 1970. 34 p. (in Russian).
8. Zayats O.V. Heokhimiya rusko-polyanskykh ridkisonmetalevykh hranitiv Korsun-Novomyrhorodskoho plutonu (Inhul'skyi mehablok UShch). *Mineralohichnyy zhurnal*. 2015. 37, N 3. Pp. 67-77. (in Ukrainian).
9. Komarov A.N., Cherkashin L.A. Redkometalnye tektono-metasomaticheskie zony Ukrainского schita [Rare metal tectono-metasomatic zones of the Ukrainian shield]. Kiev: Naukova dumka, 1991. 180 p. (in Russian).
10. Kucherenko I. V. Geneticheskie aspekty geohimicheskikh issledovaniy gidrotermal'nyh rudnyh mestorozhdeniy [Genetic aspects of geochemical studies of hydrothermal ore deposits]. *Problemy geologii i osvoeniya nedr: Trudy XIII Mezhdunarod. simp. studentov i molodykh uchenykh im. akad. M.A. Usova*, g. Tomsk, 6-11 aprelya 2009 g. Tomsk: Izd-vo Tomskogo politehnicheskogo un-ta, 2009. Pp. 52-56. (in Russian).
11. Voynovskyy A.S., Zhuzhoma V.M., Kalinina H.V., Lobanova L.A., Churubova S.S. Metodychni rekomendatsii dlya skladannya heokhimichnykh kart (heokhimichnoyi spetsializatsiyi heolohichnykh utvoren' dokembriys'koho fundamentu ta prohnzno-heokhimichnoyi) masshtabiv 1:200000 ta 1:50000 stosovno umov Ukrayinskoho shchyta. Metodychni rekomendatsiyi [Methodical recommendations for the compilation of the geochemical maps (geochemical specialization of geological formations Precambrian basement and inferred geochemical) of scales 1:200000 and 1:50000 with regard to the conditions of the Ukrainian shield. Guidelines]. Kyiv, 2006. 96 p. (in Ukrainian).
12. Mineev D.A. Lantanoidy v rudah redkozemelnyh i kompleksnyh mestorozhdeniy [The lanthanoids in ores of rare-earth and complex deposits]. Moskva: Nauka, 1974. 240 p. (in Russian).

13. Mineeva I.G. Sravnitel'naya geokhimiya i tipomorfnye elementy polevoshpatovykh metasomatitov s uranovoy i berilliovoy mineralizatsiyey [Comparative geochemical characteristics and typomorphic elements in feldspar metasomatic rocks with uranium and beryllium mineralization]. *Materialy po geologii uranovykh mestorozhdeniy. Informatsionnyy sbornik*. 1979. **54**. Pp. 197-218. (in Russian).
14. Mitrokhin A.V., Vishnevskaya E.A., Gatsenko V.A., Mitrokhina T.V., Mihalchenko I.I., Shumlyansky L.V. Petrologiya, geokhimiya i rudonosnost ultramaficheskikh daek Novoukrainskogo daykovogo polia (Ingulskiy megablock Ukrainskogo Shchita) [Petrology, geochemistry and ore potential of ultramafic dykes of the Novoukrainka dyke field (Ingul terrain of the Ukrainian shield)]. *Mineralohichnyy zhurnal*. 2016. **38**, № 1. Pp. 42-57. (in Russian).
15. Mihalchenko I.I., Synytsyn V.O. Aktynolitova fatsiya apobazytovykh luzhnykh natriyevykh metasomatytiv [Actinolitic facies of apobasitic sodium metasomites of deep fault zonts]. *Heokhimiya ta rudoutvorenniya*. 2012. **33**. Pp. 77-87. (in Ukrainian).
16. Mihalchenko I.I., Andreev O.V. Heokhimiya niobiyu, toriyu, uranu v albityakh Novooleksiivskoho rudoproyavu, Ukrayinskyy shchyt [Geochemistry of niobium, thorium, uranium in the albitites of the Novooleksiivka ore deposit of the Ukrainian shield]. *Heokhimiya ta rudoutvorenniya*. 2015. **35**. Pp. 19-28. (in Ukrainian).
17. Mihalchenko I.I., Zahorodniy V.V., Synytsyn V.O. Khimichnyy sklad toriy-uranonosnykh albitytiv Novooleksiivskoho rudoproyavu, Ukrayinskyy shchyt [The chemical composition of the uranium and thorium of ore-bearing albitites Novooleksiivka ore deposit of the Ukrainian shield]. *Poshukova ta ekologichna heokhimiya*. 2015. **16**. N 1. Pp. 37-45. (in Ukrainian).
18. Mihalchenko I.I., Ivanov B.N. Korelyatsiya uranu i toriyu v rudnykh albityakh hlybokykh horyzontiv Vatutynskoho rodovyshcha, Ukrayinskyy shchyt [Correlation of uranium and thorium in the ore albitites of deep horizons Vatutinka deposits, Ukrainian shield]. *Heokhronolohiya ta rudonosnist dokembriyu ta fanerozoju (do 110 richnytsi vid dnya narodzhennya akademika AN Ukrayiny Semenena Mykoly Panteleymonovycha): zbirnyk tez naukovoyi konferentsiyi z mizhnarodnoyu uchastyu* (Kyiv, 17-18 lystopada 2015 r.) Kyiv, 2015. P. 106-108. (in Ukrainian).
19. Mihalchenko I.I. Uran i toriy v rudonosnykh albityakh Novoleksiivskoho rudoproyavu (Ukrayinskyy shchyt) [Uranium and thorium in albitites Novooleksiivka ore occurrence, the Ukrainian shield]. *Mineralohichnyy zhurnal*. 2015. **34**. N 1. Pp. 85-97. (in Ukrainian).
20. Mihalchenko I.I. Korelyatsiya pokaznykiv vmistu uranu i toriyu v skladi «rudnykh» albitytiv Partyzanskoho rodovyshcha, Ukrayinskyy shchyt [The correlation between uranium and thorium in the composition of "ore" albitite of Partizan uranium-uranium deposits, Ukrainian shield]. *Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsiyi «Rozvytok promyslovosti ta suspilstva». Sektsiya 5. Heolohiya i prykladna mineralohiya. Ekolohiya. Kryvorizkyy natsionalnyy universytet* (Kryvyi Rih, 25-27 travnya 2016 r.). 2016. P. 162-170. (in Ukrainian).
21. Mihalchenko I.I., Zaiats O.V., Andreev O.V. Uran i toriy u rusko-polyanskykh riddisnometalevykh hranitakh (Korsun-Novomyrhorods'kyi pluton, Ukrayins'kyi shchyt) [Uranium and Thorium in the Ruska-Polyana Rare-Metal Granites of Korsun-Novomyrhorod Pluton (the Ingul Megablock, the Ukrainian Shield)]. *Heokhimiya i rudoutvorenniya*. 2016. **36**. Pp. 35-46. (in Ukrainian).
22. Obrizanov V.N. Osnovnye cherty geokhimii Vatutynskoho mestorozhdeniya urana i nekotorye problemy natrievogo metasomatoza [The main features of Geochemistry of Vatutinka uranium deposits and some problems of sodium metasomatism] : avtoref. dis. na soiskanie uchenoy stepeni kand. geol.-min. nauk. Berezovka, 1974. 27 p. (in Russian).
23. Ponomarenko O.M., Zayats O.V., Bezvynnyy V.P., Tsyba M.M., Dovbush T.I. Osoblyvosti rehovynnoho skladu ta izotopnyy vik ruskopolyanskykh riddisnometalevykh hranitiv Ukrayinskoho shchyta [Features of mineral composition and isotopic age of rosskohlyanskyi rare-metal granites of the Ukrainian shield]. *Heokhimiya ta rudoutvorenniya*. 2011. **30**. Pp. 18-26. (in Ukrainian).
24. Stepanyuk L.M., Bondarenko S.M., Somka V.O., Kotvits'ka I.M., Andreyev O.V. Dzherelo natriyu ta uranu uranonosnykh albitytiv (na prykladi Dokuchayevskoho rodovyshcha Inhulskoho mehabloku Ukrayins'koho shchyta) [Source of sodium and uranium of uraniferous albitites (on the example of Dokuchaevka deposit of ingul megablock of USH)]. *Heokhimiya ta rudoutvorenniya*. 2012. **31-32**. Pp. 99-104. (in Ukrainian).
25. Scherbak D.N. Raspreделение shelochnykh i shelochnozemelnykh elementov v protsesse natrievogo metasomatoza [The distribution of alkali and alkaline earth elements during sodium metasomatism]. *Geokhimiya i rudoobrazovanie*. 1985. **13**. Pp. 74-80. (in Russian).
26. Cinely Sandrine, Cuney Michel, Emetz Alexander, Vanderyhaenge Olivier, Boulvais Philippe. Sodium metasomatism in the Michurinka uranium ore deposit of the Kirovograd - Novoukrainsk district. *Metasomatose sodique et Minéralisations uranifères associées: Exemples du district de Kirovograd - Novoukrainsk (Ukraine), du batholite du Kurupung (Guyana), et du gisement d'Espinharas (Brésil)*. 2008. P. 51-101. (in English).

**Михальченко І.І., Андреев О.В., Загородній В.В., Заяць О.В.**

**Миграция химических элементов при образовании торий-ураноносных альбититов Новоалексеевского рудопроявления, Украинский щит.**

Проведена реконструкції міграції хімічних елементів в процесі формування торій-ураноносних альбітитів Новоалексеевського рудопроявлення Партизанського рудного поля Центральноукраїнського урановорудного району Українського щита. Во время главной стадии гидротермально-метасоматического породообразования апогранитных щелочных натриевых метасоматитов в объёме земной коры, который сейчас занимают альбититы, флюидами были выщелочены и вынесены K, Rb, Ba, Cu, Si, Pb, и, соответственно, привнесены и осажены Na, Ca, Mg, P (?), Ga, Y (?), Th, U. Во время заключительной (рудной) стадии породообразования были привнесены и осаж-

дены U, Th, Ti, Ca, Nb, Fe, Y, Mg, Mn, Ga, Rb, Ba, K, при этом смоделировано, что основные массы U, Th, Ti, Ca, Fe были осаждены в полостях различного происхождения. В процессе образования торий-урановородных альбититов Новоалексеевского рудопроявления не произошло привноса и осаждения Sr и Zr (в отличие от урановородных альбититов Ватутинского, Новоконстантиновского и Докучаевского месторождений урана) La, Ce.

*Ключевые слова:* химический элемент, миграция, кларк, концентрация, альбиты, Новоалексеевское рудопроявление.

*Mihalchenko I.I., Andreev O.V., Zagorodniy V.V., Zaiats O.V.*

**Modeling migration of chemical elements during formation of thorium-uranium ore-bearing albitites of the Novooleksiivka ore deposit, Central-Ukrainian uranium ore-bearing district of The Ukrainian Shield.**

*Purpose.* The aim of the paper is the modeling migration of chemical elements during formation of thorium-uranium ore-bearing albitites of the Novooleksiivka ore deposit, Central-Ukrainian uranium ore-bearing district of Ukrainian Shield. *Methodology* is based on collection of data from early and modern geological investigations, geological and radiometric documentation of drill cores, sampling and statistical calculations. Mass fraction's of chemical elements in the samples of rocks was determined by XRF-method in the laboratory of educational-research institute "Institute of geology" of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Conclusion of inputs (removal) and deposition (leaching) made on the basis of comparison of the estimation of average mass fraction of the corresponding chemical element with the source rock and the estimation of the Clark of this element. *Results.* During the main stage of hydrothermal-metasomatic formation of alkaline sodium metasomatites in the volume of the crust, which is now occupied by albitites, fluids were leached and removal K, Rb, Ba, Cu, Si, Pb, and accordingly, were supplied and deposited Na, Ca, Mg, P (?), Ga, Y (?), Th U. During the final (ore) stage of rock formation was introduced and retained U, Th, Ti, Ca, Nb, Fe, Y, Mg, Mn, Ga, Rb, Ba, K, while modeled main masses of U, Th, Ti, Ca, Fe were deposited in cavities of various origin. In the formation of uranium-ore albitites Novooleksiivka ore deposit did not happen inputs and deposition Sr and Zr (unlike Dokuchaevka and Novokosnyantynivka uranium ore deposits), La, Ce.

*Keywords:* chemical element, migration, clark, concentration, albitite, Novooleksiivka ore deposit.

Надійшла 27.07.2016.