

УДК 550.42 : 519.2 : 546.791/. 795 : 553.495 (477)

І.І. Михальченко

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

КОРЕЛЯЦІЯ УРАНУ І ТОРІЮ В РУДНИХ АЛЬБІТИТАХ ПАРТИЗАНСЬКОГО РОДОВИЩА, УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ

У результаті дослідження встановлено такі оцінки кореляції урану і торію рудного покладу Партизанського родовища: на найглибшому горизонті — висока, проміжному — слабка, найближчому до рівня сучасного ерозійного зрізу кристалічного фундаменту — помірна. Однією з ознак, за якою рудні альбітита Партизанського родовища розрізняються на різних гіпсометричних рівнях, є значення оцінки середньої геометричної масової частки торію в їх хімічному складі. Оцінка середньої геометричної масової частки торію рудних альбітитів найглибшого горизонту приблизно в чотири рази більша, ніж оцінка цього параметра рудних альбітитів найближчого до сучасного рівня ерозійного зрізу фундаменту. "Вертикальна" рудна зональність Партизанського родовища ідентифікована за наявністю на глибоких горизонтах торій-уранових руд, а у верхній частині родовища — уранових руд.

Ключові слова: уран, торій, кореляція, альбітит, Партизанське родовище.

Постановка проблеми. Уран (U) і торій (Th) визнані чутливими індикаторами фізико-хімічних реакцій у ході породоутворення [16]. Різна геохімічна поведінка U і Th під час магматичного і гідротермального породоутворення [3, 17] в окиснювальних і відновлюваних умовах дає можливість реконструювати фізико-хімічні умови, зокрема, і ендегенного рудоутворення.

Основою сировинної бази U в Україні є об'єкти рудної формації ураноносних натрієвих метасоматитів Центральноукраїнського і Кіровоградського рудних районів, які зосереджені в кристалічному фундаменті центральної частини Інгульського (Кіровоградського) мегаблоку Українського щита (УЩ) [6]. Основним хімічним радіоактивним елементом, який визначає промислову цінність цих рудних об'єктів, є U, що й обґрунтовує особливу увагу дослідників до цього хімічного елемента [1, 6, 7, 10—15]. Стан дослідження розподілу Th в рудоносних альбітитах центральної частини УЩ набагато гірший: "Інформація о торієності урановорудних альбітитов и вмещающих их пород, содержащаяся в опублико-

ванных (и фондовых) работах, довольно скудна и противоречива" [19]. На теперішній час залишаються доволі суперечливими і дані щодо кореляції U і Th, зокрема, у рудних відмінах альбітитів.

У межах Центральноукраїнського урановорудного району відомі як урановорудні об'єкти (Новокостянтинівське, Лісне, Докучаєвське, Літне, Апрельське і Ватутінське родовища), так і торій-урановорудні об'єкти (Партизанське і Кіровське родовища, Новоолексіївський, Олександрівський, Степовий, Роженський та ін. рудопрояви), (за даними Казенного підприємства "Кіровгеологія").

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Нині наявні суперечливі відомості щодо кореляції урану й торію в рудних об'єктах центральної частини УЩ, генезис яких пов'язується з утворенням ранньопротерозойської (PR_1^2 , за оцінками віку утворення [6, 7]) геологічної формації лужних натрієвих метасоматитів зон глибинних розломів.

У 1979 р. І.Г. Мінеєвою опубліковано від'ємні оцінки коефіцієнтів парної кореляції U і Th ураноносних альбітитів Кіровоградського рудного району: хлорит-егіринових — $-0,25$, егі-

рин-рибекітових — $-0,13$. Однак для натрієвих метасоматитів фосфорно-рідкісноземельно-торій-уранової рудної формації (Тимосівський та ін. рудопрояви) було опубліковано позитивне значення оцінки коефіцієнта парної кореляції U і Th — $0,62$ [10]. У 1986 р. О.В. Пушкарьовим та ін. за результатами застосування факторного аналізу значень вимірів масової частки U ($w(U)$) та супутніх елементів у пробах альбітитів торій-уранових Партизанського та Кіровського родовищ (Партизанське рудне поле, Центральноукраїнський рудний район) відмічено, що "Во всех рудных зонах совместно с привнесом U наблюдается рост силы корреляционных связей и повышение общей концентрации в группе, представленной Th, Pb, ..." [15, с. 19].

У роботах [12, 13] опубліковано результати дослідження статистичного зв'язку U і Th в рудних альбітитах Новоолексіївського рудопрояву Партизанського рудного поля і Ватутінського родовища однойменного рудного поля (Центральноукраїнський рудний район). За оцінкою вибіркового коефіцієнта рангової кореляції Спірмена (r_s) $0,90$, який був розрахований за значеннями вимірів $w(U)$ $w(Th)$ у пробах рудних альбітитів Новоолексіївського рудопрояву (20 значень парних вимірів), статистичний зв'язок цих хімічних елементів класифіковано як високий [13]. Для рудних альбітитів, що були розкриті на глибоких горизонтах Ватутінського родовища урану, за значеннями $w(U)$ і $w(Th)$ у пробах рудних альбітитів (6 значень парних вимірів) за оцінкою r_s $0,99$, статистичний зв'язок цих хімічних елементів теж класифіковано як високий [12], що суперечить висновку В.М. Обрізанова про те, що в рудних альбітитах родовища кореляції Th з іншими елементами не було виявлено, хоча при цьому він зазначає: "В рудах месторождения установлено некоторое повышенное содержание тория (при отсутствии его корреляции с ураном) ..." [14]. Невідповідність наших результатів з дослідження кореляції U і Th в рудних альбітитах Ватутінського родовища з результатом В.М. Обрізанова ми пояснили (оскільки нам невідомі дані, які ним використані), зокрема, тим, що для статистичних досліджень значень $w(U)$ і $w(Th)$, він переважно врахував вимірювання у пробах окиснених альбітитів, відібраних з верхніх горизонтів родовища недалеко від сучасного рівня ерозійного зрізу кристалічного фундаменту [12].

Окремо варто вказати, що у 2013 р. Енді Вайлд (*Andy Wilde*) опублікував виключно позитивні оцінки коефіцієнтів кореляції U і Th в родовищах ураноносних альбітитів, які були виявлені в різні роки у інших частинах Землі: Лагоа Реал (*Lagoa Real, Brazil*) — $0,58$ (39 проб), Джаку Лейк (*Jacque's Lake, Central Mineral Belt, Canada*) — $0,83$ (4456 проби), Валгалла (*Valhalla, Mount Isa district, Australia*) — $0,56$ (12173 проби), Дюк Бетмен (*Duke Batman, Mount Isa district, Australia*) — $0,98$ (14 проб) [23].

Виділення невирішеної раніше частини загальної проблеми. Рудні альбітити Новоолексіївського рудопрояву, для яких статистичний зв'язок U і Th оцінений як високий [13], також знаходяться поблизу від сучасного рівня ерозійного зрізу кристалічного фундаменту, тому поясненням відсутності кореляції, зокрема, U і Th в рудних альбітитах верхніх горизонтів Ватутінського родовища тільки епігенетичною міграцією і перевідкладенням U в об'ємі земної кори, яку зараз займають альбітити цього рудного об'єкта, задовольнятися не можна. Треба звернути увагу на ще одну обставину, яка ускладнює однозначну інтерпретацію сучасних даних [12, 13] з дослідження кореляції U і Th. Вибірки парних значень вимірів $w(U)$ і $w(Th)$ у пробах з перетинів рудних альбітитів Ватутінського родовища (див. [12]) і Новоолексіївського рудопрояву (див. [13]) суттєво різні як за обсягом, так і розмахом значень. З огляду на це було ухвалено рішення про продовження дослідження кореляції U і Th на прикладі рудного об'єкта, для якого відомі зіставні значення вимірів $w(U)$ і $w(Th)$ у хімічному складі проб рудних альбітитів, а самі рудні поклади розкриті на значну глибину. В якості такого об'єкта було обрано Партизанське родовище урану.

Об'єкт дослідження — рудні альбітити Партизанського родовища.

Предмет дослідження — хімічний склад рудних альбітитів Партизанського родовища.

Мета дослідження — оцінити характер статистичного зв'язку урану й торію в рудних альбітитах Партизанського родовища.

Геологічна будова. Партизанське родовище з альбітитами, в хімічному складі яких встановлено підвищені значення $w(U)$ і $w(Th)$, виявлено наприкінці 1970-х рр. М.Ф. Сиродоевим та ін. (Пошуково-зйомочна експедиція № 46 Казенного підприємства "Кіровгеологія" (сучасна назва)) в центральній частині Новоукра-

їнського складного гранітного масиву на заході Інгульського (Кіровоградського) мегаблоку УЩ. Родовище розташоване в центральній частині складного ареалу гідротермально-метасоматичних перетворень порід кристалічного фундаменту (геологічна формація лужних натрієвих метасоматитів зон глибинних розломів (PR_1^{2mt})), який тут складений, переважно, сублужними гранітоїдами новоукраїнського комплексу (PR_1^{1nu}). Рудні поклади родовища утворилися в зоні динамічного впливу головного шва Адабаської зони розломів — північно-східного Адабаського розлому. Оцінка віку утворення уранініту з рудних альбітитів Партизанського родовища — 1810 ± 5 млн рр. опублікована в [6, с. 212] (оцінка вікового проміжку утворення натрієвих метасоматитів Інгульського мегаблоку — 1,840–1,800 млн рр. [7, с. 200]). Серед гранітів є невеликі тіла монзонітів й 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 основного і ультраосновного складу северинського комплексу (PR_1^{2sv}) (назва комплексу за О.М. Сухініним, 1984) наявні у зонах лужного натрієвого метасоматозу. Окрім Партизанського родовища в межах ареалу гідротермально-метасоматичних перетворень попередниками були виявлені Кіровське торій-уранове родовище [15], Новоолексіївський торій-урановий рудопрояв [13] й інші рудні об'єкти, які разом входять до складу Партизанського рудного поля. Більш детальна інформація про геологічну будову Партизанського рудного поля наведена в роботах [6, 13, 15].

Методологія і методи дослідження. Проведенню цієї роботи передувало збирання даних попередніх і сучасних геологорозвідувальних робіт. Основою для дослідження стали матеріали, отримані під час проведення геологорозвідувальних робіт під керівництвом головного геолога ПЗЕ № 46 КП "Кіровгеологія" М.Ф. Сиродоева наприкінці 1970-х — на початку 1980-х рр.

Для дослідження кореляції U і Th було обрано проби з трьох наскрізних перетинів поклади рудних альбітитів Партизанського родовища, в яких значення вимірів $w(U) > 30 \cdot 10^{-4} \%$ (за [11, 13]). Проби першого перетину характеризують найглибший рівень рудної зони від су-

часного ерозійного зрізу кристалічного фундаменту, третього — найближчий, відповідно, другого — знаходяться у проміжному положенні.

Оскільки натеper відомо, що статистичний розподіл вимірів $w(U)$, що визначені у пробах руд уранових родовищ світу, апроксимується за логнормальним законом розподілу [9], перед дослідженням кореляції значень $w(U)$ і $w(Th)$ у пробах альбітитів Партизанського родовища був здійснений розрахунок десяткових логарифмів вимірів $w(\lg w)$ для $w(U)$, так і $w(Th)$.

Послідовність виконання дослідження була такою:

1. Перевірка гіпотези щодо кореляції значень вимірів графічним методом для кожної з вихідних вибірок парних значень, за [2, 9, 12, 13, 18];

2. Розрахунок оцінок r_s (обґрунтування див. у роботах [12, 13], зазначаємо, що застосування замість значень вимірів $w(U)$ і $w(Th)$ їх десяткових логарифмів не впливає на оцінку r_s) для кожної групи парних значень за формулою, за [2, 12, 13]:

$$r_s = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{i=1}^n (R_U - R_{Th})^2}{n \cdot (n^2 - 1)}, \quad (1)$$

де r_s — вибірковий коефіцієнт рангової кореляції Спірмена, R_U — вибірковий ранг значення $\lg w(U)$, R_{Th} — вибірковий ранг значення $\lg w(Th)$, n — кількість пар значень;

3. Значущість з вибірових r_s оцінено за формулою з роботи [2, с. 387]:

$$r_{кр} = \frac{\Phi_{(1-\alpha)}}{\sqrt{n-1}}, \quad (2)$$

де $r_{кр}$ — критичне значення коефіцієнта кореляції, n — кількість пар значень, Φ — значення оберненої функції нормального розподілу (за [3]), α — рівень значущості (0,95);

4. Тіснота статистичних зв'язків класифікована за значеннями r_s по шкалі Чеддока з роботи [22];

5. Верифікація оцінок тісноти статистичних зв'язків U і Th виконана за оцінками коефіцієнтів парної кореляції Пірсона (r), які були розраховані за значеннями коефіцієнтів лінійних рівнянь регресій (ЛРР) за формулою з роботи [18]:

$$r = \sqrt{r^2}, \quad (3)$$

де r — оцінка коефіцієнта парної кореляції Пірсона, r^2 — оцінка коефіцієнта детермінації (КД), який розрахований за [18, с. 149, формула 7.3.1]:

$$r^2 = b_1 b_2, \quad (4)$$

де r^2 — оцінка КД, b_1 та b_2 — коефіцієнти ЛРР, які мають загальний вигляд (за [2] та ін.):

$$y = a + bx, \quad (5)$$

де x — факторна ознака, y — результативна ознака, a — константа ЛРР, b — коефіцієнт ЛРР. Відповідно, b_1 — коефіцієнт ЛРР у (результативна ознака) на x (факторна ознака), а b_2 — коефіцієнт ЛРР x (результативна ознака) на y (факторна ознака).

Константи й коефіцієнти ЛРР розраховані аналітичним способом Лежандра-Гаусса (Адрієн Лежандр (*Adrien-Marie Legendre*) [21], Карл Гаусс (*Gauss Carolo Frederico*) [20]), формули з роботи [5]:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}, \quad (6)$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}, \quad (7)$$

де x_i — результативна ознака; y_i — факторна ознака; a — константа ЛРР; b — коефіцієнт ЛРР, n — кількість пар;

6. Порівняння оцінок тісноти статистичних зв'язків U і Th в рудних альбітитах Партизанського родовища на різних рівнях від сучасного ерозійного зрізу кристалічного фундаменту. Для однозначної інтерпретації результатів враховано також дані розрахунків середніх арифметичних (*ave*) $lgw(U)$ і $lgw(Th)$ для відповідних вибірок парних вимірів $w(U)$ і $w(Th)$ досліджених перетинів. Вирахування середніх арифметичних lgw_{ave} виконано за формулою [2]:

$$lgw_{ave} = \frac{\sum_{i=1}^n lgw_i}{n}, \quad (8)$$

де lgw_{ave} — оцінка вибіркового середнього арифметичного lgw , lgw_i — значення десяткового логарифма w ; n — кількість значень у вибірці.

Досліджений рівень організації геологічної речовини — гірська порода.

Результати дослідження. Значення $lgw(U)$ і $lgw(Th)$ кожного з досліджених перетинів наведені в табл. 1–3, як і проміжні й фінальні ре-

Таблиця 1. Десяткові логарифми значень вимірів $w(U)$ і $w(Th)$ (умовні одиниці) у пробах із найглибшого перетину рудних альбітитів Партизанського родовища та результати статистичної обробки

Table 1. Results of the statistic processing common logarithms of the pair determination mass fractions of uranium $w(U)$ and thorium $w(Th)$ in the chemical compositions of the samples of the ore albitites at the intersection of the deepest level of the Partyzan ore deposit

Номер з/п	$lgw(U)$	$lgw(Th)$	R_U	R_{Th}	$R_U - R_{Th}$	$(R_U - R_{Th})^2$	Номер з/п	$lgw(U)$	$lgw(Th)$	R_U	R_{Th}	$R_U - R_{Th}$	$(R_U - R_{Th})^2$
1	1,5682	1,6435	2,0	6,0	-4,0	16,00	21	2,1461	1,7993	15,0	13,0	2,0	4,00
2	1,5798	1,7160	3,5	9,5	-6,0	36,00	22	1,6628	1,5798	5,0	2,5	2,5	6,25
3	1,9138	2,0719	13,0	22,0	-9,0	81,00	23	1,5798	1,5798	3,5	2,5	1,0	1,00
4	1,8325	2,0864	10,0	23,0	-13,0	169,00	24	1,7243	1,4771	7,0	1,0	6,0	36,00
5	1,7634	1,7160	8,5	9,5	-1,0	1,00	25	2,6812	1,8921	28,0	15,0	13,0	169,00
6	2,4314	2,3522	20,0	30,0	-10,0	100,00	26	3,4742	2,4425	35,0	34,0	1,0	1,00
7	2,2504	2,0607	18,0	21,0	-3,0	9,00	27	3,2279	2,4281	34,0	32,0	2,0	4,00
8	2,8751	2,6656	33,0	35,0	-2,0	4,00	28	2,6096	2,2330	27,0	27,0	0,0	0,00
9	2,5263	2,4200	24,0	31,0	-7,0	49,00	29	2,0607	1,7782	14,0	12,0	2,0	4,00
10	1,9031	1,9685	12,0	17,0	-5,0	25,00	30	2,5453	2,2279	25,0	26,0	-1,0	1,00
11	1,7634	1,6335	8,5	4,5	4,0	16,00	31	2,6955	2,2833	29,0	29,0	0,0	0,00
12	1,4771	1,6628	1,0	8,0	-7,0	49,00	32	2,4518	1,9868	21,0	19,0	2,0	4,00
13	2,4997	2,0294	22,0	20,0	2,0	4,00	33	2,7966	2,4362	32,0	33,0	-1,0	1,00
14	2,2304	1,8976	17,0	16,0	1,0	1,00	34	1,8921	1,6532	11,0	7,0	4,0	16,00
15	1,7160	1,6335	6,0	4,5	1,5	2,25	35	2,5478	2,2504	26,0	28,0	-2,0	4,00
16	2,5105	1,9777	23,0	18,0	5,0	25,00	Σ	79,0427	69,6193	—	—	—	960,50
17	2,3655	1,8692	19,0	14,0	5,0	25,00	<i>Ave</i>	2,2584	1,9891	—	—	—	—
18	2,7931	2,2148	31,0	25,0	6,0	36,00	r_s						0,87
19	2,7324	2,2122	30,0	24,0	6,0	36,00	r_{kp}						0,28
20	2,2148	1,7404	16,0	11,0	5,0	25,00							

зультати розрахунків відповідних оцінок r_s і r_{kp} . Розсіяння $lgw(U)$ і $lgw(Th)$, рівняння регресій, оцінки r найглибшого, проміжного й приповерхневого перетинів рудних альбітитів ілюструють, відповідно, рис. 1—3.

Вибірковий r_s $lgw(U)$ і $lgw(Th)$ найглибшого перетину становить 0,87 (табл. 1) (оцінка r — 0,84 (рис. 1)), що дає змогу оцінити зв'язок урану й торію на глибоких горизонтах Партизанського родовища як високий.

Таблиця 2. Десяткові логарифми значень вимірів $w(U)$ і $w(Th)$ (умовні одиниці) у пробах з проміжного перетину рудних альбітитів Партизанського родовища, та результати статистичної обробки

Table 2. Results of the statistic processing common logarithms of the pair determination of mass fractions of uranium $w(U)$ and thorium $w(Th)$ in the chemical compositions of the samples of the ore albitites at the intersection of the intermediate level of the Partyzan ore deposit

Номер з/п	lgw(U)	lgw(Th)	R_U	R_{Th}	$R_U - R_{Th}$	$(R_U - R_{Th})^2$	Номер з/п	lgw(U)	lgw(Th)	R_U	R_{Th}	$R_U - R_{Th}$	$(R_U - R_{Th})^2$
1	2,5478	1,1761	41,0	18,0	23,0	529,00	42	3,0086	1,4624	69,0	34,0	35,0	1225,00
2	2,4928	1,2553	37,0	23,0	14,0	196,00	43	2,6990	1,5185	50,0	39,0	11,0	121,00
3	2,3464	1,1461	28,0	17,0	11,0	121,00	44	2,4440	1,4314	34,0	32,5	1,5	2,25
4	2,5717	1,6628	43,0	58,0	-15,0	225,00	45	2,1875	0,9542	13,5	9,5	4,0	16,00
5	2,7490	1,6232	56,0	54,5	1,5	2,25	46	3,2122	1,8062	74,0	68,0	6,0	36,00
6	2,4786	1,0414	36,0	12,5	23,5	552,25	47	1,7160	1,2553	4,5	23,0	-18,5	342,25
7	3,1367	1,6628	71,0	58,0	13,0	169,00	48	1,7993	1,0414	6,0	12,5	-6,5	42,25
8	2,5587	1,5682	42,0	47,5	-5,5	30,25	49	2,0334	1,6128	8,0	52,5	-44,5	1980,25
9	2,8254	1,5441	63,0	45,0	18,0	324,00	50	2,2380	1,4150	17,0	31,0	-14,0	196,00
10	2,7536	1,5185	58,0	39,0	19,0	361,00	51	2,8325	1,6812	64,0	61,0	3,0	9,00
11	2,6253	1,3802	44,0	30,0	14,0	196,00	52	2,2625	1,3617	21,0	28,5	-7,5	56,25
12	2,8048	1,3222	62,0	26,5	35,5	1260,25	53	1,9395	1,2788	7,0	25,0	-18,0	324,00
13	2,7619	1,0414	59,0	12,5	46,5	2162,25	54	2,6875	1,7559	49,0	67,0	-18,0	324,00
14	2,9063	1,5441	67,0	45,0	22,0	484,00	55	2,4362	1,6628	33,0	58,0	-25,0	625,00
15	2,7875	1,8325	60,0	69,0	-9,0	81,00	56	2,2529	1,6335	18,5	56,0	-37,5	1406,25
16	2,3444	1,5315	27,0	42,0	-15,0	225,00	57	2,3324	1,5911	25,0	51,0	-26,0	676,00
17	2,7520	1,5798	57,0	49,5	7,5	56,25	58	2,7110	1,9542	51,0	73,0	-22,0	484,00
18	2,7143	0,9542	52,0	9,5	42,5	1806,25	59	2,6325	1,9912	45,0	74,0	-29,0	841,00
19	2,7243	1,0792	54,0	15,5	38,5	1482,25	60	2,3010	2,0374	24,0	75,0	-51,0	2601,00
20	2,2304	0,6990	16,0	2,0	14,0	196,00	61	2,6503	1,7482	46,0	65,5	-19,5	380,25
21	2,0607	0,8451	9,0	6,5	2,5	6,25	62	2,5416	1,9031	40,0	71,0	-31,0	961,00
22	2,2529	0,6990	18,5	2,0	16,5	272,25	63	2,1703	1,5185	10,0	39,0	-29,0	841,00
23	2,8927	1,2041	65,0	19,5	45,5	2070,25	64	2,1732	1,4771	11,0	35,5	-24,5	600,25
24	3,2989	1,3617	77,0	28,5	48,5	2352,25	65	2,7226	1,5682	53,0	47,5	5,5	30,25
25	2,7332	1,0792	55,0	15,5	39,5	1560,25	66	3,2553	1,7404	76,0	63,5	12,5	156,25
26	2,4955	0,8451	38,0	6,5	31,5	992,25	67	2,2577	1,4771	20,0	35,5	-15,5	240,25
27	2,2672	0,7782	22,5	4,5	18,0	324,00	68	1,5911	1,5051	2,0	37,0	-35,0	1225,00
28	3,1673	1,2304	73,0	21,0	52,0	2704,00	69	1,7160	1,5315	4,5	42,0	-37,5	1406,25
29	2,4757	0,6990	35,0	2,0	33,0	1089,00	70	1,5441	1,5441	1,0	45,0	-44,0	1936,00
30	3,2504	1,3222	75,0	26,5	48,5	2352,25	71	2,1761	1,6721	12,0	60,0	-48,0	2304,00
31	2,4249	0,7782	32,0	4,5	27,5	756,25	72	2,2672	1,7243	22,5	62,0	-39,5	1560,25
32	3,0414	1,2041	70,0	19,5	50,5	2550,25	73	2,3502	1,6128	29,0	52,5	-23,5	552,25
33	2,9053	1,2553	66,0	23,0	43,0	1849,00	74	2,6609	2,3404	47,5	77,0	-29,5	870,25
34	2,3345	0,9031	26,0	8,0	18,0	324,00	75	2,4065	1,9345	31,0	72,0	-41,0	1681,00
35	2,1875	1,0414	13,5	12,5	1,0	1,00	76	2,1931	1,6232	15,0	54,5	-39,5	1560,25
36	2,9854	1,8388	68,0	70,0	-2,0	4,00	77	1,6335	1,4314	3,0	32,5	-29,5	870,25
37	2,6609	1,5798	47,5	49,5	-2,0	4,00	Σ	193,4487	110,6972	—	—	—	59444,00
38	3,1584	2,0531	72,0	76,0	-4,0	16,00	<i>Ave</i>	2,5123	1,4376	—	—	—	—
39	2,7917	1,7404	61,0	63,5	-2,5	6,25	r_s						0,22
40	2,5224	1,5315	39,0	42,0	-3,0	9,00	r_{kp}						0,19
41	2,3945	1,7482	30,0	65,5	-35,5	1260,25							

Оцінка r_s $lgw(U)$ і $lgw(Th)$ проміжного перетину становить 0,22 (табл. 2) ($r = 0,20$ (рис. 1, b), на підставі чого статистичний зв'язок U і Th класифіковано як слабкий. Вибірковий r_s $lgw(U)$ і $lgw(Th)$ найближчого до поверхні ерозійного зрізу кристалічного фундаменту перетину становить 0,48 ($r = 0,44$ (рис. 3)) — статистичний зв'язок U і Th класифіковано як помірний.

Однак рудні альбітита найглибшого перетину відрізняються від альбітитів проміжного і приповерхневого перетинів значно вищою оцінкою $lgw(Th)_{ave}$, а також меншим значенням оцінки $lgw(U)_{ave}$ (табл. 1—3). За оцінками $lgw(U)_{ave}$ і $lgw(Th)_{ave}$ рудні альбітита глибокого горизонту (табл. 1) сильно позитивно геохімічно спеціалізовані на U і Th (значення кларків

земної кори цих хімічних елементів див. у [4]), що свідчить про привнесення і осадження цих хімічних елементів під час утворення рудних концентрацій. Рудні альбітита проміжного і приповерхневого перетинів також геохімічно сильно позитивно спеціалізовані на U (табл. 2, 3). Але, у ході порівняння оцінок $lgw(Th)_{ave}$ (табл. 2, 3) з lg відомої оцінки геохімічного фону Th граніту гранат-біотитового Новоукраїнського масиву (остання наведена в [1]) і оцінкою $lgw(Th)_{ave}$ в нерудних альбітитах Новолексієвського рудопроаяву [13] не виникає підстав стверджувати, що під час рудоутворення відбувся привніс і осадження цього хімічного елемента у той обсяг земної кори, який займають зараз рудні альбітита, охарактеризовані пробами з проміжного і приповерхневого перетинів.

Таблиця 3. Десяткові логарифми значень вимірів $w(U)$ і $w(Th)$ (умовні одиниці) у пробах з найближчого до рівня ерозійного зрізу кристалічного фундаменту перетину рудних альбітитів Партизанського родовища, та результати статистичної обробки

Table 3. Results of the statistic processing common logarithms of the pair determination of mass fractions of uranium $w(U)$ and thorium $w(Th)$ in the chemical compositions of the samples of the ore albitites at the nearest intersection to the level of modern erosive cut of crystalline foundation of the Partyzan ore deposit

Номер з/п	$lgw(U)$	$lgw(Th)$	R_U	R_{Th}	$R_U - R_{Th}$	$(R_U - R_{Th})^2$	Номер з/п	$lgw(U)$	$lgw(Th)$	R_U	R_{Th}	$R_U - R_{Th}$	$(R_U - R_{Th})^2$
1	2,5478	1,1761	45,0	50,0	-5,0	25,00	29	2,4757	0,6990	46,0	24,0	22,0	484,00
2	2,4928	1,2553	7,5	15,0	-7,5	56,25	30	3,2504	1,3222	20,0	17,0	3,0	9,00
3	2,3464	1,1461	18,0	13,0	5,0	25,00	31	2,4249	0,7782	52,0	47,5	4,5	20,25
4	2,5717	1,6628	35,0	17,0	18,0	324,00	32	3,0414	1,2041	51,0	44,5	6,5	42,25
5	2,7490	1,6232	28,0	8,0	20,0	400,00	33	2,9053	1,2553	48,0	38,0	10,0	100,00
6	2,4786	1,0414	34,0	5,5	28,5	812,25	34	2,3345	0,9031	30,0	24,0	6,0	36,00
7	3,1367	1,6628	4,0	8,0	-4,0	16,00	35	2,1875	1,0414	29,0	38,0	-9,0	81,00
8	2,5587	1,5682	3,0	10,0	-7,0	49,00	36	2,9854	1,8388	41,0	35,0	6,0	36,00
9	2,8254	1,5441	1,0	47,5	-46,5	2162,25	37	2,6609	1,5798	23,0	24,0	-1,0	1,00
10	2,7536	1,5185	40,0	21,0	19,0	361,00	38	3,1584	2,0531	43,0	40,0	3,0	9,00
11	2,6253	1,3802	21,0	28,0	-7,0	49,00	39	2,7917	1,7404	26,0	22,0	4,0	16,00
12	2,8048	1,3222	32,0	19,5	12,5	156,25	40	2,5224	1,5315	11,5	19,5	-8,0	64,00
13	2,7619	1,0414	5,0	13,0	-8,0	64,00	41	2,3945	1,7482	33,0	32,5	0,5	0,25
14	2,9063	1,5441	2,0	44,5	-42,5	1806,25	42	3,0086	1,4624	37,0	35,0	2,0	4,00
15	2,7875	1,8325	9,0	4,0	5,0	25,00	43	2,6990	1,5185	47,0	46,0	1,0	1,00
16	2,3444	1,5315	38,0	17,0	21,0	441,00	44	2,4440	1,4314	50,0	49,0	1,0	1,00
17	2,7520	1,5798	19,0	51,0	-32,0	1024,00	45	2,1875	0,9542	39,0	41,0	-2,0	4,00
18	2,7143	0,9542	10,0	1,0	9,0	81,00	46	3,2122	1,8062	7,5	30,0	-22,5	506,25
19	2,7243	1,0792	6,0	2,5	3,5	12,25	47	1,7160	1,2553	22,0	29,0	-7,0	49,00
20	2,2304	0,6990	16,0	42,0	-26,0	676,00	48	1,7993	1,0414	24,0	31,0	-7,0	49,00
21	2,0607	0,8451	11,5	5,5	6,0	36,00	49	2,0334	1,6128	42,0	38,0	4,0	16,00
22	2,2529	0,6990	36,0	13,0	23,0	529,00	50	2,2380	1,4150	13,5	26,5	-13,0	169,00
23	2,8927	1,2041	25,0	8,0	17,0	289,00	51	2,8325	1,6812	44,0	52,0	-8,0	64,00
24	3,2989	1,3617	27,0	11,0	16,0	256,00	52	2,2625	1,3617	13,5	32,5	-19,0	361,00
25	2,7332	1,0792	15,0	2,5	12,5	156,25	Σ	135,8461	68,4403	—	—	—	12097,00
26	2,4955	0,8451	31,0	35,0	-4,0	16,00	<i>Ave</i>	2,6124	1,3162	—	—	—	—
27	2,2672	0,7782	49,0	43,0	6,0	36,00	r_s						0,48
28	3,1673	1,2304	17,0	26,5	-9,5	90,25	r_{kp}						0,23

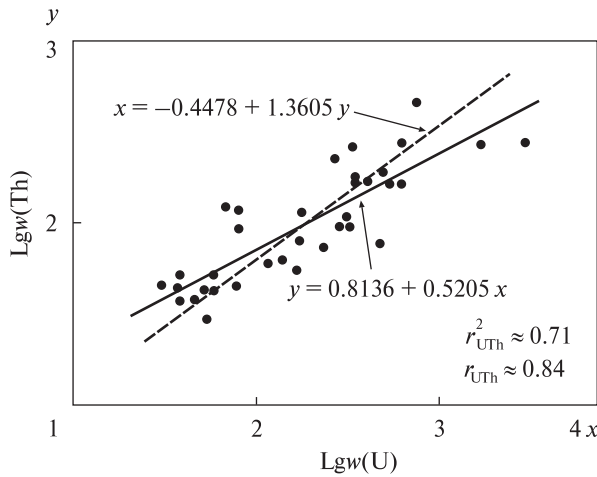


Рис. 1. Діаграма розсіяння десятичних логарифмів значень вимірів $w(U)$ і $w(Th)$ у пробах із найглибшого перетину рудних альбітитів Партизанського родовища (вихідні дані наведено в табл. 1): $y = 0,8136 + 0,5205x$ — лінійне рівняння регресії $lgw(Th)$ на $lgw(U)$; $x = -0,4478 + 1,3605y$ — лінійне рівняння регресії $lgw(U)$ на $lgw(Th)$; r_{UTh}^2 — оцінка коефіцієнта детермінації $lgw(U)$ і $lgw(Th)$; r_{UTh} — оцінка коефіцієнта парної кореляції Пірсона $lgw(U)$ і $lgw(Th)$

Fig. 1. Scattering diagram of decimal logarithms of determination of mass fractions of uranium $w(U)$ and thorium $w(Th)$ in the chemical compositions of the samples of the ore albitites at the intersection of the deepest level of the Partyzan ore deposit (initial data are in Table 1): $y = 0,8136 + 0,5205x$ — linear regression equation $lgw(Th)$ to $lgw(U)$; $x = -0,4478 + 1,3605y$ — linear regression equation $lgw(U)$ to $lgw(Th)$; r_{UTh}^2 — estimation of determination coefficient $lgw(U)$ and $lgw(Th)$; r_{UTh} — estimation of Pearson's coefficient of pair correlation $lgw(U)$ and $lgw(Th)$

Обговорення результатів. Можливою причиною відмінностей у хімічному складі альбітитів із різних горизонтів родовища могло бути розділення U і Th під час утворення рудних концентрацій. Глибинні флюїди привносили у той обсяг земної кори, що зараз доступний для спостереження, U і Th, вірніше — їхні міграційноздатні сполуки. Під час рудоутворення і міграції флюїдів угору за розрізом, ймовірно, відбулося розділення цих хімічних елементів. За отриманими даними (табл. 1) нами реконструйовано, що основна маса Th була осаджена з частиною U на глибоких горизонтах родовища, а основна маса U була перенесена рудоносними флюїдами й осаджена у середніх і верхніх частинах рудного покладу.

У роботі [6, с. 182] вказано на складність розшифровки урановорудної зональності "ураноносних альбітитов докембрія", оскільки однією з особливостей рудних альбітитів, які

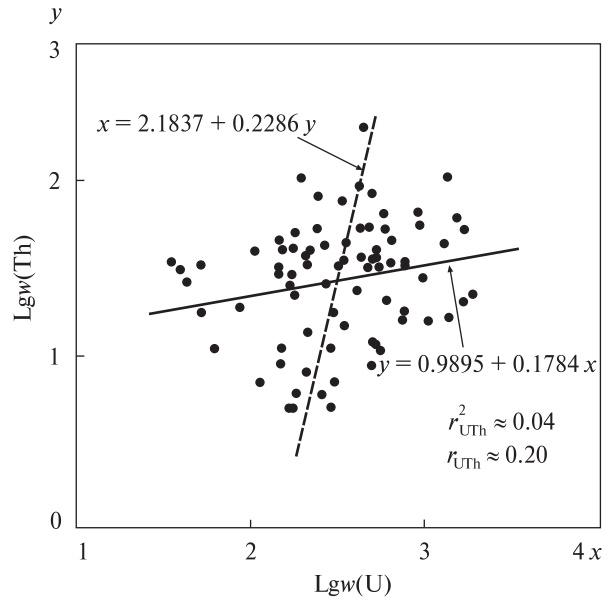


Рис. 2. Діаграма розсіяння десятичних логарифмів значень вимірів $w(U)$ і $w(Th)$ у пробах із проміжного перетину рудних альбітитів Партизанського родовища (вихідні дані наведено в табл. 2), $y = 0,9895 + 0,1784x$ — лінійне рівняння регресії $lgw(Th)$ на $lgw(U)$; $x = 2,1837 + 0,2286y$ — лінійне рівняння регресії $lgw(U)$ на $lgw(Th)$; r_{UTh}^2 — оцінка коефіцієнта детермінації $lgw(U)$ і $lgw(Th)$; r_{UTh} — оцінка коефіцієнта парної кореляції Пірсона $lgw(U)$ і $lgw(Th)$

Fig. 2. Scattering diagram of decimal logarithms of determination of mass fractions of uranium $w(U)$ and thorium $w(Th)$ in the chemical compositions of the samples of the ore albitites at the intersection of the intermediate level of the Partyzan ore deposit (initial data are in Table 2): $y = 0,9895 + 0,1784x$ — linear regression equation $lgw(Th)$ to $lgw(U)$; $x = 2,1837 + 0,2286y$ — linear regression equation $lgw(U)$ to $lgw(Th)$; r_{UTh}^2 — estimation of determination coefficient $lgw(U)$ and $lgw(Th)$; r_{UTh} — estimation of Pearson's coefficient of pair correlation $lgw(U)$ and $lgw(Th)$

зараз доступні для обстеження, є просторове суміщення гіпогенних (синальбітитових) і різновікових гіпергенних мінералів-концентраторів U, первинний "...минеральный состав настолько преобразован, что создается впечатление об отсутствии зональности". Однак зазначені вище особливості розподілу значень $lgw(U)$ і $lgw(Th)$, відповідних оцінок $lgw(U)_{ave}$ і $lgw(Th)_{ave}$ та кореляції $lgw(U)$ і $lgw(Th)$ на різних горизонтах Партизанського родовища однозначно вказують, що досліджені вибірки парних значень $lgw(U)$ і $lgw(Th)$ є суттєво різними за значеннями $lgw(Th)_{ave}$ і r_s (табл. 1—3). Це дає змогу ідентифікувати саме рудну зональність.

У новітній час класичне положення В.І. Вернадського про розділення U і Th під час гідро-

термального етапу утворення гірських порід земної кори [3] ґрунтовно розроблене Л.П. Ріхановим [16] та ін. на прикладі рудно-магматичних формацій Алтає-Саянської області (Росія). Суть цього положення полягає у тому, що на ранніх, більш високотемпературних, стадіях гідротермального процесу U і Th поведуться ідентично. Їхні концентрації збільшуються від незмінених порід до інтенсивно перероблених. Між U і Th — позитивна кореляція. За подальшого зниження температури гідротермальної системи встановлюється відмінність у геохімічній поведінці U і Th. Зберігається тенденція до накопичення, але уран накопичується інтенсивніше, а концентрація торію зростає несуттєво. Тому далі між U і Th не встановлюється істотної кореляції [16]. За наведеними вище ознаками на прикладі Партизанського родовища реконструйовано саме розділення геохімічної історії U і Th під час утворення рудних концентрацій.

Однією з ймовірних причин розділення U і Th у ході утворення рудних альбітитів Партизанського родовища могло бути змішування глибинних флюїдів з підземними (метеорними) водами, які були збагачені киснем (O_2), що циркулювали по зонах тріщинуватості, з наступною зміною фізико-хімічних параметрів (температура, тиск, рН, Eh) гідротермального розчину і відповідними змінами стану окиснення U (міграційноздатні сполуки U^{4+} і Th^{4+} — у глибинному флюїді, U^{6+} (UO_2^{2+}) — у гідротермальному розчині). Імовірно, цього не відбулося (або участь метеорних вод була мінімальною) в об'ємі земної кори, яку займають зараз рудні альбітити Новоолексіївського рудопрояву, чим і можна пояснити сумісне осадження U і Th в об'ємі рудних альбітитів цього рудопрояву, які зараз знаходяться поблизу сучасного рівня ерозійного зрізу кристалічного фундаменту, тобто приблизно на одному гіпсометричному рівні з рудними альбітитами найближчого до поверхні кристалічного фундаменту перетину Партизанського родовища і на час рудоутворення. Але, на відміну від останнього, згаданий рудопрояв розташований на більшій відстані від головних швів Адабаського розлому, ніж рудний поклад Партизанського родовища, який знаходиться безпосередньо в зоні цього розлому, відповідно, й об'єм синрудних тріщин, по яких могли надходити підземні (метеорні) води, був різний. Варто вказати, що обидва рудні об'єкти розташовані в ле-

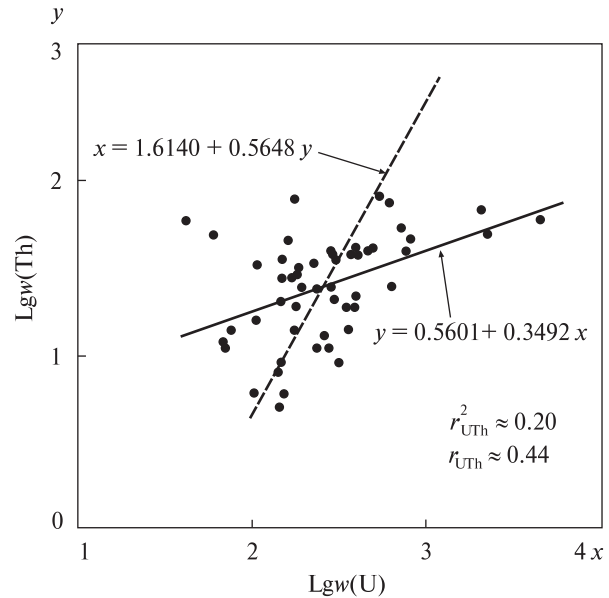


Рис. 3. Діаграма розсіяння десятичних логарифмів значень вимірів $w(U)$ і $w(Th)$ у пробах із найближчого до рівня ерозійного зрізу кристалічного фундаменту перетину рудних альбітитів Партизанського родовища (вихідні дані наведено в табл. 3): $y = 0,5601 + 0,3492x$ — лінійне рівняння регресії $\lg w(Th)$ на $\lg w(U)$; $x = 1,6140 + 0,5648y$ — лінійне рівняння регресії $\lg w(U)$ на $\lg w(Th)$; r_{UTh}^2 — оцінка коефіцієнта детермінації $\lg w(U)$ і $\lg w(Th)$; r_{UTh} — оцінка коефіцієнта парної кореляції Пірсона $\lg w(U)$ і $\lg w(Th)$

Fig. 3. Scattering diagram of decimal logarithms of determination of mass fractions of uranium $w(U)$ and thorium $w(Th)$ in the chemical compositions of the samples of the ore albites at the nearest intersection to the level of modern erosive cut of crystalline foundation of the Partyzan ore deposit (initial data are in Table 3): $y = 0.5601 + 0.3492x$ — linear regression equation $\lg w(Th)$ to $\lg w(U)$; $x = 1.6140 + 0.5648y$ — linear regression equation $\lg w(U)$ to $\lg w(Th)$; r_{UTh}^2 — estimation of determination coefficient $\lg w(U)$ and $\lg w(Th)$; r_{UTh} — estimation of Pearson's coefficient of pair correlation $\lg w(U)$ and $\lg w(Th)$

жачому боці Адабаського розлому. Вагомим підстав говорити про значне відносно вертикальне переміщення блоків земної кори, де знаходяться Новоолексіївський рудопрояв і Партизанське родовище, після рудоутворення зараз немає.

Питання участі метеорних вод в утворенні лужних натрієвих метасоматитів обговорено, зокрема, в [6, с. 237—248]. За даними, наведеними в роботі [6, с. 166—187], перерозподіл U в об'ємі урановорудних альбітитів відбувався під час подальших епігенетичних перетворень.

Наведена модель реконструкції геохімічної історії U і Th під час утворення рудних альбіти-

тів Партизанського родовища є дещо спрощеною, а завдяки залученню більшого обсягу парних вимірів $w(U)$ і $w(Th)$ та даних ізотопної геохімії можна побудувати набагато складнішу модель розподілу U і Th в об'ємі цього рудного об'єкта, а також відповідну картину міграцій і осадження цих хімічних елементів. Але незаперечним фактом є відмінність хімічного складу рудних альбітитів найглибшого рудного перетину (див. табл. 1) від хімічного складу рудних альбітитів перетину поблизу рівня ерозійного зрізу кристалічного фундаменту (табл. 3), зокрема, у різниці оцінок $Igw(Th)_{ave}$. За вирахованими оцінками цього параметра середня геометрична масова частка Th рудних альбітитів найглибшого горизонту майже учетверо вища, ніж для рудних альбітитів проміжного й найближчого до сучасного рівня ерозійного зрізу фундаменту. Саме оцінка $Igw(Th)_{ave}$ найглибшого рудного перетину Партизанського родовища, як і оцінка $Igw(Th)_{ave}$ рудних відмінностей альбітитів Новоолексіївського рудопрояву (див. [13]), свідчать про привнесення рудотвірними глибинними флюїдами Th , та його подальше осадження, у випадку Партизанського родовища, в сучасних глибоких частинах цього рудного об'єкта. І саме значно менша оцінка $Igw(Th)_{ave}$ з перетину рудних альбітитів поблизу рівня ерозійного зрізу кристалічного фундаменту (табл. 3), зіставна з оцінкою $Igw(Th)_{ave}$ нерудних альбітитів Новоолексіївського рудопрояву (див. [13]), дає підставу стверджувати, що під час рудоутворення в той об'єм рудних альбітитів, який зараз знаходиться поблизу ерозійного зрізу кристалічного фундаменту, привнесення й осадження Th не відбулося, на відміну від рудних альбітитів Новоолексіївського рудопрояву і Кіровського родовища, які зараз знаходяться приблизно на тому ж гіпсометричному рівні. Ця відмінність дає змогу реконструювати "вертикальну" рудну зональність апогранітних альбітитів Партизанського родовища, ідентифіковану за наявністю на глибоких горизонтах торій-уранових руд, а у верхній частині родовища — уранових руд.

Внаслідок дослідження кореляції урану й торію Партизанського і Ватутінського родовищ [12], на основі захищеного положення Р.В. Голевої про наявність "совокупной регио-

нальной вертикальной зональности гидротермалитов (гидротермальная колонна), определяющей закономерности размещения гидротермальных рудных месторождений в земной коре", згідно з яким "Каждое месторождение соответствует определенному уровню эрозионного среза региональной вертикальной гидротермальной колонны" [8] і результатів реконструкції "вертикальної" рудної зональності апогранітних альбітитів Партизанського родовища, "вертикальна" рудна зональність Центральноукраїнського урановорудного району ідентифікована за наявністю в "нижній" частині гідротермальної колони лужних натрієвих метасоматитів торій-уранових рудних об'єктів (Кіровське родовище, Новоолексіївський, Олександрівський, Степовий, Роженський рудопрояви), відповідно, у "верхній" частині колони — урановорудних об'єктів (Новокостянтинівське, Докучаєвське, Апрельське, Літне, Ватутінське родовища).

Висновки. 1. Кореляція урану і торію рудних альбітитів Партизанського родовища оцінена на рівні найглибшого перетину як висока, проміжного — слабка, найближчого до рівня сучасного ерозійного зрізу кристалічного фундаменту — помірна.

2. Однією з ознак, за якою рудні альбітити Партизанського родовища розрізняються на різних гіпсометричних рівнях, є значення оцінки середньої арифметичної масової частки торію в хімічному складі цих порід. Оцінка середньої геометричної масової частки торію рудних альбітитів найглибшого горизонту приблизно в чотири рази більша від оцінки цього параметра рудних альбітитів проміжного й найближчого до сучасного рівня ерозійного зрізу фундаменту.

3. "Вертикальна" рудна зональність Партизанського родовища ідентифікується наявністю на глибоких горизонтах торій-уранових руд, а у верхній частині родовища — уранових руд.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконано у зв'язку з проведенням наукової роботи Інститутом геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененко НАН України № III-01-13 "Хроностратиграфія та геодинаміка мегаблоків Українського щита", державний реєстраційний № 0112U006807.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Белевцев Я.Н., Сухинин А.Н.* Некоторые минеральные, геохимические и генетические особенности гранитоидов центральной части Украинского щита // Геол. журн. — 1974. — **34**, № 1. — С. 16—33.
2. *Ван дер Варден Б.Л.* Математическая статистика. — М.: Изд-во иностр. лит., 1960. — 435 с.
3. *Вернадский В.И.* Очерки геохимии. 4-е (2-е рус.) изд. — М.-Л.-Грозный-Новосибирск: Горгеонефтеиздат, 1934. — 380 с.
4. *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. — К.: УкрДГРІ, 2006. — 96 с.
5. *Ворошилов В.Г.* Математическое моделирование в геологии. — Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2001. — 124 с.
6. *Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины* / Отв. ред. Я.Н. Белевцев, В.Б. Коваль. — Киев: Наук. думка, 1995. — 396 с.
7. *Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой* / Н.П. Щербак, Г.В. Артеменко, И.М. Лесная, А.Н. Пономаренко, Л.В. Шумлянский. — Киев: Наук. думка, 2008. — 240 с.
8. *Голева Р.В.* Ураноносные и парагенные с ними гидротермалиты областей континентальной тектоно-магматической активизации и их прогнозно-поисковое значение: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. — М., 2000. — 76 с.
9. *Карлье Э.* Методика количественной оценки месторождений урана. — М.: Атомиздат, 1966. — 351 с.
10. *Минеева И.Г.* Сравнительная геохимическая характеристика и типоморфные элементы полевошпатовых метасоматитов с урановой и бериллиевой минерализацией // Материалы по геологии урановых месторождений: Информ. сб. — 1979. — Вып. 54. — С. 197—218.
11. *Михальченко І.І.* Рівні концентрації урану в альбітитах Новокосянтинівського родовища, Український щит // "Актуальные проблемы поисковой и экологической геохимии": Сб. тез. Междунар. науч. конф. (Киев, 1—2 июля 2014 г.); Отв. ред. Э.Я. Жовинский / Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України. — К.: Інтерсервіс, 2014. — С. 146—148.
12. *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-річчя від дня народж. акад. АН УРСР М.П. Семененка): (Київ, 17—18 листоп. 2015 р.): Зб. тез наук. конф. з міжнар. участю / Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України. — К., 2015. — С. 106—108.
13. *Михальченко І.І.* Уран і торій в альбітитах Новоолексіївського рудопрояву, Український щит // Мінерал. журн. — 2015. — **37**, № 4. — С. 85—97.
14. *Обризанов В.Н.* Основные черты геохимии Ватутинского месторождения урана и некоторые проблемы натриевого метасоматоза: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — Березовка, 1974. — 27 с.
15. *Пушкарев А.В., Коваль В.Б., Гаврусевич И.Б.* Геохимические особенности натриевого метасоматоза и уранового рудогенеза // Геохимические особенности ураноносных щелочных метасоматитов УЩ. — Киев: ИГФМ АН УССР, 1986. — С. 17—20.
16. *Рихванов Л.П.* Радиогеохимическая типизация рудно-магматических образований (на примере Алтае-Саянской области). — Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал "Гео", 2002. — 533 с.
17. *Смыслов А.А.* Уран и торий в земной коре. — М.: Недра, 1974. — 231 с.
18. *Ткачев Ю.А., Юдович Я.Э.* Статистическая обработка геохимических данных. Методы и проблемы. — Л.: Наука, 1975. — 233 с.
19. *Фомин Ю.А.* Торій в урановорудних альбітитах Кировоградського мегаблока // Зб. наук. пр. ІГНС НАН України. — 2013. — Вип. 22. — С. 144—160.
20. *Gauss C.F.* Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium. — Hamburgi: sumtibus Frid. Perthes et I.N. Besser, 1809. — 228 p.
21. *Legendre A.M.* Nouvelles Methodes pour la Determ i nation des Orbites des Cometes. — Paris: Chez Firmin Didot, Libraire pour les Mathematiques, la Marine, l'Architecture, et les Editions stereotypes, rue de Thion ville, 1805. — No 116. — 290 p.
22. *Mukaka M.M.* Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research // Malawi Medical Journ. — 2012. — **24**, No 3. — P. 69—71.
23. *Wilde A.* Towards a Model for Albitite-Type Uranium // Minerals. — 2013. — **3** (1). — P. 36—48. — doi: 10.3390/min3010036.

Надійшла 21.04.2016

REFERENCES

1. Belevtsev, Ya.N. and Sukhinin, A.N. (1974), *Geol. Journ.*, Kyiv, Ukraine, Vol. 34, No 1, pp. 16-33.
2. Van der Waerden, B.L. (1960), *Matematicheskaia statistika*, Izd-vo Foreign Lit., Moscow, RU, 435 p.
3. Vernadskiy, V.I. (1934), *Ocherki geokhimii, the fourth (2nd Russian) edition*, Gorgeonefteizdat, Moscow-Leningrad-Groznyy-Novosibirsk, RU, 380 p.
4. Voinovskiy, A.S., Zhuzhoma, V.M., Kalinina, H.V., Lobanova, L.A. and Churubova, S.S. (2006), *Methodical recommendations for drafting of geochemical cards (geochemical specialization of geological formations of docembriyscogo foundation and prognosis-geochemical) of scales 1 : 200000 and 1 : 50000 in relation to the terms of the Ukrainian Shield*, UkrDHRI, Kyiv, Ukraine, 96 p.
5. Voroshilov, V.G. (2001), *Matematicheskoe modelirovanie v geologii*, Izd-vo Tomsk Politehnich. Univ., Tomsk, RU, 124 p.
6. Belevtsev, Ya.N. and Koval, V.B. (eds) (1995), *Geneticheskie tipy i zakonomernosti razmeshcheniya uranovykh mestorozhdeniy Ukrainy*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 396 p.
7. Shcherbak, M.P., Artemenko, G.V., Lesnaya, I.M., Ponomarenko, O.M. and Shumlyansky, L.V. (2008), *Geokhronologiya rannego dokembriya Ukrainского shchita, Proterozoy*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 240 p.
8. Goleva, R.V. (2000), *Uranonosnye i paragennye s nimi gidrotermalnoy oblasti kontinentalnoy tektono-magmaticheskoy aktivizatsii i ikh prognozno-poiskovoe znachenie*, Abstract of D. Sc. dissertation, Moscow, RU, 76 p.
9. Carlier, E. (1966), *Metodika kolichestvennoy otsenki mestorozhdeniy urana*, Atomizdat, Moscow, RU, 351 p.
10. Mineeva, I.G. (1979), *Materialy po geologii uranovykh mestorozhdeniy*, Inform. sb., SSSR, Vyp. 54, Moscow, RU, pp. 197-218.
11. Mihalchenko, I.I. (2014), *Sb. tez. Mezhdunar. nauch. konf., Kyiv, 1-2 iyulya 2014*, in Zhovinsky, E.Ya. (ed.), IGMOF of the NAS of Ukraine, Interservis, Kyiv, pp. 146-148.
12. Mihalchenko, I.I. and Ivanov, B.N. (2015), *Sb. tez. nauk. konf. z mizhnar. uchastyu, to 110-rich. akad. AN URSSR M.P. Semenenko, Kyiv, 17-18 lystop. 2015*, IGMOF of the NAS of Ukraine, Komprint, Kyiv, UA, pp. 106-108.
13. Mihalchenko, I.I. (2015), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Kyiv, Vol. 37, No 4, pp. 85-97.
14. Obrizanov, V.N. (1974), *Osnovnye cherty geokhimii Vatutinskogo mestorozhdeniya urana i nekotorye problemy natrievogo metasomatoza*, Abstract of Ph. D. dissertation, Berezovka, UA, 27 p.
15. Pushkarev, A.V., Koval, V.B. and Gavrusovich, I.B. (1986), *Geokhimicheskie osobennosti uranonosnykh shchelochnykh metasomatitov USh*, IGFM AS USSR, Kyiv, UA, pp. 17-20.
16. Rihvanov, L.P. (2002), *Radiogeokhimicheskaya tipizatsiya rudno-magmaticheskikh obrasovaniy (na primere Altae-Sayanskoy oblasti)*, SO RAN, Filial Geo, Novosibirsk, RU, 533 p.
17. Smyslov, A.A. (1974), *Uran i toriy v zemnoy kore*, Nedra, Moscow, RU, 231 p.
18. Tkachev, U.A. and Yudovich, Ya.E. (1975), *Statisticheskaya obrabotka geokhimicheskikh dannykh, Metody i problemy*, Nauka, Leningrad, RU, 233 p.
19. Fomin, Yu.A. (2013), *Zb. nauk. prats' IGNS NAN Ukrainy*, Kyiv, Vyp. 22, pp. 144-160.
20. Gauss, C.F. (1809), *Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium*, sumtibus Frid. Perthes et Besser, I.H., Hamburgi, 228 p.
21. Legendre, A.M. (1805), *Nouvelles Methodes pour la Determ i nation des Orbites des Cometes*, Chez Firmin Didot, Libraire pour les Mathematiques, la Marine, l'Architecture, et les Editions stereotypes, rue de Thion ville, No 116, Paris, FR, 290 p.
22. Mukaka, M.M. (2012), *Malawi Medical Journ.*, Vol. 24, No 3, pp. 69-71.
23. Wilde, A. (2013), *Minerals*, Vol. 3(1), pp. 36-48, doi: 10.3390/min3010036.

Received 21.04.2016

И.И. Михальченко

Институт геохимии, минералогии и рудообразования
им. Н.П. Семеновко НАН Украины
03680, г. Киев-142, Украина, пр-т Акад. Палладина, 34
E-mail: alcoldan@i.ua

**КОРРЕЛЯЦИЯ УРАНА И ТОРИЯ В РУДНЫХ АЛЬБИТИТАХ
ПАРТИЗАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, УКРАИНСКИЙ ЩИТ**

В результате исследования установлены такие оценки корреляции урана и тория рудной залежи Партизанского месторождения: на самом глубоком горизонте — высокая, промежуточном — незначительная, ближайшем к уровню современного эрозионного среза кристаллического фундамента — умеренная. Одним из признаков, согласно которому рудные альбититы Партизанского месторождения различаются на разных гипсометрических уровнях, служит значение оценки средней геометрической массовой доли тория в химическом составе этих пород, которая для рудных альбититов самого глубокого горизонта приблизительно в четыре раза больше, чем для рудных альбититов промежуточного и ближайшего к современному уровню эрозионного среза фундамента. "Вер-

тикальная" рудная зональність Партизанського местородження ідентифікована по наявності на глибоких горизонтах торій-уранових руд, а в верхній частині местородження — уранових.

Ключевые слова: уран, торій, кореляція, альбитит, Партизанське местородження.

I.I. Mihalchenko

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy
and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladin Av., Kyiv-142, Ukraine, 03680
E-mail: alcoldan@i.ua

CORRELATION OF URANIUM AND THORIUM IN ORE ALBITITES OF THE PARTYZAN DEPOSIT, THE UKRAINIAN SHIELD

Purpose. The aim of the paper is the estimation of correlation of uranium and thorium of ore albitites at the different depths of the Partyzan ore deposit, Central-Ukrainian uranium ore-bearing district of the Ukrainian Shield. Methodology is based on collection of the data of early geological investigations and statistical calculations. The values of common logarithms of determinations of mass fractions of uranium and thorium in the samples of albitites are calculated before statistical computation. Statistical relations between uranium and thorium have been investigated by using one of nonparametric methods of correlation analysis — determination of Spearman's rank coefficient correlation. Verification of the presence of statistical relation is carried out by calculation of Pearson's pair coefficient correlation that was the calculation by value coefficient of determination. Determination coefficient is calculated by using the values of coefficients b_1 и b_2 of linear equations of regressions thorium to uranium, and uranium to thorium, accordingly. *Results.* Correlation of uranium and thorium of ore albitites of the Partisan deposit at the intersection of the deepest level is appraised as high positive, intermediate — as negligible, nearest to the level of modern erosive cut of crystalline foundation — as low positive. *Scientific novelty.* The division of the geochemical history of uranium and thorium is reconstructed during formation of ore albitites of the Partyzan ore deposit. Main mass of thorium was sediment with part of uranium on deep horizons of the deposit. Main mass of uranium was carried by ore-bearing fluids and besieged in the middle and overhead parts of the ore bed.

Keywords: uranium, thorium, correlation, albitite, Partyzan ore deposit.