

formation components and peculiarities of the lithosphere deep structure are of crucial importance for the formation of commercial uranium endogenous deposits in the Ukrainian shield. As they cause uranium mantle fluid flows resulting in uranium deposits formation on the upper floors of the crustal structure from mantle ore components.

**Practical value.** New laws of occurrence of commercial endogenous uranium deposits have been discovered based on the modern ideas about metallogenesis of uranium with primary initial stage of concentration of uranium-ore components in the mantle under certain PT-

conditions. They reflect the specific formation of endogenous uranium mineralization. This made it possible to scientifically substantiate promising territories of formation of industrial uranium deposits with determination of the most probable areas of their localization.

**Keywords:** *commercial endogenous uranium deposits, depth factors of ore formation, mantle source of uranium, uranium-bearing mantle fluids*

*Рекомендовано до публікації докт. геол. наук М.М. Довбнічем. Дата надходження рукопису 13.01.14.*

УДК 550.4 : 519.233.5 : 546.791 : 546.795 : 550.428(477)

**I.I. Михальченко, канд. геол. наук**

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м.Київ, Україна, e-mail: alcoldan@i.ua

## СТАТИСТИЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК УРАНУ Й ТОРІЮ В РУДОНОСНИХ АЛЬБІТИТАХ НОВООЛЕКСІВСЬКОГО РУДОПРОЯВУ (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

**I.I. Mikhalchenko, Cand. Sci. (Geol.),**

M. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation under NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, e-mail: alcoldan@i.ua

## STATISTICAL RELATION BETWEEN URANIUM AND THORIUM IN ORE-BEARING ALBITITES FROM NOVOALEKSEEVKA ORE DEPOSIT (THE UKRAINIAN SHIELD)

**Мета.** Оцінка тісноти статистичного зв'язку U та Th у рудоносних альбітитах андрадит-актиноліт-діопсидових з титанітом Новоолексіївського рудопрояву рудної формації ураноносних натрієвих метасоматитів Центральноукраїнського урановорудного району (Український щит).

**Методика.** Збір даних попередніх геологічних досліджень, геологічна та радіометрична документація кернів новітньої свердловини, відбір проб, статистичні розрахунки. Зважаючи на те, що альбітитами по розподілу в об'ємі урану неоднорідні, статистичний зв'язок урану й торію досліджений із застосуванням одного з непараметричних методів кореляційного аналізу – визначенням коефіцієнта рангової кореляції Спірмена. Верифікація наявності статистичного зв'язку здійснена розрахунком коефіцієнта детермінації за значеннями коефіцієнтів  $b_1$  та  $b_2$  лінійних рівнянь регресій, відповідно, торію на уран та урану на торій.

**Результати.** Оцінка коефіцієнта рангової кореляції Спірмена урану й торію андрадит-актиноліт-діопсидових альбітитів Новоолексіївського рудопрояву становить  $\approx 0,84$ , відповідно, статистичний зв'язок цих хімічних елементів класифікований як тісний, позитивний. Проведеним дослідженням підтверджена „стійкість“ застосованого непараметричного методу кореляційного аналізу до наявності у досліджуваних вибірках пар „видатних“ значень.

**Наукова новизна.** Уперше доведена наявність лужних натрієвих метасоматитів високотемпературної андрадит-актиноліт-діопсидової групи апогранітних метасоматичних фацій геологічної формації лужних натрієвих метасоматитів зон глибинних розломів з тісним статистичним зв'язком урану й торію. Це доводить правомірність розгляду асоціації цих хімічних елементів як парагенетичної.

**Практична значимість.** Отримані дані дають підставу виконувати оцінку масової частки супутнього компонента (торію) за визначенням масової частки головного компонента (урану) в рудах, та більш якісно проводити інтерпретацію даних гама-каротажу свердловин.

**Ключові слова:** *уран, торій, статистичний зв'язок, коефіцієнт рангової кореляції Спірмена, альбітит*

**Вступ.** Наразі досить добре відомі геохімічні особливості поведінки урану (U) та торію (Th) в ендегенних

процесах утворення й перетворення гірських порід земної кори. Якщо при магматичних процесах ці елементи мігрують і осаджуються, як правило, разом, то по мірі розвитку постмагматичних процесів, зниження темпе-

ратури пневматолітово-гідротермальних породотвірних систем відбувалося (і відбувається) розділення урану й торію, що обумовлено як їх хімічними особливостями, так і зміною фізико-хімічних властивостей породотвірних флюїдів і відповідних перетворень вихідних гірських порід. Актуальним завданням залишається дослідження зв'язку U та Th, утворення підвищених концентрацій яких у гірських породах можна пов'язати з певним петрогенетичним процесом.

У кристалічному фундаменті центральної частини Українського щита (УЩ) такими породами є ураноносні альбітити Центральноукраїнського і Кіровоградського урановорудних районів (назви рудних районів – згідно з [1]) рудної формації ураноносних натрієвих метасоматитів (геологічна формація лужних натрієвих метасоматитів зон глибинних розломів). Достеменно встановлено, що при утворенні об'єктів зазначеної рудної формації відбулося привнесення й осадження (концентрація) значних мас натрію й, зокрема U, що знайшло відображення в її назві. На окремих родовищах і рудопроявах відомі рудоносні альбітити, в яких були визначені значні масові частки (мч) Th [О.В. Пушкар'юв, В.Б. Коваль, І.Б. Гаврусевич].

**Аналіз попередніх досліджень і публікацій.** У 1974 р. В.М. Обрізановим було зазначено, що в рудних альбітитах Ватутинського родовища урану кореляційних зв'язків Th з іншими елементами не було виявлено. Дещо пізніше, у 1979 р., І.Г. Мінеєвою були визначені від'ємні оцінки коефіцієнтів парної кореляції U й Th ураноносних альбітитів Кіровоградського рудного району: хлорит-егіринових –  $-0,25$ , егірин-рибекітових –  $-0,13$ . Для натрієвих метасоматитів фосфорно-рідкоземельно-торій-уранової рудної формації (Тимощівський та ін. рудопрояви) було наведено позитивне значення оцінки коефіцієнта парної кореляції U й Th –  $0,62$ . У мінеральному складі альбітитів останньої формації присутній значний обсяг апатиту. Близька оцінка коефіцієнта парної кореляції цих хімічних елементів малакон-апатитових руд лужних натрієвих метасоматитів Жовторіченського комплексного родовища (Криворізько-Кременчуцька металогенічна зона) наведена в 1990 р. О.В. Тархановим та ін. –  $0,58$ .

У Центральноукраїнському урановорудному районі відомі окремі торій-уранові рудні об'єкти, що, здебільшого, зосереджені в межах Партизанського рудного поля (ПРП) (Західний поклад Партизанського родовища, Кіровське родовище, Новоолексіївський, Сотницький та ін. рудопрояви). Зазначені рудні об'єкти були виявлені та досліджувалися М.Ф. Сиродоевим та ін. (пошуково-зйомочна експедиція № 46 Казенного підприємства „Кіровгеологія“) у період 1978–1986 рр. У 1986 р. О.В. Пушкар'юв та ін. за результатами застосування факторного аналізу визначень мч рудних та супутніх елементів альбітитів Партизанського та Кіровського родовищ урану було зазначено, що „Во всех рудных зонах совместно с привнесом U наблюдается рост силы корреляционных связей и повышение общей концентрации в группе, представленной Th, Pb, ...“ [О.В. Пушкар'юв, В.Б. Коваль, І.Б. Гаврусевич].

Таким чином, наразі відомо, що серед ураноносних натрієвих метасоматитів центральної частини Українського щита існують відмінності з від'ємними й позитивними оцінками коефіцієнтів парної кореляції U та Th.

**Виділення невирішеної раніше частини загальної проблеми.** У всіх, без винятку, згаданих публікаціях автори не навели вихідних даних, підстав застосування параметричного методу кореляційного аналізу, факторного аналізу та, власне, й розрахунків оцінок коефіцієнтів парної кореляції Пірсона.

Дослідження статистичного зв'язку U й Th в ураноносних альбітитах доцільно почати саме з Новоолексіївського рудопрояву (НОР), що знаходиться на півдні Центральноукраїнського урановорудного району. Обрання для дослідження кореляційного зв'язку U та Th цього об'єкту обумовлено наявністю новітнього кам'яного матеріалу, що отриманий при проведенні КП „Кіровгеологія“ пошуково-оціночних робіт за кошти Держбюджету України, та підтвердження торій-уранової природи аномалій потужності експозиційної дози рудоносних альбітитів НОР визначень попередниками даними лабораторних досліджень проб, що були відібрані з кернів новітньої свердловини.

**Мета дослідження:** оцінка тісноти статистичного зв'язку урану й торію рудоносних альбітитів Новоолексіївського рудопрояву.

**Методи дослідження.** Збір даних попередніх геологічних досліджень, геологічна та радіометрична документація кернів свердловин, відбір проб, статистичні розрахунки. Мч U та Th у пробах з кернів попередніх і новітніх геологорозвідувальних робіт були визначені методом рентгеноспектрального аналізу в лабораторії Казенного підприємства „Кіровгеологія“. У новітній час аналізи виконала Н.А. Прядко.

Зважаючи на те, що аргіої в ураноносних альбітитах виділяються „безрудні“ й „рудні“ відмінності [О.В. Пушкар'юв, В.Б. Коваль, І.Б. Гаврусевич], тобто ці метасоматити по розподілу в об'ємі U неоднорідні, статистичний зв'язок U та Th досліджений із застосуванням одного з непараметричних методів кореляційного аналізу – визначенням коефіцієнту рангової кореляції Спірмена (КРКС). Значущість оцінки КРКС досліджена за [Б.Л. Ван дер Варден]. Тіснота статистичного зв'язку класифікована за шкалою Чеддока (наведена в роботі Т.М. Сізової). Верифікація тісноти статистичного зв'язку здійснена розрахунком коефіцієнта детермінації (ДТ) за значеннями коефіцієнтів  $b_1$  та  $b_2$  лінійних рівнянь регресії (ЛРР) [Ю.А. Ткачов, Я.Е. Юдович] Th на U та U на Th. Константи й коефіцієнти ЛРР розраховані аналітичним способом Лежандра й Гауса (наведений В.Г. Ворошиловим). Досліджений рівень організації геологічної речовини – гірська порода.

**Виклад основного матеріалу.** Геологічна будова. Кристалічний фундамент ПРП складений, переважно, гранітоїдами новоукраїнського комплексу ( $PR_1^{1ni}$ ) Новоукраїнського складного гранітного масиву, в якому зустрічаються окремі невеликі тіла монзонітів та габроїдів цього ж комплексу. Новоукраїнський масив тут

січеться зонами розломів, переважно, північно-східного й північно-західного простягання. Саме в зоні перетину північно-східної Адабаської й північно-західної Войнівської зон розломів були виявлені потужні зони лужного натрієвого метасоматозу, з якими генетично пов'язано утворення рудних об'єктів ПРП. Численні тектонічні порушення Войнівської зони розломів „залічені“ діабазами северинівського дайкового комплексу (PR<sub>1</sub><sup>2sv</sup>). Складне метасоматичне тіло з апогранітними рудоносними альбітитами НОР, знаходиться на півдні ПРП.

Доступні для спостереження керни апогранітних альбітитів НОР представлені андрадит-актинолітовими та андрадит-егірін-діопсидовими відмінностями високо-температурної андрадит-актиноліт-діопсидової групи апогранітних метасоматичних фаций [1] геологічної формації лужних натрієвих метасоматитів зон глибинних розломів. Породи червонувато-сірого кольору із зеленуватим відтінком, крупнозернисті. Розподіл кольорових мінералів – нерівномірний. Характерною особливістю є значна частка в обсязі порід кристалів і зростків титаніту й гематиту. Вирізняється доальбітитовий слабкий катаклаз та синметасоматичне слабе брекчировання. Відбір проб здійснений з урахуванням даних польової геологічної документації та радіометричних робіт по кернам новітньої свердловини.

З огляду на те, що при утворенні ураноносних лужних натрієвих метасоматитів відбувся значний привніс і осадження U, у дослідженій абстрактній моделі значення мч цього елемента прийнята як факторна ознака. За результатами визначень мч U та Th у пробах альбітитів попередніх і новітніх геологорозвідувальних робіт побудоване кореляційне поле, що зображене на рисунку, за вихідними даними, що наведені в таблиці (проби NN 1–14 відібрані під час новітніх геологічних досліджень, інші дані запозичені у попередників (М.Ф. Сиродоев та ін.)).

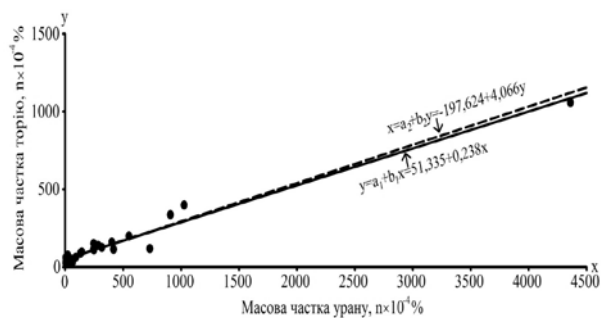


Рис. Кореляційне поле урану й торію (чорні точки) альбітитів Новоолексіївського рудопрояву та лінії рівнянь регресій (суцільна – Th на U пунктирна – U на Th). Вихідні дані з окремих визначень масових часток U та Th наведені в таблиці

Позиції точок кореляційного поля (рисунок) свідчать про наявність зв'язку між U та Th у дослідженій вибірці (таблиця) подібного до лінійного. Це й дало підставу для кількісного визначення тісноти статистичного зв'язку цих хімічних елементів. У зв'язку з тим, що в дослідженій вибірці є одна пара „видатних“ значень мч U та Th, розрахунки наведені у двох варіан-

тах: у першому задіяні дані всієї вибірки, у другому – без урахування пари „видатних“ значень. Проміжні результати статистичної обробки наведені в таблиці.

Значення вибіркового КРКС становить

$$r_{sUTh} = 1 - \frac{6}{n(n^2 - 1)} \times \sum_{i=1}^n (R_{Ui} - R_{Thi})^2 = 1 - \frac{6 \times 935}{33(33^2 - 1)} = 1 - 0,156 \approx 0,84, \quad (1)$$

де  $r_{sUTh}$  – вибіркового КРКС U та Th;  $n$  – кількість пар визначень мч U та Th у вибірці;  $R_{Ui}$ ,  $R_{Thi}$  – ранги, відповідно, значень мч U та Th (таблиця).

Критичне значення коефіцієнта рангової кореляції для рівня значущості 0,05 й обсягу вибірки в 33 пари дорівнює

$$r_{кр} = \frac{\varphi_{(1-\alpha)}}{\sqrt{n-1}} = \frac{\varphi_{95}}{\sqrt{33-1}} = \frac{1,64}{5,6569} = 0,2899, \quad (2)$$

де  $r_{кр}$  – критичне значення коефіцієнта кореляції;  $n$  – кількість пар визначень U та Th (таблиця);  $\varphi$  – значення оберненої функції нормального розподілу [4];  $\alpha$  – рівень значущості.

За значеннями мч U та Th розраховані константа та коефіцієнт ЛРР Th на U, відповідно, це рівняння має вигляд

$$y = a_1 + b_1x = 51,335 + 0,238x, \quad (3)$$

де  $x$  – мч U (факторна ознака);  $y$  – мч Th (результативна ознака);  $a_1$  – константа ЛРР Th на U;  $b_1$  – коефіцієнт ЛРР Th на U; та U на Th

$$x = a_2 + b_2y = -197,624 + 4,066y, \quad (4)$$

де  $x$  – мч U (результативна ознака);  $y$  – мч Th (факторна ознака);  $a_2$  – константа ЛРР U на Th;  $b_2$  – коефіцієнт ЛРР U на Th.

Значення вибіркового КД становить

$$r_{UTh}^2 = b_1 \times b_2 = 0,238 \times 4,066 \approx 0,97, \quad (5)$$

де  $r_{UTh}^2$  – КД;  $b_1$  та  $b_2$  – коефіцієнти, відповідно, рівнянь регресій Th на U, та U на Th (Ю.А. Ткачов, Я.Е. Юдович та Б.Л. Ван дер Варден).

Оцінка КРКС U та Th без урахування пари „видатних“ значень цих хімічних елементів становить

$$r'_{sUTh} = 1 - \frac{6}{n'(n'^2 - 1)} \times \sum_{i=1}^{n'} (R_{Ui} - R_{Thi})^2 = 1 - \frac{6 \times 935}{32(32^2 - 1)} = 1 - 0,171 \approx 0,83, \quad (6)$$

де  $r'_{sUTh}$  – оцінка КРКС U та Th;  $n'$  – кількість пар визначень U та Th у вибірці без урахування пари „видатних“ значень;  $R_{Ui}$ ,  $R_{Thi}$  – ранги, відповідно, значень мч U та Th (таблиця).

Критичне значення коефіцієнта рангової кореляції для рівня значущості 0,05 та обсягу вибірки в 32 пари становить

$$r'_{кр} = \frac{\varphi_{(1-\alpha)}}{\sqrt{n'-1}} = \frac{\varphi_{95}}{\sqrt{32-1}} = \frac{1,64}{5,5678} = 0,2946, \quad (7)$$

де  $r'_{кр}$  – критичне значення коефіцієнту кореляції;  $n'$  – кількість пар U та Th без урахування пари „видатних“ значень;  $\varphi$  – значення оберненої функції нормального розподілу [Б.Л. Ван дер Варден];  $\alpha$  – рівень значущості.

Таблиця

Результати визначень масових часток урану й торію у пробах рудоносних альбітитів Новоолексіївського рудопрояву та проміжні результати статистичної обробки\*

№	$c_{Ui}$ , $n \times 10^{-4}$ %	$c_{Thi}$ , $n \times 10^{-4}$ %	$R_{Ui}$	$R_{Thi}$	$(R_{Ui} - R_{Thi})$	$(R_{Ui} - R_{Thi})^2$
1	8	29	4	2	2,0	4,00
2	10	56	6	13	-7,0	49,00
3	22	77	11	18	-7,0	49,00
4	51	54	15	12	3,0	9,00
5	730	120	30	24	6,0	36,00
6	1025	400	32	32	0,0	0,00
7	4360	1060	33	33	0,0	0,00
8	550	200	29	30	-1,0	1,00
9	62	31	17	3	14,0	196,00
10	26	46	13	8	5,0	25,00
11	20	50	10	9	1,0	1,00
12	14	68	7	17	-10,0	100,00
13	23	59	12	14	-2,0	4,00
14	4	25	1	1	0,0	0,00
15	5	32	2,5	4	-1,5	2,25
16	5	63	2,5	15	-12,5	156,25
17	90	64	18,0	16	2,0	4,00
18	275	139	24,0	26,5	-2,5	6,25
19	61	42	16	6	10,0	100,00
20	15	53	8	11	-3,0	9,00
21	18	43	9	7	2,0	4,00
22	38	38	14	5	9,0	81,00
23	244	153	22	28	-6,0	36,00
24	248	112	23	21	2,0	4,00
25	132	90	19	19	0,0	0,00
26	286	139	25	26,5	-1,5	2,25
27	402	161	27	29	-2,0	4,00
28	243	115	21	22	-1,0	1,00
29	417	116	28	23	5,0	25,00
30	907	338	31	31	0,0	0,00
31	316	128	26	25	1,0	1,00
32	142	98	20	20	0,0	0,00
33	9	51	5	10	-5,0	25,00
$\Sigma$	-	-	-	-	-	935,00
$\Sigma'$	-	-	-	-	-	935,00

\* $c_{Ui}$ ,  $c_{Thi}$  – визначення масових часток урану й торію;  $R_{Ui}$ ,  $R_{Thi}$  – їх ранги;  $\Sigma$  – сума квадратів різниць рангів вибірки;  $\Sigma'$  – сума квадратів різниць рангів без врахування пари N 7

За значеннями мч U та Th, без урахування пари „видатних“ значень цих хімічних елементів, розраховані константа й коефіцієнт ЛРР U на Th

$$y' = a_1' + b_1'x' = 42,186 + 0,288x', \quad (8)$$

де  $x'$  – мч U (факторна ознака);  $y'$  – мч Th (результативна ознака);  $a_1'$  – константа ЛРР Th на U;  $b_1'$  – коефіцієнт ЛРР Th на U та U на Th

$$x' = a_2' + b_2'y' = -96,817 + 2,977y', \quad (9)$$

де  $x'$  – мч U (результативна ознака);  $y'$  – мч Th (факторна ознака);  $a_2'$  – константа ЛРР U на Th;  $b_2'$  – коефіцієнт ЛРР U на Th.

За коефіцієнтами ЛРР (8) й (9) оцінка КД становить

$$r_{U,Th}^{2'} = b_1' \times b_2' = 0,288 \times 2,977 \approx 0,86, \quad (10)$$

де  $r_{U,Th}^{2'}$  – КД;  $b_1'$  та  $b_2'$  – рівнянь регресій Th на U та U на Th (8, 9).

**Результати дослідження.** Отримане значення вибіркового КРКС U та Th рудоносних альбітитів НОР  $r_{sU,Th}$  (1) значно більше відповідного критичного коефіцієнта рангової кореляції  $r_{sp}$  (2). Оцінка КРКС U та Th без урахування „видатної“ пари  $r_{sU,Th}'$  (6) несуттєво відрізняється від значення вибіркового КРКС U та Th  $r_{sU,Th}$  (1), і також значно більше відповідного критичного коефіцієнта рангової кореляції  $r_{sp}'$  (7). З огляду на це, нульові гіпотези обох варіантів оцінки КРКС  $H_0 : r_{sU,Th} = 0$  та  $H_0 : r_{sU,Th}' = 0$  щодо незалежності U та Th у рудоносних альбітитах НОР відкидаються та приймаються альтернативні:  $H_1 : r_{sU,Th} \neq 0, H_1 : r_{sU,Th}' \neq 0$ . Зазначеннями оцінок КРКС статистичний зв'язок U та Th в альбітитах НОР визначається як тісний, позитивний.

Таким чином, вплив пари „видатних“ значень мч U та Th (таблиця) на отриману оцінку КРКС та класифікацію тісноти зв'язку цих хімічних елементів виявився мінімальний, що ще раз довело „стійкість“ застосованого непараметричного методу кореляційного аналізу до наявності в досліджуваних вибірках пар „видатних“ значень.

Присутність у вибірці пари „видатних“ значень мч U та Th (таблиця, рисунок) вплинуло на розраховані значення констант і коефіцієнтів відповідних ЛРР Th на U та U на Th (3,7 та 4,9). У наслідок цього вибіркового КД  $r_{U,Th}^2$  (5) виявився більше оцінки КД  $r_{U,Th}^{2'}$ , що розрахована без пари „видатних“ значень U та Th (10) (звертаємо увагу на те, що, з огляду на головну мету роботи, не обговорюється причина більших значень оцінок КД від відповідних КРКС), однак

ця різниця не впливає на результат верифікації оцінки тісноти статистичного зв'язку U та Th – у досліджених абстрактних моделях (ЛРР 3, 8) питома вага варіації пояснюється, у значній мірі, впливом факторної ознаки на результат у загальній варіації результативної ознаки (5, 10).

Ураховуючи те, що значення мч U та Th, яке наведено в таблиці під № 7, не є аналітичною помилкою (дані лабораторних досліджень підтверджуються радіометричною документацією кернів свердловини та інтерпретацією гама-каротажу відповідного інтервалу свердловини у глибині Землі), базовою оцінкою зв'язку U та Th рудоносних альбітитів НОР приймається значення вибіркового КРКС 0,84 (1). Аналітичним виразом цього зв'язку є ЛРР 3.

Інтерпретація аналітичного виразу статистичного зв'язку U та Th у рудоносних альбітитах НОР (ЛРР 3) наступна: розраховане значення коефіцієнта регресії  $b_1'$  показує, що при збільшенні на одну одиницю факторної ознаки відбувається відповідне збільшення результативної ознаки на 0,238 одиниці. Константу  $a_1'$  проінтерпретувати неможливо тому, що в дослідженій вибірці немає нульових значень факторної ознаки.

Відповідна геохімічна інтерпретація формулюється так: за утворення рудоносних альбітитів НОР при осадженні з рудотвірних флюїдів (приносі) одного грама U відбулося осадження (принос) 0,238 грама Th.

Отримані результати дослідження доводять, що при утворенні рудної формації ураноносних натрієвих метасоматитів Центральноукраїнського ураново-рудного району були сприятливі умови для осадження з рудоносних флюїдів як U, так і Th. Доведений тісний статистичний зв'язок U та Th є одним з доказів наявності парагенезису цих радіоактивних хімічних елементів у рудоносних альбітитах НОР.

На відміну від натрієвих метасоматитів фосфорно-рідкоземельно-торій-уранової та малакон-апатитових рудної формації, де характерний значний обсяг у мінеральному складі апатиту, специфікою рудних альбітитів НОР є присутність значного об'єму титаніту.

#### Висновки.

1. Статистичний зв'язок урану й торію в апогранітних рудоносних альбітитах Новоолексіївського рудо прояву класифікований як тісний позитивний – визначена оцінка коефіцієнта рангової кореляції Спірмена за значеннями масових часток цих хімічних елементів у пробах становить 0,84.

2. Виявлений тісний статистичний зв'язок урану й торію є одним з доказів парагенезису цих радіоактивних елементів у апогранітних рудоносних альбітитах Новоолексіївського рудопрояву.

3. Специфікою мінерального складу рудних альбітитів Новоолексіївського рудопрояву є наявність значного обсягу титаніту.

**Напрямок подальших досліджень.** Дослідження однорідності рудоносних альбітитів, мінерального й хімічного складу мінералів, статистичного зв'язку урану й торію на прикладах інших рудних об'єктів Центральноукраїнського урановорудного району

### Список літератури / References

1. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины / [Белевцев Я.Н., Коваль В.Б., Бакаржиев А.Х. и др.] – К.: „Наукова думка“, 1995. – 396 с.

Belevtsev, Ya.N., Koval, V.B. and Bakarzhiev, A.Kh. (1995), *Geneticheskiye tipy i zakonornosti razmeshcheniya uranovykh mestorozhdeniy Ukrainy* [Genetic Types and Laws of Location of Uranium Deposits of Ukraine], Naukova Dumka, Kiev, Ukraine.

**Цель.** Оценка тесноты статистической связи урана и тория в рудоносных альбититах андрадит-актинолит-диопсидовых с титанитом Новоалексеевского рудопоявления рудной формации ураноносных натриевых метасоматитов Центральноукраинского урановорудного района (Украинский щит).

**Методика.** Сбор данных предыдущих геологических исследований, геологическая и радиометрическая документация кернов скважин, отбор проб, статистические расчеты. Принимая во внимание то, что альбититы по распределению в объеме урана неоднородные, статистическая связь урана и тория исследована с применением одного из непараметрических методов корреляционного анализа – определением коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Верификация наличия статистической связи осуществлена расчётом коэффициента детерминации, используя при этом значения коэффициентов  $b_1$  и  $b_2$  линейных уравнений регрессий, соответственно, тория на уран и урана на торий.

**Результаты.** Оценка коэффициента ранговой корреляции Спирмена урана и тория в андрадит-актинолит-диопсидовых альбититах Новоалексеевского рудопоявления равна  $\approx 0,84$ , соответственно, статистическая связь этих химических элементов классифицирована как тесная, позитивная. Проведенным исследованием подтверждена „стойкость“ примененного непараметрического метода корреляционного анализа к наличию в исследуемых выборках пар „выдающихся“ значений.

**Научная новизна.** Впервые доказано наличие щелочных натриевых метасоматитов высокотемпературной андрадит-актинолит-диопсидовой группы апогранитных метасоматических фаций геологической формации щелочных натриевых метасоматитов зон глубинных разломов с тесной статистической связью урана и тория. Это доказывает правомерность рассмотрения ассоциации этих химических элементов как парагенетической.

**Практическая значимость.** Полученные данные дают основание выполнять оценку массовой доли сопутствующего компонента (тория) по определению

массовой доли основного компонента (урана) в рудах, и более качественно проводить интерпретацию данных гамма-каротажа скважин.

**Ключевые слова:** уран, торий, теснота статистической связи, коэффициент ранговой корреляции Спирмена, альбитит

**Purpose.** Estimation of the degree of statistical relation between uranium and thorium of andradite-actinolite-diopside albitites of Novoalekseevka ore deposit, Central-Ukrainian uranium ore-bearing district of the Ukrainian Shield.

**Methodology.** The research is based on collection of data from previous geological investigations, geological and radiometric documentation of drill cores, sampling and statistical calculations. Considering that albitites are inhomogeneous in volume distribution of uranium, statistical relation between uranium and thorium have been investigated by means of one of non-parametric methods of correlation analysis, determination of Spearman's coefficient rank correlation. Verification of presence of statistical relation has been carried out by the calculation of determination coefficient by using the values of coefficients  $b_1$  and  $b_2$  of linear equations of regressions, thorium on uranium and uranium on thorium respectively.

**Findings.** Spearman's coefficient rank correlation of uranium and thorium of the andradite-actinolite-diopside albitites of Novoalekseevka ore deposit approximately equals to 0.84, thus statistical relation of these chemical elements is classified as close and positive one. "Firmness" of the non-parametric method of correlation analysis to the presence in the investigated selections of pairs of "prominent" values was confirmed by the implemented research.

**Originality.** For the first time the existence of alkaline sodium metasomatites of high temperature andradite-actinolite-diopside group of apogranitic metasomatic facies with strong positive statistical relation between uranium and thorium has been proved. It testifies for the possible consideration of association of these chemical elements as paragenetic.

**Practical value.** The obtained data allow us to execute the estimation of weight content of concomitant component (thorium) on determination of weight content of main component (uranium) in ores, and to do more precise interpretation of the data of gamma-ray well-logging.

**Keywords:** uranium, thorium, statistical relation, Spearman's coefficient of rank correlation, albitite

*Рекомендовано до публікації докт. фіз-мат. наук М.М. Жуковим. Дата надходження рукопису 05.02.14.*