

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, пр. Акад. Палладіна, 34  
E-mail: alcoldan@i.ua

**УРАН І ТОРІЙ В АЛЬБІТИТАХ НОВООЛЕКСІЇВСЬКОГО  
РУДОПРОЯВУ, УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ**

У результаті проведеного дослідження встановлено, що вибірка парних визначень масових часток урану і торію в хімічному складі проб торій-ураноносних альбітитів Новоолексіївського рудопрояву є статистично неоднорідною і складається з двох груп. За оцінками значень середніх геометричних масових часток урану і торію в цих групах встановлено два рівня концентрації відносно оцінок геохімічного фону цих хімічних елементів у гранітоїдах Новоукраїнського масиву. Оцінка коефіцієнтів концентрації I групи парних значень (проби "нерудних" альбітитів) становить для урану 8,8, торію — 2,2, у II групі парних значень (проби "рудних" альбітитів), відповідно, 192 і 5,7.

*Ключові слова:* уран, торій, коефіцієнт, концентрація, альбітит, Новоолексіївський рудопрояв.

**Актуальність роботи.** Одним із головних завдань геохімії є дослідження розповсюдження і розподілу хімічних елементів у земній корі, їх розсіяння й місцевої концентрації [18]. У центральній частині Українського щита (УЩ) в кристалічному фундаменті відомі численні родовища й рудопрояви рудної формації ураноносних натрієвих метасоматитів Центрально-українського (ЦУУР) і Кіровоградського урановорудних районів (назви районів за [6]) та Криворізько-Кременчуцької металогенічної зони. Хімічним елементом, який з кінця 1940-х рр. викликає особливу увагу дослідників, є уран (U). В окремих родовищах і рудопроявах відомі рудоносні альбітити, у хімічному складі яких встановлено значні масові частки як урану ( $C_U$ ), так і торію ( $C_{Th}$ ) [14, 6]. Наявність значних концентрацій торію (Th) в ураноносних альбітитах підвищує економічну цінність рудних об'єктів. Актуальність дослідження статистичної однорідності вибірок визначень  $C_U$  і  $C_{Th}$  в торій-урановорудних альбітитах, виокремлення елементів неоднорідності з відповідними оцінками коефіцієнтів концентрації (кларків концентрації) (КК) й кореляції U і Th

у виділених групах відносно вихідних порід є необхідним для доповнення видів абстрактних моделей родовищ, удосконалення методики підрахунку запасів руд, підвищення достовірності оцінки часу утворення руд за допомогою методів ізотопної геохронології.

**Зв'язок роботи з науковими та практичними завданнями.** Дослідження пов'язане з виконанням наукових робіт Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення (ІГМР) ім. М.П. Семененка Національної академії наук України за темою № ПІ-01-13 "Хроностратиграфія та геодинаміка мегаблоків Українського щита" (державний реєстраційний номер 0112U006807), а також з виконанням Розпорядження Президента України від 27.02.2001 р. № 42/2001-рп "Про розроблення енергетичної стратегії України на період до 2030 р. і на подальшу перспективу" (зі змінами), яким підтримані пропозиції Національної академії наук України щодо розроблення Енергетичної стратегії України на період до 2030 р. та подальшу перспективу, відповідної Постанови Кабінету Міністрів України від 06.06.2001 р. № 634-8 "Про затвердження комплексної програми створення ядерно-паливного циклу України" (зі змінами) і проведенням Казенним підприємством (КП)

"Кіровгеологія" геологорозвідувальних робіт (шифр робіт 46–63).

**Аналіз попередніх досліджень і публікацій.** На теперішній час відомо, що в процесі утворення формації ураноносних натрієвих метасоматитів у центральній частині УЩ відбулося принесення й осадження (концентрація) значних мас Na і U, що знайшло відображення в її назві. У 1968 р. Я.М. Белєвцевим та ін. було зазначено, що "вміст урану в метасоматитах — "сієнітах" і альбітитах... перевищує кларк у 10—15 разів (без урахування рудних скупчень)" [1, с. 7]. Найбільше значення оцінки концентрації U в альбітитах наведено в роботі В.О. Зінченка та ін.: "содержание урана увеличивается на три порядка ..." [8].

Раніше нами була досліджена вибірка значень  $C_U$  в пробах ураноносних альбітитів, що перетнуті свердловинами у розрізі 35 Ново-костянтинівського родовища урану. За допомогою статистичних методів встановлено, що вибірка десяткових логарифмів 1758 вимірів у хімічному складі проб альбітитів  $C_U$  є статистично неоднорідною і складається з чотирьох груп. Оцінки КК U у чотирьох виокремлених групах ураноносних альбітитів відносно вихідних порід (гранітів новоукраїнського комплексу) становлять, відповідно,  $\sim 10,2$ ,  $\sim 95$ ,  $\sim 628$  та  $\sim 12044$  [12].

Сучасний стан рівня дослідження розподілу торію в рудоносних альбітитах центральної частини УЩ охарактеризований Ю.О. Фоміним: "Информация о ториеносности урановорудных альбититов и вмещающих их пород, содержащаяся в опубликованных (и фондовых) работах, довольно скудна и противоречива". [19]. Треба вказати, що неоднозначними також є відомі результати дослідження зв'язку U і Th в рудоносних альбітитах. Зокрема, у 1974 р. В.М. Обрізановим було повідомлено, що в рудних альбітитах Ватутінського родовища урану кореляційних зв'язків Th з іншими елементами не було виявлено [13, с. 15], але на с. 20 цієї роботи зазначається, що "В рудах месторождения установлено некоторое повышенное содержание тория (при отсутствии его корреляции с ураном)...". У 1979 р. І.Г. Мінеєвою були наведені від'ємні оцінки коефіцієнтів парної лінійної кореляції Пірсона (КПКП) U і Th ураноносних альбітитів Кіровоградського рудного району: хлорит-егіринових —  $-0,25$ , егірин-рибекітових —  $-0,13$  [10, с. 211]. У цьому ж журналі у статті, в якій співавтором також

була І.Г. Мінеєва [11], на рис. 127 (с. 194) зображені криві розподілу, зокрема U і Th вздовж св. № 79 Ватутінського родовища, на якому видно, що в інтервалах перетину цією свердловиною альбітитів спостерігається збільшення масової частки як урану, так і торію. Більше того, на с. 196 зазначено, що "В метасоматитах ураноносного и особенно фосфорно-редкоземельно-ториево-ураноносного типов торий иногда присутствует в заметных количествах, по видимому, из-за обогащенности торием субстрата, по которому шел метасоматоз" [11]. Для натрієвих метасоматитів фосфорно-рідкісноземельно-торій-уранової рудної формації (Тимошовський та інші рудопрояви) І.Г. Мінеєвою наведено позитивне значення оцінки КПКП U і Th —  $0,62$ . Мінеральний склад альбітитів цієї рудної формації вирізняється значним обсягом апатиту [10]. Для малакон-апатитових руд лужних натрієвих метасоматитів Жовторіченського комплексного родовища (Криворізько-Кременчуцька металогенічна зона) оцінку КПКП цих хімічних елементів наведено в 1990 р. О.В. Тархановим та ін. —  $0,58$  [16].

Не додають ясності з цього питання відомості щодо деяких родовищ ураноносних альбітитів, виявлені в різні роки в інших частинах Землі, які навів Енді Вайлд (*Andy Wilde*). Зокрема, для родовища Лагоа Реал (*Lagoa Real, Brazil*) наведений коефіцієнт кореляції U і Th —  $0,58$  (39 проб), Джаку Лейк (*Jacque's Lake, Central Mineral Belt, Canada*) —  $0,83$  (4456 проб), Валгалла (*Valhalla, Mount Isa district, Australia*) —  $0,56$  (12173 проби), Дюк Бетмен (*Duke Batman, Mount Isa district, Australia*) —  $0,98$  (14 проб), при цьому автором не надані визначення  $C_{Th}$  в рудах зазначених рудних об'єктів, а для декількох інших родовищ значення оцінок коефіцієнтів кореляції U і Th не було наведено взагалі [24].

У центральній частині УЩ у межах ЦУУР відомі торій-уранові рудні об'єкти. Зокрема, це Західний поклад Партизанського родовища, Кіровське родовище, Новоолексіївський, Сотницький та інші рудопрояви, які були виявлені М.Ф. Сиродоевим та ін. (пошуково-зйомочна експедиція № 46 КП "Кіровгеологія" (сучасна назва)) в межах Партизанського рудного поля (ПРП) за період 1978—1986 рр. У 1986 р. О.В. Пушкарьовим та ін. за результатами застосування факторного аналізу визначень  $C_U$  та супутніх елементів у пробах альбітитів Партизанського та Кіровського родовищ

урану було встановлено, що "Во всех рудных зонах совместно с привнесом U наблюдается рост силы корреляционных связей и повышение общей концентрации в группе, представленной Th, Pb, ..." [14].

**Виділення не вирішеної раніше частини загальної проблеми.** На теперішній час статистична неоднорідність рудоносних альбітитів за визначеннями  $C_U$  у пробах доведена для Новоколятинівського родовища урану ЦУУР [12]. Стан вивчення розподілу  $C_{Th}$  наведений вище. У торій-ураноносних альбітитах Новоолексіївського рудопрояву (НОР), який знаходиться на півдні ПРП, на теперішній час відомі значні варіації визначень у хімічному складі проб як  $C_U$ , так і  $C_{Th}$ . Доведення або спростування статистичної неоднорідності рудних метасоматитів за визначеннями у пробах  $C_U$  і  $C_{Th}$  на прикладі альбітитів НОР дасть підставу підтвердити або спростувати попередні висновки щодо статистичної неоднорідності розподілу рудних елементів у альбітитах геологічної формації лужних натрієвих метасоматитів зон глибинних розломів. Обрання для дослідження цього рудного об'єкту обумовлено наявністю новітнього кам'яного матеріалу, отриманого в ході виконання КП "Кіровгеологія" пошуково-оціночних робіт, та сучасним підтвердженням торій-уранової природи аномалій потужності експозиційної дози рудних альбітитів НОР, що раніше було визначено попередниками.

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

**Предмет дослідження** — статистична однорідність вибірки парних визначень  $C_U$  і  $C_{Th}$  у пробах з альбітитів Новоолексіївського рудопрояву.

**Мета дослідження** — виокремлення елементів статистичної неоднорідності вибірки парних визначень  $C_U$  і  $C_{Th}$  в пробах із альбітитів Новоолексіївського рудопрояву з подальшим оцінюванням коефіцієнтів концентрації U і Th у виділених групах відносно вихідних порід.

**Методи дослідження.** Проведенню дослідження передували: збір даних попередніх і сучасних геологічних досліджень, геологічна і радіометрична документація кернів новітніх свердловин, статистичні розрахунки.  $C_U$  та  $C_{Th}$  у пробах із кернів попередніх і новітніх геологорозвідувальних робіт були визначені методом рентгеноспектрального флуоресцентного аналізу (лабораторія КП "Кіровгеологія"). Нові аналізи виконала Н.А. Прядко.

Послідовність дослідження: перевірка гіпотези статистичної однорідності вихідної вибірки визначень  $C_U$  і  $C_{Th}$  графічними методами [5, 9, 15, 17]; виокремлення елементів неоднорідності; оцінка КК U і Th відносно вихідних гранітів Новоукраїнського масиву. Виокремлення елементів неоднорідності вихідної вибірки здійснено методом аналізу кореляційного поля (наведений у [9]).

Натепер відомо, що статистичний розподіл вимірів  $C_U$ , що визначені у пробах руд уранових родовищ світу, апроксимується логнормальним законом розподілу, а спроби апроксимувати іншими видами розподілу успіху не мали [9]. Це було підтверджено в ході дослідження розподілу визначень  $C_U$  у пробах альбітитів Новоколятинівського родовища урану [12], тому перед дослідженням статистичної однорідності вибірки вимірів  $C_U$  і  $C_{Th}$  у пробах альбітитів НОР був здійснений розрахунок десяткових логарифмів вимірів  $C$  ( $\lg C$ ). Для підтвердження правомірності розділення вихідної вибірки на окремі групи в кожній виокремленій сукупності парних значень були досліджені статистичні зв'язки U і Th, розраховані константи та коефіцієнти лінійних рівнянь регресії (ЛРР), які потім порівнювали між собою.

З огляду на відносно невеликий обсяг парних значень вихідної вибірки статистичний зв'язок U і Th досліджений із застосуванням одного з непараметричних методів кореляційного аналізу — визначенням коефіцієнта рангової кореляції Спірмена (КРКС) [3, 15, 22] у кожній виокремленій групі. Зазначимо, що застосування замість первинних значень вимірів  $C_U$  і  $C_{Th}$  їх десяткових логарифмів не впливає на оцінки КРКС. Значущість оцінок КРКС досліджена за [3, с. 387]. Тіснота статистичного зв'язку класифікована за шкалою Чеддока (з роботи [15]). Верифікація оцінки тісноти статистичного зв'язку виконана шляхом розрахунку КПКП за формулою (наведена в [17]):

$$r = \sqrt{r^2}, \quad (1)$$

де:  $r$  — оцінка КПКП,  $r^2$  — оцінка коефіцієнта детермінації (КД), який розрахований за [17, с. 149, формула 7.3.1]:

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

де:  $r^2$  — оцінка КД,  $b_1$  та  $b_2$  — коефіцієнти ЛРР, які мають загальний вигляд (за [3, 5, 15]):

$$y = a + bx, \quad (3)$$

де:  $x$  — факторна ознака,  $y$  — результативна оз-

нака,  $a$  — константа ЛРР,  $b$  — коефіцієнт ЛРР. Відповідно,  $b_1$  — коефіцієнт ЛРР  $y$  (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 Адрієна Лежандра (*Adrien-Marie Legendre*) [21] і Карла Гаусса (*Gauss Carolo Frederico*) [20] (наведений у [5]) за формулами:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}, \quad (4)$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}, \quad (5)$$

де:  $x_i$  — результативна ознака,  $y_i$  — факторна ознака,  $a$  — константа ЛРР  $x$  на  $y$ ,  $b$  — коефіцієнт ЛРР  $x$  на  $y$ ,  $n$  — кількість пар  $(x_i, y_i)$ .

Оцінки КК U і Th у виокремлених елементах неоднорідності вибірки парних вимірів  $\lg C_U$  та  $\lg C_{Th}$  у пробах альбітитів відносно геохімічного фону вихідних порід виконано за методикою, що наведена в [4]. Послідовність виконання розрахунків:

1. Вирахування середніх арифметичних  $\lg C_{CA}$  виконано за формулою:

$$\lg C_{CA} = \frac{\sum_{i=1}^n \lg C_i}{n}, \quad (6)$$

де:  $\lg C_{CA}$  — оцінка вибіркового середнього арифметичного  $\lg C$ ,  $n$  — кількість значень у вибірці;

2. Розрахунок середнього геометричного (CG) за формулою:

$$C_{CG} = 10^{\lg C_{CA}}, \quad (7)$$

де:  $C_{CG}$  — оцінка вибіркового середнього геометричного  $C$ ,  $\lg C_{CA}$  — оцінка вибіркового середнього арифметичного  $\lg C$ ;

3. Розрахунок КК здійснений за адаптованою формулою з роботи [4, с. 47]:

$$KK = \frac{C_{CG}}{C_{CGф}}, \quad (8)$$

де:  $KK$  — оцінка КК,  $C_{CG}$  — оцінка вибіркового середнього геометричного,  $C_{CGф}$  — оцінка значення місцевого (локального) геохімічного фону  $C$  хімічного елемента в гранат-біотитових гранітах Новоукраїнського масиву [4, с. 47]. За значення місцевого (локального) геохімічного фону U і Th незмінених гранат-біотитових гранітів Новоукраїнського масиву взято оцінки

CG:  $C_{UG} = 1,32 \cdot 10^{-4} \%$  (розраховано за 271 визначенням),  $C_{ThCG} = 21,3 \cdot 10^{-4} \%$  (розраховано за 158 визначеннями) (з роботи [1]).

Досліджений рівень організації геологічної речовини — гірська порода.

**Геологічна будова.** Земна кора ЦУУР має типovu для УЩ двоповерхову будову: нижній поверх — AR-PR структурні яруси, складені метаморфічними, ультраметаморфічними та інтрузивними породами кристалічного фундаменту; верхній — пухкими мезо- і кайнозойськими породами чохла. Рудні об'єкти ПРП були виявлені в нижньому структурному поверсі УЩ, який тут складений переважно сублужними гранітоїдами новоукраїнського комплексу ( $PR_1^1 nu$ ) (вік утворення — 2038—2025 млн рр. [7]). У кристалічному фундаменті ПРП трапляються невеликі тіла монзонітів і габроїдів згаданого вище магматичного комплексу.

Ареали гідротермально-метасоматичних порід геологічної формації лужних натрієвих метасоматитів ( $PR_1^2 mt$ ) зон глибинних розломів ("діафторовані" граніти (передова зона гідротермального метаморфізму) → альбіт-мікроклінові (мікроклін-альбітові) метасоматити ("сієніти") (проміжна зона метасоматичної колонки) → альбітити (тилова зона метасоматичної колонки) виявлені в зоні перетину північно-східної Адабаської, північно-західної та Войнівської зон розломів. Головний розлом Адабаської зони (однойменний із зоною) складається з декількох швів мілонітів, ультра-, бластомілонітів, оточених ширшими зонами катаклазу. Падіння Адабаського розлому — північно-західне. У зонах лужного метасоматозу наявні зони до-, син- та післяальбітитового брекчіювання та тріщинуватості. Войнівська зона розломів є частиною регіональної північно-західної Андріївсько-Онїкеєвської зони розломів, трасованої доальбітитовими дайками основних та ультраосновних порід северинського комплексу ( $PR_1^2 sv$ ) від Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому на південному сході до зони Звенигородсько-Ганнівського глибинного розлому на північному заході (Бобринецько-Андріївський дайковий пояс). Тіла альбітитів у ПРП зустрінуті переважно в лежачому боці Адабаського розлому. Оцінка віку утворення уранініту з альбітиту Адабаської зони розломів становить  $1810 \pm 5$  млн рр. [6, с. 212].

Доступні для спостереження апогранітні альбітити НОР представлені андрадит-актинолі-

товими та андрадит-егірин-діопсидовими відмінностями високотемпературної андрадит-актиноліт-діопсидової групи апогранітних метасоматичних фазій [6]. Породи червонувато-сірого кольору із зеленуватим відтінком, крупнозернисті. Розподіл кольорових мінералів нерівномірний. "Рудні" відміни альбітитів вирізняються зеленувато-сірим забарвленням з характерними бурими плямами, зі значною часткою в обсязі середніх та великих кристалів і зростків титаніту й гематиту (риска на порцеляні — вишневого кольору, хоча ці породи мають підвищену магнітну сприйнятливості). Переходи до "нерудних" альбітитів — через зони цегляного кольору потужністю до 5 см. У "нерудних" альбітитах трапляються епідот та дрібні кристали сфену й гематиту. Обсяг останніх значно менше, ніж у "рудних" альбітитах. У дослідженому перетині альбітитів вирізняється доальбітитовий слабкий катаклаз та синметасоматичне слабке брекчіювання.

У статистичній обробці використано результати визначень  $C_U$  і  $C_{Th}$  у хімічному складі проб альбітитів двох наскрізних перетинів тилової зони лужного натрієвого метасоматозу.

**Результати дослідження.** У дослідженій вибірці — 33 парні виміри  $C_U$  і  $C_{Th}$  у пробах з апогранітних альбітитів, значення яких наведені в табл. 1 (парні значення № 1—14 розраховані по вимірах  $C_U$  і  $C_{Th}$  у хімічному складі проб, відібраних під час новітніх геологорозвідувальних робіт, які виконує пошуково-зйомочна експедиція № 46 КП "Кіровгеологія", інші — за даними попередників (М.Ф. Сироєв та ін.)).

Гіпотеза щодо статистичної однорідності вибірки за значеннями  $\lg C_U$  перевірена графічним способом (обґрунтування — у роботі [12]). Мінімальне значення  $\lg C_U$  становить 0,6021, максимальне — 3,6395 (табл. 1). Розрахунок ширини інтервалу виконано за рівнянням (1) (тут і далі розрахунок ширини інтервалу під час групування вихідних значень дослідженого параметра виконаний із використанням формули Герберта Стерджеса (*Herbert Sturges* [23] (наведена у [15, 20, 24]))):

$$\Delta x_U = \frac{\lg C_{U_{\max}} - \lg C_{U_{\min}}}{1 + 3,322 \lg N} = \frac{3,6395 - 0,6021}{1 + 3,322 \lg 33} = \frac{3,0374}{\approx 6} \approx 0,51, \quad (9)$$

де:  $\Delta x_U$  — ширина інтервалу,  $\lg C_{U_{\max}}$  — десятиковий логарифм максимального значення  $C_U$ ,  $\lg C_{U_{\min}}$  — десятиковий логарифм мінімального значення  $C_U$ ,  $N$  — кількість значень у вибірці. Під час розрахунку частоти  $\lg C_U$  за ширину інтервалу взято значення 0,51.

Розрахунок відносних частот у групах  $\lg C_U$  альбітитів НОР наведений у табл. 2, а відповідна гістограма щільності логарифмів — на рис. 1, на якому вирізняються дві моди зі значеннями абсцис, відповідно, 1,365 й 2,385, що дало підставу констатувати факт наявності статистичної неоднорідності у цій вибірці значень  $\lg C_U$ .

Графічним способом була перевірена гіпотеза щодо статистичної однорідності вибірки за значеннями  $\lg C_{Th}$ . Мінімальне значення у вибірці  $\lg C_{Th}$  становить 1,3979, максимальне — 3,0253 (табл. 1). Розрахунок ширини інтервалу

Таблиця 1. Значення десятикових логарифмів  $C_U$  ( $n \cdot 10^{-4} \%$ ) і  $C_{Th}$  ( $n \cdot 10^{-4} \%$ ) у пробах рудоносних альбітитів Новоолексіївського рудопрояву

Table 1. Common logarithm's values  $C_U$  ( $n \cdot 10^{-4} \%$ ) and  $C_{Th}$  ( $n \cdot 10^{-4} \%$ ) in the samples of ore-bearing albitites of Novooleksiivka ore deposit

Номер визначення	$\lg C_{Ui}$	$\lg C_{Thi}$	Номер визначення	$\lg C_{Ui}$	$\lg C_{Thi}$	Номер визначення	$\lg C_{Ui}$	$\lg C_{Thi}$
1	0,9031	1,4624	12	1,1461	1,8325	23	1,5798	1,5798
2	1,0000	1,7482	13	1,3617	1,7709	24	2,3874	2,1847
3	1,3424	1,8865	14	0,6021	1,3979	25	2,3945	2,0492
4	1,7076	1,7324	15	0,6990	1,5051	26	2,1206	1,9542
5	2,8633	2,0792	16	0,6990	1,7993	27	2,4564	2,1430
6	3,0107	2,6021	17	1,9542	1,8062	28	2,6042	2,2068
7	3,6395	3,0253	18	2,4393	2,1430	29	2,3856	2,0607
8	2,7404	2,3010	19	1,7853	1,6232	30	2,6201	2,0645
9	1,7924	1,4914	20	1,1761	1,7243	31	2,9576	2,5289
10	1,4150	1,6628	21	1,2553	1,6335	32	2,4997	2,1072
11	1,3010	1,6990	22	1,1461	1,8325	33	2,1523	1,9912

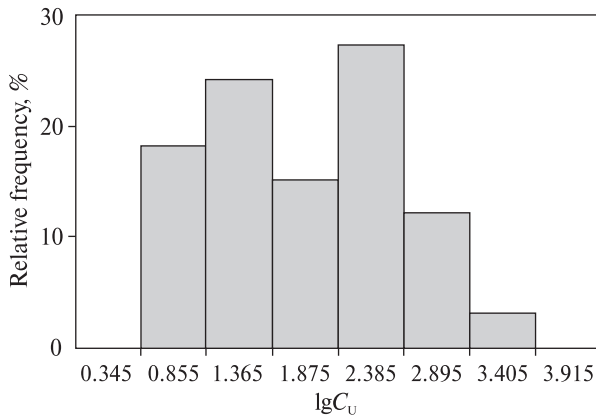


Рис. 1. Гістограма десяткових логарифмів визначень  $C_U$  у пробах альбітитів Новоолексіївського рудопрояву. Пояснення в тексті

Fig. 1. Histogram of common logarithm's determinations  $C_U$  in the samples of albitites of Novooleksiivka ore deposit. Explanation in the text

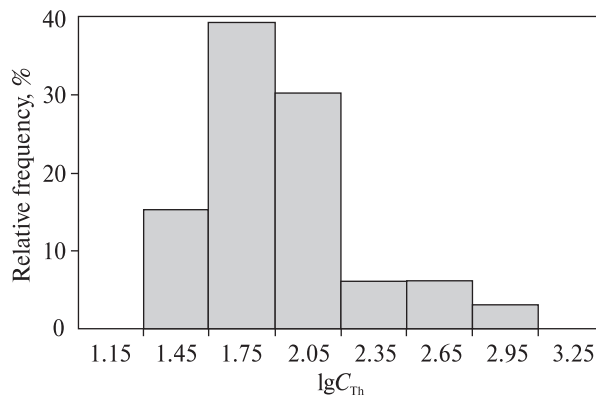


Рис. 2. Гістограма десяткових логарифмів визначень  $C_{Th}$  у пробах альбітитів Новоолексіївського рудопрояву. Пояснення в тексті

Fig. 2. Histogram of common logarithm's determinations  $C_{Th}$  in the samples of albitites of Novooleksiivka ore deposit. Explanation in the text

наведений у рівнянні (10):

$$\Delta x_{Th} = \frac{\lg C_{Thmax} - \lg C_{Thmin}}{1 + 3,322 \lg N} = \frac{3,0253 - 1,3979}{1 + 3,322 \lg 33} = \frac{3,0374}{\approx 6} \approx 0,27, \quad (10)$$

де:  $\Delta x_{Th}$  — ширина інтервалу,  $\lg C_{Thmax}$  — десятковий логарифм максимального значення  $C_{Th}$ ,  $\lg C_{Thmin}$  — десятковий логарифм мінімального значення  $C_{Th}$ ,  $N$  — обсяг вибірки.

Для розрахунку відносної частоти  $\lg C_{Th}$  за ширину інтервалу взято значення 0,3. Розрахунок відносних частотей  $\lg C_{Th}$  у виокремлених групах наведений у табл. 3, а відповідна гісто-

грама щільності — на рис. 2. Отримана гістограма щільності  $\lg C_{Th}$  (рис. 2) — лівоасиметрична, з "аномальною" відносною частотою значення 2,65, що дало підставу констатувати факт наявності статистичної неоднорідності у цій вибірці значень  $\lg C_{Th}$ .

Таким чином, був отриманий попередній висновок щодо статистичної неоднорідності вибірок  $\lg C_U$  й  $\lg C_{Th}$ . Зважаючи на відносно невеликий обсяг парних значень і те, що в дослідженій вибірці збільшенню значення  $\lg C_U$  відповідає збільшення значення  $\lg C_{Th}$ , для виокремлення елементів неоднорідності вихідної вибірки парних значень (табл. 1) був застосований спосіб, описаний у роботі Е. Карльє [9, с. 90—95]. З огляду на те, що в ході утворення лужних натрієвих метасоматитів у центральній частині УЩ відбувся значний принос та осадження U (головного рудного компонента), у

Таблиця 2. Розрахунок відносних частот груп десяткових логарифмів визначень  $C_U$  у пробах альбітитів Новоолексіївського рудопрояву

Table 2. Computation of relative frequency of common logarithm's  $C_U$  in albitite samples of Novooleksiivka ore deposit

Номер з/п	Інтервал $\lg(n \cdot 10^{-4} \%)$		Середина інтервалу	Частота	Відносна частота, %
	від	до			
1	0,60	1,11	0,855	6	18,18
2	1,11	1,62	1,365	8	24,24
3	1,62	2,13	1,875	5	15,15
4	2,13	2,64	2,385	9	27,27
5	2,64	3,15	2,895	4	12,12
6	3,15	3,66	3,405	1	3,03
	$\Sigma$		—	33	100

Таблиця 3. Розрахунок відносних частот груп десяткових логарифмів визначень  $C_{Th}$  у пробах альбітитів Новоолексіївського рудопрояву

Table 3. Computation of relative frequency of common logarithm's  $C_{Th}$  in albitite samples of Novooleksiivka ore deposit

Номер з/п	Інтервал $\lg(n \cdot 10^{-4} \%)$		Середина інтервалу $\lg(n \cdot 10^{-4} \%)$	Частота	Відносна частота, %
	від	до			
1	1,30	1,60	1,45	5	15,15
2	1,60	1,90	1,75	13	39,39
3	1,90	2,20	2,05	10	30,30
4	2,20	2,50	2,35	2	6,06
5	2,50	2,80	2,65	2	6,06
6	2,80	3,10	2,95	1	3,03
	$\Sigma$		—	33	100

Рис. 3. Кореляційне поле значень десяткових логарифмів вимірів  $C_U$  і  $C_{Th}$  у хімічному складі проб альбітитів Новоолексіївського рудопрояву (вихідні дані наведені в табл. 1) та лінійні рівняння регресій. *I* — сукупність парних значень  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$  вибірки "нерудних" альбітитів:  $y_I = 1,3678 + 0,2922x_I$  — лінійне рівняння регресії  $\lg C_{Th}$  на  $\lg C_U$ ;  $x_I = -0,7034 + 1,0536y_I$  — лінійне рівняння регресії  $\lg C_U$  на  $\lg C_{Th}$ .  $r_{UThI}^2 \approx 0,31$  — оцінка коефіцієнта детермінації  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$ ;  $r_{UThI} \approx 0,56$  — оцінка коефіцієнта парної кореляції Пірсона  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$ . *II* — сукупність парних значень  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$  вибірки "рудних" альбітитів:  $y_{II} = 1,4549 + 0,6774x_{II}$  — лінійне рівняння регресії  $\lg C_U$  на  $\lg C_{Th}$ ;  $x_{II} = -0,3820 + 1,3373y_{II}$  — лінійне рівняння регресії  $\lg C_{Th}$  на  $\lg C_U$ .  $r_{UThII}^2 \approx 0,91$  — оцінка коефіцієнта детермінації  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$ ;  $r_{UThII} \approx 0,95$  — оцінка коефіцієнта парної кореляції Пірсона  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$ . Пояснення у тексті

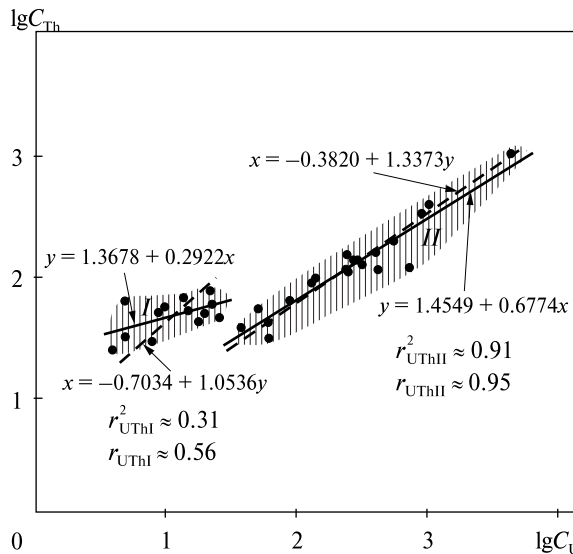


Fig. 3. Scatter diagram of common logarithm's of determination of mass fractions of uranium ( $C_U$ ) and thorium ( $C_{Th}$ ) in the chemical compositions of the samples of albitites of Novooleksiivka ore deposit (initial data are in Table 1). *I* — a set of pair values  $\lg C_U$  and  $\lg C_{Th}$  of a sample of "nonmetallic" albitites:  $y_I = 1.3678 + 0.2922x_I$  — linear regression equation  $\lg C_{Th}$  to  $\lg C_U$ ;  $x_I = -0.7034 + 1.0536y_I$  — linear regression equation  $\lg C_U$  to  $\lg C_{Th}$ .  $r_{UThI}^2 \approx 0.31$  — estimation of determination coefficient  $\lg C_U$  and  $\lg C_{Th}$ ;  $r_{UThI} \approx 0.56$  — estimation of Pearson's coefficient of pair correlation  $\lg C_U$  and  $\lg C_{Th}$ . *II* — a set of pair values  $\lg C_U$  and  $\lg C_{Th}$  of a sample of "ore" albitites:  $y_{II} = 1.4549 + 0.6774x_{II}$  — linear regression equation  $\lg C_U$  to  $\lg C_{Th}$ ;  $x_{II} = -0.3820 + 1.3373y_{II}$  — linear regression equation  $\lg C_{Th}$  to  $\lg C_U$ .  $r_{UThII}^2 \approx 0.91$  — estimation of determination coefficient  $\lg C_U$  and  $\lg C_{Th}$ ;  $r_{UThII} \approx 0.95$  — estimation of Pearson's coefficient of pair correlation  $\lg C_U$  and  $\lg C_{Th}$ . Explanation in the text

дослідженій абстрактній моделі значення  $\lg C_U$  взято за факторну ознаку, відповідно, за результативну ознаку —  $\lg C_{Th}$ .

На побудованому за значеннями  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$  (табл. 1) кореляційному полі (рис. 3) точки утворюють дві області (розділ — за значенням  $\sim 1,5$  факторної ознаки), що й стало підставою для виокремлення двох сукупностей парних значень  $\lg C_U$  та  $\lg C_{Th}$  — *I* і *II*.

Проміжні результати статистичної обробки  $\lg$  парних визначень  $C_U$  і  $C_{Th}$  *I* групи виокремлених парних значень (значення факторної ознаки —  $< 1,50$ ) наведено в табл. 4.

Оцінка КРКС значень  $\lg C_U$  та  $\lg C_{Th}$  *I* групи становить:

$$r_{s1UTh} = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{i=1}^n (R \lg C_{Ui} - R \lg C_{Thi})^2}{n \cdot (n^2 - 1)} = 1 - \frac{6 \cdot 227,5}{13 \cdot (13^2 - 1)} = 1 - 0,625 \approx 0,38, \quad (11)$$

де:  $r_{s1UTh}$  — вибірковий КРКС  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$ ,  $n$  — кількість пар значень  $\lg C_{Ui}$  і  $\lg C_{Thi}$  у *I* групі,  $R \lg C_{Ui}$ ,  $R \lg C_{Thi}$  — ранги, відповідно, значень  $\lg C_{Ui}$  і  $\lg C_{Thi}$  *I* групи (табл. 4).

Критичне значення коефіцієнта кореляції для рівня значущості 0,05 і обсягу вибірки в 13

пар дорівнює:

$$r_{кр1} = \frac{\Phi_{(1-\alpha)}}{\sqrt{n-1}} = \frac{\Phi_{0,95}}{\sqrt{13-1}} = \frac{1,64}{3,4641} \approx 0,4734, \quad (12)$$

де:  $r_{кр1}$  — критичне значення коефіцієнта кореляції для значень  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$  *I* групи,  $n$  — кількість пар значень  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$  *I* групи (табл. 4),  $\Phi$  — значення оберненої функції нормального розподілу (за [3]),  $\alpha$  — рівень значущості.

Отримана оцінка  $r_{s1UTh}$   $\lg C_U$  й  $\lg C_{Th}$  *I* групи рудоносних альбітитів НОР (11) менша за відповідне критичне значення коефіцієнта кореляції  $r_{кр1}$  (12), відповідно, кореляція не значима. За шкалою Чеддока тіснота статистичного зв'язку *U* і *Th* *I* групи класифікується як помірна.

Проміжні результати статистичної обробки  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$  *II* виокремленої групи парних значень (значення факторної ознаки —  $> 1,50$ ) наведені в табл. 5.

Оцінка КРКС значень  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$  *II* групи становить:

$$r_{s2UTh} = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{i=1}^n (R \lg C_{Ui} - R \lg C_{Thi})^2}{n \cdot (n^2 - 1)} = 1 - \frac{6 \cdot 130,50}{20 \cdot (20^2 - 1)} = 1 - 0,098 \approx 0,90, \quad (13)$$

де:  $r_{s2UTh}$  — вибірковий КРКС  $\lg C_{U_i}$  і  $\lg C_{Th_i}$ ,  $n$  — кількість пар значень  $\lg C_{U_i}$  і  $\lg C_{Th_i}$ ,  $R\lg C_{U_i}$ ,  $R\lg C_{Th_i}$  — ранги, відповідно, значень  $\lg C_{U_i}$  і  $\lg C_{Th_i}$  II групи (табл. 5).

Критичне значення коефіцієнта рангової кореляції для рівня значущості 0,05 і обсягу вибірки в 20 пар дорівнює:

$$r_{кр2} = \frac{\Phi_{1-\alpha}}{\sqrt{n-1}} = \frac{\Phi_{95}}{\sqrt{20-1}} = \frac{1,64}{4,3589} \approx 0,38, \quad (14)$$

де:  $r_{кр2}$  — критичне значення коефіцієнта кореляції для значень  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$  II групи,  $n$  — кількість пар значень  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$  II групи (табл. 4),  $\Phi$  — значення оберненої функції нормального розподілу (за [3]),  $\alpha$  — рівень значущості.

Отримана оцінка КРКС ( $r_{s2UTh}$ ) парних значень  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$  II групи рудоносних альбітитів НОР (13) значно більша за відповідне критичне значення коефіцієнта кореляції  $r_{кр2}$  (14), відповідно, кореляція значима. За шкалою Чеддока статистичний зв'язок U і Th II групи класифікується як тісний.

Результати верифікації оцінок КРКС (рівняння 11, 13), які наведені у табл. 6, підтвердили значну відмінність оцінки тісноти статистичного зв'язку урану та торію у I групі (проби "нерудних" альбітитів) від відповідної оцінки тісноти статистичного зв'язку урану та торію у II групі (проби "рудних" альбітитів).

Розрахунок оцінок КК U і Th в обсягах "нерудних" (I група) і "рудних" (II група) альбітитів НОР наведений у табл. 7.

**Обговорення результатів.** У результаті виконання дослідження встановлено, що вибірка парних значень  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$  в пробах рудоносних альбітитів НОР є статистично неоднорідною (виокремлено дві сукупності парних значень). Правомірність цього висновку підтверджується відмінністю в оцінках КРКС (табл. 6), коефіцієнтів ЛРР (табл. 6), CG (табл. 7) та відповідних оцінок КК U і Th у виокремлених групах парних значень  $C_U$  і  $C_{Th}$  (табл. 7). Цим підтверджений попередній висновок щодо статистичної неоднорідності рудоносних альбітитів ЦУУР, який був зроблений за результатами дослідження вибірки  $\lg C_U$  Новокосянтинівського родовища (див. [12]).

Виявлена статистична неоднорідність вибірки парних значень  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$  альбітитів НОР підтверджує дані геологічної документації щодо неоднорідності дослідженого обсягу рудоносних лужних натрієвих метасоматитів. Перша виокремлена група (рис. 3; табл. 4) значень  $\lg C_U$  і  $\lg C_{Th}$  характеризує, більшою мірою, концентрації U і Th (табл. 6) в альбітитах за ранньої стадії породоутворення.

Формування концентрації U і Th в альбітитах, які охарактеризовані пробами II групи (рис. 3; табл. 5, 7), вірогідно, відповідає власне

Таблиця 4. Проміжні результати статистичної обробки десяткових логарифмів парних визначень  $C_U$  і  $C_{Th}$  I групи

Table 4. Intermediate results of the statistical of processing of common logarithm's of the pair determination  $C_U$  and  $C_{Th}$  of the I group

Номер з/п	Номер визначення (табл. 1)	$\lg C_{U_i}$	$\lg C_{Th_i}$	$R\lg C_{U_i}$	$R\lg C_{Th_i}$	$R\lg C_{U_i} - R\lg C_{Th_i}$	$(R\lg C_{U_i} - R\lg C_{Th_i})^2$
1	1	0,9031	1,4624	4,0	2,0	2,0	4,00
2	2	1,0000	1,7482	6,0	9,0	-3,0	9,00
3	3	1,3424	1,8865	11,0	13,0	-2,0	4,00
4	10	1,4150	1,6628	13,0	5,0	8,0	64,00
5	11	1,3010	1,6990	10,0	6,0	4,0	16,00
6	12	1,1461	1,8325	7,0	12,0	-5,0	25,00
7	13	1,3617	1,7709	12,0	10,0	2,0	4,00
8	14	0,6021	1,3979	1,0	1,0	0,0	0,00
9	15	0,6990	1,5051	2,5	3,0	-0,5	0,25
10	16	0,6990	1,7993	2,5	11,0	-8,5	72,25
11	20	1,1761	1,7243	8,0	8,0	0,0	0,00
12	21	1,2553	1,6335	9,0	4,0	5,0	25,00
13	33	0,9542	1,7076	5,0	7,0	-2,0	4,00
	$\Sigma$	13,8550	21,8299	—	—	—	227,50

Примітка. Тут і в табл. 5.  $R\lg C_{U_i}$ ,  $R\lg C_{Th_i}$  — ранги.

Note. Here and in Table 5.  $R\lg C_{U_i}$ ,  $R\lg C_{Th_i}$  — grades.



Таблиця 5. Проміжні результати статистичної обробки десяткових логарифмів значень  $C_U$  і  $C_{Th}$  II групиTable 5. Intermediate results of the statistic of processing of common logarithm's of determination  $C_U$  and  $C_{Th}$  of II group

Номер з/п	Номер визначення (табл. 1)	$\lg C_{U_i}$	$\lg C_{Th_i}$	$R\lg C_{U_i}$	$R\lg C_{Th_i}$	$R\lg C_{U_i} - R\lg C_{Th_i}$	$(R\lg C_{U_i} - R\lg C_{Th_i})^2$
1	4	1,71	1,73	2,0	4,0	-2,0	4,00
2	5	2,86	2,08	17,0	11,0	6,0	36,00
3	6	3,01	2,60	19,0	19,0	0,0	0,00
4	7	3,64	3,03	20,0	20,0	0,0	0,00
5	8	2,74	2,30	16,0	17,0	-1,0	1,00
6	9	1,79	1,49	4,0	1,0	3,0	9,00
7	17	1,95	1,81	5,0	5,0	0,0	0,00
8	18	2,44	2,14	11,0	13,5	-2,5	6,25
9	19	1,79	1,62	3,0	3,0	0,0	0,00
10	22	1,58	1,58	1,0	2,0	-1,0	1,00
11	23	2,39	2,18	9,0	15,0	-6,0	36,00
12	24	2,39	2,05	10,0	8,0	2,0	4,00
13	25	2,12	1,95	6,0	6,0	0,0	0,00
14	26	2,46	2,14	12,0	13,5	-1,5	2,25
15	27	2,60	2,21	14,0	16,0	-2,0	4,00
16	28	2,39	2,06	8,0	9,0	-1,0	1,00
17	29	2,62	2,06	15,0	10,0	5,0	25,00
18	30	2,96	2,53	18,0	18,0	0,0	0,00
19	31	2,50	2,11	13,0	12,0	1,0	1,00
20	32	2,15	1,99	7,0	7,0	0,0	0,00
	$\Sigma$	48,09	41,67	—	—	—	130,50

Таблиця 6. Розрахунок оцінки коефіцієнтів парної кореляції Пірсона урану і торію у виокремлених групах "нерудних" (I група проб) і "рудних" (II група) альбітитів Новоолексіївського рудопояву

Table 6. Computation of the value of Pearson's pair correlation coefficients of uranium and thorium in selected groups of "nonmetallic" (I sample group) and "ore" (II sample group) albitites of Novooleksiivka ore deposit

Номер групи	Коефіцієнт рівняння регресії		$r^2 (b_1 \cdot b_2)$	$r(\sqrt{r^2})$	Оцінка тісноти статистичного зв'язку U і Th
	$b_1 (\lg C_{Th} \text{ на } \lg C_U)$	$b_2 (\lg C_U \text{ на } \lg C_{Th})$			
I	0,2922	1,0536	~0,31	~0,56	Помітна
II	0,6774	1,3373	~0,91	~0,95	Дуже висока

Таблиця 7. Розрахунок оцінки коефіцієнтів концентрації урану і торію в обсягах "нерудних" (I група проб) і "рудних" (II група) альбітитів Новоолексіївського рудопояву

Table 7. Computation of the value of concentration coefficients of uranium and thorium in volumes of "nonmetallic" (I sample group) and "ore" (II sample group) albitites of Novooleksiivka ore deposit

Номер групи	Обсяг проб, $n$	Елемент	$\sum_{i=1}^n \lg C$ (табл. 1, 2)	$\lg C_{CA} \sum_{i=1}^n \lg C : n$	$C_{CG} (10^{\lg C_{CA}})$ , $n \cdot 10^{-4} \%$	КК ( $C_{CG} \cdot C_{CG\Phi}$ )
I	13	U	13,8550	1,0658	11,07	~8,8
		Th	21,8299	1,6792	47,8	~2,2
II	20	U	48,0909	2,4045	253,8	~192
		Th	41,6741	2,0837	121,3	~5,7

процесу рудовідкладення, який, у цьому випадку, ідентифікується також наявністю підвищеної частки сфену та гематиту у рудному альбітиті. На відміну від дослідженого розрізу Новокостянтинівського родовища [12], у доступних для обстеження рудних відмінностях альбітитів НОР нами не виявлений гематит-хлорит-карбонатний або флогопіт-магнетит-карбонатний парагенез накладеної (спорідненої) стадії породоутворення.

За оцінками  $CG C_U$  і  $C_{Th}$  I виокремленої групи проб альбітитів НОР (табл. 7), маса принесеного й осадженого U в тилу зону метасоматозу за головної стадії породоутворення приблизно в 2,7 рази менша маси принесеного й осадженого Th (у порівнянні з вихідними гранітами):

$$\frac{\Delta C_{ThI}}{\Delta C_{UI}} = \frac{C_{ThICG} - C_{ThCG}}{C_{UICG} - C_{UCG}} = \frac{(47,8 - 21,3) \cdot 10^{-4} \%}{(11,07 - 1,32) \cdot 10^{-4} \%} = \frac{26,5}{9,75} \approx 2,7, \quad (15)$$

де:  $\Delta C_{ThI}$  — оцінка різниці між  $CG Th$  I виокремленої групи проб альбітитів НОР і геохімічним фоном Th вихідних гранітів [2],  $\Delta C_{UI}$  — оцінка різниці між  $CG U$  I виокремленої групи проб і геохімічним фоном U вихідних гранітів [2],  $C_{ThICG}$  —  $CG Th$  I виокремленої групи проб (табл. 7),  $C_{UICG}$  —  $CG U$  I виокремленої групи проб (табл. 7).

За оцінками  $CG C_U$  і  $C_{Th}$  II виокремленої групи проб альбітитів НОР (табл. 7), маса принесеного й осадженого Th в зону рудоутворення, що виникла по породах, які утворилися за головної стадії породоутворення, становить ~0,3 частини від маси принесеного і осадженого U, тобто в ~3,3 рази менша:

$$\frac{\Delta C_{ThII}}{\Delta C_{UII}} = \frac{C_{ThICG} - C_{ThCG}}{C_{UICG} - C_{UCG}} = \frac{(121,3 - 47,8) \cdot 10^{-4} \%}{(253,8 - 11,07) \cdot 10^{-4} \%} = \frac{73,5 \cdot 10^{-4} \%}{242,73 \cdot 10^{-4} \%} \approx 0,3, \quad (16)$$

де:  $\Delta C_{ThII}$  — оцінка різниці між  $CG Th$  II виокремленої групи проб альбітитів НОР і  $CG Th$  I виокремленої групи проб,  $\Delta C_{UII}$  — оцінка різниці між  $CG U$  II виокремленої групи проб альбітитів і  $CG U$  I виокремленої групи проб альбітитів НОР,  $C_{ThICG}$  —  $CG Th$  II виокремленої групи проб (табл. 7),  $C_{UICG}$  —  $CG U$  II виокремленої групи проб (табл. 7),  $C_{ThICG}$  —  $CG Th$  I виокремленої групи проб (табл. 7),  $C_{UICG}$  —  $CG U$  I виокремленої групи проб (табл. 7).

Різде збільшення маси осадженого U у порівнянні з масою осадженого Th під час утворення "рудних" концентрації (16) свідчить про суттєві фізико-хімічні відмінності в осадженні цих хімічних елементів під час головної стадії породоутворення від наступної стадії рудовідкладення. Це підтверджується результатами розрахунку відповідних оцінок КД  $lgC_U$  і  $lgC_{Th}$  (табл. 6).

Для обсягу "нерудних" альбітитів, охарактеризованого пробами I групи (рис. 3), вирахована оцінка КД  $lgC_U$  і  $lgC_{Th}$  дорівнює 0,31 (табл. 6), з огляду на це питома вага варіації пояснюється слабким впливом факторної ознаки на результат у загальній варіації результативної ознаки. Відповідна геохімічна інтерпретація формулюється так: на осадження (концентрацію) Th не впливали в значній мірі фактори, що призводили до осадження U. Це дає підставу для висловлення припущення, що більші частини від загальних мас (відповідно, і атомів) як U, так і Th у хімічному складі "нерудних" альбітитів за основної стадії породоутворення були сконцентровані у різних мінералах. Акцесорні мінерали (основні концентратори цих радіоактивних елементів) в об'ємі "нерудних" альбітитів розповсюджені вкрай нерівномірно, наслідком чого є низьке значення оцінки КД. Однак значення розрахованих оцінок КД U і Th в "нерудних" альбітитах відносно геохімічного фону вмісних гранітів однозначно вказують на принос породотвірними флюїдами й осадження цих хімічних елементів, які відбулися за головної стадії породоутворення.

Для зони рудовідкладення, яка охарактеризована пробами II групи (рис. 3), оцінка КД  $lgC_U$  і  $lgC_{Th}$  становить 0,91 (табл. 6) — питома вага варіації пояснюється сильним впливом факторної ознаки на результат у загальній варіації результативної ознаки, відповідно, фактори, що впливали на осадження U і Th, були переважно спільними. За нашою оцінкою, визначальними факторами, які вплинули на осадження значної маси рудної речовини на стадії рудовідкладення, були ступінь як перед-, так і синрудного руйнування (подрібнення) альбітитів, що утворилися за головної стадії породоутворення, еволюція хіміко-фізичних властивостей рудоносного флюїду та наявність у зоні рудовідкладення значного обсягу порожнин різноманітного генезису.

Розбіжності у визначенні кількості та якості виокремлених груп альбітитів НОР у порів-

нянні з результатами, що наведені в [12], ми пояснюємо суттєвою різницею в обсягах вибірок, невідповідністю розмахів вибірок за значеннями  $C_U$  (максимальне значення  $C_U$  у вибірці Новоколятинівського родовища сягало перших відсотків [12], способом виокремлення елементів неоднорідності, хоча "видатне" значення  $IgC_U$  пари № 7 II групи (табл. 5; рис. 3), можливо, саме й відповідає III групі елементів неоднорідності загальної вибірки значень  $IgC_U$  Новоколятинівського родовища [12].

**Висновки.** 1. Досліджена вибірка парних значень вимірів масових часток урану і торію у хімічному складі проб рудоносних альбітитів Новоолексіївського рудопрояву є статистично неоднорідною. Графічними методами виокремлено дві групи парних значень вимірів масових часток цих елементів у хімічному складі альбітитів.

2. За оцінками значень середніх геометричних масових часток як урану, так і торію у виокремлених групах проб альбітитів встановлено два рівні концентрації цих хімічних елементів відносно відомих оцінок геохімічного фону

урану та торію у вихідному граніті гранат-біотитовому порфіроподібному Новоукраїнському масиву.

3. Оцінки коефіцієнтів концентрації урану і торію відносно оцінок геохімічного фону цих хімічних елементів у граніті Новоукраїнського масиву I групи парних значень (проби "нерудних" альбітитів) становлять для урану 8,8, торію — 2,2, II групи парних значень (проби "рудних" альбітитів), відповідно, 192 і 5,7.

**Напрямок подальших досліджень.** Актуальними завданнями є: визначення хімічного складу (головних петрогенних компонентів) "рудних" і "нерудних" альбітитів НОР; дослідження складу рудної мінералізації; визначення елементів-супутників торій-уранового зруденіння; для отримання додаткових визначень масових часток U і Th інших перетинів альбітитів НОР доцільно продовжити роботи з вивчення, зокрема, статистичного розподілу цих хімічних елементів; для реконструкцій КК U і Th в альбітитах і вмисних гранітах, які існували на час рудоутворення, необхідно отримати визначення оцінок віку утворення альбітитів, визначити ізотопний склад свинцю.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Белевцев Я.М., Коваль В.Б. Генетична схема уранових родовищ, пов'язаних з натрієвим метасоматозом у кристалічних породах щитів // Геол. журн. — 1968. — 28, вып. 3. — С. 3—17.
2. Белевцев Я.Н., Сухинин А.Н. Некоторые минеральные, геохимические и генетические особенности гранитоидов центральной части Украинского щита // Геол. журн. — 1974. — Вып. 1. — С. 16—33.
3. Ван дер Варден Б.Л. Математическая статистика. — М.: Изд-во иностр. лит., 1960. — 435 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: Метод. рекомендації. — К.: УкрДГРІ, 2006. — 96 с.
5. Ворошилов В.Г. Математическое моделирование в геологии. — Томск: Изд-во Том. 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. Зинченко В.А., Ноженко А.В., Бояринова Н.В. Источник урана месторождений натриево-урановой формации Кировоградско-Новоукраинского рудного района по геохимическим данным // Материалы по геологии урановых месторождений, редких и радиоактивных элементов: Информ. сб. — 1990. — Вып. 123. — С. 4—15.
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. Минеева И.Г., Голева Р.В., Копченкова Е.В., Шацкая В.Т., Березина Л.А., Железнова Е.И. Поведение урана, тория, бериллия в процессе формирования полевошпатовых метасоматитов с урановым и бериллиевым оруденением // Материалы по геологии урановых месторождений: Информ. сб. — 1979. — Вып. 54. — С. 167—196.
12. Михальченко Г.І. Рівні концентрації урану в альбітитах Новоколятинівського родовища, Український щит // Сб. тез. Междунар. науч. конф. "Актуальные проблемы поисковой и экологической геохимии" / Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України. — К., 2014. — С. 146—148.
13. Обризанов В.Н. Основные черты геохимии Ватутинского месторождения урана и некоторые проблемы натриевого метасоматоза: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — Березовка, 1974. — 27 с.

14. Пушкарєв А.В., Коваль В.Б., Гаврусєвич І.Б. Геохимические особенности натриевого метасоматоза и уранового рудогенеза // Геохимические особенности ураноносных щелочных метасоматитов УЩ. — Киев : ИГФМ АН УССР, 1986. — С. 17—20.
15. Сизова Т.М. Статистика. — СПб : ГУИТМО, 2005. — 80 с.
16. Тарханов А.В., Петрин А.В., Козырьков В.Д., Орлова Л.А., Игнатов В.Б., Преображенский А.Н. Уран-редкоземельно-фосфатные руды Желтореченского месторождения // Специальные вопросы атомной науки и техники. Сер. Геология и гор. дело : Науч.-техн. сб. — 1990. — Вып. 2. — С. 3—11.
17. Ткачев Ю.А., Юдович Я.Э. Статистическая обработка геохимических данных. Методы и проблемы. — Л. : Наука, 1975. — 233 с.
18. Ферсман А.Е. Геохимия : Избр. тр. — М. : Изд-во АН СССР, 1955. — Т. III. — 799 с.
19. Фомин Ю.А. Торий в урановорудных альбититах Кировоградского мегаблока // 36. 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.H. Besser, 1809. — 228 p.
21. Legendre A.M. Nouvelles Méthodes pour la Détermination des Orbites des Comètes. — Paris : Chez Firmin Didot, Libraire pour les Mathématiques, la Marine, l'Architecture, et les Éditions stéréotypes, rue de Thionville. — 1805. — No 116. — 290 p.
22. Spearman C. The Proof and Measurement of Association between Two Things // Amer. J. Psychol. — 1904. — **15**, No 1. — P. 72—101 [Електрон. ресурс]. — Режим доступу : <http://www.jstor.org>.
23. Sturges H.A. The choice of a class interval // J. Amer. Statist. Assoc. — 1926. — **21**, No 153. — P. 65—66 [Електрон. ресурс]. — Режим доступу : <http://www.jstor.org>.
24. Wilde A. Towards a Model for Albitite-Type Uranium // Minerals. — 2013. — No 3. — P. 36—48.

Надійшла 01.09.2015

## REFERENCES

1. Belevtsev, Ya.M. and Koval, V.B. (1968), *Geological Journal*, Kyiv, Vol. 28 Vyp. 3, pp. 3-17.
2. Belevtsev, Ya.M. and Sukhinin, A.N. (1974), *Geological Journal*, Kyiv, Vyp. 1, pp. 16-33.
3. Van der Waerden, B.L. (1960), *Matematicheskaja statistika*, Izd-vo foreign lit., Moscow, 435 p.
4. Voinovskyi, 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 Tom. politehnic. un-ta, Tomsk, 124 p.
6. Belevtsev, Ya.M. and Koval, V.B. (eds) (1995), *Geneticheskie tipy i zakonomernosti rozmeshhenija uranovykh mestorozhdenij Ukrainy*, Naukova dumka, Kiev, 396 p.
7. Shcherbak, M.P., Artemenko, G.V., Lesnaya, I.M., Ponomarenko, O.M. and Shumlyansky, L.V. (2008), *Geohronologija rannego dokembrija Ukrainy shhita. Proterozoj*, Naukova dumka, Kiev, 240 p.
8. Zinchenko, V.A., Nozhenko, A.V. and Boyarinova, N.V. (1990), *Materialy po geologii uranovykh mestorozhdeniy, redkikh i radioaktivnykh elementov*, Inform. sb., Moscow, SSSR, Vyp. 123, pp. 4-15.
9. Carlier, E. (1966), *Metodika kolichestvennoj ocenki mestorozhdenij urana*, Atomizdat, Moscow, SSSR, 351 p.
10. Mineeva, I.G. (1979), *Materialy po geologii uranovykh mestorozhdeniy*, Inform. sb., Moscow, SSSR, Vyp. 54, pp. 197-218.
11. Mineeva, I.G., Goleva, R.V., Kopchenova, E.V., Shatskaia, V.T., Berezina, L.A. and Zheleznova, E.I. (1979), *Materialy po geologii uranovykh mestorozhdeniy*, Inform. sb., Moscow, SSSR, Vyp. 54, pp. 167-196.
12. Mihalchenko, I.I. (2014), *Sb. tez. Mezhdunar. nauch. konf. "Aktualnye problemy poiskovoy i ekologicheskoy geokhimii"*, M.P. Semenenko Institute of geochemistry, mineralogy and ore formation of the NAS of Ukraine, Kyiv, pp. 146-148.
13. Obrizanov, V.N. (1974), *Osnovnye cherty geokhimii Vatutinskogo mestorozhdenija urana i nekotorye problemy natrievogo metasomatoza*, Avtoref. dis. kand. geol.-mineral. nauk, Berezovka, 27 p.
14. Pushkarev, A.V., Koval, V.B. and Gavrusevich, I.B. (1986), *Geokhimicheskie osobennosti natrievogo metasomatoza i uranovogo rudogenez, Geokhimicheskie osobennosti uranonosnykh shhelochnykh metasomatitov UShh*, IGFM AS USSR, Kiev, pp. 17-20.
15. Sizova, T.M. (2005), *Statistika*, St.-Petersb. GYUTMO, St.-Petersburg, 80 p.
16. Tarkhanov, A.V., Petrin, A.V., Kozyrkov, V.D., Orlova, L.A., Ignatov, V.B., and Preobrazhenskiy, A.N. (1990), *Spetsialnye voprosy Atomnoy nauki i tekhniki*, Ser. Geologiya i gornoe delo, *Nauch.-tekhnich. sb.*, Moscow, SSSR, Vyp. 2, pp. 3-11.
17. Tkachev, U.A. and Yudovich, Ya.E. (1975), *Statisticheskaja obrabotka geokhimicheskikh dannyh. Metody i problemy*, Nauka, Leningrad, 233 p.
18. Fersman, A.E. (1955), *Geokhimija*, Izbr. tr., Vol. III, Izd-vo AN SSSR, Moscow, 799 p.
19. Fomin, Yu.A. (2013), *Zb. nauk. prats IGNS NAN Ukrainy*, Vyp. 22, pp. 144-160.
20. Gauss, C.F. (1809), *Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium*, sumtibus Frid. Perthes et I.H. Besser, Hamburgi, 228 p.

21. Legendre, A.M. (1805), Chez Firmin Didot, Libraire pour les Mathématiques, la Marine, l'Architecture, et les Éditions stéréotypes, rue de Thionville, No 116, 290 p.
22. Spearman, C. (1904), *Amer. J. Psychol.*, Vol. 15 No 1, pp. 72-101, available at: <http://www.jstor.org>.
23. Sturges, Herbert A. (1926), *J. Amer. Statist. Assoc.*, Vol. 21 No 153, pp. 65-66, available at: <http://www.jstor.org>.
24. Wilde, A. (2013), *Minerals*, No 3, pp. 36-48.

Received 01.09.2015

*И.И. Михальченко*

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

#### УРАН И ТОРИЙ В АЛЬБИТИТАХ НОВОАЛЕКСЕЕВСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ, УКРАИНСКИЙ ЩИТ

В результате проведенного исследования установлено, что выборка парных определений массовых долей урана и тория в пробах торий-ураноносных альбититов Новоалексеевского рудопроявления неоднородна и состоит из двух групп. По оценкам средних геометрических массовых долей в этих группах были определены два уровня концентрации урана и тория относительно неизменных гранитов Новоукраинского массива. Оценка коэффициентов концентрации в I группе парных значений (пробы "нерудных" альбититов) составляет для урана — 8,8, тория — 2,2, во II группе парных значений (пробы "рудных" альбититов), соответственно, 192 и 5,7.

*Ключевые слова:* уран, торий, коэффициент, концентрация, альбитит, Новоалексеевское рудопроявление.

*I.I. Mihalchenko*

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy  
and Ore Formation of the NAS of Ukraine  
34, Acad. Palladina Pr., Kyiv-142, Ukraine, 03680  
E-mail: [alcoldan@i.ua](mailto:alcoldan@i.ua)

#### URANIUM AND THORIUM IN ALBITITES OF NOVOOLEKSIIVKA ORE OCCURRENCE, THE UKRAINIAN SHIELD

*Purpose.* The aim of the paper is the estimation of the degree of uranium and thorium concentration in albitites of the Novooleksiivka ore occurrence, Central-Ukrainian uranium ore-bearing district of the Ukrainian Shield. *Methodology* is based on collection of the data from early and modern geological investigations, geological and radiometric documentation of drill cores, sampling and statistical calculations. The values of common logarithms of determinations of uranium and thorium mass parts in the samples of albitites are calculated before statistical computation. Elements of heterogeneity of general sample are sorted out by the method of analysis of the correlation diagram (Carlier, 1966). Statistical relations between uranium and thorium have been investigated in these groups 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 determination coefficient, using the values of coefficients  $b_1$  и  $b_2$  of linear equations of regressions of thorium to uranium, and uranium to thorium, accordingly. Concentration of uranium and thorium relative to geochemical background of these chemical elements in granites of Novoukrainka massif is calculated by estimations of the values of geometric means of uranium and thorium in these groups. *Results.* The study tested that the investigation sample to determine uranium and thorium mass parts in the chemical composition of the samples of albitites of Novooleksiivka ore occurrence is not homogeneous, and consists of two groups. As a result of estimation of geometric means of uranium and thorium mass parts two concentration levels of uranium and thorium relatively unaltered granites of Novoukrainka massif are set in these groups. The estimation of coefficients of concentration in the first group of the pair's values (samples of "nonmetallic" albitites) are for uranium — 8.8, for thorium — 2.2, and in the second group of the pair's values (samples of "ore" albitites), accordingly, 192 and 5.7. *Scientific novelty.* The existence of alkaline sodium metasomatites of high temperature andradite-actinolite-diopside group of apogranitic metasomatitic facies with two concentration levels of uranium and thorium relative to unaltered granites of Novoukrainka massif is proved for the first time. It testifies to the possible consideration of association of these chemical elements as paragenetic.

*Keywords:* uranium, thorium, coefficient, concentration, albitite, Novooleksiivka ore occurrence.