

## УРАН І ТОРІЙ У РУДНИХ АЛЬБІТИТАХ ГЛИБОКИХ ГОРИЗОНТІВ ВАТУТІНСЬКОГО РОДОВИЩА (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

**І.І. Михальченко<sup>1</sup>, Б.Н. Іванов<sup>2</sup>**

*(Рекомендовано д-ром геол.-мінерал. наук С.Г. Кривдіком)*

<sup>1</sup> *Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України, Київ, Україна, E-mail: alcoldan@i.ua*

*Кандидат геологічних наук, докторант.*

<sup>2</sup> *Кандидат геолого-мінералогічних наук, пенсіонер.*

Встановлено, що в найменш окиснених «рудних» альбітитах, які розкриті на глибоких горизонтах Ватутінського родовища (Центральноукраїнський урановорудний район), кореляція урану і торію дуже висока (оцінка коефіцієнта рангової кореляції Спірмена  $\approx 0,99$ ). Це дає підставу стверджувати, що привнесення й осадження урану супроводжувалися також привнесенням й осадженням торію, хоча концентрації цих хімічних елементів у тілах багатих руд відрізняються на декілька порядків.

*Ключові слова:* уран, торій, коефіцієнт, кореляція, альбітит, Ватутінське родовище.

## URANIUM AND THORIUM IN RICH URANIUM ORE ALBITITES OF DEEP HORIZONS OF THE VATUTYNKA ORE DEPOSIT (THE UKRAINIAN SHIELD)

**I.I. Mihalchenko<sup>1</sup>, B.N. Ivanov<sup>2</sup>**

*(Recommended by doctor of geological and mineralogical sciences S.G. Kryvdik)*

<sup>1</sup> *M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: alcoldan@i.ua*

*Candidate of geological sciences, doctoral candidate.*

<sup>2</sup> *Candidate of geological and mineralogical sciences, pensioner.*

It is established that least oxidized rich uranium ore albitites, which uncovered at the deep horizons of Vanutinka ore deposit (Central-Ukrainian uranium ore-bearing district, the Ukrainian shield), show very high correlation between uranium and thorium (estimation of Spearman's coefficient rank correlation  $\approx 0.99$ ). It makes it possible to claim that uranium influx and sedimentation was accompanied by inflow and precipitation of thorium. In spite of the fact that concentrations of these chemical elements are different in bodies of rich uranium ores.

*Key words:* uranium, thorium, Spearman's coefficient of rank correlation, albitite, Vatutinka ore deposit.

## УРАН И ТОРИЙ В РУДНЫХ АЛЬБИТИТАХ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ВАТУТИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (УКРАИНСКИЙ ЩИТ)

**И.И. Михальченко<sup>1</sup>, Б.Н. Иванов<sup>2</sup>**

*(Рекомендовано д-ром геол.-минерал. наук С.Г. Кривдиком)*

<sup>1</sup> *Институт геохимии, минералогии и рудообразования имени Н.П. Семененко НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: alcoldan@i.ua*

*Кандидат геологических наук, докторант.*

<sup>2</sup> *Кандидат геолого-минералогических наук, пенсионер.*

© И.И. Михальченко, Б.Н. Иванов, 2016

Установлено, что в наименее окисленных «рудных» альбититах, которые встречены на глубоких горизонтах Ватутинского месторождения (Центральноукраинский урановорудный район) корреляция урана и тория очень высокая (оценка коэффициента ранговой корреляции Спирмена  $\approx 0,99$ ). Это даёт основание утверждать, что привнос и осаждение урана сопровождались также привносом и осаждением тория, хотя концентрация этих химических элементов отличается на несколько порядков.

*Ключевые слова:* уран, торий, коэффициент, корреляция, альбитит, Ватутинское месторождение.

### **Актуальність роботи**

Головними завданнями геохімії є дослідження розповсюдження і розподілу хімічних елементів в земній корі, їх розсіювання й місцева концентрація, сполучення, міграції, поведінки в земній корі як кожного окремого елемента, так і при сполученні з іншими елементами [Ферсман, 1922]. З кінця 30-х років минулого століття одним з найбільш досліджуваних серед хімічних елементів земної кори став уран (U). У центральній частині Українського щита (УЩ) завдяки інтенсивним геологічним пошукам родовищ цього хімічного елемента із середини 40-х років ХХ ст. була виявлена низка родовищ й рудопроявів, зокрема рудної формації ураноносних натрієвих метасоматитів (альбітитів) (РФУНМ) (геологічна формація лужних натрієвих метасоматитів зон глибинних розломів  $PR_1^2mt$  (історія виникнення назви формації наведена в [Михальченко, 2012])) Центральноукраїнського (ЦУУР) та Кіровоградського урановорудних районів (КУРР) (назви районів за [Белевцев и др., 1995]), а також Криворізько-Кременчуцької металогенічної зони. В окремих родовищах і рудопроявах відомі рудоносні альбітити, у хімічному складі яких були визначені значні масові частки ( $w$ ) як урану U ( $w(U)$ ), так і торію ( $w(Th)$ ) [Обризанов, 1976; Михальченко, 2015 та ін.].

Натепер існує проблема генезису гідротермально-метасоматичних розчинів, що призвели до утворення РФУНМ. Зараз досить добре відомі геохімічні особливості поведінки U і Th в ендегенних процесах утворення й перетворення гірських порід земної кори. При магматичних процесах ці елементи мігрують й осаджуються, як правило, разом, а у міру розвитку постмагматичних процесів, зниження температури пневматолітово-гідротермальних породотвірних систем відбувся (і відбувається)

розподіл U й Th [Невский и др., 1972 та ін.], що обумовлено як їхніми хімічними особливостями, так і зміною фізико-хімічних властивостей породотвірних (породоперетвірних) флюїдів і відповідних перетворень вихідних гірських порід.

Вивчення особливостей розповсюдження і зв'язку цих хімічних елементів дає можливість реконструкцій, які допомогли б вирішити, зокрема, проблему генезису руд, вертикальної рудної зональності, доповнення парагенетичних асоціацій хімічних елементів РФУНМ.

### **Зв'язок роботи з науковими та практичними завданнями**

Дослідження пов'язане з виконанням: наукової роботи Інституту геохімії, мінералогії і рудоутворення (ІГМР) імені М.П. Семененка НАН України № III-01-13 «Хроностратиграфія та геодинаміка мегаблоків Українського щита», державний реєстраційний номер 0112U006807; Розпорядженням 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 НАН України щодо розроблення Енергетичної стратегії України на період до 2030 р. та дальшу перспективу; відповідною постановою Кабінету Міністрів України від 06.06.2001 р. № 634-8 «Про затвердження комплексної програми створення ядерно-паливного циклу України» (зі змінами).

### **Аналіз попередніх досліджень і публікацій**

При утворенні об'єктів РФУНМ відбулося привнесення й осадження (концентрація) значних мас Na і, зокрема, U, що знайшло відображення в її назві. Сучасний же стан рівня дослідження розподілу Th в рудоносних альбітитах центральної частини УЩ

охарактеризований Ю.А. Фомінін: «Информация о ториенности урановорудных альбититов и вмещающих их пород, содержащаяся в опубликованных (и фондовых) работах, довольно скудна и противоречива» [Фомин, 2013, с. 144]. Неоднозначними також є відомі результати дослідження зв'язку U й Th в рудоносних альбітитах.

Вірогідно, перші результати дослідження зв'язку U й Th в «рудних» альбітитах Ватутінського родовища (ВР) урану (ЦУУР) були повідомлені В.М. Обрізановим у 1974 р.: «В рудах месторождения установлено некоторое повышенное содержание тория (при отсутствии его корреляции с ураном)...» [Обризанов, 1974, с. 20]. Пізніше, у 1979 р., І.Г. Мінеєвою були наведені від'ємні оцінки коефіцієнтів парної лінійної кореляції Пірсона (КПКП) U й Th ураноносних альбітитів КУРР: хлорит-егіринових – -0,25, егірин-рибекітових – -0,13 [Минеева, 1979]. У цьому ж журналі у статті, в якій співавтором також була І.Г. Мінеєва [Минеева и др., 1979], на рис. 127, який знаходиться на с. 194, зображені криві розподілу, зокрема, значень вимірів  $w(U)$  і  $w(Th)$  вздовж св. 79 ВР, згідно з якими в інтервалах перетину цією свердловиною альбітитів спостерігається збільшення як  $w(U)$ , так і  $w(Th)$  в хімічному складі (ХС) цих порід. Варто зазначити, що для натрієвих метасоматитів фосфорно-рідкісно-земельно-торій-уранової рудної формації (Тимощівський рудопрояв та ін.) І.Г. Мінеєвою наведено позитивне значення оцінки КПКП U і Th – 0,62 [Минеева, 1979]. Для малакон-апатитових руд лужних натрієвих метасоматитів Жовторіченського комплексного родовища (Криворізько-Кременчуцька металогенічна зона) оцінка КПКП цих хімічних елементів у 1990 р. наведена О.В. Тархановим та ін. – 0,58 [Тарханов и др., 1990].

У 2013 р. Енді Уайльдом (Andy Wilde) були опубліковані виключно позитивні оцінки коефіцієнтів кореляції U і Th в рудах ураноносних альбітитів (Albitite-Type Uranium), які були виявлені в різні роки в інших частинах Землі. Для родовища Лагоа Реал (Lagoa Real, Brazil) наведений коефіцієнт кореляції – 0,58 (39 проб), Джакіу Лейк (Jacques's Lake, Central Mineral Belt, Canada) – 0,83 (4456 проби), Валгалла (Valhalla, Mount Isa district, Australia) – 0,56 (12173 проби), Дюк

Ветмен (Duke Batman, Mount Isa district, Australia) – 0,98 (14 проб) [Wilde, 2013].

Причинами для повторення дослідження кореляції U і Th в «рудних» альбітитах глибоких горизонтів ВР слугували: дані розподілу значень вимірів  $w(U)$  й  $w(Th)$  вздовж перетину св. 79 на ВР ураноносних альбітитів [Минеева и др., 1979<sup>6</sup>]; сучасні результати дослідження ХС уранініту з глибоких горизонтів ВР (окремі виміри  $w(Th)$  в ХС цього мінералу сягають 0,65% [Бондаренко та ін., 2015]); результати оцінки коефіцієнта рангової кореляції Спірмена (КРКС) значень вимірів  $w(U)$  і  $w(Th)$  у ХС торій-ураноносних альбітитів Новоолексіївського рудопрояву (Партизанське рудне поле, ЦУУР) – 0,84 (33 проби) [Михальченко, 2015].

*Об'єкт дослідження* – альбітити ВР.

*Предмет дослідження* –  $w(U)$  й  $w(Th)$  у ХС «рудних» альбітитів на глибоких горизонтах ВР.

*Мета дослідження* – встановити характер статистичного зв'язку U й Th в «рудних» альбітитах на глибоких горизонтах ВР.

### **Методи дослідження**

Проведенню дослідження передували: збір даних попередніх і сучасних геологічних досліджень, геологічна, радіометрична документація та відбір проб з перетинів урановорудних альбітитів сучасними гірськими виробками на глибоких горизонтах ВР.  $w(U)$  і  $w(Th)$  у пробах були виміряні методом рентгеноспектрального флуоресцентного аналізу (лабораторія казенного підприємства «Кіровгеологія»).

З огляду на відносно невеликий обсяг парних значень вихідних вибірок статистичний зв'язок U і Th досліджено із застосуванням одного з непараметричних методів кореляційного аналізу – визначенням КРКС [Spearmen, 1904; Ван дер Варден, 1960]. Значущість оцінок КРКС досліджена за [Ван дер Варден, 1960]. Тіснота статистичного зв'язку класифікована за шкалою Чеддока (наведена в [Сизова, 2005]).

Верифікація оцінки тісноти статистичного зв'язку зроблена за допомогою розрахунку КПКП за низкою формул, які наведені в [Ткачєв, Юдович, 1975]. Натепер відомо, що статистичний розподіл значень вимірів  $w(U)$ , які визначені у ХС проб руд уранових

родовищ світу, апроксимується логнормальним законом розподілу [Карлье, 1966]. Це було підтверджено при дослідженні розподілу значень вимірів  $w(U)$  в ХС проб альбітитів Новокостянтинівського родовища урану [Михальченко, 2014]. Раніше і В.М. Обризанов зазначав, що розподіл значень вимірів  $w(U)$  у ХС порід ВР апроксимується логнормальним законом [Обризанов, 1974], тому перед обчисленням КПКП  $w(U)$  й  $w(Th)$  у ХС проб альбітитів ВР було здійснено розрахунок десяткових логарифмів значень вимірів  $w(Igw)$  цих хімічних елементів. Послідовність вираховування оцінки КПКП: побудова кореляційного поля  $Igw(U)$  й  $Igw(Th)$  → розрахунок констант й коефіцієнтів лінійних рівнянь регресій (ЛРР)  $Igw(Th)$  на  $Igw(U)$  та  $Igw(U)$  на  $Igw(Th)$  (константи й коефіцієнти ЛРР обчислені аналітичним способом Адрієна Лежандра (Adrien-Marie Legendre) [Legendre, 1804] й Карла Гауса (Carolo Frederico Gauss) [Gauss, 1809] за формулами, які наведені у [Ворошилов, 2001]) → вираховування вибіркового коефіцієнта детермінації (КД) за коефіцієнтами ЛРР  $Igw(Th)$  на  $Igw(U)$  та  $Igw(U)$  на  $Igw(Th)$  → обчислення оцінки КПКП  $Igw(U)$  й  $Igw(Th)$  за оцінкою КД.

Досліджений рівень організації геологічної речовини – гірська порода.

### Геологічна будова

ВР (перша назва – Спасівський рудопрояв) виявлено в 1966 р. М.В. Смоліним та ін. (партія № 47 казенного підприємства «Кіровогеологія» (назва підприємства – сучасна)) при бурінні пошуково-картувальної св. 1669 профілю L (інтервал буріння 45,75-52,75 м,  $w(U)$  – 0,115%) [Макивчук и др., 1978].

ВР знаходиться в західній частині Інгульського (Кіровоградського) мегаблоку району УЩ на перетині субмеридіональної Звенигородсько-Ганнівської з північно-західною Оникіїво-Лозуватською (Центральний розлом УЩ) та субширотною Суботсько-Мошоринською зонами глибинних розломів. У районі родовища кристалічний фундамент складений гранітоїдами кіровоградського комплексу  $PR_1^1kg$  Березівсько-Шевченківського гранітного валу, в яких знаходяться численні різномасштабні релікти метамор-

фітів інгуло-інгулецької серії  $PR_1^1ii$ . Фундамент розсічений Східно-Курниківською зоною розломів північно-західного простягання. Її фрагментами є Головний Західний та Діагональний розломи. Також виявлені фрагменти субмеридіонального поясу жил пегматитів, пегматоїдних гранітів, аплітів  $PR_1^1kg$ . Найбільш молодими магматичними породами в районі родовища є діабазы, лампрофіри, вірогідно, северинського дайкового комплексу  $PR_1^2sv$  (назва – за О.М. Сухініним, 1984) Бобринецько-Андріївського північно-західного дайкового поясу. Субмеридіональний Новопавлівський розлом Звенигородсько-Ганнівської зони розташований дещо на схід від родовища. Головним тектонічним порушенням ВР є зона розломів північно-західного простягання: Головний Західний та Діагональний розломи, які супроводжуються та оперяються численними дрібнішими диз'юнктивами. Простягання Головного Західного розлому від  $330^\circ$  ПнЗ на півдні до  $320-310^\circ$  на сполученні з Діагональним розломом, далі до північного заходу  $300-290^\circ$ ; падіння південно-західне  $80-85^\circ$  [Іванов и др., 2013].

Гідротермально-метасоматично змінені породи ВР являють собою, у цілому, утворення геологічної формації лужних натрієвих зон глибинних розломів. Перетворення порід кристалічного фундаменту відбулися в дві стадії: ранню (альбітиту) і завершальну (постальбітиту, споріднену). Основний обсяг формації утворився тут внаслідок дії лужних натрієвих розчинів на гранітоїдні породи. «Горизонтальна» зональність ранньої стадії цих гідротермально-метасоматичних утворень по гранітоїдах: незмінений граніт (нульова зона) → «діафторований» (слабо змінений) граніт → альбіт-мікрокліновий (мікроклін-альбітовий) метасоматит («сієніт») (проміжна зона метасоматичної колонки), альбітит (тилова зона) [Обризанов, 1974]. Метасоматичні тіла складаються з проміжної і тилової зон. «Вертикальна» зональність ранньої стадії – рибекіт-егіринові альбітити тилових зон змінюються у верхніх частинах метасоматичних тіл на хлорит-епідотові. Найбільш високотемпературні андрадит-діопсидові альбітити збереглися фрагментарно.



Мінеральний склад тилкових зон лужних натрієвих метасоматитів ранньої стадії породотворення ВР (по вихідних гранітоїдах – це альбітити) (об'ємні відсотки ( $\varphi$ ), %): альбіт – 60-95; кольорові мінерали – 0-40 (піроксени (егірин-діопсид, егірин) хлорити, епідоти, амфіболи (актиноліт, рибекіт), андрадит та ін.); кварц – 0-35; завершальної – додаються флогопіт, хлорит, карбонат. Головні мінерали мікроклін-альбітових метасоматитів ( $\varphi$ , %): мікроклін – 20-30; альбіт – 20-60; кольорові мінерали (переважно хлорит і епідот) – 0-30; кварц – 0-40. Акцесорні й рудні мінерали альбітитів – апатит, монацит, циркон, магнетит, гематит, титаніт, рутил, ільменіт, галеніт, пірит, халькопірит, сфалерит, рідко – золото, радіогенний свинець та ін. [Обризанов, 1974 та ін.]. Виявлені рідкісні мінерали: стронціобарит, сенаїт ( $PbFeFe_8Ti_{12}O_{38}$ ), Се-уекфілдит ( $CeVO_4$ ), мінерали ряду коронадит ( $PbMn_8O_{16}$ ) – голандит ( $BaMn_8O_{16}$ ). Встановлена наявність V- та Sc-вмісних піроксенів: егірин-діопсид ( $w(V_2O_5)$  – до 2%) і піроксен діопсид-егірин-джервіситового ряду ( $w(Sc_2O_3)$  – до 12%) [Бондаренко та ін., 2015].

Уранове зруденіння родовища має накладений характер і локалізоване виключно в альбітитах (тиловій зоні метасоматичної колонки) [Обризанов, 1974]. Як і на інших родовищах цього типу, уранові руди ВР займають незначну частку від загального об'єму гідротермально-метасоматичних порід. Мінерали-концентратори урану: уранініт, настуран, бранерит і урано-титанові оксиди, уранова чернь, гідроксиди уранілу, уранофан, болтвудіт, уранотіл, казоліт, кофініт. У 1980 р. І.Г. Мінеєвою було повідомлено (усно) про знаходження в рудах ВР ураноторіаніту. Морфологія рудних тіл – пластоштокверкоподібна. За  $w(U)$  руди родовища переважно бідні та рядові. Разом з тим трапляються локальні ділянки відносно багатших руд. Орієнтування рудних тіл збігається в плані з простяганням тіл альбітитів та розривів, що їх (альбітити) контролюють [Іванов и др., 2013]. За характером розподілу уранової мінералізації виділяються вкраплені, гніздово-вкраплені та прожилкові і мікропрожилкові руди. Вкраплені, гніздово-вкраплені руди розвинуті значно ширше прожилкових та лінзоподібних тіл.

На глибоких горизонтах ВР розрізняють уранінітовий та бранеритовий типи зруденіння.

У 1975 р. С.Ф. Карпенком була повідомлена (усно) оцінка віку утворення уранових мінералів альбітитів ВР за даними ізотопних досліджень Pb та U –  $\approx 1750$  млн років. За даними ізотопних геохронологічних досліджень віковий проміжок утворення ураноносних натрієвих метасоматитів Інгульського мегаблоку УЩ оцінюється в 1840-1800 млн років [Щербак и др., 2008]. За даними відносної геохронології породи формації лужних натрієвих метасоматитів зон глибинних розломів утворилися між вкоріненням малих основних й ультраосновних інтрузій северинського дайкового комплексу  $PR_1^{2sv}$  та анортозит-рапаковігранітною асоціацією порід корсунь-новомиргородського комплексу  $PR_1^{2kn}$  (обґрунтування див. у роботі [Михальченко, 2012]).

У цій публікації ми наводимо частину результатів дослідження трьох тіл багатих руд, які були розкриті на горизонтах 460, 475 та 542 м від поверхні землі в межах ВР.

Перше рудне тіло (рудний поклад IV-е, горизонт 542, штрек вторинного дроблення, осі 15-19, маркшейдерські точки 13, 24) локалізовано в флогопіт-рибекіт-егіринових альбітитах. Флогопіт тут асоціює з карбонатом, сфеном, магнетитом, уранінітом. Інколи кристали флогопіту й карбонату трапляються разом зі скупченнями егірину. Радіоактивна мінералізація представлена переважно уранінітом. Іноді по периферії прожилкових виділень уранініту спостерігається гематит і лімоніт. З «рудних» альбітитів було відібрано сім проб.

Друге рудне тіло (рудний поклад IV-е, горизонт 460, штрек буровий, осі 11-14, маркшейдерські точки 461, 464) тягнє до рибекіт-егіринових альбітитів, іноді з накладеним флогопітом. Радіоактивна мінералізація представлена здебільшого бранеритом й жовтими силікатами уранілу. Останні утворилися в результаті епігенетичних перетворень (окиснення) вихідних гідротермально-метасоматичних порід. З «рудних» і «нерудних» апогранітних альбітитів було відібрано шість проб.

Третє рудне тіло (рудний поклад IVг, горизонт 475, штрек буровий, осі 21-25,

маркшейдерські точки 37, 39) утворилося в рибекіт-егіринових альбітитах (вихідні породи – катаклазити й мілоніти). Радіоактивна мінералізація прожилково-вкраплена, складається з уранініту, жовтих вторинних силікатів уранілу й ільменіт-уранових черней. З «рудних» і «нерудних» альбітитів було відібрано сім проб.

Оцінка віку утворення для найбільш давніх кристалів уранініту з проби № 6, яка була відібрана з першого рудного тіла, становить (1752,4±0,6) млн років (за даними ізотопних

досліджень Pb та U, які виконані за допомогою восьмиколекторного мас-спектрометра MI-1201 AT в мультиколекторному статичному режимі (лабораторія ІГМР НАН України) [Бондаренко та ін., 2015].

### Результати дослідження

Дані вимірів  $w(U)$  й  $w(Th)$  в ХС проб, які були відібрані з першого рудного тіла, значення вирахування відповідних  $Ig$  та проміжні результати статистичної обробки наведені в табл. 1.

**Таблиця 1.** Дані вимірів  $w(U)$  й  $w(Th)$  в ХС проб з першого рудного тіла (горизонт 542) ВР та проміжні результати статистичної обробки

**Table 1.** Data of dimension  $w(U)$  and  $w(Th)$  in chemical composition of samples from the first ore body (horizon 542) of the Vatutinka ore deposit and intermediate results of statistic processing

№ з/п	№ проби	$w(U)_i$	$w(Th)_i$	$Igw(U)_i$	$Igw(Th)_i$	$Rw(U)_i$	$Rw(Th)_i$	$Rw(U)_i - Rw(Th)_i$	$(Rw(U)_i - Rw(Th)_i)^2$
1	5	3500	21	3,5441	1,3222	3,0	3,5	-0,5	0,25
2	6	30000	94	4,4771	1,9731	7,0	7,0	0,0	0,00
3	6/1	3900	21	3,5911	1,3222	4,0	3,5	0,5	0,25
4	6/2	643	7	2,8082	0,8451	1,0	1,0	0,0	0,00
5	6/4	1900	17	3,2788	1,2304	2,0	2,0	0,0	0,00
6	7	12000	34	4,0792	1,5315	6,0	6,0	0,0	0,00
7	8	6000	25	3,7782	1,3979	5,0	5,0	0,0	0,00
8	∑	—	—	—	—	—	—	—	0,50

Примітка. Тут і в табл. 2, 3:  $Rw(U)_i$ ,  $Rw(Th)_i$  – ранги; ∑ – сума.

Оцінка КРКС  $w(U)$  і  $w(Th)$  першого рудного тіла становить:

$$r_{sUTh} = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{i=1}^n (Rw(U)_i - Rw(Th)_i)^2}{n \cdot (n^2 - 1)} = 1 - \frac{6 \cdot 0,50}{7 \cdot (7^2 - 1)} = 1 - 0,0089 \approx 0,99, \quad (1)$$

де  $r_{sUTh}$  – вибірковий КРКС  $w(U)$  й  $w(Th)$ ;  $n$  – кількість пар значень  $w(U)$  й  $w(Th)$ ,  $Rw(U)_i$ ,  $Rw(Th)_i$  – ранги відповідно значень  $w(U)_i$  і  $w(Th)_i$  (табл. 1).

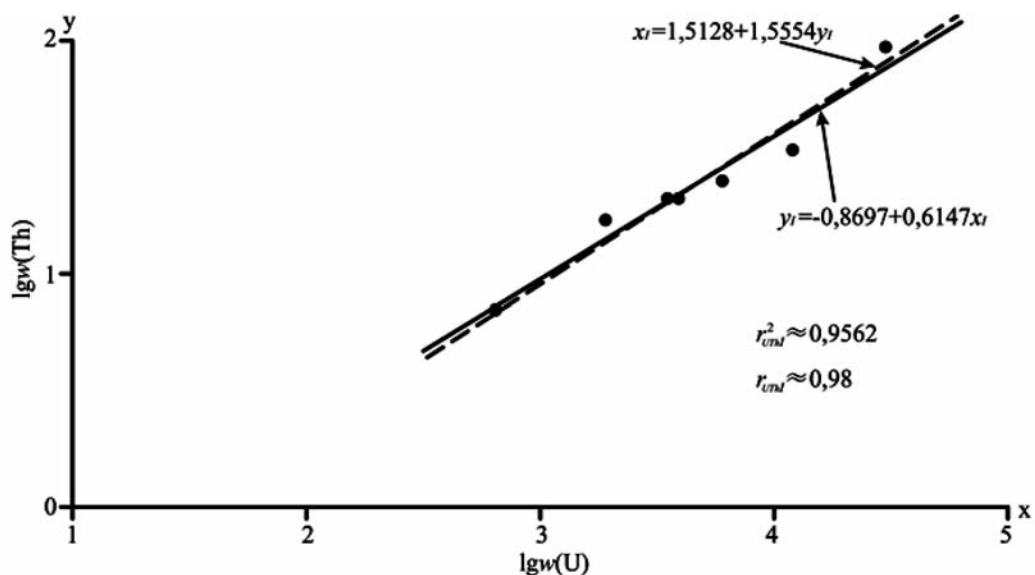
Критичне значення коефіцієнта кореляції для рівня значущості 0,05 та обсягу вибірки в сім пар дорівнює:

$$r_{кр1} = \frac{\varphi_{(1-\alpha)}}{\sqrt{n-1}} = \frac{\varphi_{0,95}}{\sqrt{7-1}} = \frac{1,64}{2,4495} \approx 0,67, \quad (2)$$

де  $r_{кр1}$  – критичне значення коефіцієнта кореляції для значень  $w(U)$  і  $w(Th)$ ;  $n$  – кількість пар значень  $w(U)$  й  $w(Th)$  (табл. 1);  $\varphi$  – значення оберненої функції нормального розподілу (за [Ван дер Варден, 1960]);  $\alpha$  – рівень значущості.

Отримана оцінка  $r_{sUTh}$  вимірів  $w(U)$  і  $w(Th)$  першого рудного тіла рудоносних альбітитів ВР (рівняння (1)) більша за відповідне критичне значення коефіцієнта кореляції  $r_{кр1}$  (рівняння (2)); відповідно, кореляція зна-

чуша. За шкалою Чеддока тіснота статистичного зв'язку U й Th у першому рудному тілі класифікується як дуже висока. Результат оцінки КПКП відповідних значень  $Igw(U)$  на  $Igw(Th)$  ( $\approx 0,98$ ) це підтверджує (рис. 1).



**Рис. 1.** Діаграма розсіювання десяткових логарифмів значень вимірів  $w(U)$  й  $w(Th)$  в ХС проб рудних альбітітів першого рудного тіла (горизонт 542) ВР. Вихідні дані наведені в табл. 1.  $y_i = -0,8697 + 0,6147x_i$  – ЛРР  $lgw(Th)$  на  $lgw(U)$ ;  $x_i = 1,5128 + 1,5554y_i$  – ЛРР  $lgw(U)$  на  $lgw(Th)$ .  $r^2_{lgw} \approx 0,9562$  – оцінка КД  $lgw(U)$  і  $lgw(Th)$ .  $r_{lgw} \approx 0,98$  – оцінка КПКП  $lgw(U)$  і  $lgw(Th)$

**Fig. 1.** Scatter diagram of common logarithm's of determination of mass fractions U ( $w(U)$ ) and Th ( $w(Th)$ ) in the samples of albitites from the first ore body I (horizon 542) of the Vatutinka ore deposit. Source data are in the table 1.  $y_i = -0,8697 + 0,6147x_i$  – linear regress equation (LGE)  $lgw(Th)$  to  $lgw(U)$ ;  $x_i = 1,5128 + 1,5554y_i$  – LGE  $lgw(U)$  to  $lgw(Th)$ .  $r^2_{lgw} \approx 0,9562$  – estimation of determination coefficient (DC)  $lgw(U)$  and  $lgw(Th)$ .  $r_{lgw} \approx 0,98$  – estimation of coefficient Pearson's coefficient pair correlation (PCPC)  $lgw(U)$  and  $lgw(Th)$ . Explanation – in the text

Результати вимірів  $w(U)$  й  $w(Th)$  в ХС проб, які були відібрані з другого рудного тіла, значення відповідних  $lg$  та проміжні результати статистичної обробки наведені в табл. 2.

**Таблиця 2.** Дані вимірів  $w(U)$  й  $w(Th)$  в ХС проб з другого рудного тіла (горизонт 460) Ватутінського родовища і проміжні результати статистичної обробки

**Table 2.** Data of dimension  $w(U)$  and  $w(Th)$  in chemical composition of samples from the second ore body (horizon 460) of the Vatutinka ore deposit and intermediate results of statistic processing

№ з/п	№ проби	$w(U)_i$	$w(Th)_i$	$lgw(U)_i$	$lgw(Th)_i$	$Rw(U)_i$	$Rw(Th)_i$	$Rw(U)_i - Rw(Th)_i$	$(Rw(U)_i - Rw(Th)_i)^2$
1	3	5800	34	3,7634	1,5315	6,0	5,0	1,0	1,00
2	3/1	2800	26	3,4472	1,4150	5,0	4,0	1,0	1,00
3	4	73	11	1,8633	1,0414	2,0	1,0	1,0	1,00
4	4/1	1700	58	3,2304	1,7634	4,0	6,0	-2,0	4,00
5	4/2	32	18	1,5051	1,2553	1,0	3,0	-2,0	4,00
6	4/3	306	12	2,4857	1,0792	3,0	2,0	1,0	1,00
7	$\Sigma$	—	—	—	—	—	—	—	12,00

Оцінка КРКС  $w(U)$  і  $w(Th)$  другого рудного тіла становить:

$$r_{sUThII} = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{i=1}^n (Rw(U)_i - Rw(Th)_i)^2}{n \cdot (n^2 - 1)} = 1 - \frac{6 \cdot 12}{6 \cdot (6^2 - 1)} = 1 - 0,3429 \approx 0,66, \quad (3)$$

де  $r_{sUThII}$  – вибірковий КРКС  $w(U)$  і  $w(Th)$ ;  $n$  – кількість пар значень  $w(U)$  й  $w(Th)$ ;  $Rw(U)_i$ ;  $Rw(Th)_i$  – ранги, відповідно, значень  $w(U)$  й  $w(Th)$  (табл. 2).

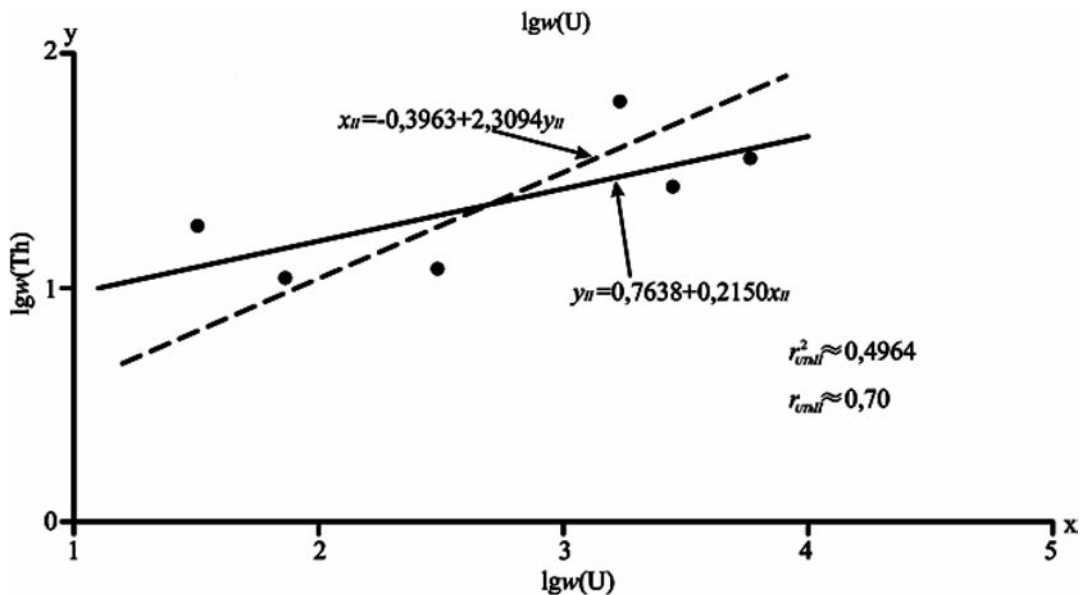
Критичне значення коефіцієнта кореляції для рівня значущості 0,05 й обсягу вибірки в шість пар дорівнює:

$$r_{кр2} = \frac{\varphi_{(1-\alpha)}}{\sqrt{n-1}} = \frac{\varphi_{0,95}}{\sqrt{6-1}} = \frac{1,64}{2,2361} \approx 0,73, \quad (4)$$

де  $r_{кр2}$  – критичне значення коефіцієнта кореляції для значень  $w(U)$  і  $w(Th)$ ;  $n$  – кількість пар значень  $w(U)$  і  $w(Th)$  (табл. 2);  $\varphi$  – значення оберненої функції нормального розподілу (за [Ван дер Варден, 1960]);  $\alpha$  – рівень значущості.

Отримана оцінка  $r_{sUThII}$  вибірки значень парних вимірів  $w(U)$  і  $w(Th)$  в ХС другого рудного тіла рудоносних альбітитів ВР (рівняння (3)) менша за відповідне критичне значення коефіцієнта кореляції  $r_{кр2}$  (рівняння (4)); відповідно, кореляція незна-

чуша. За шкалою Чеддока тіснота статистичного зв'язку  $U$  й  $Th$  у другому рудному тілі групи класифікується як помітна. Результат оцінки КПКП відповідних значень  $Igw(U)$  і  $Igw(Th)$  ( $\approx 0,70$ ) це підтверджує (рис. 2).



**Рис. 2.** Діаграма розсіювання десятикових логарифмів значень вимірів  $w(U)$  і  $w(Th)$  в ХС проб рудних альбітитів другого рудного тіла (горизонт 460) ВР. Вихідні дані наведені в табл. 2.  $y_{II} = -0,7638 + 0,2150x_{II}$  – ЛРР  $Igw(Th)$  на  $Igw(U)$ ;  $x_{II} = -0,3963 + 2,3094y_{II}$  – ЛРР  $Igw(U)$  на  $Igw(Th)$ .  $r^2_{UThII} \approx 0,4964$  – оцінка КД  $Igw(U)$  і  $Igw(Th)$ .  $r_{UThII} \approx 0,70$  – оцінка КПКП  $Igw(U)$  і  $Igw(Th)$

**Fig. 2.** Scatter diagram of common logarithm's of determination  $w(U)$  and  $w(Th)$  in the samples of albitites from the second ore body (horizon 460) of the Vatutinka ore deposit. Source data are in the table 2.  $y_{II} = -0,7638 + 0,2150x_{II}$  – LGE  $Igw(Th)$  to  $Igw(U)$ ;  $x_{II} = -0,3963 + 2,3094y_{II}$  – LGE  $Igw(U)$  to  $Igw(Th)$ .  $r^2_{UThII} \approx 0,4964$  – estimation of DC  $Igw(U)$  and  $Igw(Th)$ .  $r_{UThII} \approx 0,70$  – estimation of PCPC  $Igw(U)$  and  $Igw(Th)$ . Explanation – in the text

Результати вимірів  $w(U)$  і  $w(Th)$  в ХС проб, які були відібрані з третього рудного тіла,

значення відповідних  $Ig$  та проміжні результати статистичної обробки наведені в табл. 3.



**Таблиця 3.** Дані вимірів  $w(U)$  й  $w(Th)$  в ХС проб з третього рудного тіла (горизонт 460) ВР і проміжні результати статистичної обробки

**Table 3.** Data of dimension  $w(U)$  and  $w(Th)$  in chemical composition of samples from the third ore body (horizon 460) of the Vatutinka ore deposit and intermediate results of statistic processing

№ з/п	№ проби	$w(U)_i$	$w(Th)_i$	$lgw(U)_i$	$lgw(Th)_i$	$Rw(U)_i$	$Rw(Th)_i$	$Rw(U)_i - Rw(Th)_i$	$(Rw(U)_i - Rw(Th)_i)^2$
1	1/1	40	13	1,6021	1,1139	1,5	1,0	0,5	0,25
2	1/2	1500	34	3,1761	1,5315	4,0	5,0	-1,0	1,00
3	1/3	662	24	2,8209	1,3802	3,0	4,0	-1,0	1,00
4	1/4	1700	21	3,2304	1,3222	5,0	3,0	2,0	4,00
5	1/5	10800	68	4,0334	1,8325	7,0	7,0	0,0	0,00
6	1/6	2600	52	3,4150	1,7160	6,0	6,0	0,0	0,00
7	1/7	40	15	1,6021	1,1761	1,5	2,0	-0,5	0,25
8	$\Sigma$	—	—	—	—	—	—	—	6,50

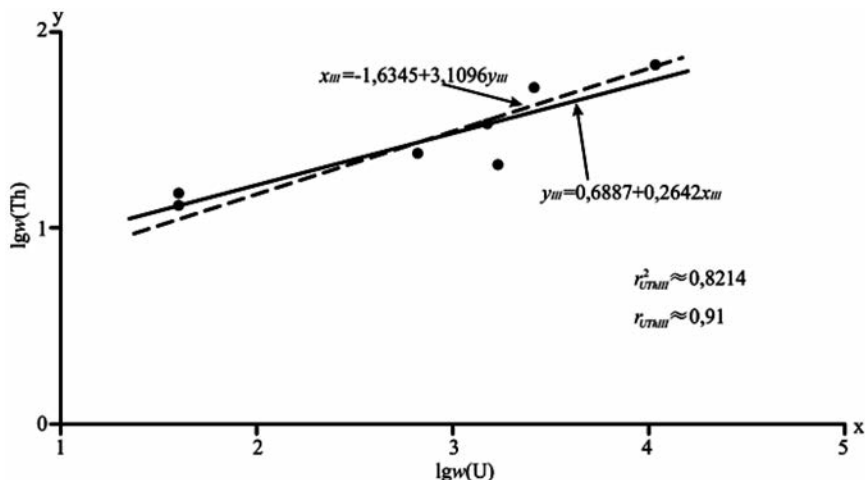
Оцінка КРКС  $w(U)$  і  $w(Th)$  третього рудного тіла вирахована так:

$$r_{sUThIII} = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{i=1}^n (Rw(U)_i - Rw(Th)_i)^2}{n \cdot (n^2 - 1)} = 1 - \frac{6 \cdot 6,50}{7 \cdot (7^2 - 1)} = 1 - 0,1161 \approx 0,88, \quad (5)$$

де  $r_{sUThIII}$  – вибірковий КРКС  $w(U)$  і  $w(Th)$ ;  $n$  – кількість пар значень  $w(U)$  і  $w(Th)$ ,  $Rw(U)_i$ ;  $Rw(Th)_i$  – ранги, відповідно, значень  $w(U)$  і  $w(Th)$  третього рудного тіла (табл. 3).

Отримана оцінка  $r_{sUThIII}$  значень парних вимірів  $w(U)$  і  $w(Th)$  третього рудного тіла ВР (рівняння (5)) більша за відповідне критичне значення коефіцієнта кореляції  $r_{кр1}$  (рівняння (2)); відповідно, кореляція значуща. За шкалою Чеддока тіснота статистичного

зв'язку  $U$  й  $Th$  третього рудного тіла класифікується як висока. Результат оцінки КПКП відповідних значень  $lgw(U)$  і  $lgw(Th)$  ( $\approx 0,91$ ) (рис. 3) (він дещо вищий, ніж оцінка КРКС (рівняння 5)) це підтверджує.



**Рис. 3.** Діаграма розсіювання десяткових логарифмів значень вимірів  $w(U)$  і  $w(Th)$  в ХС проб рудних альбітитів третього рудного тіла (горизонт 475) ВР. Вихідні дані наведені в табл. 3.  $y_{III} = -0,6887 + 0,2642x_{III}$  – ЛРР  $lgw(Th)$  на  $lgw(U)$ ;  $x_{III} = -1,6345 + 3,1096y_{III}$  – ЛРГЕ  $lgw(U)$  на  $lgw(Th)$ .  $r^2_{UThIII} \approx 0,8214$  – оцінка КД  $lgw(U)$  і  $lgw(Th)$ .  $r_{UThIII} \approx 0,91$  – оцінка КПКП  $lgw(U)$  і  $lgw(Th)$

**Fig. 3.** Scatter diagram of common logarithm's of  $w(U)$  and  $w(Th)$  in the samples of albitites from the third ore body (horizon 475) of the Vatutinka ore deposit. Source data are in the table 3.  $y_{III} = -0,6887 + 0,2642x_{III}$  – LGE  $lgw(Th)$  на  $lgw(U)$ ;  $x_{III} = -1,6345 + 3,1096y_{III}$  – LGE  $lgw(U)$  на  $lgw(Th)$ .  $r^2_{UThIII} \approx 0,8214$  – estimation of DC  $lgw(U)$  and  $lgw(Th)$ .  $r_{UThIII} \approx 0,91$  – estimation of PCPC  $lgw(U)$  and  $lgw(Th)$ . Explanation – in the text

## Обговорення результатів

Результати вимірів  $w(U)$  і  $w(Th)$  в ХС проб багатих руд ураноносних альбітитів з глибоких горизонтів ВР (табл. 1-3) однозначно вказують на те, що в ХС «рудних» відмінностей лужних натрієвих метасоматитів  $w(U)$  значно більше, ніж  $w(Th)$ , а в ХС «видатних» проб ця різниця разюча (табл. 1-3). Однак тенденція до збільшення у ХС  $w(U)$  разом з  $w(Th)$  виявлена в усіх трьох досліджених перетинах урановорудних альбітитів, що знайшло своє відображення у відповідних оцінках КРКС  $w(U)$  і  $w(Th)$  (рівняння (1), (3), (5)) та діаграм розсіювання  $Igw(U)$  і  $Igw(Th)$  (рис. 1-3). Найбільше визначення оцінки КРКС вибірки значень парних вимірів  $w(U)$  і  $w(Th)$  (рівняння (1)) вираховано для вибірки найменш окиснених «рудних» альбітитів найглибшого дослідженого першого рудного тіла; відповідно, найменше – для альбітитів другого рудного тіла, що знаходиться найближче до поверхні (рівняння (3)). Проміжне значення займає оцінка КРКС значень парних вимірів  $w(U)$  і  $w(Th)$  третього тіла (рівняння (5)). Це дає підставу для припущення про високий первинний зв'язок U і Th в рудних альбітитах, які розкриті на глибоких горизонтах ВР. Дані з вивчення ХС уранініту з проби № 6, яка була відібрана з «рудних» альбітитів першого рудного тіла [Бондаренко та ін., 2015], це підтверджують.

Отримані результати дослідження зв'язку U і Th в урановорудних альбітитах, які були розкриті на глибоких горизонтах ВР, докорінно відрізняються від оприлюднених раніше відомостей В.М. Обрізанова про відсутність кореляції між вказаними хімічними елементами в рудах цього родовища [Обрізанов, 1974]. Невідповідність отриманих результатів з визначення кореляції значень парних вимірів  $w(U)$  і  $w(Th)$  в «рудних» альбітитах ВР з даними В.М. Обрізанова ми пояснюємо, зокрема, використанням попередником при статистичних дослідженнях значень парних вимірів  $w(U)$  і  $w(Th)$  у ХС проб переважно окиснених «рудних» альбітитів, які були відібрані з верхніх горизонтів родовища, хоча не виключена вірогідність дійсно відсутності ко-

реляції U і Th в рудах на верхніх горизонтах ВР. У той же час ці результати підтверджують один з висновків роботи [Михальченко, 2015], який було зроблено за результатами дослідження кореляції значень парних вимірів  $w(U)$  і  $w(Th)$  в торій-ураноносних альбітитах Новоолексіївського рудопрояву (ЦУУР), про правомірність розгляду цих хімічних елементів як парагенетичної асоціації в рудоносних лужних натрієвих метасоматитах.

## Висновки

1. Оцінки коефіцієнтів рангової кореляції Спірмена урану і торію в досліджених вибірках парних вимірів масових часток цих елементів у пробах «рудних» альбітитів з глибоких горизонтів ВР становлять: для першого рудного тіла – 0,99 (тіснота статистичного зв'язку – дуже висока); для другого – 0,66 (тіснота статистичного зв'язку – помітна); для третього – 0,88 (тіснота статистичного зв'язку – висока).

2. Дуже висока тіснота зв'язку урану й торію встановлена для найменш окиснених «рудних» альбітитів найглибшого першого рудного тіла; відповідно, помірна – для альбітитів другого (найближчого до поверхні землі) рудного тіла, які представлені окисненими різновидами. Це дає підґрунтя для припущення про порушення кореляції урану і торію в зонах окиснення уранових руд, які відбулися в результаті епігенетичних перетворень.

3. За наявними даними з'являється підстава для ствердження, що при утворенні «рудних» альбітитів, які зараз розкриті на глибоких горизонтах ВР, привнесення й осадження урану супроводжувалися також привнесенням і осадженням й торію, хоча концентрація цих елементів у тілах багатих руд відрізняється на декілька порядків.

## Напрямок подальших досліджень

Пріоритетним завданням є отримання й залучення у статистичну обробку більшого обсягу значень парних вимірів  $w(U)$  й  $w(Th)$  у ХС «рудних» і «нерудних» альбітитів ВР; крім того, подальше дослідження ізотопного складу Pb, U і Th.

## Список літератури / References

1. Бондаренко С.М., Степанюк Л.М., Іванов Б.Н., Сьомка В.О., Курило С.І., Грінченко О.В. Типоморфізм та вік уранініту з глибоких горизонтів Ватутінського родовища: *Матеріали*

*Всеукр. наук.-практ. конф. "Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців"*, Кривий Ріг, 26-28 березня 2015 р. С. 122-127.

Bondarenko S.M., Stepanyuk L.M., Ivanov B.N., Somka V.O., Kurilo S.I., Grinchenko O.V., 2015. Typomorfizm and Age of pitchblende from deep horizon of the Vatutinka ore deposit. *Proceeding of the All-Ukrainian scientifically-practical conference "Current geological science and practice in the investigation of students and young specialists"*, Kryvyi Rig, March 26-28, 2015, p. 122-127 (in Ukrainian).

2. Ван дер Варден Б.Л. Математическая статистика. Москва: Изд-во иностр. литер., 1960. 435 с.

Van der Waerden B.L., 1960. *Mathematical statistics*. Moscow: Izdatelstvo inostrannoy literatury, 435 p. (in Russian).

3. Ворошилов В.Г. Математическое моделирование в геологии. Томск: Изд-во ТПУ, 2001. 124 с.

Voroshilov V.G., 2001. *Mathematical design in geology*. Tomsk: Izdatelstvo TPU, 124 p. (in Russian).

4. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины / отв. ред. Белевцев Я.Н., Коваль В.Б. Киев: Наукова думка, 1995. 396 с.

Genetic types and conformities to law of placing of uranium deposits of Ukraine, 1995 / Eds. Ya.N. Belevtsev, V.B. Koval. Kiev: Naukova Dumka, 396 p. (in Russian).

5. Иванов Б.Н., Занкевич Б.О., Михальченко И.И., Шафранська Н.В. Ураноносні натрієві метасоматити Ватутінського родовища (особливості мінерального складу і структурна позиція). *Геохімія та рудоутворення*. 2013. Вип. 33. С. 33-41.

Ivanov B.N., Zankevich B.O., Mihalchenko I.I., Shafpanska N.V., 2013. Ore-bearing albitites of the Vatutynka ore deposit, the Ukrainian shield (special feature of habit of mineral composition and structural position). *Geokhimiya ta rudoutvorenniya*, iss. 33, p. 33-41 (in Ukrainian).

6. Карлье Э. Методика количественной оценки месторождений урана. Москва: Атомиздат, 1966. 351 с.

Carlier E., 1966. *Methodology of quantitative estimate of uranium deposits*. Moscow: Atomizdat, 351 p. (in Russian).

7. Макивчук О.Ф., Попов Н.И., Обризанов В.Н., Сливинский В.А. История открытия Ватутинского месторождения урана на Украинском щите. *Материалы по геологии урановых месторождений*. Информ. сб. 1978. Вып. 49. С. 85-102.

Makivchuk O.F., Popov N.I., Obrizanov V.N., Slivinskii V.A., 1978. History of discovery of the Vatutinka uranium ore deposit, the Ukrainian shield. *Materialy po geologii uranovykh mestorozhdeniy*. *Informatsionnyy sbornik*, iss. 49, pp. 85-102 (in Russian).

8. Минеева И.Г., Голева Р.В., Копченнова Е.В., Шацкая В.Т., Березина Л.А., Железнова Е.И. По-

ведение 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.

Mineeva I.G., Goleva R.V., Kopchenova E.V., Shatskaia V.T., Berezina L.A., Zheleznova E.I., 1979. Behaviour of uranium, thorium, beryllium along the process of forming of feldspar metasomatites with uranium and beryllium ores. *Materialy po geologii uranovykh mestorozhdeniy*. *Informatsionnyy sbornik*, iss. 54, p. 167-196 (in Russian).

9. 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.

Mineeva I.G., 1979. Comparative geochemical description and typomorphic elements of the feldspar metasomatites with uranium and beryllium mineralization. *Materialy po geologii uranovykh mestorozhdeniy*. *Informatsionnyy sbornik*, iss. 54, p. 197-218 (in Russian).

10. Михальченко И.И. Рівні концентрації урану в альбітитах Новокосянтинівського родовища, Український щит: Сб. тез. *Международ. науч. конф. «Актуальные проблемы поисковой и экологической геохимии»*. Киев: Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеновко, 2014. С. 146-148.

Mihalchenko I.I., 2014. Uranium concentration levels in albitites of Novokonstantinovka ore deposit, the Ukrainian shield. *Abstract of the international scientific conference «Topical problem of prospectal and ecological geochemistry»*. Kyiv, M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine, p. 146-148 (in Ukrainian).

11. Михальченко И.И. Статистичний зв'язок урану й торію в рудоносних альбітитах Новоолексієвського рудопрояву (Український щит). *Наук. вісн. Нац. гірн. ун-ту*. 2015. № 1. С. 36-41.

Mihalchenko I.I., 2015. Statistical relation between uranium and thorium of ore-bearing albitites Novoalekseevka ore deposit, the Ukrainian shield. *Naukovyy visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universitetu*, № 1, p. 36-41 (in Ukrainian).

12. Михальченко И.И. Структурна позиція формації лужних натрієвих метасоматитів Новоукраїнського масиву: автореф. дис. ... канд. геол. наук: спец. 04.00.01 – "Загальна та регіональна геологія". Київ, 2012. 20 с.

Mihalchenko I.I., 2012. Structural position of formation alkaline sodium metasomatites in the Novoukrainka massif. *Cand. geol. sci. dis.* Kyiv, 20 p. (in Ukrainian).

13. Невский В.А., Гинзбург А.И., Козлова П.С., Онтоев Д.В., Апрельцин Ф.Р., Куприянова И.И., Кудрин В.С., Эпштейн Е.М. Геология постмагматических ториево-редкометалльных месторождений. Москва: Атомиздат, 1972. 408 с.
- Nevskiy V.A., Ginsburg A.I., Kozlova P.S., Ontoev D.V., Apreltsin F.R., Kupriyanova I.I., Kudrin V.S., Epshtein E.M.*, 1972. Geology of post-magmatic thorium-rare-metal deposit. Moscow: Atomizdat, 408 p. (in Russian).
14. Обризанов В.Н. К вопросу о связи месторождений натрий-урановой формации с гранитами. *Информ. бюл.* 1976. № 28. С. 4-18.
- Obrizanov V.N.*, 1976. Relationship Albitite-Type Uranium deposits with granite. *Informatsionnyy bulletin*, N 28, p. 4-18 (in Russian).
15. Обризанов В.Н. Основные черты геохимии Ватутинского месторождения урана и некоторые проблемы натриевого метасоматоза: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук: спец. 04.00.02 – "Геохимия". Березовка, 1974. 27 с.
- Obrizanov V.N.*, 1974. Basic features of the geochemistry of Vatutinka uranium deposit and some problems of sodium metasomatites. Cand. geol.-mineral. sci. dis. Berezovka, 27 p. (in Russian).
16. Сизова Т.М. Статистика. Санкт Петербург: СПб ГУИТМО, 2005. 80 с.
- Sizova T.M.*, 2005. Statistics. St. Petersburg: SPb GUITMO, 80 p. (in Russian).
17. Тарханов А.В., Петрин А.В., Козырьков В.Д., Орлова Л.А., Игнатов В.Б., Преображенский А.Н. Уран-редкоземельно-фосфатные руды Жёлтореченского месторождения. *Специальные вопросы атомной науки и техники. Сер.: Геология и горное дело. Науч.-техн. сб.* 1990. Вып. 2. С. 3-11.
- Tarkhanov A.V., Petrin A.V., Kozyrkov V.D., Orlova L.A., Ignatov V.B., Preobrazhenskii A.N.*, 1990. Uranium-rare-earth-phosphatic ore of Geltoretchka deposit. *Spetsialnye voprosy atomnoy nauki i tekhniki. Ser.: Geologia i gornoe delo. Nauchno-tekhnicheskii sbornik*, iss. 2, p. 3-11 (in Russian).
18. Качёв Ю.А., Юдович Я.Э. Статистическая обработка геохимических данных. Методы и проблемы. Ленинград: Наука, Ленинград. отделение, 1975. 233 с.
- Tkachev U.A., Yudovich Ya.E.*, 1975. Statistical processing of geochemical data. Methods and problems. Leningrad: Nauka, Leningradskoe otdelenie, 233 p. (in Russian).
19. Ферсман А.Е. Геохимия России. Вып. I. Петроград: Науч. хим.-техн. изд-во, 1922. 212 с.
- Fersman A.E.*, 1922. Geochemistry of Russia. Iss. I. Petrograd: Nauchnoe khimiko-tekhnicheskoe izdatelstvo, 212 p. (in Russian).
20. Фомин Ю.А. Торий в урановорудных албититах Кировоградского мегаблока. *Зб. наук. пр. Ін-ту геохімії навколишнього середовища НАН України.* 2013. Вип. 22. С. 144-160.
- Fomin Yu.A.*, 2013. Thorium in the uranium-ore albitites of Kirovograd block. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu Neokhimiyy Navkolyshnyoho Seredovyshcha NAN of Ukraine*, iss. 22, p. 144-160 (in Russian).
21. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н., Шумлянський Л.В. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой. Киев: Наукова думка, 2008. 240 с.
- Shcherbak N.P., Artemenko G.V., Lesnaya I.M., Ponomarenko A.N., Shumlyanskiy L.V.*, 2008. Geochronology of early Precambrian of the Ukrainian shield. Proterozoic. Kiev: Naukova Dumka, 240 p. (in Russian).
22. *Gauss Carolo Frederico*. Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium. Hamburgi sumtibus Frid. Perthes et I. H. Besser, 1809. 228 p.
- Gauss Carolo Frederico*, 1809. Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium, Hamburgi sumtibus Frid. Perthes et I. H. Besser, 228 p. (in Latin).
23. *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, n°116, 1805. 290 p.
- Legendre A.M.*, 1805. 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, n°116, 290 p. (in French).
24. *Spearmen C.* The Proof and Measurement of Association between Two Things. *The American Journal of Psychology*. 1904. Vol. 15, № 1. P. 72-101. Available at: <http://www.jstor.org>.
- Spearmen C.*, 1904. The Proof and Measurement of Association between Two Things. *The American Journal of Psychology*, vol. 15, № 1, p. 72-101. Available at: <http://www.jstor.org> (in English).
25. *Wilde Andy*. Towards a Model for Albitite-Type Uranium. *Minerals*. 2013. № 3. P. 36-48.
- Wilde Andy*, 2013. Towards a Model for Albitite-Type Uranium. *Minerals*, № 3, p. 36-48 (in English).

Стаття надійшла  
01.09.2015