

ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ УРАНУ В АЛЬБІТИТАХ НОВОКОСТЯНТИНІВСЬКОГО І ПАРТИЗАНСЬКОГО РОДОВИЩ

М.О. Донський¹

Email: nikkolai.donskoy@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3037-6346>

В.О. Сьомка¹

Email: syomka1949@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5202-4045>

В.В. Сукач¹

E-mail: svital@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-4710-7230>

Б.Н. Іванов²

С.М. Бондаренко¹

E-mail: sbond.igmr@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0001-7948-3583>

В.М. Бельський¹

E-mail: belskiy_vm@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0001-7990-1386>

¹ Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03142, просп. Акад. Палладіна, 34, Київ, Україна

² ПЗЕ № 46, КП «Кіровгеологія»
55222, смт Підгородна, Первомайський р-н, Миколаївська обл., Україна

У роботі розглянуто особливості розподілу урану альбітитів Новокосянтинівського і Партизанського родовищ Центральноукраїнської уранової провінції Українського щита. Рудні поверхи Новокосянтинівського родовища вирізняються наявністю специфічних для них темнокольорових мінералів: верхній поверх — рибекіт, егірин, хлорит, епідот; нижній — егірин, біотит, магнетит, андрадит. У альбітитах Партизанського родовища поширеними темнокольоровими мінералами є: рибекіт, егірин, актиноліт, діопсид, андрадит; типовою ознакою є наявність залізо-кальцієвого гранату у більшості їхніх різновидів. У альбітитах Новокосянтинівського родовища не спостерігається чіткого зв'язку між ураном і торієм, на відміну від альбітитів Партизанського родовища, де відмічається декілька груп із сильним кореляційним зв'язком урану і торію — егірин-андрадитовий «рудний» і рибекіт-андрадит-егіриновий.

Ключові слова: уран, торій, лужний метасоматит, альбітит, Центральноукраїнський урановорудний район, Інгульський мегаблок, Український щит.

Вступ. Поклади урану в лужних метасоматитах є головною сировиною для видобутку цієї корисної копалини в Україні та інших країнах світу. Однак дослідження металогенічних особливостей уранових родовищ у лужних метасоматитах не є достатньо глибокими, що обмежує теоретичний прорив і можливий прогрес в їх виявленні. До цього часу кількість уранових ресурсів Центральноукраїнської урановорудної провінції перевищила 300 000 тонн [1]. Більшість родовищ і проявів належать до метасоматитового

типу, їх дослідження можуть надати важливі теоретичні рекомендації та досвід щодо розвідки нових покладів урану цього типу в Україні та інших країнах світу.

Новокосянтинівське і Партизанське родовища розташовані в межах Новоукраїнського гранітного масиву Центральноукраїнського урановорудного району (ЦУУР), але в різних його частинах — північно-східній і центральній відповідно. Встановлення закономірностей розподілу урану в лужних польовошпатових метасоматитах цих родовищ,

особливостей їхнього просторового розміщення, хімічного і мінерального складу має інтерес для порівняння геологічних процесів, що призвели до накопичення урану.

Об'єкт дослідження. Закономірності розподілу урану в альбітах Новоукраїнського родовища Новоукраїнського рудного поля і альбітах Партизанського родовища Партизанського рудного поля.

Стан геологічного вивчення і постановка проблеми. Новокосянтинівське родовище, що входить до складу Центральноукраїнського урановорудного району, розташоване в північній частині Новоукраїнського гранітного масиву (рис. 1) поблизу контакту останнього з Корсунь-Новомиргородським плутоном гранітів рапаківі і основних порід. Граніти Новоукраїнського масиву на площі родовища представлені порфіроподібними біотитовими і граніт-біотитовими різновидами. Лужні натрові метасоматити розвиваються по гранат-біотитових новоукраїнських гранітах, утворюючи стійкі видовжені (сотні метрів) ореоли. В їх будові має місце не завжди чітко проявлена горизонтальна зональність, коли навхрест простягання ореолів альбітитові «ядра» змінюються мікроклін-альбітитовими метасоматитами («сієнітами»). На відміну від останніх альбіти є однополвошпатовими породами. Частка альбіту складає від 85 до 95 %. Решту займають кварц, карбонат, хлорит, епідот, актиноліт, рибекіт, егірин, біотит (флогопіт), гематит, магнетит, акцесорні і уранові мінерали. Промислове уранове зруденіння Новокосянтинівського родовища, як і всього Центральноукраїнського урановорудного району, завжди пов'язане тільки з альбітитами.

Промислове уранове зруденіння приурочене до двох інтервалів глибини: а) поверхня ерозійного зрізу — горизонт -600 м; б) горизонт $-750 \div -1150$ м. Сказане дало М.І. Попову підстави виділити в межах Новокосянтинівського родовища верхній і нижній рудні поверхи [2]. О.Ф. Чухрова цю ж особливість розглядала як один із елементів вертикальної зональності [3]. Уранове зруденіння формувалось під час альбітитової і пізнішої постальбітитової стадій. У ранню стадію виникали альбітити з дрібновкрапле-

ним, прожилково-вкрапленим рядовим і бідним урановим зруденінням. Пізніша постальбітитова стадія пов'язана з вуглекислим, калій-вуглекислим метасоматозом, під час якого формувались магнетит-карбонат-флогопітові і карбонат-гематит-хлоритові альбітити, що відрізняються підвищеним вмістом не тільки калію, вуглекислоти, але й урану. Рудні метасоматити другої стадії найчастіше накладені на рибекит-егіринові альбітити з рядовим урановим зруденінням і, скоріш за все, є продуктами його перетворення [4]. У геохімічному плані за розподілом масової частки урану в альбітитах було визначено [5]: неоднорідний його розподіл за логнормальним законом і наявність чотирьох груп альбітитів, одна з яких, глибинна і багата на уран, також відрізняється від інших тісним кореляційним зв'язком урану і торію; від-

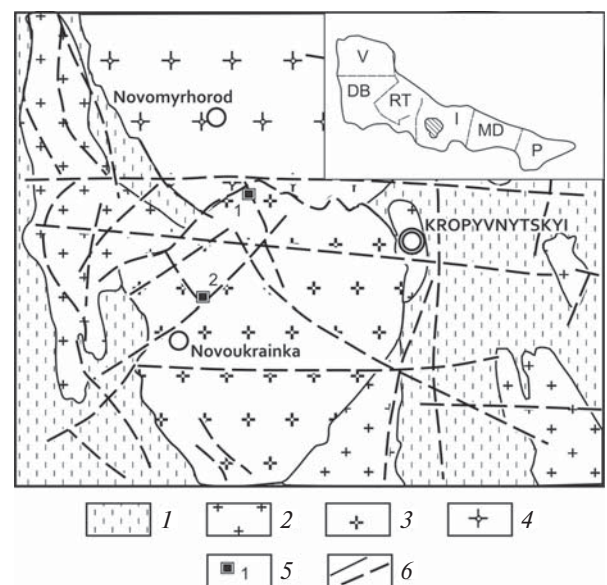


Рис. 1. Схематична геологічна карта Центральноукраїнського урановорудного району Кіровоградського рудного району УЩ, розташування Новокосянтинівського і Партизанського родовищ: 1 — метаморфічні породи інгуло-інгулецької серії AR(?)—PR₁; 2 — гранітоїди кіровоградського комплексу PR₁; 3 — гранітоїди новоукраїнського комплексу (Новоукраїнський масив) PR₁; 4 — граніти і основні породи корсунь-новомиргородського комплексу (Корсунь-Новомиргородський плутон) PR₂; 5 — урановорудні родовища (1 — Новокосянтинівське, 2 — Партизанське); 6 — геологічні межі (суцільна лінія) глибинні розломи (пунктир). На фрагменті у верхньому куті зображено блокову будову Українського щита, мегаблоки: P — Приазовський; MD — Середньопридніпровський; I — Інгульський; RT — Росинсько-Тикицький; DB — Дністровсько-Бузький, V — Волинський

мічено геохімічні і мінералогічні ознаки змінення ступеня окиснення урану з U^{+4} (високотемпературні умови) на U^{+6} (у середньо- і низькотемпературних умовах); висловлено припущення про сумісну міграцію урану і торію у високотемпературних флюїдах із їх подальшим розділенням під час гідротермального утворення гірських порід.

У структурному плані Новокосянтинівське родовище пов'язане з системою розломів меридіонального, північно-східного і північно-західного простягання. Серед них виділяються декілька генетичних груп, найбільш ранні з яких представлені лінійними зонами бластомілонітів-бластокатаклазитів [6]. До структур чергової вікової групи належать зони мілонітів і катаклазитів. Окрім ранніх тектонітів, широко поширені зони об'ємного катаклазу, що належать до диз'юнктивів третьої вікової групи. Усі ці три групи тектонітів є древнішими за процес лужного метасоматозу і часто контролюють продукти його розвитку.

Партизанське родовище знаходиться в центральній частині Новоукраїнського масиву Інгульського мегаблоку УЩ (рис. 1). Воно входить до складу Партизанського рудного поля, розташованого на півдні Центральноукраїнського урановорудного району, на перетині зон розломів північно-західного (Войновська) і північно-східного (Адабаська) простягання, де натеper виявлено ряд торій-уранових родовищ і рудопроявів [7, 8].

Новоукраїнський масив представлений основними, середніми і кислими породами новоукраїнського комплексу, кислі переважають над іншими. Це альмандин-біотитові граніти, де трапляються ксеноліти метаморфічних і ультраметаморфічних порід. До цього ж комплексу віднесено невеликі тіла монзонітів, гранітів альмандин-біотит-гіперстенових. Є жильні різновиди: середньо- і дрібнозернисті лейкократові граніти, пегматоїдні граніти. Войновську тектонічну зону складають тектоніти, жили гранітів, дайки основних і ультраосновних порід северинівського комплексу. Адабаська зона складена переважно тектонітами. З нею пов'язані гідротермально-метасоматичні перетворення первинних магматичних і мета-

морфічних порід, що призвели до формування лужних натрієвих метасоматитів, а також зон епідотизації та окварцювання. Ці перетворення відбувалися в дві стадії — альбітитову і постальбітитову; найінтенсивніше вони проявлені у лежачому боці Адабаського розлому. Від незмінних гранітоїдів до альбітитів спостерігаються такі зони перетворень: граніт діафторований → граніт альбіт-мікрокліновий або мікроклін-альбітовий метасоматит → альбітит. Основні типи порід представлено на схематичній геологічній карті типового розрізу Партизанського родовища (рис. 2).

Протягом останніх двох десятиріч дослідники вивчили ряд геологічних об'єктів Партизанського рудного поля щодо розподілу урану і торію. Так, в альбітитах Новоолексіївського торій-уранового рудопрояву виділено декілька груп альбітитів, реконструйовано міграцію хімічних елементів у процесі утворення цього рудопрояву [9]. Специфічними його рисами є осадження головних мас U , Th , Ti , Ca , Fe в порожнинах різного походження. На відміну від урановорудних альбітитів Ватутінського, Новокосянтинівського і Докучаєвського родовищ урану, тут не відбувалось осадження Sr , Zr , La і Ce [10]. Для Кіровського торій-уранового родовища за розподілом урану виділено три групи альбітитів, які у роботі [11] охарактеризовано як «глибинну (високотемпературну) частину пневматолітово-гідротермальної рудної колони формації ураноносних натрієвих метасоматитів Центральноукраїнського уранового рудного району», а за особливостями спектрів їх розподілу визначено як подібні до трьох груп альбітитів Новокосянтинівського родовища і відмічено відсутність у Кіровському родовищі четвертої групи альбітитів, пов'язаної з перетином багатих уранових руд Новокосянтинівського родовища. Для рудного покладу Партизанського родовища оцінено кореляційний зв'язок урану і торію: помірний на рівні сучасного ерозійного зрізу, слабкий — у проміжному, високий — на найглибшому горизонті; за розподілом торію глибинні горизонти родовища визначено як торій-уранові руди, верхньої частини родовища — уранові [12]. За складом пірок-

сенів із апогранітних альбітитів лежачого боку Адабаського розлому Партизанського рудного поля визначено зміну фізико-хімічних умов формування альбітитів від високотемпературних ранньої (альбітитової) стадії до середньотемпературних, наявність локальних ділянок підвищеного тиску протягом альбітитової стадії [13].

Мета роботи — визначення особливостей розподілу урану польовошпатових лужних метасоматитів Новокосянтинівського і Партизанського родовищ ЦУУР Українського щита.

Методи досліджень. Статистична обробка, аналіз і інтерпретація результатів люмінесцентного, хімічного та напівкількісного аналізу проб альбітитів Новокосянтинівського родовища, лазерно-люмінесцентного і рентгенспектрального-флюоресцентного — для альбітитів Партизанського родовища.

Геохімічні особливості розподілу урану Новокосянтинівського родовища. У межах 35 розвідувального профілю Новокосянтинівського родовища альбітити перебудовані 30 похилими свердловинами, в 18 з них виконано металометричне опробування. З кроком відбору 1—5 м із альбітитів відібрано 695 проб. У них визначено U, Th, CO₂ і 47 елементів відповідно люмінесцентним, рентгеноспектральним, хімічним і напівкількісним спектральним аналізами. Серед 47 елементів тільки Be, Sc, P, Ti, Nb, Ce, La, Y, Yb, V, Zn, Zr пов'язані з процесом лужного натрієвого метасоматозу. Внаслідок низької чутливості спектрального аналізу з подальшого розгляду довелося виключити Sc, P, Ti, Nb, Ce, хоча їхній зв'язок із процесом альбітитоутворення не викликає сумнівів [4, 10].

Статистичні параметри альбітитів Новокосянтинівського родовища висвітлені в численних звітах. Нижче наведено один із найбільш представницьких підрахунків середнього (медіанного) вмісту в рудних альбітитах: U — 525, Th — 32, Be — 6, La — 40, Y — 25, Yb — 2, V — 50, Zn — 40, Zr — 340 (кількість визначень — 150, дані А.В. Репрінцевої). Найінформативнішими серед вказаних елементів, крім U, є Th, La, Y, Yb, V, Zr. Їхній вміст коливається від субфонових величин до значень, що перевищують

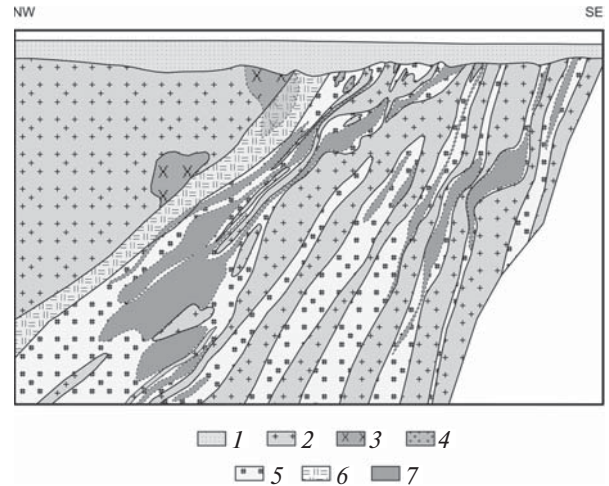


Рис. 2. Схематична геологічна карта типового розрізу Партизанського родовища (за даними КП «Кіровогеологія»): 1 — кора вивітрювання і осадові породи; 2—3 — новоукраїнський комплекс PR_{nu} (2 — граніти порфіробластові, 3 — монзоніти); 4 — сієнітоподібні лужні метасоматити mt PR_l; 5 — альбітити ab PR_l; 6 — мілоніти і катаклазити Адабаського розлому; 7 — рудні тіла

у десятки разів середню концентрацію. Менш цікаві в цьому плані Be і Zn, кількість яких варіює в незначних межах, залишаючись близькою до середніх показників. Тому з усієї сукупності геохімічних проб були вибрані аналізи з підвищеною (удвічі або більше від фонові) кількістю Th, La, Y, Yb, V, Zr. За фон взято їхній середній вміст у рудних альбітитах, наведений вище. Отже величини подвійних фонів для кожного з названих елементів склали: Th — 60, La — 80, Y — 50, Yb — 4, V — 100, Zr — 600. Загальна кількість таких «аномальних» проб у межах профілю 35 сягає 125. Тільки шість із них припадає на глибинну половину рудного об'єкта, інші 119 проб (94 %) виявилися пов'язаними з альбітитами верхньої частини родовища.

Указана частина, що охоплює глибину від поверхні ерозійного зрізу до горизонту —600 м, відповідає верхньому рудному поверху (рис. 3). Уранове зруденіння цього поверху контролювали Східний і Західний розломи, представлені бластомілонітовими-бластокатаклазитовими і мілоніт-катаклазитовими лінійними швами.

Потужність таких швів сягала декількох десятків метрів. Уздовж них розвивались стрічкоподібні поклади альбітитів. На ділянках, де останні зазнавали передрудного катаклазу,

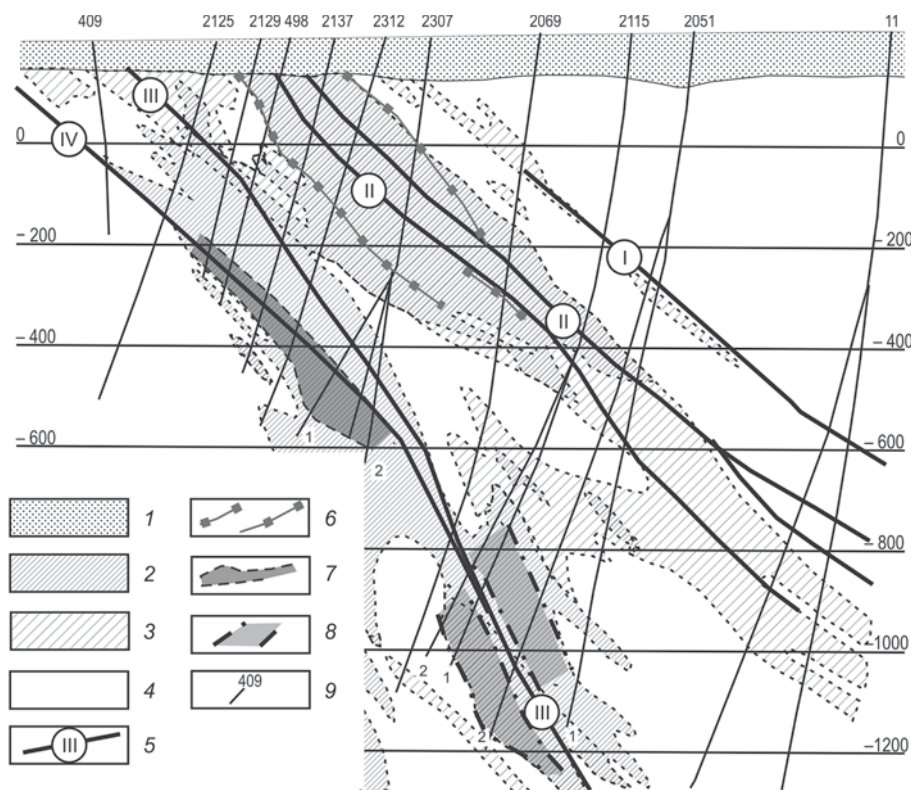


Рис. 3. Геохімічні особливості альбітитів залежно від їхньої структурної належності і глибини залягання у межах 35 розвідувального профілю Новокосянтинівського родовища: 1 — пухкі відклади і кора вивітрювання; 2 — альбітити; 3 — сієнітоподібні метасоматити («сієніти»); 4 — біотити, гранат-біотитові порфіроподібні граніти; 5 — розломи (I — Сієніти, II — Східний, III — Січний, IV — Західний); 6–8 — приблизні контури геохімічних ореолів верхнього (6 — La, Th, Y, U, Zr, 7 — Zr, Y, La, V, U, Th) і нижнього (8 — U) рудних поверхів; 9 — розвідувальні свердловини і їхні номери, цифрами 1 і 2 позначені додаткові стовпи свердловини 2307, 2115 и 2051

відкладались уранові руди. Зруденіння формувалось найчастіше під час ранньої (альбітитової) стадії уранового рудогенезу. Форма рудних тіл лінійна, сплюснена, з витриманою потужністю і сталими елементами залягання.

Альбітити верхнього рудного поверху мають виражену геохімічну спеціалізацію (U, Th, La, Y, V, Zr, табл. 1). Вказані елементи утворюють три геохімічні ореоли, що розвиваються за падінням Східного, Січного і Західного розломів (див. рис. 3). Геохімічний ореол у районі Східного розлому охоплює апікальну частину родовища (поверхня ерозійного зрізу — горизонт 300 м). Альбітити мають тут змішаний хлорит-егіриновий, егірин-хлоритовий і егірин-рибекітовий склад. Їхню геохімічну спрямованість визначають La, Th, Y, U, Zr. Головними в цьому ряду є La, Th и Y. Зі сказаного можна зробити висновок, що геохімічна специфіка описуваного ореолу зумовлена рідкісноземельною (монацит, апатит, ксенотим), меншою мірою торієвою (торит) і урановою мінералізацією, з підпорядкованою роллю циркону. Кондиційне уранове зруденіння просторово часто співпадає з досліджуваними геохімічними аномаліями, а іноді виходить за їхні межі.

Геохімічний ореол у районі Січного розлому (горизонт —100 м) приурочений до безрудних альбітитів переважно хлоритового складу. Набір геохімічних елементів, за винятком U, тут приблизно такий самий, як у випадку альбітитів Східного розлому. Через незначні розміри цей ореол на рис. 3 не показаний.

Глибинніший геохімічний ореол верхнього рудного поверху пов'язаний із Західним розломом (горизонти —200 ÷ —600 м). Альбітити цього інтервалу глибини набувають відносно однорідного рибекіт-егіринового і егіринового складу. Геохімічну спрямованість ореолу визначають Zr, Y, V, U, Th. Ореол простежений за падінням Західного розлому на 450—500 м. Форма ореолу сигароподібна: його ширина збільшується згори донизу з 10 (св. 2129) до 80 м (св. 2312, 2307-1) і знову зменшується до 20—40 м (св. 2307, 2307-2). Домінують Zr и Y. Не викликає сумнівів зв'язок останніх і частини альбітитового (забалансового) урану з цирконом, точніше з його уранвмісним різновидом — малаконом. Малакон є характерним мінералом багатьох рудних об'єктів ЦУУР. Наприклад, у лежачому боці Ватутинського родовища відомий поклад малаконвмісних альбітитів. За рахунок цього структура, що

Таблиця 1. Геохімічні особливості альбітитів залежності від їхнього структурного положення і приуроченості до різних рудних поверхів

Номер свердловини	Номер проби	Інтервал опробування, м	г/т							CO ₂	Темнокольорові мінерали	Вірогідні рудні і акцесорні мінерали	
			U	Th	Be	La	Y	Yb	V	Zn			Zr
ВЕРХНІЙ РУДНИЙ ПОВЕРХ													
1. Аномальний ореол за падінням Східного розлому (La, Th, Y, U, Zr)													
2137	2	81,1—85	57	396	10	1000	1000	80	60	40	600	рб, гс	м, а, к, ц
	4	90,0—95,0	16	24	3	80	60	5	50	<30	300	гс	м, а, к
	12	122,6—127,6	25	26	3	80	40	1,5	50	<30	300	хл, ег	м, а
	13	127,6—133,2	30	21	4	80	30	1,5	50	30	300	хл, ег	м, а
	14	133,2—138,0	20	24	3	80	30	1,5	50	40	300	хл, ег	м, а
	22	172,0—172,9	18	32	4	200	15	1,5	60	<30	300	рб, ег	м, а
	34	226,0—231,0	52	35	4	80	15	1,5	50	40	200	рб, ег	м, а
	35	231,0—236,0	146	96	6	60	15	1,5	60	30	200	рб, ег	у, т
2312	36	236,0—237,9	150	198	10	80	30	2	150	60	300	рб, ег	у, т, а
	4	255,1—257,3	546	151	6	<50	50	3	100	100	500	хл	у, т, к
	5	257,3—261,7	591	83	4	50	30	1,5	60	60	400	хл	у, т
2069	74	509,7—512,4	150	22	4	50	50	4	80	30	6000	ег	у, ц
	75	512,4—516,1	255	20	5	100	60	3	60	30	3000	ег, рб	у, м, а, ц
	76	516,1—519,8	50	17	4	100	30	1,5	30	30	300	ег, рб	м, а
	78	525,0—530,5	80	40	5	150	30	1	30	<30	300	ег	м, а
2. Аномальний ореол за падінням Січного розлому (La, Th, Zr)													
2129	26	259,0—266,1	18	60	3	50	15	1	60	<30	300	хл	т
	30	266,1—262,4	6	118	3	150	15	1	100	40	300	хл	м, а
	32	268,0—272,3	6	12	10	60	15	1,5	400	<30	600	хл, рб	ц
	33	272,3—273,8	13	9	4	60	15	1,5	200	40	500	хл	
	35	278,8—281,9	30	23	4	80	10	1	100	<30	400	хл	м, а
	36	281,9—287,4	56	12	6	50	30	3	150	100	1000	хл	ц
	39	290,8—294,4	34	60	3	100	30	1,5	20	<30	300	хл	м, а
	44	307,3—312,0	10	72	4	100	10	<1	30	40	150	рб	м, а

Закінчення табл. 1.

Номер свердловини	Номер проби	Інтервал опробування, м	г/т												CO ₂ %	Темнокольорові мінерали	Вірогідні рудні і акцесорні мінерали
			U	Th	Be	La	Y	Yb	V	Zn	Zr						
3. Аномальний ореол за падінням Західного розлому (Zr, Y, V, U, Th)																	
2307-1	1	661,5—665,0	102	17	5	<50	40	1,5	100	80	600	н/виз	ег, рб	ц			
	2	665,0—670,0	127	60	2	<50	40	1,5	100	80	400	н/виз	ег, рб	т			
	3	670,0—673,3	95	58	2	50	60	2	100	50	600	н/виз	ег, рб	ц			
	5	677,6—682,0	52	60	5	<50	30	2	100	80	400	н/виз	ег	т			
	7	688,8—692,8	18	29	4	<50	40	3	200	50	600	н/виз	ег	ц			
	9	698,0—701,8	25	30	5	<50	50	3	100	100	800	н/виз	рб, ег	ц			
	10	701,8—707,0	50	64	5	<50	60	4	15	80	2000	н/виз	ег	т, ц			
	11	707,0—711,0	214	80	3	50	60	5	80	60	1500	н/виз	ег	у, т, ц			
	12	711,0—712,0	159	155	4	50	50	4	60	30	600	н/виз	ег	у, т, ц			
	17	729,0—734,5	372	31	4	60	50	2	40	60	1500	н/виз	ег	у, ц			
	19	738,3—744,5	1420	34	3	<50	30	3	40	100	600	н/виз	ег, фл	у, ц			
2307-2	26	716,4—721,7	37	12	6	50	30	3	80	40	800	н/виз	ег	ц			
	27	721,7—727,1	30	19	4	50	50	4	200	60	1000	н/виз	ег	ц			
	28	727,1—733,0	30	41	5	<50	60	4	300	80	600	н/виз	ег	ц			
	29	733,0—738,0	112	89	5	<50	150	10	200	60	2000	н/виз	рб, ег	т, ц			
	30	738,0—741,7	77	37	3	80	80	6	150	40	2000	н/виз	ег	м, а, ц			
	34	754,0—756,7	65	25	8	50	40	3	60	50	600	н/виз	рб, ег	ц			
	НИЖНІЙ РУДНИЙ ПОВЕРХ																
4. Аномальний ореол в висячому і лежачому боках Січного розлому (U)																	
2115-2	44	1126,0—1131,0	>150	51	8	60	50	8	40	30	200	0,74	хл	у, к			
2115-1	31	988,0—993,0	1905	53	5	<50	50	2	40	40	300	0,20	фл, ег	у, к			
	32	993,0—998,0	450	24	4	<50	30	2	40	80	400	4,49	фл, рб, ег	у			
	33	998,0—1001,3	593	20	4	50	30	1,5	40	60	200	1,22	рб, ег	у			

35	1006,0—1011,0	319	30	10	<50	20	1,5	40	30	200	0,31	ег	у
37	1014,0—1019,0	1818	30	4	<50	30	2	40	80	400	6,02	ег	у
39	1024,0—1029,0	541	24	5	<50	20	2	40	30	300	2,45	ег	у
41	1034,0—1039,0	1434	24	5	<50	20	2	50	40	200	1,53	фл, рб	у
43	1044,0—1049,0	182	10	4	н/влв	15	1,5	15	<30	200	0,31	хл	у
45	1054,0—1059,0	587	23	6	<50	20	1,5	40	30	200	0,51	ег	у
47	1064,9—1070,0	273	26	8	<50	20	3	40	40	300	0,61	фл, ег	у
49	1075,0—1080,0	177	25	3	<50	20	2	30	30	200	0,41	фл, ег	у
51	1085,0—1090,0	264	21	5	<50	15	2	50	30	150	0,20	фл, ег	у
53	1095,0—1100,0	1261	23	6	<50	20	3	50	50	200	0,82	ег	у
55	1105,0—1110,0	714	16	15	н/влв	15	2	40	30	100	1,12	ег	у
57	1115,0—1120,0	1901	42	4	<50	50	4	60	50	200	1,63	хл, ег	у, к
59	1125,0—1130,0	257	39	4	<50	40	3	30	<30	150	1,22	хл, ег	у
61	1135,0—1140,0	276	28	6	50	40	3	40	50	200	0,41	фл, рб, ег	у
63	1145,0—1150,0	135	20	4	<50	30	2	20	<30	100	0,20	рб, ег	
70	1180,0—1185,0	>150	54	5	80	40	2	20	40	200	0,92	фл, хл	у, м, а
71	1185,0—1190,0	618	59	4	60	40	2	30	50	300	0,51	фл, хл, рб	у
73	1195,0—1200,0	418	26	4	<50	30	1	30	30	200	0,20	фл, хл	у
75	1202,0—1207,0	2320	29	4	<50	15	1	40	30	300	1,38	фл, ег	у
76	1207,0—1212,0	36	42	5	80	30	1	30	40	200	1,02	ег	м, а
77	1212,0—1217,0	140	33	6	50	20	1	30	50	200	0,92	ег	
94	1222,0—1227,0	>150	81	8	60	40	2	40	40	150	0,51	ег	у, т

Примітки: 1. CO_2 визначено хімічним методом, Th — рентгеноспектральним, U — методом полум'яної фотометрії (вміст до 150 г/т) і рентгеноспектральним (вміст >150 г/т), інші елементи — напівкількісним спектральним аналізом. 2. *Скорочення*: н/виз — елемент не визначали, н/влв — елемент не виявлено, ге — гідролода, рб — рибекіт, фл — флогопіт, хл — хлорит, ег — егірин, а — апатит, к — ксенотим, м — монацит, т — торит, у — уранова мінералізація, ц — циркон (малакон). 3. Напівгрубим шрифтом виділено вміст, що перевищує фоновий рудних альбітів для урану й удвічі вищий від фонового для інших елементів.

контролює її, отримала назву Малаконового розлому. Підвищений і кондиційний вміст урану нерідко розвиваються в межах цирконієвого ореолу, іноді виходячи за них. Указана особливість просторового розташування кондиційного уранового зруденіння і геохімічних ореолів характерна також для альбітитів Східного розлому. Напевно, процеси уранового рудогенезу і формування акцесорної мінералізації розірвані в часі і безпосередньо не пов'язані між собою. Крім циркону в альбітитах Західного розлому можуть траплятися торит, монацит, апатит. Характерним елементом цих альбітитів є V. Відомо, що останній найчастіше фіксується у вигляді домішки в лужних амфіболах і піроксенах [4].

Отже, геохімічні аномалії альбітитів верхнього рудного поверху мають комплексний характер, що змінюється від лантанового, торій-лантанового (монацит, апатит, торит) в апікальній частині родовища (Східний розлом) до торій-цирконієвого (циркон, малакон, торит) у глибиннішій частині рудного об'єкта (Західний розлом).

Найбільш глибинна частина Новокосянтинівського родовища (горизонти $-750 \div -1150$ м) відповідають нижньому рудному поверху, приуроченому до великого (250–300 м у перетині) тіла альбітитів. Є припущення, що його поява обумовлена «збільшенням з глибиною обсягу порід, що зазнавали крихких деформацій до і в період формування натрієвих метасоматитів» [2]. Вірогідно, крихкими деформаціями названо зони об'ємного катаклазу, а не лінійні розломи мілоніт-катаклазитового типу, поширення яких у нижньому рудному поверсі є обмеженим. Альбітити стовпоподібного типу мають рибекіт-егіриновий, егіриновий склад, часто з хлоритом і флогопітом. Частка флогопітвмісних різновидів складає майже третину обсягу всіх лужних порід. Крім того, «глибинні» альбітити порівняно з альбітитами верхнього рудного поверху мають підвищений і сталіший склад CO_2 . Все це вказує на зв'язок описуваних метасоматитів і пов'язаного з ними уранового зруденіння з постальбітитовою калій-вуглецевою стадією уранового рудогенезу. Рудний контроль здійснювався в цьому разі зонами об'ємного катаклазу, розвинутого в висячому і лежачому

боках Січного розлому. Форма рудних тіл складна, неправильна, з різкими виклинюваннями за падінням і простяганням.

Геохімічна специфіка глибинної частини родовища ілюструється не комплексними геохімічними ореолами, як вище, а монометалевою урановою аномалією, розкритою св. 2115-1, 2115-2 і 2051-2 (див. рис. 2). Справа в тому, що альбітити нижнього рудного поверху мають різко знижену кількість усіх супутніх елементів. Вище відмічено, що підвищений (удвічі і більше) вміст Th, La, Y, Yb трапляється тут тільки в шести пробах, і в цих самих пробах вміст V і Zr, як у обох «глибинних» альбітитах, завжди нижчий від фонових величин (див. табл. 1). З табл. 1 також чітко видно, що головним елементом, який визначає геохімічну спеціалізацію нижнього рудного поверху, є U. Вміст Th в «глибинних» альбітитах коливається в вузьких межах, і лише одного разу сягає 81 г/т. Будь-яка кореляція між U і Th в цьому разі відсутня. Судячи з незначних і рідкісних підвищень вмісту Th, La, Y, торієва і рідкісноземельна мінералізація не відіграє суттєвої ролі. Кількість V і Zr ніколи не перевищує, а в більшості випадків є навіть нижчою за фонові величини. Мабуть, в альбітитах нижнього рудного поверху не утворюється циркон, а домішка V в темнокольорових мінералах стає несуттєвою, тобто єдиним значимим елементом альбітитів нижнього рудного поверху є U.

Таким чином, на переході від верхнього рудного поверху до глибших горизонтів Новокосянтинівського родовища характер геохімічних аномалій альбітитів змінювався з комплексного (U, Th, La, Y, Yb, V, Zr) на монометалевий (U).

Геохімічні особливості розподілу урану Партизанського родовища. Для визначення розподілу урану і торію Партизанського родовища використано проби з керну свердловин, проаналізовані лазерно-люмінесцентним методом. Загальна кількість використаних проб альбітитів Партизанського родовища 924, з них «рудних» 52. Групування альбітитів за мінеральними типами виконано в КП «Кіровогеологія». Найбільша кількість зразків припадає на андрадит-егіриновий тип (табл. 2), серед інших поширені: егіриновий, егірин-андрадито-

вий, гематит-егірин-андрадитовий. Загалом гранатвмісні різновиди є одними з найпоширеніших серед альбітитів Партизанського родовища, що згадується в [14].

Як було зазначено [12, 15 та ін.], розподіл концентрацій урану в уранових родовищах світу (і ЦУУР зокрема) відповідає логнормальному статистичному закону. Представлення концентрацій U і Th для розрахунку показників описової статистики та спостереження зв'язку між цими елементами можливе у вигляді їхніх логарифмів. Розподіл логарифмів масової частки урану загальної вибірки альбітитів виявляє їхню неоднорідність і наявність не менше ніж трьох груп (мод), на відміну від торію, вибірка якого виглядає досить однорідною. Якщо взяти за основу поділ на дві основні групи, «рудні» та інші, і виділити підгрупи за мінеральним складом альбітитів, найвищий вміст урану буде припадати на такі різновиди, у порядку зменшення середнього геометричного (табл. 2, нижній поріг 2,18, який приблизно дорівнює 150 г/т):

- егірин-андрадитовий «рудний» (2,45);
- андрадит-егіриновий «рудний» (2,43);
- гематит-егірин-андрадитовий (2,39);
- егірин-рибекіт-андрадитовий (2,25);
- егірин-актинолітовий (2,22).

Оскільки розподіл логарифмів компонентів із логнормальним розподілом наближується до нормального, можливе застосування методів оцінювання, що базуються на законі нормального розподілу, наприклад лінійної парної кореляції Пірсона r [16, 17] як оцінки тісноти зв'язку між елементами. Коефіцієнт r розраховують за формулою [18]:

$$r_{x,y} = \frac{\sum(x - m_x)(y - m_y)}{\sqrt{\sum(x - m_x)^2 \sum(y - m_y)^2}},$$

де m_x , m_y — вибіркові середні для x і y відповідно.

Поряд з r для оцінювання статистичної значимості нульової гіпотези про відсутність кореляційного зв'язку між двома змінними наводиться параметр p , який також може вказувати, за значень вище обраного порогу (0,05), на несумісність даних із обраною статистичною моделлю розподілу [19, С. 108]. Для обчислення p застосовують функцію

щільності розподілу ймовірності вибіркового коефіцієнту кореляції Пірсона [20]:

$$f(r) = \frac{(1 - r^2)^{\frac{n}{2}-2}}{B(\frac{1}{2}, \frac{n}{2} - 1)},$$

де r — коефіцієнт кореляції Пірсона, n — кількість зразків вибірки, B — бета-функція [21].

Обчислення вибіркового коефіцієнту кореляції Пірсона $r_{U,Th}$ та оцінки статистичної значущості гіпотези про відсутність кореляційного зв'язку p ($r_{U,Th} = 0$, двосторонній критерій) виконано за допомогою програмного пакету *Python scipy.stats.pearsonr* [20].

Кореляційний зв'язок урану і торію для різних типів альбітитів (табл. 2) за шкалою Чеддока:

1. Сильний ($r_{U,Th} > 0,75$):
 - 1) егірин-андрадитовий «рудний» (0,93);
 - 2) рибекіт-андрадит-егіриновий (0,85).
2. Помірний ($0,5 < r_{U,Th} \leq 0,75$):
 - 1) егірин-хлорит-епідотовий (0,67).
3. Слабкий ($0,3 < r_{U,Th} \leq 0,5$):
 - 1) рибекіт-андрадитовий (0,48);
 - 2) актиноліт-егіриновий (0,44);
 - 3) егіриновий (0,34).
4. Незначний ($0 < r_{U,Th} \leq 0,3$):
 - 1) андрадит-егіриновий (0,15).

У разі порівняння груп альбітитів із підвищеним вмістом урану сильний позитивний кореляційний зв'язок урану і торію спостерігається тільки для однієї з них — егірин-андрадитової «рудної». Слід зазначити, що для деяких груп альбітитів отримані показники від'ємного кореляційного зв'язку, які поряд із іншими, навіть позитивними, значеннями, не наведено у двох списках вище (частка таких зразків від загальної кількості $\approx 40\%$), через їхню статистичну незначущість (табл. 2, стовпчик p і примітка до табл. 2). Скоріш за все це пов'язано з неоднорідністю розподілу урану і торію у цих типах порід, відхиленням певних вибірок логарифмів масової частки від моделі нормального розподілу, наявністю інших неврахованих факторів.

Висновки. 1. Новокостянтинівське родовище характеризується наявністю декількох рудних поверхів: верхнього, який простягається від поверхні ерозійного зрізу до глибини 700—750 м; 2) нижнього, в інтервалі 950—1400 м.

Таблиця 2. Базові статистичні характеристики альбітитів Партизанського родовища

Порода	Тип	lgC _U					lgC _{Th}					r _{U,Th}	p
		min	g _{mean}	max	std	n	min	g _{mean}	max	std	n		
Альбітит	андрадит-егіриновий	0,48	1,67	3,37	0,61	222	0,78	1,58	2,43	0,2	222	0,15	0,02
	егіриновий	0,30	1,50	3,29	0,68	171	0,48	1,48	2,39	0,27	171	0,34	0,00
	егірин-андрадитовий	0,48	1,81	3,36	0,83	82	0,48	1,42	1,89	0,27	82	-0,13	0,23
	гематит-егірин-андрадитовий	0,95	2,39	3,57	0,63	70	1,04	1,69	2,28	0,21	70	-0,22	0,06
	актиноліт-егіриновий	0,85	2,13	2,96	0,52	47	1,11	1,57	2,25	0,23	47	0,44	0,00
	рибекіт-андрадитовий	0,48	2,03	3,33	0,59	41	0,85	1,71	2,08	0,21	41	0,48	0,00
	егірин-рибекіт-андрадитовий	1,38	2,25	3,35	0,61	25	1,4	1,59	1,72	0,10	25	0,13	0,53
	егірин-рибекітовий	1,68	1,99	2,51	0,21	23	1,32	1,57	1,81	0,12	23	0,31	0,15
	рибекіт-андрадит-егіриновий	0,60	1,65	2,65	0,62	21	1,34	1,69	2,33	0,29	21	0,85	0,00
	кварцовий, андрадит-егіриновий	0,48	1,77	3,20	0,86	16	0,78	1,33	1,89	0,36	16	0,41	0,12
	андрадит-актинолітовий	1,20	1,41	1,63	0,15	14	1,26	1,61	1,79	0,15	14	-0,11	0,71
	епідот-егіриновий	1,00	1,45	2,57	0,54	14	0,48	1,24	1,78	0,46	14	0,00	0,99
	егірин-хлорит-епідотовий	0,35	0,79	1,20	0,24	11	1,32	1,72	1,88	0,18	11	0,67	0,02
	хлорит-епідотовий	0,35	0,69	1,49	0,38	10	1,56	1,68	1,79	0,10	10	-0,03	0,94
	актиноліт-андрадит-егіриновий	1,63	2,07	2,80	0,34	10	1,34	1,64	1,83	0,15	10	0,35	0,33
	андрадитовий	0,30	0,79	1,83	0,59	10	1,00	1,42	1,69	0,23	10	0,23	0,52
	егірин-актинолітовий	1,34	2,22	2,92	0,53	8	1,11	1,57	1,99	0,25	8	-0,27	0,52
	андрадит-хлорит-епідотовий	0,78	0,94	1,48	0,27	7	1,60	1,72	1,85	0,09	7	0,68	0,09
	егірин-хлоритовий	0,35	0,43	0,60	0,09	7	0,60	0,92	1,48	0,29	7	0,63	0,13
	андрадит-епідотовий	0,60	0,88	1,36	0,33	6	0,60	1,33	1,79	0,44	6	—	—
	магнетит-егіриновий	0,48	0,68	0,85	0,14	6	1,45	1,61	1,81	0,12	6	—	—
	андрадит-актиноліт-егіриновий	0,30	0,47	0,70	0,14	5	1,48	1,54	1,60	0,05	5	—	—
	епідотовий	0,70	0,95	1,20	0,23	5	1,00	1,49	1,82	0,31	5	—	—
	епідот-хлоритовий	0,35	0,47	0,60	0,10	4	1,58	1,72	1,79	0,10	4	—	—
	кварцовий, актиноліт-епідот-егіриновий	0,30	0,72	1,18	0,40	4	1,26	1,43	1,72	0,20	4	—	—
	егірин-андрадит-кварцовий	0,48	0,70	1,00	0,24	4	1,28	1,40	1,52	0,12	4	—	—
	лейкократовий	1,41	1,47	1,60	0,09	4	1,69	1,71	1,72	0,01	4	—	—
	гематит-егіриновий	0,90	0,99	1,04	0,08	3	1,74	1,77	1,83	0,05	3	—	—
	кварц-андрадитовий	1,15	1,43	1,64	0,27	3	1,34	1,44	1,51	0,09	3	—	—
	егірин-епідотовий	0,35	0,49	0,70	0,18	3	1,45	1,52	1,58	0,07	3	—	—

кварцовий	1,51	1,88	2,14	0,35	3	1,32	1,49	1,71	0,19	3	—	—
актиноліт-егірин-андрадитовий	0,30	0,41	0,48	0,10	3	0,48	0,84	1,58	0,57	3	—	—
кварцовий, гематит-андрадитовий	0,85	0,92	1,00	0,11	2	1,58	1,60	1,62	0,03	2	—	—
андрадит-гематит-кварцовий	0,70	0,70	0,70	0,00	2	1,45	1,52	1,60	0,11	2	—	—
кварцовий, егірин-андрадитовий	1,75	1,87	2,00	0,18	2	0,85	1,09	1,40	0,39	2	—	—
гематитовий	0,78	0,78	0,78	—	1	1,58	1,58	1,58	—	1	—	—
кварц-гематит-андрадитовий	1,20	1,20	1,20	—	1	1,54	1,54	1,54	—	1	—	—
егіриновий, магнетитовий	0,60	0,60	0,60	—	1	1,52	1,52	1,52	—	1	—	—
епідот-егірин-андрадитовий	0,90	0,90	0,90	—	1	1,45	1,45	1,45	—	1	—	—
Альбіт	1,78	2,43	3,03	0,30	30	1,23	1,52	1,90	0,15	30	0,30	0,11
«рудний»	1,88	2,45	3,59	0,43	22	1,40	1,61	2,18	0,20	22	0,93	0,00

Примітка: lgC — десятиковий логарифм вмісту елементу $10^{-4}\%$; min — мінімальне значення, g_mean — середнє геометричне; max — максимальне значення; std — середнє квадратичне відхилення; n — кількість використаних зразків даного типу; $r_{U,Th}$ — парний коефіцієнт кореляції (за Пірсоном) логарифмів вмісту двох елементів; p — p-value, статистична значущість для нульової гіпотези ($r_{U,Th} = 0$, відсутність кореляційного зв'язку). У первинних даних значення менше порогу чутиності (« C_{Th} » або « C_U » розраховано як $0,75 \times$ поріг чутиності. «0,00» — значення відповідає $<0,005$; «—» — не розраховували, для комірок стовпчиків std, $r_{U,Th}$, p вибірки з обмеженою кількістю зразків ($n < 7$); напівгрубим шрифтом виділено показники стовпчика $r_{U,Th}$ зі значенням $p < 0,005$. За матеріалами КП «Кіровоградгеологія», розрахунки авторів.

2. Альбітити верхнього рудного поверху мають виражену геохімічну спеціалізацію на U, Th, La, Y, V, Zr, що виокремлюється в трьох геохімічних ореолах, які просторово співпадають із розломами Східним, Січним і Західним. Специфіка першого обумовлена підвищенням відносно фонового вмістом La, Th, Y, U, Zr; другий — подібний до першого за винятком урану; геохімічна спрямованість третього, найбільш глибинного, визначена Zr, Y, V, U, Th.

3. Альбітити нижнього рудного поверху характеризуються монометалевою урановою специфікою, наявністю тільки поодиноких (менше 10) рідкісноземельних і торієвих аномалій, відсутністю чіткого зв'язку між ураном і торієм.

4. Рудні поверхи Новокостянтинівського родовища вирізняються наявністю специфічних для них темнокольорових мінералів: верхній поверх — рибекіт, егірин, хлорит, епідот; нижній — егірин, біотит, магнетит, андрадит.

5. Розподіл урану в альбітах Партизанського родовища характеризується неоднорідністю і наявністю не менше трьох груп, на відміну від торію, розподіл якого досить однорідний.

6. За виділеними на основі мінерального складу групами альбітитів Партизанського родовища найвищий вміст урану припадає (у порядку зменшення) на: егірин-андрадитовий «рудний», андрадит-егіриновий «рудний», гематит-егірин-андрадитовий, егірин-рибекіт-андрадитовий, егірин-актинолітовий.

7. Серед альбітитів Партизанського родовища виокремлено декілька типів з сильною позитивною кореляцією урану і торію: егірин-андрадитовий «рудний» (0,93) і рибекіт-андрадит-егіриновий (0,85).

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконані за фінансової підтримки Міністерства освіти і науки України, договір від 25.05.2022 № М/58-2022 і від 31.07.2023 № М/4-2023, державний реєстраційний № 0122U200096, в рамках спільного українсько-китайського науково-дослідного проекту «Технічний обмін вимірюваннями U-вмісних мінералів з лужно-метасоматитових покладів урану» за участі Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семченка НАН України і Пекінського науково-дослідного інституту геології урану.

Література

1. Cuney M., Emetz A., Mercadier J., Mykhaylov V., Shunko V., Yuslenko A. Uranium deposits associated with Na-metasomatism from central Ukraine: a review of some of the major deposits and genetic constraints. *Ore Geology Reviews*. 2012. 44. P. 82—106. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2011.09.007>
2. Кировоградский рудный район. Глубинное строение. Тектонофизический анализ. Месторождения рудных полезных ископаемых. Ред. В.И. Старостенко, О.Б. Гинтов. Киев: Прастые луды, 2013. 500 с.
3. Чухрова О.Ф. Вертикальная зональность ураноносных натровых метасоматитов Новоконстантиновского и Докучаевского месторождений. *Материалы по геологии урановых месторождений*. Информ. сб. 1986. Вып. 103. С. 65—74.
4. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. Ред. Я.Н. Белевцев. Киев: Наук. думка, 1995. 395 с.
5. Михальченко І.І., Ларіков А.Л., Заяць О.В. Геохімічні аспекти генезису рудоносних альбітитів Новокосянтинівського уранового родовища. *Геохімія та рудоутворення*. 2018. Вип. 39. С. 53—65. <https://doi.org/10.15407/gof.2018.39.053>
6. Крупенников В.А., Толкунов А.Е., Хорошилов Л.В. и др. Геологические структуры урановых рудных полей и месторождений. Москва: Недра, 1986. 232 с.
7. Михальченко І.І., Андреев О.В., Покалюк В.В. Польові шпати в рудоносних лужних натрієвих метасоматитах Партизанського родовища (Український щит). *Геохімія техногенезу*. 2022. Вип. 3. С. 16—22. <https://doi.org/10.15407/geotech2020.31.016>
8. Иванов Б.Н., Степанюк Л.М., Донской Н.А., Сёмка В.А., Бондаренко С.Н., Шевела А.Ю. Типы рудных полей Центральноукраинского урановорудного района и их сравнительная характеристика. *Геохімія та рудоутворення*. 2017. Вип. 38. С. 70—79. <https://doi.org/10.15407/gof.2017.38.070>
9. Михальченко І.І. Уран і торій в альбітитах Новоолексіївського рудопрояву, Український щит. *Мінерал. журн.* 2015. 37. № 4. С. 85—97. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.37.04.085>
10. Михальченко І.І., Андреев О.В., Загородній В.В., Заяць О.В. та ін. Міграція хімічних елементів у процесі утворення торій-ураноносних альбітитів Новоолексіївського рудопрояву, Український щит. *Геохімія та рудоутворення*. 2016. Вип. 37. С. 86—89.
11. Михальченко І.І. Статистичні параметри розподілу урану і торію розрізу альбітитів Кіровського родовища (Український щит). *Зб. тез Всеукраїнської наук. конф.* (Київ, 12—13 жовтня 2022 р.). НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка. Київ, 2022. С. 32—36.
12. Михальченко І.І. Кореляція урану і торію в «рудних» альбітитах Партизанського родовища, Український щит. *Мінерал. журн.* 2016. 38. № 4. С. 54—65. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.38.04.054>
13. Синицин В.О. Хімічний склад піроксенів з альбітитів зони Адабаського розлому (Новоукраїнський масив, Український щит). В.О. Синицин, І.І. Михальченко, А.Ю. Шевела. *Геолого-мінералогічний вісник Криворізького національного університету*. 2014. № 1—2. С. 50—60.
14. Иванов Б.Н., Михальченко И.И. Минералого-геохимическая характеристика и особенности пространственного распространения диафорированных пород центральной части Украинского щита. *Мінеральні ресурси України*. 2015. № 2. С. 39—44.
15. Карлье Э. Методика количественной оценки месторождений урана. Москва: Атомиздат, 1966. 351 с.
16. Pearson K., Henrici O. VII. Mathematical contributions to the theory of evolution. III. Regression, heredity, and panmixia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character*. 1896. 187. P. 253—318. <https://doi.org/10.1098/rsta.1896.0007>
17. Fisher R.A. Frequency Distribution of the Values of the Correlation Coefficient in Samples from an Indefinitely Large Population. *Biometrika*. 1915. 10(4), P. 507—521. <https://doi.org/10.2307/2331838>
18. Huang G.-H. Measure of Association. *International Encyclopedia of Education* (Third Edition), Elsevier. 2010. P. 260—263. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.01342-7>
19. Bruce P., Bruce A., Gedeck, P. *Practical Statistics for Data Scientist. 50+ Essential Concepts Using R and Python*. O'Reilly Media (2nd ed.). 2020. 345 p.
20. scipy.stats.pearsonr. Pearson correlation coefficient and p-value for testing non-correlation <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.stats.pearsonr.html> (дата звернення: 26.10.2023).
21. Beta-function. <https://functions.wolfram.com/GammaBetaErf/Beta/06/03/0001/> (дата звернення: 26.10.2023).

Надійшла 18.09.2023

References

1. Cuney M., Emetz A., Mercadier J., Mykhaylov V., Shunko V., Yuslenko A. (2012). Uranium deposits associated with Na-metasomatism from central Ukraine: a review of some of the major deposits and genetic constraints. *Ore Geology Reviews*, 44. pp. 82—106.
2. Starostenko V.I., Gintov O.B. (Eds). (2013). Krivoy Rog Ore Province: deep structure, tectonical and physical analysis, ore deposits. Kyiv: Prastye ludy [in Russian].
3. Chukhrova O.F. (1986). Vertical zoning of uranium-bearing sodium metasomatites of Novokonstantinovka and Dokuchaevka deposits. Proceedings on geology of uranium deposits. Information digest. Iss. 103, pp. 65-75. [in Russian].
4. Belevtsev, Ya.N. and Koval, V.B. (eds) (1995), Genetic types and regularities of location uranium of deposits in Ukraine, Kyiv: Nauk. dumka [in Russian].

5. Mihalchenko, I.I., Larikov, A.L., Zayats, O.V. (2018). The Geochemical Aspects of the Origin of Ore-Bearing Albitites of the Novokostiantynivka Uranium Deposit. *Geochemistry and Ore Formation*. Iss. 39, pp. 53-65 [in Ukrainian].
6. Krupennikov, V.A., Tolkunov, A.E., Khoroshilov, L.V. et al (1986) Geologicheskie struktury uranovykh rudnykh polei i mestorozhdeniy. Moscow: Nedra [in Russian].
7. Mihalchenko, I., Andreev, A., Pokalyuk, V. (2020). Feldspars in the ore bearing alkaline sodium metasomatites of the Partizan deposit (Ukrainian Shield). *Geochemistry of Technogenesis*. Iss. 3 (31). pp. 16-22 [in Ukrainian].
8. Ivanov, B.N., Stepanyuk, L.M., Donskoy, N.A., Syomka, V.A., Bondarenko, S.N., Shevela A.Yu. (2017). The Central Ukraine Uranium Province: types of ore fields and their comparison. *Geochemistry and Ore Formation*. Iss. 38, pp. 70-79 [in Russian].
9. Mihalchenko, I.I. (2015). Uranium and Thorium in Albitites of Novooleksiivka Ore Occurrence, the Ukrainian Shield. *Mineral. Journ.* (Ukraine). 37, No 4, pp. 85-97 [in Ukrainian].
10. Mihalchenko, I.I., Andreev O.V., Zagorodnii, V.V., Zayats, O.V. (2016). Modeling migration of chemical elements during formation of thorium-uranium ore-bearing albitites of the Novooleksiivka oredeposit, Central-Ukrainian uranium orebearing district of The Ukrainian Shield. *Geochemistry and Ore Formation*. Iss. 37, pp. 86-99 [in Ukrainian].
11. Mihalchenko I.I. (2022). Statistical parameters of the distributions of uranium and thorium in the cross-section of the albitite of the Kirovs deposit (the Ukrainian Shield). Geological structure and mineral deposits of Ukraine: Abstracts of All-Ukrainian Scientific Conference (Kyiv, October 12-13, 2022) NAS of Ukraine, M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation. Kyiv. pp. 32-36 [in Ukrainian].
12. Mihalchenko, I.I. (2016). Uranium and Thorium in Albitites of Novooleksiivka Ore Occurrence, the Ukrainian Shield. *Mineral. Journ.* (Ukraine). 38, No 4, pp. 54-65 [in Ukrainian].
13. Sinitsin, V.O., Mihalchenko, I.I., Shevela, A.Yu. (2014). Chemical composition of pyroxenes from albitites located in zone of Adabashskyi fault (Novoukrainskyi massif, Ukrainian Shield). *Geology and Mineralogy Bulletin of Krivoy Rog National University*, No 1-2 (31-32), pp. 50-60 [in Ukrainian].
14. Ivanov, B.N., Mihalchenko, I.I. (2015). Mineral-geochemical description and spatial distribution of weakly altered rocks in central part of the Ukrainian Shield. *Mineral Resources of Ukraine*. No 2. pp. 39-44 [in Russian].
15. Carlier, E. (1966), Metodika kolichestvennoy otsenki mestorozhdeniy urana, Moscow: Atomizdat [in Russian].
16. Pearson, K. and Henrici, O. (1896). VII. Mathematical contributions to the theory of evolution.—III. Regression, heredity, and panmixia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character*. Vol. 187. pp. 253-318
17. Fisher, R.A. (1915). Frequency Distribution of the Values of the Correlation Coefficient in Samples from an Indefinitely Large Population. *Biometrika*, 10(4), pp. 507-521.
18. Huang, G.-H. (2010). Measure of Association. *International Encyclopedia of Education (Third Edition)*, Elsevier, pp. 260-263.
19. Bruce, P., Bruce, A. and Gedeck, P. (2020). Practical Statistics for Data Scientist. 50+ Essential Concepts Using R and Python. O'Reilly Media (2nd ed.), Beijing, Boston, Farnham, Sebastopol, Tokyo
20. scipy.stats.pearsonr. Pearson correlation coefficient and p-value for testing non-correlation <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.stats.pearsonr.html>
21. Beta-function. <https://functions.wolfram.com/GammaBetaErf/Beta/06/03/0001/>

Received 18.09.2023

M.O. Donskyi¹, <https://orcid.org/0000-0002-3037-6346>**V.O. Syomka**¹, <https://orcid.org/0000-0001-5202-4045>**V.V. Sukach**¹, <https://orcid.org/0000-0002-4710-7230>**B.N. Ivanov**²**S.M. Bondarenko**¹, <https://orcid.org/0000-0001-7948-3583>**V.M. Belskyi**¹, <https://orcid.org/0000-0001-7990-1386>

¹ M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine
03142, ave. Acad. Palladina 34, Kyiv, Ukraine

² Exploration Survey Expedition No. 46 of the State Enterprise «Kirovgeology»
55222, Pidhorodna vill., Pervomaisk Raion, Mykolaiv Oblast, Ukraine

THE FEATURES OF DISTRIBUTION OF URANIUM OF ALBITITES OF THE NOVOKOSTIANTYNIVKA AND THE PARTYZANSKE DEPOSITS

The features of distribution of uranium of albitites of the Novokostiantynivka and the Partyzanske deposits of the Central Ukraine Uranium Province of the Ukrainian Shield is considered in the paper. Ore layers of the Novokostiantynivka deposit have specific dark-colored minerals: top level — rybekite, aegerine, chlorite, epidote; bottom level — aegerine, biotite, magnetite, andradite. In albitites of the Partyzanske deposit there are wide-spread dark minerals such as rybekite, aegerine, actinolite, diopside, andradite; typical feature of the most of albitite types is a Fe-Ca garnet. No clear relation between uranium and thorium in albitites of the Novokostiantynivka deposit has been detected. It differs from albitites of the Partyzanske deposit, where several albitite types with strong correlation between uranium and thorium are observed: aegerine-andradite “ore” and rybekite-andradite-aegerine.

Keywords: uranium, thorium, alkaline metasomatite, albitite, Central Ukrainian Uranium Province, Inhul megablock, Ukrainian Shield.