

ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 553.495

Н. Костенко, канд. геол. наук, М. Толстой, д-р геол.-мінерал. наук, проф.,
В. Кадурін, канд. геол.-мінерал. наук, О. Чепіжко, д-р геол. наук

ДО ОЦІНКИ МЕТАЛОГЕНІЧНОЇ СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ ГРАНІТОЇДІВ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. О.І. Лукієнком)

На основі комплексування трьох незалежних способів (за абсолютними величинами значень кларків концентрації окремих елементів, за величинами індексів накопичення концентрації групи типоморфних елементів, за відповідною акцесорною мінералізацією) визначено об'єкти на Українському щиті з різним типом металогенічної спеціалізації

On the basis of aggregation of three independent methods (according to absolute values of the klark concentrations of individual elements; according to the indices of concentration of the group of the typomorphic elements and appropriate accessory mineralization) defined objects in the Ukrainian Shield with a different types of metallogenic specialization

Постановка проблеми. Відомо, що Український щит (УЩ) відноситься до числа великих рідкіснометальних провінцій світу, металогенічний характер якої визначається рудопроявами і родовищами, у тому числі унікальними, тісно пов'язаними, насамперед, з гранітоїдними породами. Генетичний зв'язок з останніми з'ясований також для родовищ урану, золота і рідкісних земель. Виявлення родовищ різних типів ендегенного зруденіння дозволить не тільки зміцнити мінерально-сировинну базу України, але й зробити її максимально незалежною від сировинних ринків інших держав.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З цієї проблематики відзначимо лише монографічні видання, серед яких слід відмітити фундаментальну колективну роботу Державної геологічної служби України та Національної Академії наук України [1], в якій сконцентровано величезний обсяг інформації стосовно родовищ і рудопроявів на території України. Проблемам розвитку мінерально-сировинної бази України також присвячений збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України [2]. Питання, пов'язані з геохімічною і металогенічною спеціалізацією гранітоїдних порід розглядаються у монографіях М.І. Толстого та ін. [3, 4]. Прогноз щодо рудопроявів рідкісних металів на УЩ наводиться у роботі Є.М. Шеремета та ін. [5].

Мета роботи – на основі вивчення розподілу хімічних елементів у провідних петротипах гранітоїдних порід УЩ визначитися з їх геохімічною (і металогенічною) спеціалізацією, зробити попередній прогноз на той чи інший тип ендегенного зруденіння, пов'язаного генетично або парагенетично з ними.

Виклад основного матеріалу. Елементною базою цього дослідження були 30 хімічних елементів: Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Pb, Zn, Ag, Ga, Ge, Sn, Mo, Nb, Zr, Sc, La, Ce, Y, Th, U, Li, Rb, Sr, Ba, F, P, K і Na. Попередня металогенічна оцінка порід починається з визначення ступеня їх спеціалізації (кларків концентрації – КК) методом порівняння отриманого середнього вмісту хімічних елементів у вибірках провідних петротипів з даними кларків елементів у відповідних породах за О.П. Виноградовим [6]. До ознак металогенічної спеціалізації будь-яких порід відносяться суттєві підвищення вмісту хімічних елементів у порівнянні з їхнім кларком. Але яку мінімальну абсолютну величину КК рудного елемента необхідно обрати за базову при визначенні потенційної рудоносності порід, думки дослідників різняться. Одні вважають, що рідкіснометальна мінералізація в гранітоїдних породах з'являється при збільшенні концентрації хімічного елемента у 10 і більше разів [8]. Згідно з іншими даними [7] металогенічно спеціалізованими можуть бути гранітоїди з КК=1,8–2,4, оскільки для низки ендегенних родовищ в цих породах не властивий високий вміст рудних елементів. Відомі родовища, де грані-

ти характеризуються середнім вмістом рудних елементів, меншим за кларковий. Виходячи з цього, найбільш перспективними у металогенічному відношенні петротипами виявились пержанські апограніти зі значною геохімічною спеціалізацією на Sn і Nb та пержанські граніти – зі значною на Nb. Такого ж ступеня геохімічна спеціалізація на Sn і Mo властива яструбецьким сієнітам. На даний час в цих породах виявлені [9, 10] окремі комплексні рудні тіла з каситеритом, танталіт-колумбітом, колумбітом, молібденітом, які потребують промислової оцінки. Враховуючи явну спеціалізацію (КК = 3–9) всіх провідних петротипів пержанського комплексу на Sn і Nb, можна передбачати відкриття крупних родовищ цих металів. Не менш перспективними на молібденові руди, крім сієнітів пержанського комплексу, слід вважати граносієніти руськопольнянські, яким притаманна значна геохімічна спеціалізація на Mo. Серед інших провідних петротипів певні металогенічні перспективи на Sn (КК=8) існують для кам'яномогильських гранітів.

Петротипи зі значною геохімічною спеціалізацією є першочерговими об'єктами для пошуків рідкіснометального зруденіння. Але водночас не слід відкидати як потенційно рудоносні петротипи з явним ступенем спеціалізації (КК = 3–9) на ті чи інші елементи, а у разі їх комплексного характеру і ймовірним (КК = 1,5–3,0). Так, петротипи гранітоїдних порід новоукраїнського і кіровоградського комплексів, з якими пов'язані уранові родовища і рудопрояви, ніяк з геохімічної точки зору себе не проявляють. Максимальний ступінь їх спеціалізації не перевищує 6 кларків для Th, а для U – 3,1. Зазначимо, що близькі значення КК Th і U (на рівні явної спеціалізації) отримані в окремих петротипах пержанського, житомирського, курського – новомиргородського, токівського і кам'яномогильського комплексів, що вказує на можливі перспективи для пошуків в них, чи у зв'язку з ними, радіоактивних руд.

Наступний етап оцінки металогенічної спеціалізації порід базується на комплексній характеристиці розподілу хімічних елементів з врахуванням якісної мінералогічної – петрографічної та геологічної інформації стосовно того чи іншого геологічного об'єкта. З цієї точки зору перспективним для металогенічного аналізу гранітоїдів УЩ на рідкісні метали слід вважати методичний підхід В.Д. Козлова [11] із застосуванням елементних формул та індексів накопичення концентрації (ІНК), обчислених не для одного, хоча й профілюючого, елемента певного типу ендегенного зруденіння, а для низки типоморфних елементів. Елементною базою для розрахунків ІНК були кларки концентрації Pb, Sn, Mo, Nb, Zr, Y, Li, Rb, F, які в досліджуваних гранітоїдах характеризуються максимальним вмістом. У відповідності до значень ІНК породи за ступенем рідкіснометальності поділилися на 3

групи: 1) нерідкіснометальні з ІНК<1,0 кларку; 2) ймовірно рідкіснометальні з ІНК=1–10 кларків; 3) рідкіснометальні з ІНК>10 кларків. Згідно з цим розподілом визначалась перспективність гранітоїдів на рідкіснометальне зруденіння – від безперспективних і умовно перспективних для перших двох груп до перспективних (потенційно рудоносних) для останньої. При визначенні нижньої межі рідкіснометальності петротипів було обрано 2 еталони: ІНК сирницьких гранітів (ІНК=12,8 кларків), оскільки до території розповсюдження цих гранітів приурочений Східно-Пержанський рудопроєкт з мінералізацією галеніту, гентгельвіну, молібденіту, каситериту, флюориту, піриту [12]; та ІНК устинівських гранітів (1,1 кларки), з якими пов'язаний Вербинський рудопроєкт молібденіту. Якщо взяти за основу мінімальну величину ІНК, отриману по гранітоїдах першого еталону, то відповідні розрахунки визначають наступний ряд порід (за

зростанням ІНК): граніти сирницькі, лізниківські, хочинські, граносієніти руськополянські, граніти кам'яномільські, сієніти яструбецькі і апограніти пержанські, які слід однозначно віднести до групи рідкіснометальних, а отже, і вважати потенційно рудоносними на рідкісні метали. Використання мінімальних значень ІНК по породам другого еталону значно розширює перелік об'єктів для пошуків рідкіснометального зруденіння, але при цьому знижується ступінь їхньої рідкіснометальності (до ймовірної).

Для прогнозу уран-рідкоземельного зруденіння перелік елементів при визначенні ІНК можна обмежити Pb, Zr, Y, Th, U. Зрозуміло, що при одночасному використанні ІНК "рідкіснометальності" і ІНК "уран-рідкоземельності" достовірність металогенічної оцінки гранітоїдних порід зростає, що враховано при визначенні перспективних петротипів гранітоїдів УЩ (табл. 1).

Таблиця 1

Металоносність провідних петротипів гранітоїдів Українського щита

№ з/п	Петротип	Елементи геохімічної спеціалізації ⁽¹⁾	ІНК ⁽²⁾	Автометасоматична асоціація акцесорних мінералів ⁽³⁾	Накладена асоціація акцесорних мінералів	Мінеральний тип зруденіння	Металогенічна спеціалізація
Волинський мегаблок							
1.	Апограніт пержанський	((Be)) (Zn, Y, U, Li, Rb, Cs, F) Sn, Nb	57,3	(цир, цирт, кс, фен, фл, тор) ((оранжит, мол, кб, бастнезит, гал, сфал, кас, мон))		кас, фен, РЗЕ, та-нб	Рідкіснометально-рідкоземельна
2.	Граніт пержанський	((Be)) (Sn, U, Rb, F, Nb)	34,3	(цир, цирт, кс, фл, пі, р/а) ((мол, тор))		РЗЕ, та-нб, р/а	уран-рідкоземельна
3.	Граніт хочинський	(Sn, Y) Nb	24,0	(цир, цирт, мон, кс, фл, р/а, гем, пі) ((кас, кб, тор))		кас, РЗЕ, та-нб, р/а	рідкіснометальна, уран-рідкоземельна
4.	Граніт сирницький	(Sn, Nb, Y)	12,8	(цир, цирт, мон, фл) ((фен, кас, кб, тант))		кас, фен, РЗЕ, та-нб	рідкіснометальна, уран-рідкоземельна
5.	Сієніт яструбецький	(Zn, Th, U, Rb, F) Mo, Sn	58,2	(цир, кс, цирт, фл, пі, гем) ((сф, орт, мол, гр, паризит, бритоліт, тор, пірохлор, хпі))		кас, мол, РЗЕ	рідкіснометально-рідкоземельна
6.	Граніт лізниківський	(Sn, Nb, Y, F)	19,5	тур+мон+фл+ілт	1) пі+фл; 2) орт	мон, орт	рідкоземельна
7.	Граніт рапаківі малинський	((Zn, Sn, Zr, Y, F)) (Mo)	6,7	топ+тур+пі	топ+мон	мон	рідкоземельна у високо-Т° метасоматитах, або метасоматитизованих пегматитах
8.	Граніт устинівський	((Cu, Sn, Mo))	1,1	(цир, цирт, фл)		Вербинський рудопроєкт молібденіту	рідкіснометальна
9.	Гранодіорит мухавівський			тур+мон+фл	пір+фл+хпі	Мон	рідкоземельна у високо-Т° метасоматитах грейзенового типу
10.	Граніт бехівський	((Sn, Nb, Zr, F)) (Mo)	8,0	(цирт, орт, кс, фл)		РЗЕ, мол	рідкіснометально-рідкоземельна
11.	Граніт житомирський	((Pb, Sn, Th, U))	1,6	ан+орт	пі+фл+цирт	Мон	рідкоземельна у низько-Т° метасоматитах
12.	Граніт курчицький	((Ti, Cr, Co, Ni, Ga, Sn, Mo, Zr, U, Li, Rb, F))	5,6	сф+ пі+пірр+ан	фл+тур+мол+хпі	мон, мол	рідкіснометально-рідкоземельна у низько-температурних метасоматитах
Росинсько-Тікицький мегаблок							
13.	Граніт уманський	((Pb, Sn, Th, U)) (Mo)	2,9	орт+мон+лкс	кб+мон+кс+ан+тур	мол, мон, орт, кс, кб	рідкіснометально-рідкоземельна у середньо-Т° метасоматитах з наступними гідротермальними змінами
Інгільський мегаблок							
14.	Граносієніт руськополянський	(Pb, Zn, Sn, Y, Th, U, F) Mo	27,3	(цир, цирт, фл, кс, орт, сф) ((еп, кб, бастнезит, мон, кас, топ, тур, мол, сфал, тор))		мол, РЗЕ	рідкіснометально-рідкоземельна
15.	Граніт новоукраїнський	((Pb, Mo, Ce, Y, Th)) (La)	1,7	пі+сф+тур+ан+гр.	мол+пі+фл+мон	мон, мол	рідкіснометально-рідкоземельна у гідротермальних літах

№ з/п	Петротип	Елементи геохімічної спеціалізації ¹⁾	ІНК ²⁾	Автоматоматична асоціація акцесорних мінералів ³⁾	Накладена асоціація акцесорних мінералів	Мінеральний тип зруденіння	Металогенічна спеціалізація
16.	Чарнокіт новоукраїнський	((Pb, Mo, La, Th))	0,2/2,4	ан+пі+мон	1) цирт+пірр 2) хпі+гал+мол+фл	мон, мол	рідкіснометально-рідкоземельна у високо-і низько-Т° гідротерма літах
17.	Граніт боков'янський	((Ni, Pb, Mo)) (Th, U)	0,7/4,9	ілт (малакон, р/а)	хпі+мол	р/а	уран-рідкоземельна у гідротерма літах
18.	Чарнокіт боков'янський	((Mo, Th, U))	-0,5/1,3		пірр+сф+цирт+хпі+мол	мол	рідкіснометально у гідротерма літах
19.	Граніт вознесенський	((Pb, Mo, La, Ce, Th))	1,3	ан+мон+пі+цирт	1) мол+гал+фл+кін 2) хпі+апі	мон, гал, мол, зол	рідкоземельна у пегматитах, золото-сульфідна у гідротерма літах
20.	Граніт долиньський	((Co, Pb, Mo, Zr, Th)) (Ni)	0,1/1,0	1) сф+мон 2) пірр+хпі	мол+рут+фл	мон, мол	рідкоземельна у високо-температурних метасоматитах, рідкіснометальна у гідротерма літах
21.	Гранодіорит христофорівський	((Ni, Zr, U)) (Pb, Th, Sr)	2,3/6,6	(мал, орт, р/а)		РЗЕ, р/а	уран-рідкоземельна
22.	Гранодіорит кам'янський	((Co, Pb, Th, U)) (Ni)	-0,1/1,9	(цирт, орт, р/а)		РЗЕ, р/а	уран-рідкоземельна
Середньопридніпровський мегаблок							
23.	Граніт ганнівський	((Cu, Sn, Th, U))	-1,6/0,8	(сф, орт, р/а)		сф, орт, р/а	уран-рідкоземельна
24.	Граніт токівський	((Pb, Mo)) (Th, U, Ba)	0,3/9,9	1) топ+мон+тур; 2) пі+гал+фл+мол	хпі+пірр+апі+мон	мон, мол золото	рідкіснометально-рідкоземельна у високо-Т° метасоматитах грейзенового типу, золото-сульфідна у гідротерма літах
25.	Граніт щербаківський	((Pb, Mo, Sr, Ba)) (Th)	1,1/5,8	1) кас; 2) пі+мол+гал+фл	1) фл+гал; 2) пі+пірр+хпі+мол	кас мол, гал	рідкіснометально у низько-Т° метасоматитах
26.	Граніт кам'янський	((Ni, Pb))	-1,8	1) орт+сф+топ+фл; 2) апі+хпі+зол+пі	1) фл+гал+пі; 2) еп	орт, сф гал, зол	рідкоземельна у пегматитах, золото-сульфідна у метасоматитах
27.	Граніт мокромосковський	((Pb, Sn, Th, U))	-1,8/2,4	мон+кс+тур	апі+пі	мон, кс зол	рідкоземельна у пегматитах, золото-сульфідна у гідротерма літах
28.	Граніт демуїнський	((Ni, Th, U))	-1,5/1,9	тур+фл+еп+гр.	1) та-нб+цирт+орт+кс 2) пі+апі+мол+гал+хпі	орт, кс, та-нб, зол	рідкоземельна у високо-Т° метасоматитах, золото-сульфідна у гідротерма літах
29.	Гранодіорит кудашівський	((Ti, Co, Ni, Pb, Zn, Sn, Zr))	3,0	тур+фл+сф+орт	та-нб+кас	кас, орт, та-нб	рідкіснометально-рідкоземельна у високо-Т° метасоматитах
Приазовський мегаблок							
30.	Граніт кам'яногопильський	(Sn, Nb, U, Li, Rb, F)	26,5	1) ілт+чевк+цирт+мол; 2) тур+топ+орт+та-нб+кс+кас	кс+кас	та-нб кас	рідкоземельна у високо-Т° метасоматитах, рідкіснометально у низько-Т° метасоматитах
31.	Сієніт кременівський	(Sn, Nb, Zr, La, Y) Mo	2,2	(мон+кс+мол)	-	мон, кс, мол	рідкіснометально-рідкоземельна
32.	Граносієніт еланчицький	((Pb, Zn, Mo, Zr))	1,3	мол+чевк	пі+тур	чевк, мол	рідкіснометально-рідкоземельна у середньо-Т° метасоматитах
33.	Граносієніт кальміуський	((Mo, Zr))	-0,6	пі+мон+фл+орт	фл+хпі	мон, орт	рідкоземельна у низько-Т° метасоматитах
34.	Лейкограніт максимівський	((Pb))	-2,5	1) тур+кас+мон; 2) пі+гр+еп+гем	-	мон, кас	рідкіснометально-рідкоземельна у метасоматитах грейзенового типу
35.	Граніт анадольський	((Pb, Zr, La, Ce, Y, Th))	1,4	сф+рут+пі+хпі; (мон)	1) кс+рут; 2) гем+еп+гр	мон, кс	рідкоземельна у скарпах
36.	Граніт радоловський	((Sn, Mo, Th)) (Zr)	3,7	1) орт+рут 2) еп+гем	тур+гр+сил	орт	рідкоземельна у метасоматитах скарнового типу
37.	Граніт салтичанський	((Sn, Mo, Th)) (Zr)	4,6	1) орт+сф; 2) еп+мол+хпі+пірр	гал+пі+пірр	орт мол, гал	рідкоземельна у метасоматитах грейзенового типу, рідкіснометально-сульфідна у гідротерма літах

Примітки:

1) рідкісні елементи різного ступеня спеціалізації: а) без дужок – значного, б) обмежені одинарними дужками – явного, в) подвійними – ймовірного.

2) 0,7/4,9 – ІНК рідкіснометальності та уран-рідкоземельності.

3) акцесорна мінералізація визначена: а) у мінеральних пробах – без дужок; б) у шліфах – обмежена одинарними дужками; в) за літературними даними – подвійними дужками.

І останнім найбільш об'єктивним способом оцінки потенційної рудоносності гранітоїдних порід УЩ є наявність, чи відсутність, в них акцесорних мінералів, перш за все, автометасоматичної асоціації, та її склад. Виходячи з видового складу асоціації, можна визначити генетичний тип зруденіння. З іншого боку, навіть відсутність автометасоматичної асоціації акцесорних мінералів не виключає реалізацію постмагматичних рудоносних утворень за територіальними межами конкретного петротипу – у ореольному полі метасоматично змінених вміщуючих порід.

Весь наявний фактичний матеріал зі спеціалізації гранітоїдних порід у межах УЩ, включаючи результати акцесорно-мінералогічних досліджень провідних петротипів гранітоїдних комплексів цього регіону [4] з оцінкою їхньої рідкіснометальності та рідкоземельності, наведений у таблиці 1. Як слідує з неї, в цілому гранітоїдні породи УЩ за металогенічною спеціалізацією розділяються на 3 групи: 1) рідкіснометально-рідкоземельні; 2) уран-рідкоземельні; 3) золото-сульфідні. Необхідно звернути увагу на гранітоїди Середньопридніпровського (демуринський, мокромосковський, токівський комплекси) та Інгільського (кіровоградський комплекс) мегаблоків, в яких поряд з рідкіснометальною та уран-рідкоземельною мінералізацією виявлені як прямі, так і другорядні ознаки золоторудної. Зокрема, у складі автометасоматичної асоціації акцесорних мінералів кам'янкського граніту виявлено арсенопірит, халькопірит, пірит і золото, що вказує на можливість формування у зв'язку з цим петротипом золото-сульфідного зруденіння. Подібна золоторудна мінералізація прогнозується також для гідротермалітів демуринського, мокромосковського і токівського петротипів гранітів, де у складі накладеної асоціації акцесоріїв присутні (відповідно): $\text{пі}+\text{апі}+\text{мол}+\text{гал}+\text{хпі}$; $\text{апі}+\text{пі}$; $\text{хпі}+\text{пірр}+\text{апі}+\text{мон}$. Ймовірно, що у наведених асоціаціях золото знаходиться у формі субмікроскопічних включень у структурах арсенопіриту, піриту, халькопіриту, оскільки вони є його мінеральними супутниками. Виходячи з цього, можна очікувати проявів золота аналогічного мінерального типу у петротипах порід кіровоградського комплексу (граніти вознесенські, бобринецькі), у яких накладена асоціація мінералів представлена, відповідно, $\text{хпі}+\text{апі}$; $\text{гал}+\text{фл}+\text{кін}+\text{апі}$. Зазначимо, що саме з гранітоїдами кіровоградського комплексу ряд дослідників [13] пов'язують формування таких родовищ золота, як Клинцівське та Юріївське. Таким чином, на основі досліджень акцесорних мінералів у гранітоїдних утвореннях УЩ на території їхнього поширення ймовірно прояви 2 епох золоторудної мінералізації – мезоархейської та палеопротерозойської, які певним чином синхронізуються з уран-рідкоземельною. Рідкіснометальна і рідкоземельна металогенічні спеціалізації є наскрізними для гранітоїдів УЩ головним чином інтрузивного походження. Крім того, не виключається уран-рідкоземельна спеціалізація для гранітів пержанських і хочинських, про що свідчить присутність радіоактивних мінералів у шліфах цих петротипів.

Окремо зазначимо, що, на нашу думку, практично всі наведені для провідних петротипів гранітоїдів асоціації автометасоматичних і накладених мінералів пов'язані з процесами докембрійської (а деякі, можливо, фанерозойської) тектоно-магматичної активізації на УЩ і, у першу чергу, з її пізньою тектоно-метасоматичною стадією, тоді як синпетрогенні акцесорії утворюються на ранній стадії – власне тектоно-магматичній.

Висновки. На основі комплексування трьох незалежних способів (за абсолютними величинами значень кларків концентрації окремих елементів, за величинами індексів накопичення концентрації групи типоморфних елементів, за відповідною акцесорною мінералізацією) визначено об'єкти з різним типом металогенічної спеціалізації.

Аналіз розподілу рідкісних і рудних елементів у провідних петротипах гранітоїдних комплексів УЩ показує, що їх максимальні концентрації безпосередньо пов'язані з метасоматичними процесами, іншими словами, є результатом прояву тектоно-метасоматичної активізації, що виділяється нами як пізня стадія ТМА. Як наслідок цих процесів, всі без винятку найбільш перспективні рідкіснометальні петротипи гранітоїдів УЩ характеризуються значною негативною спеціалізацією ($\text{KK} < 0,1$) на V і явною негативною ($\text{KK} = 0,2-0,3$) та ймовірною ($\text{KK} = 0,4-0,7$) – на Cr, Co, Sr, Ba, P. Таким чином, присутність серед числа дефіцитних елементів V, Cr, Co, Sr, Ba і P в провідних петротипах гранітоїдів може бути ще однією геохімічною ознакою для пошуків в них, або пов'язаного з ними парагенетично, рідкіснометального зруденіння. Це свідчить про важливість використання при прогнозних оцінках хімічних елементів не тільки "позитивної" спеціалізації, а й "від'ємної", як індикатора прояву вторинних накладених процесів.

1. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины: в 2 т. – Киев–Львов: Центр Европы, 2005. – Т. 1. 2. Сучасні економічні можливості розвитку та реалізації мінерально-сировинної бази України і Росії в умовах глобалізації ринку мінеральної сировини / за ред. Л.С. Галецького. – К.: ІГН, 2005. – 310 с. 3. Петрогеохімія і петрофізика гранітоїдів Українського щита та деякі аспекти їх практичного використання : Довідник-навчальний посібник / М.І. Толстой, Ю.Л. Гасанов, Н.В. Костенко та ін. – К.: ВПЦ "Київ. ун-т", 2003. – 329 с. 4. Петрографія, акцесорна мінералогія гранітоїдів Українського щита та їх речовинно-петрофізична оцінка / М.І. Толстой, Н.В. Костенко, В.М. Кадурін та ін. – К.: ВПЦ "Київ. ун-т.", 2009. – 361 с. 5. Прогнозирование рудопроявлений редких элементов Украинского щита / Е.М. Шеремет, С.Н. Стрекозов, С.Г. Кривдик, Т.П. Волкова и др. – Донецк: Вебер, 2007. – 220 с. 6. *Виноградов А.П.* Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555–571. 7. Редкие элементы Украинского щита / Б.Ф. Мицкевич, Н.А. Беспалько, О.С. Егоров и др. – К., 1986. – 256 с. 8. *Козырев В.В., Ежов Ю.Б.* Геохимическая специализация интрузивных комплексов и вопросы прогнозно-металлогенических построений // Редкие элементы и акцесорные минералы в интрузивных комплексах Среднего Тянь-Шаня. – Ташкент, 1972. – С. 281–289. 9. *Металлиды В.С., Приходько В.Л., Лыков Л.И., Ананченко М.В.* Геолого-промышленные типы редкометальных месторождений Суцано-Пержанской рудной зоны и перспективы их освоения // Рідкісні метали України – погляд у майбутнє. – К.: ІГН, 2001. – С. 79. 10. *Нечаев С.В.* Редкометальные провинции Украинского щита: эволюционный аспект рудообразования / Там же. – С. 81–82. 11. *Козлов В.Д.* Геохимия и рудоносность гранитоидов редкометальных провинций. – М. Недра, 1985. – 304 с. 12. Гранитоиды Украинского щита: петрохимия, геохимия, рудоносность / К.Е. Есипчук, В.И. ОРСА, И.Б. Щербак и др. – К., 1993. – 232 с. 13. *Щербак Д.М., Курило М.В., Шевченко В.І.* Металогенічні епохи та корисні копалини України. – К.: ВПЦ "Київ. ун-т", 2002. – 90 с.